



COMITÊ INTERFEDERATIVO

Deliberação CIF nº 488, de 19 de março de 2021.

Delibera sobre a manifestação do CIF para a continuidade dos Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana (metodologia meio ambiente) e Risco Ecológico para as regiões impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão, ainda não estudadas

Em atenção ao TERMO DE TRANSAÇÃO E DE AJUSTAMENTO DE CONDUTA (TTAC) e ao TERMO DE AJUSTAMENTO DE CONDUTA GOVERNANÇA (TAC-Gov), celebrados entre órgãos e entidades da União, dos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, Ministérios Públicos, Defensorias Públicas e as empresas Samarco Mineração S/A, Vale S/A e BHP Billiton Brasil Ltda.; e

Considerando o definido nas Cláusulas 151 a 153 do TTAC, Deliberação CIF nº246 e Notas Técnicas CTGRSA 10/2018, IEMA/CTECAD Nº 001/2021 e anexos, parecer da relatoria, e as atribuições deste órgão colegiado, o COMITÊ INTERFEDERATIVO delibera:

1. Reprovar a utilização das metodologias “Gaisma” ou “Gaisma aprimorada”, para elaboração dos estudos de ARSH e ARE previstas no Programa 23, constantes do Eixo 2 da Ação Civil Pública nº 69758- 61.2015.4.01.3400
2. Determinar que a Fundação Renova retome a execução dos estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana (metodologia meio ambiente) e Avaliação de Risco Ecológico para avaliação de risco à saúde humana e meio ambiente, conforme Decisão proferida pela Desembargadora Federal Daniele Maranhão Costa, na data de 04 de maio de 2020 no âmbito Ação Civil Pública nº 69758-61.2015.4.01.3400.
3. A realização dos estudos referenciados no item 1 deverão respeitar integralmente as diretrizes dos órgãos ambientais competentes e do CIF.
4. Determinar que a Fundação Renova, nos termos da decisão prolatada pelo TRF 1, em maio de 2020, apresente ao CIF em 30 dias um Plano de Trabalho com cronograma para a retomada da execução dos estudos referenciados no item 1.

Brasília/DF, 19 de março de 2021.

(assinado eletronicamente)

THIAGO ZUCCHETTI CARRION
Presidente Suplente do Comitê Interfederativo



Documento assinado eletronicamente por **THIAGO ZUCCHETTI CARRION, Presidente do Comitê Interfederativo Suplente**, em 23/03/2021, às 17:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ibama.gov.br/autenticidade>, informando o código verificador **9554572** e o código CRC **58EA6A39**.

Referência: Processo nº 02001.001577/2016-20

SEI nº 9554572

Inicialmente, cumprimento a Relatora pela profundidade de seu voto.

Entendo recomendável que seja explicitado em maior detalhe, ainda que indicativa e com grau de incerteza, da avaliação causal entre *os contaminantes de interesse e o evento*, como prevê a Resolução CONAMA n. 420/2009:

Art. 21. São princípios básicos para o gerenciamento de áreas contaminadas:

V - a responsabilização do causador pelo dano e suas conseqüências; e,

Art. 38. Os órgãos ambientais competentes, observando o sigilo necessário, previsto em lei, deverão dar publicidade principalmente em seus portais institucionais na rede mundial de computadores, às informações sobre áreas contaminadas identificadas e suas principais características, na forma de um relatório que deverá conter no mínimo:

II - a(s) atividade(s) poluidora(s) ativa(s) e inativa(s), fonte poluidora primária e secundária ou potencial, extensão da área afetada, causa da contaminação (acidentes, vazamentos, disposição inapropriada do produto químico ou perigoso, dentre outros);

III - as características das fontes poluidoras no que se refere à disposição de resíduos, armazenamento de produtos químicos e perigosos, produção industrial, vias de contaminação e impermeabilização da área;

Há que se ressaltar que não se está a exigir a causalidade a ser fixada entre o evento e os danos à saúde seja aquela efetiva, uma vez que tal relação conforme previsão expressa no TTAC, é aquela *derivada do risco*:

CLÁUSULA' 111: Caberá à FUNDAÇÃO desenvolver um Estudo Epidemiológico e Toxicológico para identificar o perfil epidemiológico e sanitário retrospectivo, atual e prospectivo dos moradores de Mariana até a foz do Rio Doce, de forma a *avaliar riscos e correlações decorrentes do EVENTO*.

Além disso, deixe-se claro, contudo, que tal exigência não é apta a suspender de qualquer forma o cumprimento das cláusulas 106 a 110 do TTAC, uma vez que a prestação de ações de saúde pelo instrumento tem vigência a partir de sua assinatura (inicialmente até 36 meses), quando o Estudo Epidemiológico e Toxicológico tem fixado pela cláusula 111, parágrafo terceiro, prazo mínimo de dez anos. Assim, as ações em saúde, por redação expressa do TTAC não se submetiam aos resultados do aludido estudo, ao qual cabe, ampliar e complementar essas ações.

Fora essa questão, minhas observações partem do acatamento das recomendações da Relatoria quanto aos aspectos técnicos e centram-se nos encaminhamentos visando à maior eficácia possível na realização dos aludidos estudos.

De início, é fato conhecido que houve a suspensão da execução dos estudos pela Fundação Renova, sendo duvidoso que venham a ser retomados com a urgência necessária.

Além disso, como aponta o voto da Relatora, a Fundação tem contratado diversos estudos *peer review*. Há que se observar, contudo, que a realização de estudos para o tema em questão foi objeto de regramento específico, como apontou a NOTA TÉCNICA CT-SAÚDE nº 40/2020

1. A contratação da empresa Ambios Engenharia LTDA, para a realização do estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana, conforme as “Diretrizes para Elaboração de Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana por Exposição a Contaminantes Químicos”, elaboradas pelo Ministério da Saúde, foi efetivada no contexto do atendimento ao disposto na Nota Técnica CT-Saúde nº 11/2017 e Deliberação CIF nº 106/2017. Dessa forma, a seleção da referida empresa obedeceu ao disposto na letra “e” do item 4 da Nota Técnica CT-Saúde nº 11/2017:

A(s) instituição (ões) interessadas deverão comprovar capacidade, competência e experiência para a execução dos estudos listados nesse documento. A seleção das propostas apresentadas pelas instituições interessadas deverá ser realizada por comitê técnico, criado especificamente para este fim, composto por, no mínimo, 4 representantes, sendo 2 da Fundação Renova e 2 da CTSaúde, mantendo sempre a paridade na representação das duas instâncias

Dessa forma, reputo que, anteriormente à contratação de novos estudos pela Fundação Renova, este Comitê Interfederativo deveria ter sido ouvido e manifestando-se favoravelmente, até porque a proliferação de estudos pela Fundação acaba por despender recursos financeiros que poderiam ser empregados na realização das suas atividades de reparação e compensação. Entendo, assim que, em tendo o CIF definido a forma de execução de determinado Programa, gastos que não o obedeçam encontram-se fora do seu respectivo escopo. Veja-se que a contratação de estudos é livre pelas mantenedoras com o emprego de seus recursos próprios.

Não fosse isso, a governança acerca da Fundação Renova tem sido objeto de discussão no âmbito dos Processos Judiciais n. 5023635-78.2021.8.13.0024 (processo esse objeto do Despacho nº 9451741/2021-CIF/GABIN desta Presidência para declínio à JF) e PJE nº 1024354.2019.4.01.3800, sendo neste último apontado pelo Magistrado Federal diagnóstico acerca da situação corrente da governança da Fundação:

[...]

IV) DA NECESSIDADE DE REFORMULAÇÃO DO SISTEMA DE GOVERNANÇA INTERNA DA FUNDAÇÃO RENOVA – EFETIVIDADE E EFICIÊNCIA

Consoante afirmado, toda a estrutura da FUNDAÇÃO RENOVA foi pensada para que a mesma tivesse agilidade e condições adequadas de gerir e executar as ações e medidas de reparação e compensação no âmbito do Desastre de Mariana.

A dimensão do desastre, entretanto, dadas as suas repercussões e circunstâncias, não encontra paralelo no sistema brasileiro, o que torna os programas de reparação um desafio único no mundo.

Não há qualquer dúvida de que muitos dos programas pensados, desenhados e colocados sob a gestão e execução da FUNDAÇÃO RENOVA mostraram-se frustrados e insuficientes, quer pela inaptidão do programa em si, quer insuficiência/inapetência/incompetência da própria FUNDAÇÃO RENOVA em executá-los.

É fato público e notório que o setor de contratações e suprimentos da RENOVA está muito aquém do que se espera, em termos de agilidade e eficiência, para a adequada execução das ações de reparação do desastre.

As travas internas, a exemplo do setor de compliance e do conselho curador, tem contribuído, igualmente, para o atraso inaceitável de vários programas, comprometendo toda a escala de entregas e resultados.

Não se pode olvidar, entretanto, que a FUNDAÇÃO RENOVA tem mostrado êxito e proficiência na execução de programas em outras frentes, a exemplo dos programas de recuperação de nascentes, renaturalização dos rios, “agenda integrada com

investimentos em educação pública, saúde e infraestrutura, e também o sistema indenizatório simplificado, que vem sendo aperfeiçoado a cada dia, e cujo reconhecimento é internacional.

NÃO HÁ qualquer dúvida, portanto, na linha do que corretamente afirmou a AGU, de que existem sim problemas de gestão na FUNDAÇÃO RENOVA, especialmente na sua dinâmica interna de governança, e que tais problemas contribuem de forma substancial para o atraso e ineficiência do sistema de reparação.

De toda forma, antes de adotar-se qualquer providência mais gravosa, é fundamental ter-se clareza dos detalhes e das circunstâncias do cenário interno da FUNDAÇÃO RENOVA, permitindo a todos os atores processuais a compreensão adequada dos problemas e das medidas necessárias de correção.

Se os graves problemas trazidos a juízo pela AGU reclamam providências estruturais urgentes na remodelação da RENOVA, o fato é que - decorridos mais de 05 anos do desastre - não se pode mais correr o risco de errar.

Não obstante o senso de urgência, há de se ter cautela e prudência para que a solução seja efetiva.

O foco, portanto, ao menos nesse juízo preliminar, deve constituir na realização de um diagnóstico completo da FUNDAÇÃO RENOVA, por entidade externa, isenta e qualificada internacionalmente a esse tipo de exame, a fim de entender adequadamente os problemas e gargalos estruturais, com vistas a corrigi-los, imprimindo-se, assim, uma maior eficiência e efetividade na reparação.

A realização de um diagnóstico completo em todos os setores da FUNDAÇÃO RENOVA trará segurança para que as ações de correção a serem empreendidas (indispensáveis – frise-se) não sejam meramente retóricas ou midiáticas, mas sim verdadeiras e efetivas. O diagnóstico prévio, inclusive, permitirá ao juízo avaliar com maior densidade e aprofundamento a adequabilidade e pertinência de várias das judiciosas medidas pleiteadas pela AGU.

[...]

Em sentido semelhante, em ata de reunião com o MPMG no dia 07 de fevereiro 2020 já havia me manifestado minha preocupação quanto às questões envolvendo a autonomia da Fundação, nos seguintes termos:

- 1) Há um conjunto de problemas relativos à Fundação RENOVA e o cumprimento de suas finalidades institucionais, especialmente no que tange aos 3 Programas previstos no TTAC, destacando-se a aparente falta de autonomia e de independência da referida entidade fundacional em relação às suas instituidoras (Samarco, Vale e BHP);
- 2) A falta de transparência em relação aos dados e informações tem sido também um problema sério nas atividades da Fundação RENOVA;
- 3) Outro grande obstáculo é o posicionamento da Fundação RENOVA em adotar postura no sentido de classificar grande parte das situações de reparação dos danos como sendo casos de compensação, sendo que essa postura se dá em razão do valor da verba compensatória ser limitado, enquanto a reparação dos danos causados é integral e ilimitada;
- 4) A Fundação RENOVA tem desconsiderado, em muitas situações, as deliberações do Comitê Interfederativo (CIF), que estão amparadas no TTAC, já tendo sido fixadas muitas multas à referida Fundação.

Dessa forma, no contexto atual, reputo que é pouco provável a rápida retomada do andamento da continuidade dos estudos já em curso e a contratação de novos prestadores para o restante

da bacia. Não fosse isso, a atuação da Fundação Renova na contratação de estudos *peer review* e toda a celeuma envolvida na sua divulgação/apresentação desincentiva que tais estudos sejam conduzidos sob a governança da Fundação.

Tal situação, não invalida os estudos, uma vez que não são atos administrativos cujo regime imporia tal situação, de forma que podem ser considerados nos termos do voto da Relatoria. O caminho a ser adotado é o ressarcimento da despesa e a cessação de tais contratações no caso deste Programa (aos demais, entendo que o tema deve ser abordado no processo n. 1024354.2019.4.01.3800).

Tenho que o caminho mais adequado é a realização das avaliações *apenas com o custeio da Fundação Renova*, mas sem sua gestão contratual, mediante execução judicial de obrigação de fazer (arts. 814 e ss do NCPC).

Passo a descrever o *iter* cogitado por esta Presidência.

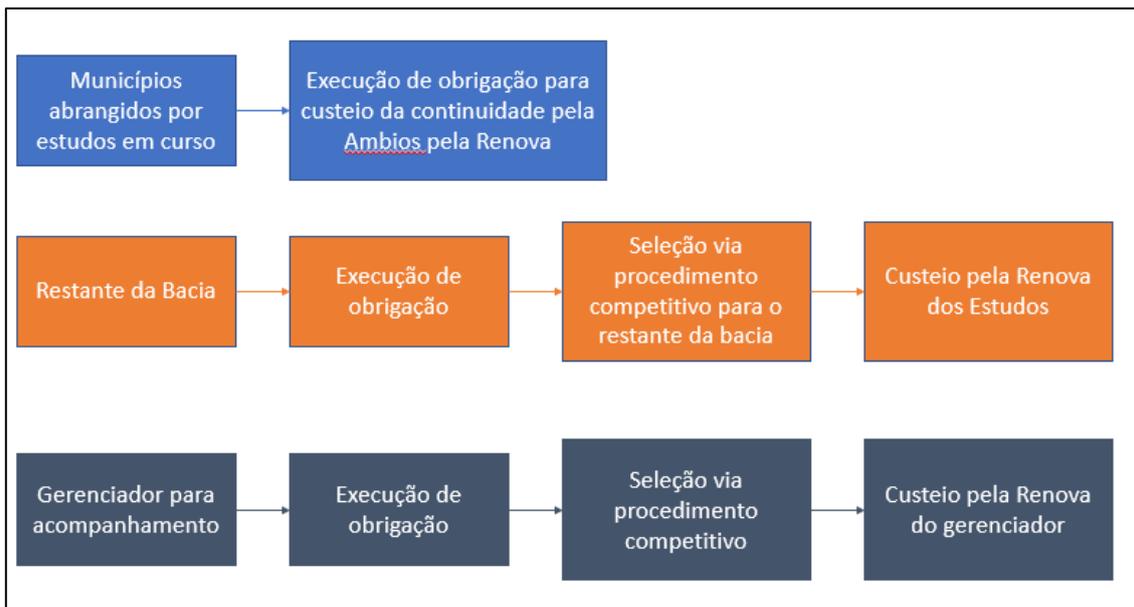
No que tange à contratação/custeio, entendo que, quanto aos municípios abrangidos pelo piloto, o melhor caminho deve ser sua continuidade com o prestador já escolhido, mediante custeio pela Fundação.

Quanto ao restante da bacia, porém, reputo que a definição deve se dar mediante procedimento público de seleção diante da superveniência do PARECER n. 00171/2019/PGU/AGU (02001.010310/2019-76), cujo trecho de interesse transcrevo abaixo:

24. Em termos objetivos, entendo que a determinação do exato meio, com a indicação inclusive da entidade (por mais apta, segundo sua avaliação), a ser adotado pela Fundação na consecução das diretrizes que já foram previamente elaboradas pelo CIF não se encontra entre suas atribuições. Compete ao colegiado, sim, com o auxílio da CT respectiva e em colaboração com a Fundação e outros atores cuja presença entenda necessária, orientar sobre as prioridades e estabelecer diretrizes, seja por ocasião da elaboração, seja na execução dos programas.

Além disso, diante da não participação da Fundação Renova na gestão e acompanhamento dos estudos, entendo que, além do custeio dos estudos, deve ser requerido ao Juízo, igualmente, a contratação de instituição gerenciadora que monitorará todos os estudos, sua execução e auxiliará ao CIF e suas CTs no seu acompanhamento.

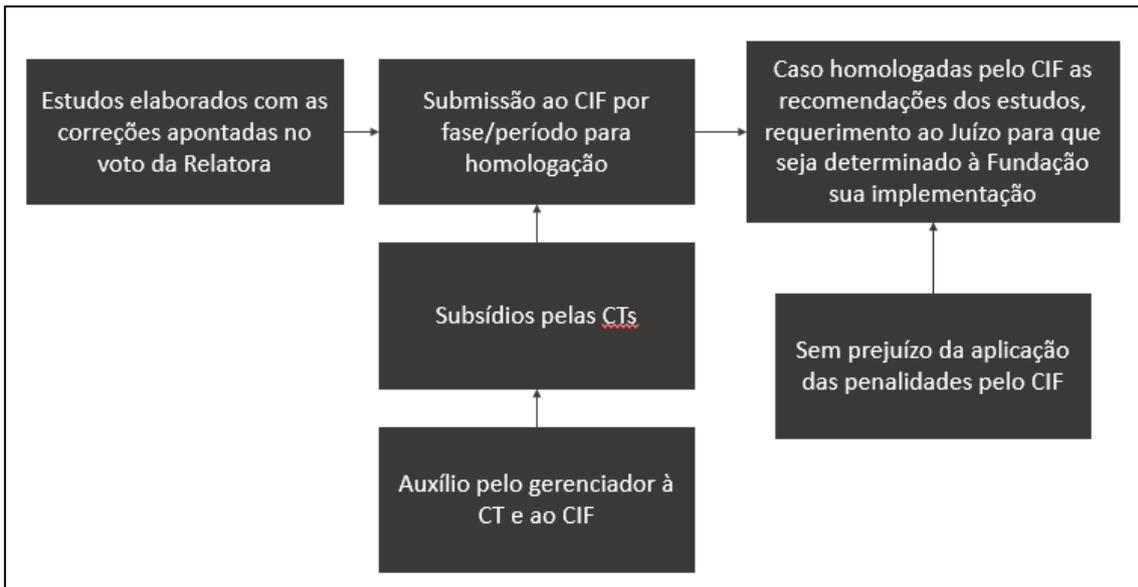
Para fins de auxiliar no entendimento da proposta aqui formulada, apresento-a sob a seguinte forma gráfica:



Por outro lado, realizados os estudos no âmbito de execução forçada de obrigação de fazer, indispensável garantir-se o regramento específico a tal processamento, resguardando as competências do Comitê Interfederativo, diante da postura assentada pela Fundação de entender que a judicialização interdita este órgão colegiado do exercício de suas atribuições.

Para tais fins, reputo que a solicitação ao Juízo deve pleitear as seguintes questões:

- a) Que os estudos sejam periodicamente submetidos ao CIF para avaliação do seu andamento e determinação de sua correção, visando a evitar que correções e ressalvas tenham que ser realizadas após conduzida uma fase ampla, como se verificou no caso em tela. Nesse particular, o Comitê será apoiado por suas Câmaras Técnicas e pelo gerenciador acima referido.
- b) Verificada a homologação pelo CIF dos estudos até aquele momento e existindo recomendações de medidas concretas a ser adotadas, que seja, no âmbito da execução, encaminhado o pleito a Juízo para cumprimento pela Fundação;
- c) Sem prejuízo das medidas judiciais, que seja resguardada a atribuição do CIF em aplicar penalidades caso se verifique que a Fundação não se encontra implementando as medidas em questão.
- d) Determinação que a Fundação Renova não contrate novos estudos *peer review*.



Com essas complementações, tenho por acompanhar a relatora e aprovar, com complementações e ressalvas, o estudo executado pela Ambios.



RELATORIA CIF

Avaliação técnica dos estudos de avaliação de risco a saúde humana – estudo da empresa Ambios e estudo da empresa Tecnohidro nos municípios de Mariana/MG e Barra Longa/MG, dos *peer review* contratados pela Fundação Renova e do *peer review* do MPF e das últimas ações e reuniões no âmbito do Sistema CIF e Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, visando subsidiar posicionamento para decisão do CIF

Relatora

Patrícia Fernandes Rocha Maciel
Membro suplente do Estado de Minas Gerais pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad).

Câmara Técnica pertinente

Câmara Técnica de Saúde (CT-Saúde)
Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental (CT-GRSA)

Belo Horizonte, 12 de março de 2021.

SUMÁRIO

1.	ESTUDOS E DOCUMENTOS ANALISADOS NA RELATORIA (ENCAMINHADOS PELA CT-SAÚDE, PELA CT-GRSA E LEVANTADOS PELA RELATORIA)	3
2.	CONTEXTUALIZAÇÃO E HISTÓRICO.....	6
3.	ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE HUMANA.....	8
3.1.	Estudo da Ambios.....	8
3.2	Estudo da Tecnohidro	27
4.	RELATÓRIOS E PEER REVIEW CONTRATADOS PELA FUNDAÇÃO RENOVA	31
4.1	Parecer Técnico Newfileds: Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG” executada pela Ambios Engenharia e Processos.....	31
4.2	Relatório Final Planitox PTMC.105/04-19 – Assunto: Considerações sobre o Relatório Final elaborado pela empresa Ambios, intitulado ‘Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão – MG’.....	33
4.3	Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana elaborado pela Fundação Renova	36
5.	PEER REVIEW CONTRATADO PELO MPF.....	37
5.1	Parecer da Fundação Getúlio Vargas: - Assunto: “Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão – MG” da AMBIOS Engenharia e Processos”.....	37
6.	NOTAS TÉCNICAS DA CT-SAÚDE.....	40
6.1	NT CT-Saúde 28/2020- Assunto: Considerações sobre o estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana da empresa AMBIOS. (16/01/2020)	40
6.2	NT CT-Saúde 40/2020 - ASSUNTO: Pedido de Subsídios IAJ-AGU sobre o Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão, desenvolvido pela Ambios (16/07/2021).....	42
6.3	NT CT-Saúde 49/2020 -- Análise e Parecer Técnico sobre o Relatório do Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana conduzido pela empresa Ambios Engenharia e Processos LTDA nos municípios de Mariana/MG e Barra Longa/MG (18/12/2020).....	46
7.	ANÁLISE INSTITUCIONAL DA SECRETARIA DE SAÚDE DE MINAS GERAIS (SES/MG).....	51
7.1	Nota Técnica nº 13/SES/SUBVS-SVS-DVAL-CVFRNB/2020 - Parecer Técnico sobre Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana realizado pela Empresa Ambios nas Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão – MG (junho/2020).....	52
7.2	Memorando.SES/SUBVS-SVS-DVAA-CVSA.nº 113/2020- Manifestação da Coordenação de Vigilância em Saúde Ambiental como representante dessa Subsecretaria de Vigilância em Saúde, sobre o estudo da Ambios.	52
8.	ÚLTIMOS ALINHAMENTOS INSTITUCIONAIS – CIF E OS ESTADOS DE MINAS GERAIS E ESPÍRITO SANTO.....	54
8.1	Reunião Intercâmaras CIF (CT-GRSA e CT-Saúde) sobre os estudos de risco a saúde humana e risco ecológico, ocorrida em novembro de 2020.....	54
8.2	Nota Técnica IEMA/CTECAD Nº 001/2021 - Assunto: “Bases mínimas para Avaliação de Risco a Saúde Humana para fins Ambientais de Gerenciamento de Áreas Contaminadas e outros esclarecimentos e considerações adicionais” e Reunião Técnica entre Minas Gerais e Espírito Santo - Assunto: “Alinhamento quanto aos entendimentos técnicos para a realização dos próximos estudos de Avaliação de Risco a Saúde Humana (metodologia do meio ambiente) a serem realizados na bacia do rio Doce”.	55
9.	ANÁLISE DA RELATORIA SOBRE AS INFORMAÇÕES APRESENTADAS NOS ESTUDOS, PEER REVIEWS E MANIFESTAÇÕES DO CIF E ORGÃOS PÚBLICOS	58
9.1	Estudos de Avaliação de Risco a Saúde Humana (ARSH), a partir das diretrizes do Ministério da Saúde (MS) para os municípios de Mariana e Barra Longa (estudos da Ambios e da Tecnohidro)	59
9.1.1	Revisão do estudo de ARSH da Ambios	60
9.1.2	Implementação de ações de proteção e cuidado à saúde das populações expostas nos municípios de Mariana e Barra Longa, a partir das recomendações dos EARSH realizados, a partir das diretrizes mínimas da Nota Técnica nº 2/SES/SUBVS-SVS-DVAA-CVSA/2021	61
9.1.3	Implementação das recomendações do setor de meio ambiente dos estudos de ARSH da Ambios e Tecnohidro	62
9.2	As avaliações/peer review sobre o estudo de ARSH realizado pela empresa Ambios nos municípios de Mariana e Barra Longa e Relatório de Consolidação da Fundação Renova.....	62
9.3	Continuidade dos estudos nas outras regiões impactadas e posicionamento sobre a metodologia “Gaisma”	63
10.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	66

1. ESTUDOS E DOCUMENTOS ANALISADOS NA RELATORIA (ENCAMINHADOS PELA CT-SAÚDE, PELA CT-GRSA E LEVANTADOS PELA RELATORIA)

ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE HUMANA	
Estudo Ambios, de abril de 2019, realizado a partir de requisição do CIF e CT-Saúde	Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG para os municípios de Mariana e Barra Longa
Estudo da Tecnohidro, maio de 2019, elaborado a pedido da Fundação Renova.	Relatório Técnico de Avaliação de Risco à Saúde Humana Metodologia Ministério da Saúde
NOTAS TÉCNICAS DA CT-SAÚDE	
Nota Técnica CT-Saúde nº 28/2020 (16/01/2020)	Assunto: Considerações sobre o estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana da empresa Ambios <u>*Não existe Deliberação CIF sobre o tema.</u>
Nota Técnica CT-Saúde 40/2020 (16/07/2021)	Assunto: Pedido de Subsídios IAJ-AGU sobre o Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão, desenvolvido pela Ambios <u>*Não existe Deliberação CIF sobre o tema.</u>
Nota Técnica da CT-Saúde 49/2020 – Resposta ao CIF (18/12/2020)	Assunto: Análise e Parecer Técnico sobre o Relatório do Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana conduzido pela empresa Ambios Engenharia e Processos LTDA nos municípios de Mariana/MG e Barra Longa/MG <u>*Não existe Deliberação CIF sobre o tema.</u>
RELATÓRIOS E PEER REVIEW CONTRATADOS PELA FUNDAÇÃO RENOVA	
Peer Review da Newfields sobre o estudo da Ambios, abril de 2019, elaborado a pedido da Fundação Renova.	PARECER TÉCNICO: Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG” executada pela Ambios Engenharia e Processos
Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana, novembro de 2019, elaborado pela Fundação Renova	O Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG), de novembro de 2019, refere-se a um parecer técnico expedido pela empresa a partir da análise dos seguintes estudos: <ul style="list-style-type: none"> • Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão – MG, elaborado pela empresa Ambios Engenharia e Processos, de abril de 2019; • Relatório técnico – Avaliação de Risco à Saúde Humana Metodologia Ministério da Saúde – Mariana – MG, elaborado pela empresa Tecnohidro Engenharia São Paulo, de outubro de 2019.
Relatório Final Planitox PTMC.105/04-19, abril de 2019, elaborado a pedido da Fundação Renova.	Assunto: Considerações sobre o Relatório Final elaborado pela empresa Ambios, intitulado ‘Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão – MG’
PEER REVIEW CONTRATADO PELO MPF	
Parecer Técnico da Fundação Getúlio Vargas, novembro de 2019, elaborado a pedido do MPF	Assunto: “Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão – MG” da Ambios Engenharia e Processos”

ANÁLISES INSTITUCIONAIS (SES)	
Nota Técnica nº 13/SES/SUBVS-SVS-DVAL-CVFRNB/2020 (junho/2020).	Parecer Técnico sobre Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana realizado pela Empresa Ambios nas Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão – MG
Memorando.SES/SUBVS-SVS-DVAA-CVSA.nº 113/2020 (fevereiro/2020).	Manifestação da Coordenação de Vigilância em Saúde Ambiental como representante dessa Subsecretaria de Vigilância em Saúde, sobre o estudo da Ambios.
Nota Técnica nº 2/SES/SUBVS-SVS-DVAA-CVSA/2021 – Diretrizes mínimas para 2ª Fase dos estudos de ARSH em Mariana e Barra Longa	Diretrizes Mínimas para as Etapas de Implementação de Ações de Proteção e Cuidado À Saúde das Populações Expostas ao Rompimento da Barragem de Fundão, a partir das Recomendações dos EARSH Realizados em Mariana e Barra Longa, Minas Gerais, Março/2021.
ÚLTIMOS ALINHAMENTOS INSTITUCIONAIS - CIF E ESTADOS DE MINAS GERAIS E ESPÍRITO SANTO	
Ata reunião Intercâmaras CT-GRSA e CT-Saúde sobre os estudos de risco a saúde humana (novembro/2020).	Reunião Intercâmaras CT-GRSA e CT-Saúde realizada no dia 24/11/2020 para tratar dos estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana e Avaliação de Risco Ecológico, sob acompanhamento destas CTs, avaliando-se a possível criação de Grupo de Trabalho e próximos encaminhamentos no âmbito da ACP Eixos Prioritários.
Reunião Técnica entre Minas Gerais e Espírito Santo, na data de 29/01/2021.	Assunto: “Alinhamento quanto aos entendimentos técnicos para a realização dos próximos estudos de Avaliação de Risco a Saúde Humana (metodologia do meio ambiente) a serem realizados na bacia do rio Doce” realizada no dia 29/01/2021.
Nota Técnica IEMA/CTECAD Nº 001/2021, de 04/01/2021.	Assunto: “Bases mínimas para Avaliação de Risco a Saúde Humana para fins Ambientais de Gerenciamento de Áreas Contaminadas e outros esclarecimentos e considerações adicionais”

É fundamental registrar que a íntegra dos documentos e relatórios citados nesta Relatoria (listados no item 2 da Relatoria) se encontram anexos a esta relatoria. Esta relatoria analisou os documentos e extraiu informações consideradas pertinentes para embasar a tomada de decisão do Comitê Interfederativo (CIF) em relação aos estudos de Avaliação de Risco a Saúde Humana (metodologia saúde). Desta maneira, qualquer interessado que queria compreender melhor o conteúdo desta relatoria pode consultar o seu Anexo 2.

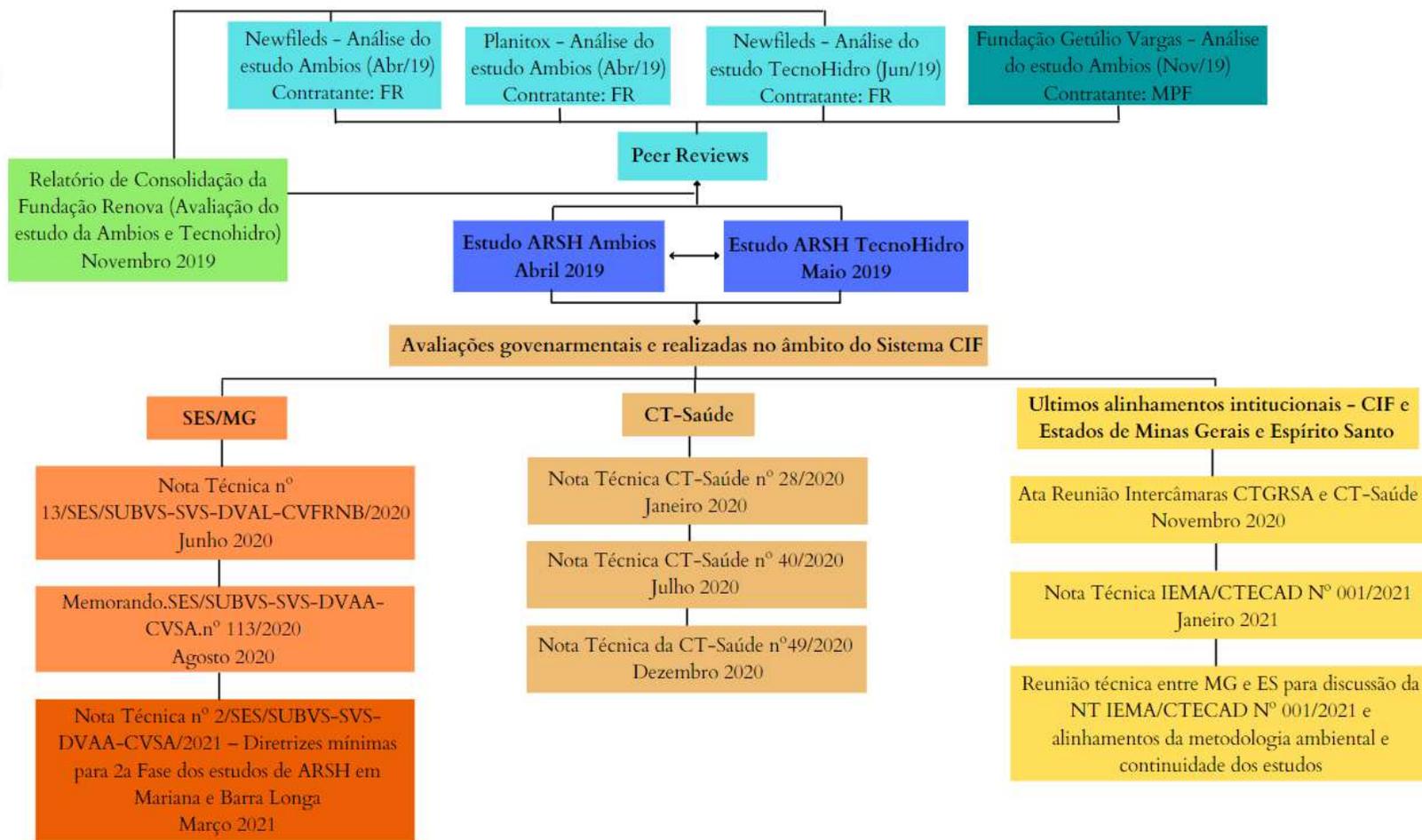


Figura 1 – Estudos analisados na relatoria (estudos de ARSH – Ambios e Tecnohidro); *peer review*; análises governamentais e da CT-Saúde e últimos encaminhamentos no âmbito do sistema CIF.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO E HISTÓRICO

A figura 2 apresenta os principais eventos referente ao assunto tratado nesta relatoria, desde o rompimento da barragem de Fundão.

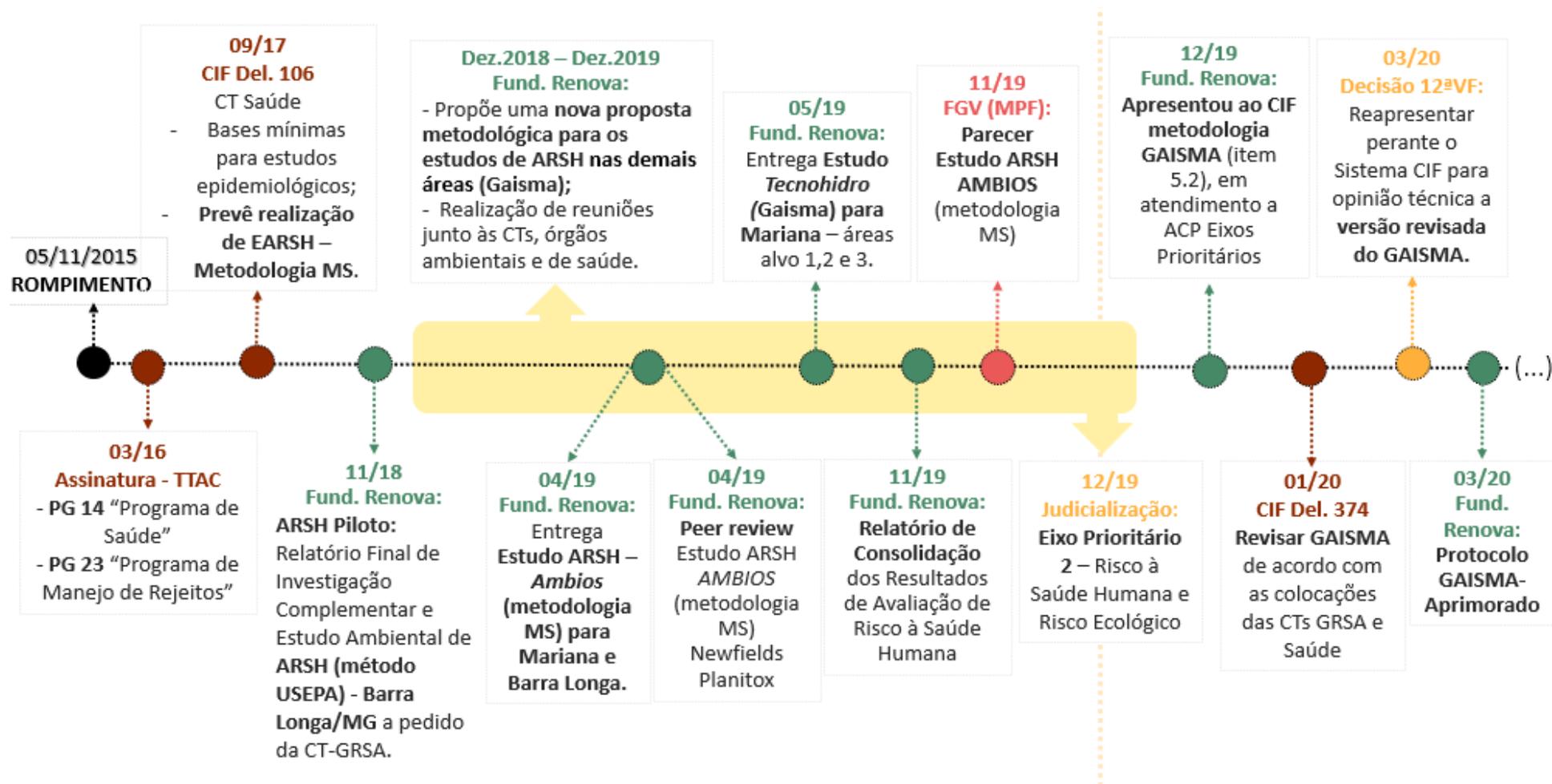




Figura 2 – Principais eventos ocorridos no âmbito do TTAC, referentes aos estudos de Avaliação de Risco a Saúde Humana.

3. ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE HUMANA

3.1. Estudo da Ambios

O relatório final da Ambios “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG para os municípios de Mariana e Barra Longa”, datado de 17 de abril de 2019, foi apresentado ao sistema CIF em cumprimento a Deliberação CIF nº 106. O estudo foi construído conforme o documento “Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos”, elaborado pelo Ministério da Saúde e da Nota Técnica SUBVPS/SESMG Nº 11/2017.

Este estudo teve como objetivo apresentar uma avaliação de risco à saúde humana para os municípios de Mariana e Barra Longa, visando orientar o setor da saúde na adoção de ações e medidas de prevenção e promoção da saúde em áreas com populações expostas ou potencialmente expostas a contaminantes químicos. As ações e medidas deverão ser custeadas pela Fundação Renova ou suas mantenedoras conforme obrigações do TTAC.

Conforme exposto no relatório, a ARSH somente foi iniciada, quando decorridos quase 3 anos do desastre, e com grande urgência quanto aos resultados para a realização de acompanhamento de saúde dessas comunidades. Desta maneira, procurando alcançar resultados no menor espaço de tempo possível, a ARSH utilizou a estratégia de pior cenário, ou seja, a avaliação foi realizada somente nos locais considerados de maior risco. Conforme relatado no documento, a estratégia de “pior cenário” foi aceita pelo contratante (Fundação Renova) com aval da CT-Saúde (Câmara Técnica de Saúde) e do CIF (Comitê Interfederativo).

CAPÍTULO I

No Capítulo I – Avaliação dos dados existentes, a Ambios realizou uma análise dos estudos e dados já produzidos pela Fundação Renova que poderiam subsidiar a realização da ARSH e definição das substâncias de interesse, concluindo que:

“Complementarmente, apesar da existência de dados sobre a qualidade da água para consumo humano, haviam questionamentos sobre a credibilidade dos dados da Fundação Renova de vários setores (comunidades dos atingidos, Setor Saúde, ONGs, mídia, academia). Sem entrar no mérito desta questão, a equipe decidiu produzir dados de alimentos, bem como dados de água de consumo humano. Já os dados ambientais existentes de outros compartimentos ambientais (solo, água superficial, sedimentos), não atendiam aos requisitos da metodologia de ARSH empregada (localização, procedimentos de coleta, etc)”.

Diante do exposto, a Ambios decidiu por não utilizar nenhum dado ambiental pretérito na definição de contaminantes de interesse, sendo sua análise embasada exclusivamente nos dados produzidos pela própria equipe da Ambios. Em relação aos dados socioeconômicos produzidos por outros estudos, a Ambios considerou alguns dados como válidos, sendo os mesmos utilizados para elaboração da ARSH.

POSICIONAMENTO RELATORIA:

- Existem estudos ambientais importantes que não foram considerados no estudo da ARSH da Ambios que poderiam fornecer importantes informações sobre os compartimentos ambientais e o desastre para os dois municípios. Para a continuidade das discussões da ARSH nos dois municípios estes estudos podem apoiar a decisão dos órgãos públicos e o entendimento das questões ambientais. A seguir, esta relatoria lista alguns dos estudos considerados importantes. Ressalta-se que alguns dos estudos listados foram finalizados durante a execução do estudo da Ambios e portanto, esta relatoria entende que sua utilização nos estudos de ARSH ficou prejudicada.
 - ✓ Dados do Programa de Monitoramento Qualitativo e Quantitativo de Água e Sedimentos (PMQOs) – iniciado em 2017;
 - ✓ Plano de Manejo de Rejeitos Trechos 6 e 7: Volume 2 - Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito nos Trechos 6 e 7 – de 06/08/2018;
 - ✓ Trecho 8: Volume 1. Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito no Trecho 8 – de 31/07/2017 e 27/07/2018;
 - ✓ Trecho 9: Volume 4 - Aplicação do plano de manejo de rejeito no Trecho 9 – de 21/08/2018;
 - ✓ Trechos 10 e 11: volume 5 - Aplicação do plano de manejo de rejeito nos trechos 10 e 11 – de 03/01/2019;
 - ✓ ARSH Piloto: Relatório Final de Investigação Complementar e Estudo Ambiental de Avaliação de Riscos à Saúde Humana (Método da Usepa) - Barra Longa/MG protocolado junto a CT-GRSA - de 19/11/2018;
 - ✓ Investigação quintais: Relatório Técnico Sobre a Construção do Aterro de Rejeito no Município de Barra Longa/MG – agosto de 2018.

CAPÍTULO II

O Capítulo II trata do levantamento das preocupações da população de Mariana e Barra Longa com a sua saúde. Nesta fase do estudo buscou-se identificar junto à população afetada e aos profissionais de saúde que atuaram no atendimento a essas pessoas as preocupações da comunidade com a sua saúde acerca de questões relacionadas ao desastre e à exposição aos

rejeitos. Essa atividade permitiu entender o impacto do desastre no cotidiano e na percepção de risco à saúde da população atingida. Assim, foram realizadas entrevistas com profissionais de saúde responsáveis pelo atendimento da população e entrevistas/rodas de conversa com a população atingida.

Quando necessário, os profissionais da equipe da Ambios, realizaram entrevistas domiciliares (principalmente em residências previamente identificadas para a coleta de poeira, água de consumo e alimentos). Os profissionais de saúde entrevistados foram aqueles que deram assistência à população logo após o desastre e/ou aqueles que prestam atualmente assistência à população de Mariana e Barra Longa.

A partir dos relatos dos profissionais e dos moradores entrevistados foram identificadas e estabelecidas as seguintes categorias:

- Preocupações relacionadas à saúde da população atingida
- Preocupações relacionadas ao consumo de água e alimentos
- Preocupações relacionadas ao meio ambiente e à saúde
- Preocupações relacionadas às condições e à qualidade de vida da população atingida.

Em relação a população residente na sede dos municípios ou dos distritos, as principais preocupações e reclamações foram:

- Insônia, dificuldade para dormir e sonhos frequentes com o desastre;
- Depressão, início de uso de medicamentos psicotrópicos, choro frequente;
- Cansaço, desânimo, tristeza, medo e insegurança;
- Preocupação com sua saúde mental;
- Preocupação com problemas cardíacos decorrentes do intenso nervosismo;
- Preocupação constante com um novo desastre;
- Aparecimento de “dores de cabeças muito fortes”, agravo em quadro já existente de epilepsia e mudança de comportamento (comportamentos agressivos);
- Falta de espaço para os filhos brincarem;
- Preocupações com aumento de casos de tentativa de suicídio;
- Queixas de problemas respiratórios e alérgicos, sinusites e resfriados;
- Pigarro, tosse, coriza, rouquidão, coceira na garganta, congestão, “coceira muito intensa no nariz”
- Além da alergia respiratória, a população comentou sentir coceiras na pele após o contato com a lama; e

- Dependência de uso de medicamentos para dormir ou “para ficar bem”, ganho de peso, perda de peso, falta de ânimo e esquecimento.

POSICIONAMENTO RELATORIA:

- As diretrizes do MS definem que o levantamento das preocupações da comunidade deve ser realizado em três fases: preparatória (antes de visitar a área); visitas as áreas; e socialização das informações da ARSH. Na análise do relatório da Ambios, foi verificado que não foi descrita de maneira adequada a “fase preparatória”, assim como o processo de construção e validação da seleção da área e da amostra da população.
- Independente disso, esta relatoria considera que a etapa de “levantamento das preocupações da comunidade” foi realizada de maneira satisfatória e apresenta resultados que permitem compreender as preocupações dos atingidos nos dois municípios, devendo embasar a 2ª Fase dos estudos de ARSH em Mariana e Barra Longa.

CAPÍTULO III

O Capítulo III apresenta os procedimentos técnicos e metodológicos para a etapa de amostragem dos compartimentos ambientais e análises laboratoriais visando a identificação dos contaminantes de interesse a serem utilizados no estudo. A estratégia deu-se principalmente em áreas povoadas, considerando a estratégia de pior cenário e incluiu os seguintes compartimentos ambientais: solo superficial, água subterrânea, água superficial, água de abastecimento público, sedimentos, leite de vaca, ovo, poeira domiciliar e vegetais comestíveis, conforme descrição abaixo:

- **Sedimentos:** coleta realizada preferencialmente em áreas de menor velocidade de fluxo das drenagens, onde ocorre uma deposição de material particulado mais leve e de menor granulometria, nos 5 cm mais superficiais;
- **Água superficial:** coleta de amostras de água superficial em áreas onde foi observada a presença da lama de rejeitos nas margens e em áreas de menor velocidade de fluxo das drenagens, chamados pontos de remanso;
- **Solo superficial:** coleta em uma profundidade não superior à 10 cm, em áreas onde a deposição da lama de rejeitos formou o “novo solo” superficial nas áreas de várzea das drenagens. Adicionalmente a esta condição, a coleta foi realizada somente em áreas onde foram observados cultivos de alimentos (principalmente frutas e tubérculos) ou onde havia claros indícios de ocorrência de pastagens;

- **Água para consumo humano:** coleta da água para consumo humano em localidades onde a (precária) rede de distribuição encontrava-se soterrada pela lama de rejeitos. Desta forma, foram amostradas água para consumo humano provenientes tanto dos sistemas públicos de abastecimento como das captações subterrâneas;
- **Alimentos (frutas e tubérculos):** coleta de amostras de alimentos (principalmente frutas e tubérculos) somente em áreas onde se constatou a presença da lama de rejeitos formando o “novo solo”;
- **Leite e ovos de galinha:** Numa perspectiva de pior cenário, coletou-se amostras de leite de vaca em áreas onde o animal pastava em locais atingidos pela lama e ovos de galinha, onde os animais ciscavam preferencialmente em áreas com solo superficial sob influência indireta da deposição de material particulado suspenso (poeira) procedente de solo superficial suspeito de contaminação;
- **Poeira domiciliar:** coleta de amostras da poeira nas residências sob impacto direto do “novo solo” representado pela deposição (e posterior secagem favorecendo a emissão como particulado suspenso pelos ventos) da lama de rejeitos.

Em relação aos métodos analíticos, a Ambios informou que os Planos de Amostragem seguiram os procedimentos operacionais padrão (POP) de rotina para coleta e envio das amostras para análise. Os métodos analíticos selecionados tiveram como premissas: a) serem normas estabelecidas nacional e/ou internacionalmente; b) apresentarem limites de quantificação abaixo dos valores de referência definidos pela equipe de ARSH. Os Planos de Amostragem estão contidos nos Anexos 04 e 05 do estudo da Ambios e nos Anexos 06 e 07 os laudos analíticos de Mariana e Barra Longa, respectivamente.

Os valores de referência utilizados no estudo foram:

- **Água para consumo humano e água superficial:** Padrão de potabilidade da Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde.
- **Alimentos:** Anvisa (RDC Nº 42/2013 e FAO - CODEX ALIMENTARIUM).
- **Sedimentos:** Resolução Conama 454/2012.
- **Solo:** Valor de Prevenção de acordo com seu Artigo 3, Parágrafo III. (Resolução Conama 420/2009).
- **Poeira Domiciliar:** Valor de Prevenção de acordo com seu Artigo 3, Parágrafo III. (Resolução Conama 420/2009) .

Em Mariana os pontos de amostragem estavam inseridos nos Distritos de Bento Rodrigues, Camargos, Ponte do Gama, Paracatu de Baixo, Paracatu de Cima, Pedras, Borba e Campinas. Estes Distritos/subdistritos estão localizados ao longo do Rio Gualaxo do Norte e foram atingidos pelos rejeitos oriundos do rompimento da barragem da Samarco de forma direta ou indireta pelo refluxo dos afluentes.

Em Barra Longa os pontos de amostragem se concentraram na área urbana e em algumas localidades como Barreto, Mandioca, Gesteira e Volta da Capela, que abrangem a maior parte da população atingida desse município.

Em relação aos resultados analíticos, a Ambios apresenta os resultados e discussões sobre os pontos de coleta e as análises em relação aos contaminantes de interesse, nas páginas 206 a 226 (dados de Mariana – páginas 206 a 216 e dados de Barra Longa – páginas 217 a 226), sendo apresentada nesta relatoria as principais considerações.

Em análise ao estudo da Ambios, esta relatoria verificou que as informações relativas ao georreferenciamento das amostras ambientais deveriam estar melhor representadas, com as informações completas sobre a localização dos pontos, incluindo os dados de coordenadas geográficas e representação gráfica a partir de mapas para cada compartimento ambiental, incluindo os principais elementos/usos dos municípios estudados.

Os contaminantes de interesse analisados pela Ambios foram: antimônio (Sb), arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), mercúrio (Hg), níquel (Ni) e zinco (Zn).

Em relação a Mariana, o relatório final informa que não foram encontrados contaminantes de interesses nas amostras de frutas, tubérculos/raízes, amostras de leite de vaca, e amostras de ovo de galinha. Para os compartimentos águas para consumo humano e água superficial, sedimentos, solo e poeira domiciliar foram identificados valores acima dos determinados como de referência para os contaminantes: ferro, manganês, cádmio, níquel, chumbo, cobre e zinco.

Em relação a Barra Longa, o relatório final informa que não foram encontrados contaminantes de interesses nas amostras de frutas, tubérculos/raízes, amostras de leite de vaca e amostras de ovo de galinha. Para os compartimentos águas para consumo humano e água superficial, sedimentos, solo e poeira domiciliar foram identificados valores acima dos

determinados como de referência para os contaminantes: ferro, manganês, cádmio, níquel, chumbo, cobre e zinco.

A partir dos resultados da amostragem e das colocações técnicas da Ambios, os contaminantes selecionados para as próximas fases do estudo de ARSH foram cádmio, chumbo, níquel, cobre e zinco. Os metais ferro e manganês foram excluídos do cálculo do risco, conforme argumentação de que o padrão de potabilidade para o ferro e manganês é determinado por razões organolépticas, ou seja, de aceitabilidade da água devido sua aparência pelo consumidor. A preocupação de saúde se dá quando o consumidor busca águas de fontes menos confiáveis, devido à não aceitabilidade da água por sua aparência ou sabor, pelo excesso de ferro, principalmente a água do abastecimento público. Além disso, a excedência dos valores em uma única amostra do mesmo sistema de abastecimento público pode ter como causa uma falha técnica momentânea no tratamento de água da ETA.

POSICIONAMENTO RELATORIA:

- É fundamental que as informações relativas ao georreferenciamento e mapas dos pontos de coletas dos dados ambientais estejam apresentados de maneira clara no relatório da Ambios. O relatório da Ambios deverá ser revisado neste ponto, apresentando maiores esclarecimentos.
- Devido a composição química do rejeito proveniente do Complexo de Germano é fundamental que os estudos de risco a saúde humana considerem os contaminantes ferro e manganês nos cálculos de risco à saúde humana, visando avaliar se estes contaminantes causam algum tipo de efeito adverso à saúde da população. O relatório da Ambios deverá ser revisado neste ponto, apresentando maiores esclarecimentos.
- Os *peer reviews* da Fundação Renova, a FGV e a SES/MG questionaram em suas manifestações alguns procedimentos de controle de qualidade na amostragem ambiental e na análise laboratorial adotados pela Ambios. Esta relatoria entende que os problemas apontados no estudo da Ambios vinculados a esta temática devem ser incluídos como incertezas do estudo, devendo a Fundação Renova em articulação com a CT-Saúde focarem na implementação da 2ª Fase da ARSH, nos municípios de Mariana e Barra Longa.

CAPÍTULO IV

No Capítulo IV foram discutidos os principais mecanismos de transporte vinculados aos contaminantes selecionados considerando o conhecimento técnico da equipe da Ambios, dados públicos, estudos científicos e informações de bancos toxicológicos, entre outros. Foram discutidas informações sobre o comportamento dos contaminadas nos meios ambientais,

características de transporte (disponibilização, mobilização e bioacumulação) nos meios ambientais ar, solo, sedimentos e água.

CAPÍTULO V

No Capítulo V foram discutidas as rotas de exposição. Conforme informado no relatório da Ambios, uma rota de exposição é um processo que permite o contato dos indivíduos com os contaminantes originados em uma fonte de contaminação. A rota de exposição é composta pelos seguintes elementos:

- **Fonte de contaminação** - É a fonte de emissão do contaminante ao ambiente. No caso em que a fonte original seja desconhecida, esta pode ser representada pelo compartimento ambiental responsável pela contaminação de um ponto de exposição.
- **Compartimento ambiental** - Os compartimentos ambientais são vários, incluindo: água subterrânea, água superficial, água de abastecimento público, alimentos, ar, solo superficial, poeira domiciliar, sedimento e biota.
- **Ponto de exposição** - É o lugar onde pode ocorrer o contato humano com o compartimento ambiental contaminado, por exemplo, uma residência, local de trabalho, parque, jardim, curso de água (rio), corpo de água (lago), um manancial, um poço ou uma fonte de alimentos.
- **Via de exposição** - São os caminhos pelos quais os contaminantes podem estabelecer contato com o organismo humano, tais como: ingestão, inalação, absorção ou contato dérmico.
- **População receptora** - São as pessoas que estão expostas ou potencialmente expostas aos contaminantes de interesse em um ponto de exposição.

No relatório da Ambios é pontuado que a equipe avaliou o conjunto de informações existente para cada um dos cinco elementos que compõe a rota de exposição para os contaminantes selecionados visando definir as rotas de exposição relevantes para a ARSH, identificando as lacunas que impedem uma avaliação completa dos contaminantes. As rotas de exposição que foram definidas foram avaliadas na etapa “Implicações para a Saúde Pública”.

É importante também registrar o conceito de rota completa ou potencial, apresentado no Relatório da Ambios:

“As rotas de exposição podem ser categorizadas como completas ou potenciais. Cada rota completa ou potencial representa uma condição de exposição passada, presente ou futura que deve ser assinalada. Deve-se avaliar a possibilidade da exposição humana aos contaminantes do local para cada rota potencial ou completa. Mesmo que o enfoque de maior importância na avaliação de saúde deve ser sobre as

rotas de exposição completas, deve-se reservar espaço para se discutir as rotas potenciais. Deve-se entender que qualquer contaminante associado com as rotas, sejam completas ou potenciais, requererá uma avaliação posterior na seção de Implicações à Saúde Pública”.

“Uma rota de exposição completa é aquela em que seus cinco elementos ligam a fonte de contaminação com a população receptora. Sem importar que a rota seja passada, presente ou futura, em todos os casos em que a rota for completa, a população será considerada exposta”.

“Uma rota potencial de exposição existe quando um ou mais elementos que constituem uma rota de exposição não forem identificados”.

- **Alimentos**

Não foram encontradas concentrações superiores ao valor de referência adotado pela Ambios que indicassem a presença de contaminantes de interesse. A maior expectativa de contaminação por metais, na visão da Ambios, seria a representada por alimentos de contato direto com o solo decorrente da deposição da lama de rejeito (tubérculos) ou, de forma indireta, por ingestão de gramíneas pelas vacas (leite) ou de solo contaminado pelas galinhas (ovos).

Apesar dos resultados das análises, a Ambios entende que, em razão de eventos naturais, de mecanismos de transporte e transformação, não é possível se afirmar que uma maior disponibilidade dos metais e absorção pelos vegetais relacionados não possam ocorrer e gerar rotas de exposição humana no futuro. Por essa razão, a equipe de ARSH considera possível uma biodisponibilização futura de contaminantes metálicos para as plantações e gramíneas dessas áreas, por absorção radicular, contaminando animais e humanos pelo consumo dos alimentos. Portanto, existe uma rota de exposição potencial futura, principalmente aqueles produzidos nas áreas de deposição da lama de rejeitos, como os tubérculos ou que possam sofrer contaminação de poeiras contaminadas pelo rejeito.

Diante do colocado, a Ambios afirma que:

“Assim sendo, o solo nas áreas com deposição da lama de rejeitos, bem como naquelas áreas, cujos solos superficiais, em decorrência dos ventos dominantes, possam ser contaminados pela poeira, devem ser monitoradas e deve-se evitar a produção de alimentos nessas áreas”.

POSICIONAMENTO RELATORIA:

- A informação apresentada pelo estudo da Ambios levanta um problema existente no território que deverá ser tratado pela Fundação Renova em articulação com a CT-EI, CT-Saúde e órgãos públicos vinculados a temática de agricultura, pecuária e abastecimento, na 2ª Fase dos estudos de ARSH nos dois municípios.

- A recomendação referente a produção de alimentos (cultivo pela população) tem caráter generalista e deve ser tratada em conjunto com a CT-GRSA para delimitação de áreas de risco de cultivo de alimentos, a partir da contaminação do solo e de ações de manejo de rejeitos.
- Cabe registrar que existe no âmbito da ACP Eixos Prioritários, o Eixo 6 que tem o objetivo de discutir a segurança alimentar do pescado, assim como dos produtos agropecuários irrigados pelo rio Doce. Em março de 2020, foi solicitado por Decisão Judicial às partes interessadas, a apresentação de quesitos e formulação de propostas de coleta, estudo, armazenamento e metodologia de processamento do material biológico que pudessem subsidiar o trabalho pericial. Em junho do mesmo ano, foi apresentado o Plano de Trabalho Pericial pelo Perito do Juízo, a AECOM, iniciando assim a Perícia em julho de 2020. Já foi entregue uma avaliação preliminar emitida pela equipe do Perito do Juízo, por meio dos Relatórios Parciais 1 (Revisão Teórica) e 2 (Validação dos Dados), e esta avaliação indicou a necessidade de complementação de dados para realização da Perícia e finalização do processo de finalização. Tal complementação foi apresentada pelas partes interessadas e áreas técnicas correlatas ao tema, e no momento, aguardam-se as próximas etapas da Perícia.
- **Águas para consumo humano e água superficial**

Para este compartimento foram detectadas concentrações de cádmio e chumbo, mesmo que abaixo dos valores máximos permitidos, e concentrações de ferro e manganês acima dos padrões de potabilidade prescritos pelo Ministério da Saúde. A Ambios definiu pela não inclusão da rota de exposição da água para consumo humano nas avaliações do Capítulo VI - Implicações para a Saúde Pública. No entanto, considerou esta rota como potencial futura e ressaltou a importância e necessidade da continuidade do monitoramento da água para consumo humano, visto que no futuro, em função da fonte de emissão presente, principalmente no solo e sedimentos, podem ocorrer contaminações.

POSICIONAMENTO RELATORIA:

- O monitoramento da água para consumo humano deve ser continuado no âmbito do Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano (PMQACH) - PMACH – coordenado pela CT-Saúde, devendo a CT-Saúde verificar se o escopo atual do Programa é adequado dada a complexidade do tema, propondo, caso seja necessário, a ampliação de pontos de coleta/SQIs analisadas/periodicidade.

- **Solo superficial**

Os resultados analíticos assinalam o cádmio como contaminante de interesse no solo superficial em ambas as localidades. Conforme o relatório, os dados ambientais assinalam o solo superficial nas áreas de deposição da lama de rejeito como uma rota completa de exposição no passado e no presente, pelo contato direto, inalação e ingestão (involuntária em adultos; e em crianças, principalmente na fase de engatinhar) de poeira contaminada para os residentes dessas áreas. Além disso, o solo superficial representa uma rota potencial de exposição futura principalmente para os residentes das áreas na direção dos ventos predominantes para onde ocorra a deposição da poeira contaminada.

Algumas questões são levantadas e são importantes de estarem transcritas nesta relatoria:

“Adicionalmente, conforme constatado nas campanhas de amostragem, a Fundação Renova, possivelmente para promover um rápido crescimento de cobertura vegetal nas áreas de deposição da lama de rejeitos e, provavelmente, para inibir o arraste desses rejeitos para outros compartimentos ambientais, têm realizado adubação desses solos com misturas de caráter alcalino. Conforme observado pela equipe de ARSH, a Fundação Renova tem realizado o plantio de vegetais diversos que, acredita-se, possa objetivar a remoção dos metais pelas raízes dessas plantas. Mesmo que a remoção não seja efetiva, essa vegetação plantada formará seguramente um ambiente de solo com maior teor orgânico.

A equipe de ARSH considera pouco provável que o solo superficial contaminado, nas condições atuais, possa representar uma rota de exposição pelos alimentos que venham a ser ali produzidos. Por outro lado, a mobilização dos contaminantes pela ação dos ventos, transportando a poeira contaminada, bem como pelas chuvas, arrastando o solo superficial contaminado para os sedimentos das drenagens, e pelo contato direto das pessoas, resultam na possibilidade de geração de rotas exposição humana.

Sob a visão de pior cenário, a equipe de ARSH realizou a amostragem de solo superficial (solo até 10 cm de profundidade) somente nas áreas onde a lama de rejeitos, que após transbordar o leito das drenagens por ela atingidas, inundou áreas de margens e várzeas formando o “novo solo” superficial. A constatação de solo superficial contaminado neste estudo de ARSH restringe-se a essas áreas. No entanto, é provável que o material particulado suspenso, a partir desse “novo solo” superficial, mobilizado pelos ventos, venha a se depositar e constituir, com o tempo, solo superficial contaminado, preferencialmente em áreas na direção dos ventos predominantes.

Um outro aspecto sobre o qual não foi possível realizar uma avaliação neste estudo de ARSH foi a questão da hidrogeologia, principalmente quanto às características do solo superficial formado pela lama de rejeito: a permeabilidade do solo nessas áreas, existência de fraturas e outros fatores de potencial influência na transferência dos contaminantes do solo para os aquíferos”.

POSICIONAMENTO RELATORIA:

- A informação apresentada pelo estudo da Ambios levanta um problema existente no território que deverá ser tratado pela Fundação Renova em articulação com o Sistema SUS na 2ª Fase dos estudos de ARSH nos dois municípios. As questões ambientais deverão ser remetidas à CT-GRSA e ao órgão ambiental para avaliação das medidas cabíveis considerando a distribuição da contaminação no solo e potencial impacto sobre a água subterrânea, bem como a delimitação das áreas com riscos identificados para manejo de rejeito dentro do contexto da ARSH (Metodologia Ambiental) a serem executada nos dois municípios.

- **Sedimentos**

Os resultados analíticos das campanhas de amostragem assinalam o cádmio como contaminante de interesse nos sedimentos das drenagens atingidas pela lama de rejeitos nas localidades de Mariana e Barra Longa.

Em função da contaminação já detectada nos sedimentos por cádmio, e com a possibilidade da revitalização dos ambientes aquáticos, do ressurgimento dos organismos aquáticos comestíveis, inclusive dos peixes, bem como da mobilização e biodisponibilização futura de outros metais pesados por possíveis mecanismos de transporte, incluindo a participação crescente da atividade microbiana, o relatório recomenda um amplo monitoramento da contaminação por metais pesados dos organismos aquáticos comestíveis. A Ambios considerou os sedimentos contaminados pelo cádmio como uma rota de exposição completa futura.

POSICIONAMENTO RELATORIA:

- A informação apresentada pelo estudo da Ambios levanta um problema existente no território que deverá ser tratado pela Fundação Renova em articulação com o Sistema SUS na 2ª Fase nos dois municípios. As questões ambientais deverão ser remetidas à CT-GRSA e ao órgão ambiental para a realização de estudos complementares sobre a distribuição da contaminação no sedimento e a avaliação das medidas cabíveis no contexto da ARSH (metodologia ambiental) a serem executada nos dois municípios. Além disso, cabe registrar que existe no âmbito da ACP Eixos Prioritários o Eixo 6 que tem o objetivo de discutir a segurança alimentar do pescado, assim como dos produtos agropecuários irrigados pelo rio Doce.

- **Poeira Domiciliar**

As amostras de poeira domiciliar coletadas nas residências de Mariana e Barra Longa apresentaram concentrações dos contaminantes metálicos cádmio, níquel, zinco e cobre acima dos valores de referência definidos no estudo da Ambios. O relatório determinou a poeira domiciliar como uma rota completa de exposição humana no passado, no presente e no futuro, tão longo não se consigam providências de remediação que inibam ou eliminem completamente a geração da poeira contaminante.

Algumas questões são levantadas no relatório e são importantes de estarem transcritas nesta relatoria:

“Em função da pouca distância dos pontos de coleta das áreas de deposição da lama de rejeitos, é razoável a suposição que a poeira, coletada nas residências das diversas localidades dos municípios de Mariana e Barra Longa, tenha como origem principal o “novo solo” superficial gerado pela deposição da lama de rejeitos trazida pelo rompimento da barragem de Fundão. Essa afirmativa torna-se mais contundente quando se observam os resultados da poeira domiciliar em Barra Longa onde a lama de rejeitos invadiu as áreas das residências e, posteriormente, a remoção e transporte desses resíduos, com intensa atividade do tráfego de caminhões, aumentou a emissão de poeira a altos níveis em praticamente todas as áreas da sede do município de Barra Longa, segundo relato dos moradores”.

POSICIONAMENTO RELATORIA:

- A informação apresentada pelo estudo da Ambios levanta um problema existente no território que deverá ser tratado pela Fundação Renova em articulação com o Sistema SUS na 2ª Fase nos dois municípios.
- As questões ambientais deverão ser remetidas à CT-GRSA e ao órgão ambiental para avaliação das medidas cabíveis e, caso seja necessário, ampliar o “Programa de Monitoramento de Qualidade do Ar” no âmbito do PG-23.
- Além disso, cabe registrar que existe no âmbito da ACP Eixos Prioritários o Eixo 2 – Entrega 14 que tem o objetivo apresentar propostas para a adoção de medidas efetivas para a redução de poeiras nas residências situadas nas localidades atingidas pela lama de rejeitos e equipamentos públicos, com os dados e indicadores de monitoramento que demonstrem a efetividade dessas medidas. Foi elaborada a NT Intercâmaras CT-SAÚDE/CT-GRSA nº 01/2020 – Assunto: “Análise do Parecer Técnico da Fundação Renova sobre a Deliberação CIF nº 40”. A NT Intercâmaras CT-SAÚDE/CT-GRSA nº 01/2020 que ainda necessita de validação do CIF, para que a Fundação Renova adote as medidas propostas pela CT-Saúde e CT-GRSA. Desta maneira, é fundamental que o CIF realize reunião extraordinária para discussão e encaminhamento da decisão ao Juízo, conforme o posicionamento das duas CTs.

CAPÍTULO VI

O Capítulo IV discute as implicações para a saúde pública que o desastre pode causar no passado, presente e futuro. Para que fosse possível avaliar as implicações sobre a saúde decorrentes do desastre ambiental, a Ambios executou três etapas preliminares: 1) investigou o processo da contaminação e realizou a amostragem de compartimentos ambientais; 2) definiu os contaminantes de interesse e estabeleceu as rotas de exposição humana e; 3) construiu o perfil sociodemográfico, de saúde e das características culturais, assim como realizou o levantamento da preocupação da população.

O relatório da Ambios para o cálculo de risco definiu os seguintes critérios:

- Indicador de toxicidade: Nível de Risco Mínimo (*Minimal Risk Level* - MRL), que é definido como uma estimativa de exposição diária humana a uma substância perigosa que provavelmente não trará risco de efeito adverso diferente do câncer, considerando uma duração específica de exposição (aguda – 1-14 dias, intermediária – 15 – 364 dias, e crônica – 365 dias ou mais) para uma determinada via de exposição. O MRL é um indicador de perigo e quer dizer que exposições até esse nível provavelmente não acarretarão efeito adverso inclusive à pessoa mais sensível. Exposições acima do MRL não significam que ocorrerão efeitos adversos.
- Estratificação da população segundo faixa etária: crianças e adultos.
- Vias de exposição: inalação, contato dérmico e ingestão.

Os estudos ambientais realizados no município de Mariana estabeleceram como contaminantes de interesse o cádmio, tendo como rota de exposição completa o solo superficial e a poeira domiciliar; e o chumbo, cobre e zinco com rota de exposição completa pela poeira domiciliar. Em relação ao município de Barra Longa, foram estabelecidos como contaminantes de interesse o cádmio, tendo como rota de exposição completa o solo superficial e a poeira domiciliar; e o níquel, cobre e zinco com rota de exposição completa pela poeira domiciliar.

O relatório da Ambios traz a partir de todas as atividades e ações realizadas para a ARSH, as seguintes colocações que devem ser apresentados ao CIF e internalizadas aos seus membros:

“A experiência e o conhecimento adquiridos a partir destas atividades permitem a esta equipe afirmar que o desastre ocorrido em Mariana, em novembro de 2015, pelo rompimento da barragem do Fundão, trouxe consequências sobre a qualidade e as condições de vida e de saúde da população das localidades estudadas, que extrapolaram o efeito lesivo específico dos contaminantes sobre a saúde e que perduram até hoje. Alterações das trajetórias de vida, repentinas e não por decisão própria, as quais permanecem sem resolutividade 3 anos após o desastre, determinam uma condição de sofrimento emocional e psíquico, de desarrajo e inadequação social, de insegurança pessoal, familiar, e das interrelações comunitárias que têm

consequências diretas e indiretas sobre a saúde das populações destas localidades. Este relatório não tem como proposição o aprofundamento das análises e discussões referentes ao impacto do desastre de Mariana sobre a estruturação social, institucional, de modos de vida e organização comunitária das populações das localidades em estudo. Esta equipe considera, no entanto, fundamental estabelecer de forma inequívoca o pano de fundo sobre o qual se assentam as análises específicas dos efeitos lesivos da exposição aos contaminantes de interesse. Considera e ressalta que todo e qualquer processo de adoecimento é consequente não apenas da exposição a agentes químicos, físicos ou biológicos unicastais mas, do conjunto de condições econômicas, sociais, culturais, genéticas, ambientais que constituem o arcabouço sobre o qual se estrutura a percepção e o estado de saúde dos indivíduos e a análise da situação de saúde da população”.

O relatório da Ambios ressalta que entender o contexto que os dois municípios vivem independente dos riscos identificados é fundamental para compreensão do entendimento da população quanto a qualidade da sua saúde.

A partir de todas as análises realizadas nas etapas da ARSH, o relatório afirma que:

“Existe um perigo para a saúde das populações expostas aos contaminantes definidos através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas. Esta exposição pode determinar a ocorrência de efeitos lesivos sobre a saúde dessas populações, imediatos ou de longo prazo, devendo ser objeto de recomendações de ações de saúde pertinentes para sua prevenção e assistência”.

Em relação ao cálculo do risco e a exposição aos contaminantes que a população dos dois municípios está exposta, o relatório da Ambios apresentou os seguintes resultados para as vias de exposição inalação, ingestão e contato dérmico:

- 1) Os estudos ambientais definiram concentrações do contaminante cádmio em amostras de solo superficial acima dos limites de segurança vigentes na legislação, às quais a população está exposta desde a ocorrência do desastre há 3 anos;
- 2) Não é possível calcular a dose de exposição a partir da inalação das partículas de poeira (valor em mg/kg e não em mg/m³) para nenhum dos contaminantes definidos. Portanto, consideramos que as estimativas de exposição a todos os contaminantes para todas as faixas etárias estão subavaliadas;
- 3) O cálculo das doses de exposição resultou em estimativas de ingestão do contaminante de interesse cádmio, através de partículas oriundas do solo superficial e da poeira domiciliar contaminados, acima dos limites de risco mínimo à saúde para todas as faixas etárias em Barra Longa e para crianças até 11 anos em Mariana. O cádmio é classificado como carcinogênico ao homem pela IARC e com potencial carcinogênico pela EPA. Tendo em vista que a exposição ao cádmio está subestimada, e tendo por base o princípio da precaução, foi considerado que as populações expostas ao cádmio

através da ingestão, inalação ou absorção dérmica do solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminados, acima de 11 anos estudadas em Mariana, também devem ser objeto de recomendação de ações de saúde específicas;

- 4) O cálculo das doses de exposição resultou em estimativas de ingestão do contaminante de interesse cobre, através de partículas oriundas da poeira domiciliar contaminada, no limite de risco mínimo à saúde para exposição intermediária para crianças até um ano em Mariana. Foi assinalado que o cenário de Mariana é de exposição crônica, que ocorre há mais de 3 anos e para o qual não existe limite de risco mínimo (MRL) ou dose de referência (RfD) estabelecidos. Na ausência de parâmetros científicos de segurança de exposição humana conhecidos, levando em conta o cálculo de dose subestimado, e tendo por base o princípio da precaução, considerou-se que as populações expostas ao cobre através da inalação, ingestão ou absorção dérmica das partículas de poeira domiciliar contaminadas, de todas as faixas etárias estudadas em Mariana, devem ser objeto de recomendação de ações de saúde específicas;
- 5) Os estudos ambientais evidenciaram concentrações de chumbo na poeira domiciliar em Mariana. Embora seja possível estimar a exposição ao contaminante, não existem parâmetros de segurança estabelecidos para exposição humana. A exposição ao chumbo, em particular na faixa etária menor de 5 anos, é considerada de risco para a saúde e desenvolvimento humano. Assim sendo, na ausência de parâmetros científicos de segurança de exposição humana conhecidos, e tendo por base o princípio da precaução, considerou-se que as populações expostas ao chumbo através da inalação, ingestão ou absorção dérmica das partículas de poeira domiciliar contaminadas, de todas as faixas etárias estudadas em Mariana, devem ser objeto de recomendação de ações de saúde específicas;
- 6) Os estudos ambientais evidenciaram concentrações de níquel na poeira domiciliar em Barra Longa. O efeito prejudicial mais comum do níquel à saúde em humanos é uma reação alérgica, em geral decorrente da inalação de poeiras ou do contato dérmico. O nível de risco mínimo (MRL) existente para o níquel é para exposição crônica por via inalatória (0.00009 mg/m^3).

POSICIONAMENTO RELATORIA:

- Foram realizados cálculos de risco apenas para os contaminantes cádmio e cobre relativos ao solo superficial e poeira domiciliar. As discussões sobre os outros contaminantes se baseou nos dados das concentrações encontradas nos compartimentos ambientais (amostragem ambiental), ressaltando o princípio da precaução e ausência de dados científicos para proposição de recomendações para a proteção a população. Evidencia-se como importante a continuidade da investigação e aprimoramento das

rotas de exposição e riscos identificados para que os efeitos a saúde humana sejam levantados e mapeados.

- Não foram apresentadas informações sobre o contaminante zinco, não sendo possível verificar os riscos que a população se encontra exposta, mesmo o estudo tendo selecionado este contaminante como de interesse após a amostragem ambiental (pág. 230). As análises, discussões e recomendações sobre este contaminante precisam ser melhor explicadas no relatório, indicando como o mesmo deve ser tratado nos protocolos de atendimento a serem apresentados na 2ª Fase. O relatório da Ambios deverá ser revisado neste ponto, apresentando maiores esclarecimentos.
- Esta relatoria entende que o cálculo da exposição da inalação de poeira domiciliar para o contaminante cádmio foi, de maneira imprecisa, substituído pela via de exposição ingestão de solo/poeira. Por se tratar de rotas de exposição distintas, uma rota não poderia ser superestimada de forma a compensar a falta de dados da outra, dado que a toxicocinética do cádmio por estas vias de exposição se mostra distinta, podendo apresentar efeitos deletérios diferenciados. Conforme pontuado no próprio relatório, quando não for possível calcular o risco, devem ser apresentados os motivos e as incertezas, apontando as recomendações para proteção à saúde humana. O relatório da Ambios deverá ser revisado neste ponto, apresentando maiores esclarecimentos.

CAPÍTULO VII

O Capítulo VII apresenta as conclusões e recomendações do estudo de ARSH nos municípios de Mariana e Barra Longa no que tange ao setor saúde e de meio ambiente. Foram elencadas 10 recomendações para o setor de saúde e 6 recomendações para o meio ambiente.

Para o setor saúde, as recomendações são focadas na implementação de um “Programa de Atenção e Vigilância à Saúde”, na identificação e cadastramento de todos os moradores dos dois municípios; elaboração do perfil sociodemográfico, de condições de vida e saúde e história de exposição; análise laboratorial dos indicadores biológicos de exposição e de efeito; implantação e implementação de uma rede de prevenção e assistência aos processos de sofrimento psíquico e adoecimento mental; sensibilização e capacitação das equipes de pré-natal para a atenção à gestação e parto; definição de protocolos para o monitoramento clínico dos grupos populacionais expostos, assim como para o biomonitoramento da exposição aos contaminantes listados.

Para o setor ambiental, as recomendações são focadas na higienização das residências nas localidades atingidas pela lama de rejeitos, remoção dos rejeitos em determinadas áreas e na continuidade/ampliação dos monitoramentos ambientais.

POSICIONAMENTO RELATORIA:

- Em relação as recomendações do setor saúde, esta relatoria irá apresentar suas considerações no item 10.1.2 desta relatoria, conforme documento produzido pela SES/MG, Nota Técnica nº 2/SES/SUBVS-SVS-DVAA-CVSA/2021. (Anexo 1).
- Em relação as recomendações do meio ambiente apresentados no relatório da Ambios, esta relatoria apresenta as considerações listadas abaixo. A Fundação Renova deverá apresentar um documento junto a CT-GRSA em resposta as colocações apresentadas nestes pontos.
 - ✓ **A higienização das residências nas localidades atingidas pela lama de rejeitos, em relação à poeira contaminada:** A higienização das casas possibilita uma redução momentânea da exposição, contudo é pouco efetiva uma vez que não elimina a fonte de contaminação. Esta temática se encontra judicializada no âmbito da ACP Eixos Prioritários, Eixo 2 – Entrega 14, sendo que foi elaborada NT Intercâmaras CT-SAÚDE/CT-GRSA nº 01/2020 – Assunto: “Análise do Parecer Técnico da Fundação Renova sobre a Deliberação CIF nº 40”. A NT Intercâmaras CT-SAÚDE/CT-GRSA nº 01/2020 necessita de validação do CIF, para que a Fundação Renova adote as medidas propostas pela CT-Saúde e CT-GRSA. Desta maneira, é fundamental que o CIF realize reunião extraordinária para discussão e encaminhamento da decisão ao Juízo, conforme o posicionamento das duas CTs.
 - ✓ **Monitoramento do solo superficial nas áreas de ocorrência da deposição da lama de rejeito e nas suas proximidades:** identificadas as concentrações acima dos limites permitidos em relação aos valores de referência e níveis basais, o monitoramento deverá ser realizado para delimitação das áreas de risco no intuito de reabilitar a área para o uso pretendido. Essa análise deverá ser avaliada pelo estudo de ARSH (metodologia meio ambiente).
 - ✓ **Remoção e disponibilização adequada da lama de rejeitos das áreas atingidas:** Essa medida é uma das alternativas que podem ser adotadas para eliminação da fonte de contaminação, contudo, precisa ser melhor avaliada, uma vez que a remoção do rejeito irá promover uma maior liberação de poeira, dentre outros impactos ambientais. Nesse sentido a abordagem desta temática vem sendo conduzida pela CT-GRSA, no plano de manejo de rejeitos e no contexto da ARSH (Metodologia Meio Ambiente), a qual tem como um dos

objetivos a definição de áreas de risco para que sejam apresentadas medidas de intervenção que reduzam os riscos considerando o , do uso pretendido da área, devendo ser apresentadas à população para consulta e aprovação.

- ✓ **Na impossibilidade de parcial ou total remoção da lama de rejeitos, recomendam-se medidas de remediação ou mitigação. Recomenda-se também o monitoramento de tais ações no solo contaminado visando avaliar sua eficácia e possíveis efeitos negativos como, por exemplo, biodisponibilização dos contaminantes por alterações físico-químicas ou pela atividade microbiana:** Estas ações deverão ser avaliadas caso a caso, no âmbito das discussões da CT-GRSA. O acompanhamento da eficácia da medida a ser selecionada faz parte das medidas de monitoramento da reabilitação da área, também no âmbito da CT-GRSA.
- ✓ **Monitoramento permanente das águas para consumo humano em todas as formas de captação:** A permanência do monitoramento dependerá da decisão quanto à medida de controle adotada no que tange ao gerenciamento da contaminação. Em situações em que for adotada alguma medida de intervenção e for constatada a eliminação do risco, o monitoramento pode ser reavaliado. Ressalta-se que este monitoramento ocorre no âmbito do PMQACH.
- ✓ **Realização de criterioso estudo sobre a contaminação por metais dos organismos aquáticos comestíveis:** Este tipo de análise está prevista nos estudos sobre segurança do alimento no âmbito da ACP Eixos Prioritários – Eixo 6, que tem o objetivo de discutir a segurança alimentar do pescado, assim como dos produtos agropecuários irrigados pelo rio Doce. Em março de 2020, foi solicitado por Decisão Judicial às partes interessadas, a apresentação de quesitos e formulação de propostas de coleta, estudo, armazenamento e metodologia de processamento do material biológico que pudessem subsidiar o trabalho pericial. Em junho do mesmo ano, foi apresentado o Plano de Trabalho Pericial pelo Perito do Juízo, a AECOM, iniciando assim a Perícia em julho de 2020. Já foi entregue uma avaliação preliminar emitida pela equipe do Perito do Juízo, por meio dos Relatórios Parciais 1 (Revisão Teórica) e 2 (Validação dos Dados), e esta avaliação indicou a necessidade de complementação de dados para realização da Perícia e finalização do processo de finalização. Tal complementação foi apresentada pelas partes interessadas e áreas técnicas correlatas ao tema, e no momento, aguardam-se as próximas etapas da Perícia.

3.2 Estudo da Tecnohidro

Em maio de 2019, a Fundação Renova apresentou ao sistema CIF o estudo “Relatório Técnico de Avaliação de Risco à Saúde Humana Metodologia Ministério da Saúde” realizado pela empresa Tecnohidro Engenharia. A análise deste estudo por esta relatoria tem como objetivo avaliar se os resultados e recomendações do mesmo podem apoiar as discussões dos estudos de ARSH nos municípios de Mariana e Barra Longa, em complementação ao estudo da Ambios.

O relatório técnico de ARSH da Tecnohidro utilizou a metodologia “Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos” (MS, 2010) desenvolvida pelo Ministério da Saúde alinhado com o Termo de Referência Técnica ARSH ATSDR (Fase III GAISMA), desenvolvido pela Fundação Renova. Ademais, também foi utilizada a metodologia *Public Health Assessment Guidance Manual* (ATSDR, 2005) desenvolvida pela *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR).

O estudo foi realizado nos municípios de Mariana e Barra Longa, sob a denominação de Áreas Alvo 1, 2 e 3. A Área Alvo 1 (AA1) contemplou a região de Bento Rodrigues (Mariana) na proximidade do local de rompimento da Barragem de Fundão. Já a Área Alvo 2 (AA2) contemplou duas sub-bacias mais centrais na área de estudo no município de Barra Longa próximos aos Distritos de Paracatu, Monsenhor Horta, Claudio, enquanto a Área Alvo 3 contemplou as duas sub-bacias mais próximas ao município de Barra Longa em torno do Distrito de Barretos. A consultoria informa que não foi autorizada a coleta de amostras das matrizes de interesse nas propriedades de Bento Rodrigues. Como critério de avaliação da exposição humana, a área de interesse foi dividida em: região de exposição direta (RED), definida pelo limite físico da ocorrência da lama de rejeitos; região de exposição indireta (REI), definida como a porção entre o limite da mancha de lama e o limite fisiográfico que apresenta potencial de impedir a erosão eólica de sedimentos provenientes da lama e; região de não exposição (RNE), sendo aquela que não possui influência direta ou indireta da lama. O limite fisiográfico da REI foi definido por meio do modelo de dispersão atmosférica na região impactada, elaborado pela empresa EcoSoft Consultoria e Softwares Ambientais.

Em relação ao levantamento das preocupações da população, importante etapa das diretrizes do MS, no relatório a Tecnohidro informa que utilizou os dados do estudo desenvolvido pela Ambios, analisando as principais considerações levantadas para os dois municípios e distritos:

“O item de Preocupações da Comunidade com a Saúde foi desenvolvido com base no levantamento de dados de campo junto as populações das Áreas Alvo (AA1, AA2 e AA3) em estudo desenvolvido pela empresa AMBIOS Engenharia e Processos LTDA. Este procedimento foi adotado para garantir que as mesmas preocupações levantadas e discutidas no relatório de Avaliação de Risco da AMBIOS (Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão de março de 2019) fossem tratadas no presente relatório”.

As atividades de campo foram realizadas entre 30 de outubro a 27 de novembro de 2018, sendo amostrados os compartimentos ambientais: solo superficial e subsuperficial, sedimentos de rios, água superficial, água subterrânea, água da rede de abastecimento, poeira domiciliar, raspagem de parede, leite bovino, ovos, frutas, tubérculos e hortaliças. Foi verificado que as propriedades utilizam as nascentes como água de abastecimento para as atividades domésticas e agropastoris. Cabe ressaltar que o Plano de Amostragem executado pela Tecnohidro não coletou amostras na área urbana de Barra Longa. As coletas e quantidade de amostras estão na tabela abaixo.

Tabela 1 – Quantidade de pontos amostrados para cada compartimento e regiões de exposição.

Compartimento ambiental	RED	REI	RNE
Solo superficial	24	6	14
Solo subsuperficial	20	6	18
Sedimento superficial	18	0	5
Sedimento subsuperficial	20	6	18
Água superficial	17	0	4
Água subterrânea	2	8	16
Água de abastecimento	3	3	6
Poeira domiciliar	6	12	14
Raspagem de alvenaria	5	10	14
Alimentos (leite bovino, ovos, frutas, tubérculos e hortaliças)	16	17	41

Foram consideradas como contaminação as concentrações superiores aos seus respectivos padrões legais aplicáveis, localizadas dentro da RED e REI, enquanto as concentrações superiores aos padrões localizadas na RNE foram denominadas como anomalias. Conforme os resultados analíticos, os metais que apresentaram concentrações superiores para cada compartimento ambiental foram:

- Solo superficial: Alumínio, Antimônio, Bário, Cobalto, Cobre, Cromo, Ferro e Manganês;
- Solo subsuperficial: Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bário, Cobalto, Cromo, Ferro, Manganês e Níquel;
- Sedimento: Antimônio, Arsênio, Cromo, Ferro, Manganês e Mercúrio;

- Sedimento subsuperficial: Antimônio, Arsênio, Chumbo, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio e Níquel;
- Água superficial (total ou dissolvido): Alumínio, Ferro e Manganês;
- Água Subterrânea (total ou dissolvido): Alumínio, Ferro e Manganês;
- Água de Abastecimento (total ou dissolvido): Alumínio e Ferro;
- Poeira Domiciliar: Antimônio, Arsênio, Bário, Cádmiio, Chumbo, Cobre, Ferro e Zinco;
- Raspagem de Alvenaria: Antimônio, Bário, Cádmiio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo e Zinco;
- Fruta: Arsênio;
- Hortaliça: Cromo e Selênio;
- Ovo: Selênio;
- Vegetal: Arsênio

A Tecnohidro pontuou em seu relatório que a partir dos resultados analíticos das concentrações dos compartimentos ambientais e da análise de dados secundários, as SQI associadas ao evento foram Ferro e Manganês, enquanto as SQI não associadas ao evento foram Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bário, Cádmiio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Mercúrio, Selênio e Zinco.

A consolidação dos cenários de exposição foi realizada por meio do levantamento de possibilidades de exposição decorrentes do contato entre os receptores identificados nas áreas-alvo e uma SQI associada à lama, considerando os diferentes caminhos e pontos de exposição. Foram elencados no relatório elencou as rotas de exposição e os pontos de exposição (PDE) de acordo com as Diretrizes do Ministério da Saúde, na qual, para uma rota de exposição ser considerada completa, ela deve apresentar cinco elementos sendo eles a fonte de contaminação, meio afetado, ponto de exposição, via de exposição e população receptora.

Assim como no relatório da Ambios, o estudo da Tecnohidro apresenta uma discussão sobre os mecanismos de transporte, comportamentos nos compartimentos ambientais, toxicidade e características físico-químicas de cada contaminante de interesse.

Neste contexto, foram listados os caminhos de exposição identificados para as áreas alvo AA-1, AA-2 e AA-3 conforme os compartimentos ambientais analisados. Dessa forma, a exposição aos sedimentos pode se dar pelo contato dérmico ou ingestão incidental, o solo superficial pelos mesmos caminhos que os sedimentos, adicionados a inalação de partículas de poeira domiciliar. A exposição pela água subterrânea e superficial também se dá pelo contato

dérmico e pela ingestão da água, já a exposição aos alimentos se dá pela ingestão do produto contaminado pelas SQI, sejam eles o leite, ovo, frutas ou hortaliças.

O relatório elaborado pela Tecnohidro concluiu que todas as Área Alvo (AA1, AA2 e AA3) são classificadas na Categoria A, ou seja, “são locais que apresentam um risco para a saúde pública como resultado de exposições passadas, presentes e futuras, de curto ou longo prazo, a substâncias químicas perigosas, ou locais onde existe risco físico”. Tal classificação se deu pela identificação de riscos carcinogênicos e não carcinogênicos para as três AA, nas RED, REI e RNE, sendo: na RED e RNE pela exposição a arsênio, ferro e manganês na AA1; de arsênio, ferro, manganês, alumínio, cobalto na AA2 na RED, REI e RNE e; pela exposição a arsênio, ferro, manganês, cobalto, cobre, selênio na AA3, especificamente na RED, REI e RNE.

Em relação aos dados da área alvo AA1, no relatório foi apresentado que:

“Adicionalmente, conforme discutido no capítulo de avaliação da exposição, os dados gerados para o desenvolvimento da avaliação de risco a saúde humana para a área alvo AA1 (região de Bento Rodrigues – Mariana/MG), não foram suficientes para quantificação do risco com baixo nível de incerteza e sensibilidade. Sendo assim, é recomendado que para a AA1 sejam realizados serviços de campo adicionais visando a complementação da aquisição de amostras na RED, REI e RNE para que o risco a saúde humana seja novamente quantificado, e as questões da população quanto aos impactos na saúde e consumo de alimentos em decorrência do evento nesta área alvo sejam respondidas mais detalhadamente”.

Nas discussões dos resultados, a Tecnohidro afirma que (pag. 972):

“Teoricamente a exposição de populações a SQI a partir dos cenários exposicionais listados acima podem gerar potenciais efeitos adversos a saúde humana. Os cenários de exposição conceituados devem ser validados a partir de constatações de campo levando em consideração a condição atual de cada local. Em visita técnica realizada às AA1, AA2 e AA3 foi possível verificar que os cenários de exposição associados a ingestão de partículas de solo superficial devem ser avaliados considerando que atualmente na RED, REI e RNE destas áreas alvo não ocorre exposição de lama de rejeitos em superfície, haja vista que a cobertura vegetal é predominante. Neste contexto a exposição tanto ao contato com o solo quanto a poeira proveniente destas áreas será naturalmente mitigada ou não existirá. Sendo assim, sugere-se a atualização, detalhamento e estabelecimento de plano de monitoramento destes cenários de exposição na etapa FASE IV”.

Tendo em vista as situações apresentadas, foram elencadas recomendações referentes a saúde e meio ambiente, sendo que estas recomendações foram bastante semelhantes às recomendações do relatório da Ambios. De forma geral, recomendou-se identificar a população exposta (passado, presente e potencial no futuro) por meio do Cadastro Nacional de Usuários do SUS, acompanhar a saúde destes indivíduos, por meio de ações de Vigilância e Atenção (vigilância ambiental, epidemiológica, sanitária e saúde do trabalhador, atenção básica,

média e alta complexidade), realizar Monitoramento Ambiental Continuado dos compartimentos ambientais que possuem SQI que apresentaram Risco a Saúde Humana, a elaboração de estudos de alternativas de reabilitação, Monitoramento e Controle de Cultivos e Plantações, Monitoramento e Controle de Emissão de Particulados (Partículas de Solo e Poeira Domiciliar) e Elaboração de Plano de Gerenciamento e Comunicação dos Riscos.

POSICIONAMENTO RELATORIA:

- O estudo da Tecnohidro trouxe dados e informações que podem complementar o estudo da Ambios apresentando contaminantes e riscos à saúde humana que não foram contemplados. Esta relatoria recomenda ao CIF que sejam avaliados e incorporados os resultados pertinentes deste estudo na tomada de decisão, de forma adicional e não excludente, visando uma posição mais abrangente e protetiva em relação à saúde da população e do meio ambiente.
- A CT-Saúde não realizou análise e manifestação técnica sobre os resultados do Tecnohidro, informando que não considerava o estudo válido, conforme a NT CT-Saúde 28/2020: *“Em relação ao estudo da empresa Tecnohidro, não foi possível identificar o cumprimento das etapas previstas nas diretrizes do MS, como determinado na Nota Técnica SUBVPS/SES-MG N° 11/2017, uma vez que o estudo evadiu o foco da perspectiva da saúde humana e abordou a perspectiva ambiental para gerenciamento de áreas contaminadas”*. Independente disso, a partir dos resultados encontrados pelo estudo da Tecnohidro, é importante que estes achados sejam utilizados na ARSH dos dois municípios, principalmente em relação às concentrações de contaminantes e riscos identificados, visando subsidiar a continuidade da investigação, ações de intervenção nas áreas e proposição de recomendações de proteção a saúde humana e meio ambiente.

4. RELATÓRIOS E PEER REVIEW CONTRATADOS PELA FUNDAÇÃO RENOVA

4.1 Parecer Técnico Newfileds: Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG” executada pela Ambios Engenharia e Processos

Em 15 de abril de 2019, a Newfileds apresentou um *peer review* do estudo da Ambios, visando prover suporte técnico para a equipe do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada (Programa de Saúde) da Fundação Renova. Conforme pontuado no relatório:

Este documento inclui considerações e avaliações realizadas por especialistas em meio ambiente e toxicologia. Apesar da equipe da NewFields ter avaliado os relatórios parciais emitidos pela Ambios (Relatórios Parciais 1, 2 e 3), este parecer técnico considera apenas as informações apresentadas no Relatório Final e seus anexos.

Conforme pontuado na Nota Técnica nº 13/SES/SUBVS-SVS-DVAL-CVFRNB/2020, o *peer review* da Newfields, trouxe como principais inconsistências do relatório da Ambios, os itens listados a seguir:

- Ausência de análise histórica e descrição sobre o uso e ocupação do solo e dos recursos naturais na região estudada;
- Descrição rasa de informações sociodemográficas de Barra Longa;
- Não apresentou os procedimentos de garantia e controle da qualidade (GQ/CQ) dos dados;
- Ausência de embasamento técnico para as considerações sobre a “Inércia Ambiental da Lama de Rejeitos”;
- Não foram apresentados procedimentos padronizados para as campanhas de amostragem realizadas em Mariana e Barra Longa;
- As coordenadas geográficas apresentadas não permitem a identificação da notação utilizada para reportar latitude e longitude, gerando incertezas para o georreferenciamento e confirmação dos pontos de coleta das amostras;
- Os locais de amostragem não foram descritos claramente e de forma consistente;
- Não foram apresentadas informações para a realização de uma análise completa das rotas ambientais, faltando informações consideradas essenciais pelas Diretrizes do Ministério da Saúde, como por exemplo topografia, cobertura do solo e hidrogeologia;
- Não foi descrita a fase preparatória do levantamento das preocupações da comunidade, assim como o processo de construção e validação da seleção da área e da amostra da população;
- Existem inconsistências nos valores de referência dos padrões legais;
- A avaliação de concentrações basais é um requisito das Diretrizes para ARSH que não é apresentado, assim como a discussão da distribuição espacial e temporal dos contaminantes;
- Necessita-se embasar as discussões relativas à rota de exposição relacionada ao solo superficial a partir de estudos realizados no local ou por bibliografia científica específica;

- Existem poucas evidências técnicas que embasem a conclusão da ingestão de biota aquática como rota completa de exposição aos sedimentos;
- Não foi apresentada discussão com relação à topografia e padrões de direção dos ventos nas áreas estudadas para melhor compreensão da rota de exposição da poeira;
- População receptora definida de forma incompleta como por exemplo alguns receptores como trabalhadores que não foram considerados;
- Inalação ou contato dérmico com solo e poeira não foram mencionados na seção referente ao cálculo da dose de exposição;
- Em relação aos laboratórios utilizados para realização das análises, devem ser apresentados os escopos de acreditação, para todos os compartimentos ambientais amostrados e todos os compostos químicos analisados, no entanto, o Laboratório Tommasi Ambiental não possui em seu escopo de acreditação a análise de metais em amostras de leite e ovo;
- Não foram apresentados procedimentos padronizados para a validação dos dados coletados, como por exemplo coleta e uso de brancos (brancos de equipamento, de campo, de viagem e de temperatura);
- Necessidade de adequar, com base nos estudos mais recentes, as taxas de ingestão de solo e poeira, uma vez que desempenham um papel significativo no cálculo da dose de exposição;
- Não foi discutida a distribuição espacial das concentrações detectadas e o quanto a dose de exposição obtida é representativa da exposição dos receptores;
- Não foi utilizada adequadamente os valores de referência ambientais e de saúde citados pelas Diretrizes do Ministério da Saúde para ARSH;
- Devem ser apresentados argumentos devidamente embasados em estudos científicos disponíveis, que indiquem que absorção dérmica é uma via de exposição da rota de exposição de poeira domiciliar;
- As preocupações da comunidade foram respondidas em conjunto, no entanto a Diretriz do Ministério da Saúde preconiza que as preocupações devem ser respondidas em separado para cada área de estudo;
- As preocupações da comunidade relacionadas a câncer, labirintite, Alzheimer, problemas oftalmológicos e o consumo de carne não foram respondidas no estudo.

4.2 Relatório Final Planitox PTMC.105/04-19 – Assunto: Considerações sobre o Relatório Final elaborado pela empresa Ambios, intitulado ‘Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão – MG’

Em 30 de abril de 2019 foi elaborado pela empresa Planitox, empresa esta de consultoria em toxicologia, um Parecer com o objetivo de tecer considerações acerca do Relatório Final elaborado pela empresa Ambios, intitulado “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão – MG.” A Planitox foi contratada pela Fundação Renova.

Preliminarmente, a Planitox teceu considerações acerca das obrigações éticas, dentre elas destacou que, considerando que todo o processo de realização dos estudos de ARSH deve ser público e transparente e seus resultados devem ser públicos, sem confidencialidade, à exceção dos aspectos relativos à ética médica, ou quando não explicitamente consentido pela população avaliada. Dessa maneira, mencionou que os autores do Estudo da Ambios apresentam um Termo de Consentimento Livre e esclarecido e Questionário individual, contudo, não constou no relatório final da pesquisa e na coleta de informações de saúde a aprovação pelo Sistema CEP/CONEP.

Quanto às constatações gerais sobre o Relatório Final da Ambios, destacou que as recomendações e as correções sugeridas na avaliação dos relatórios parciais não foram totalmente contempladas. Portanto, a versão não levou em conta que nem todos os leitores estão familiarizados com este tipo de documento e não foram claros e objetivos.

A Planitox também reiterou que durante a apresentação dos resultados analíticos, os valores de referência apresentaram-se incorretos ou trocados entre os compostos, além da falta de justificativa clara e embasada referente à definição dos compostos avaliados e dos compostos definidos como de interesse, entre outros aspectos. Também alegou que houve muita repetição de informações e desconexão entre a argumentação técnica e as conclusões e recomendações.

Outras críticas também foram explicitadas, como as descritas a seguir:

- Os autores ao usarem a expressão “limite de risco mínimo” para definir ou descrever os Níveis Mínimos de Risco (MRLs) confundem os conceitos de limite e nível. Limite não é sinônimo de nível.
- No item de recomendações de saúde foi informado que iriam listar as lacunas para cada estratégia proposta, contudo a lista não apareceu no item supracitado.
- Compostos de interesse: não há informações sobre os níveis basais dos cinco metais indicados como compostos de interesse, tanto no meio ambiente pré acidente, como nos indivíduos. Estes níveis devem ser relacionados com o “*background*” regional e local. Também não foram discutidas outras possíveis fontes de exposição a estes metais.

- Comunicação e gerenciamento do risco: o processo e o produto desta ARSH não estão suficientemente claros e transparentes neste relatório final, o que compromete o resultado final.

A Planitox também realizou considerações acerca das ações de saúde, que podem ser mais bem descritas abaixo:

- A recomendação de *“Realizar pesquisas em temas específicos para elucidação dos mecanismos de ação e efeitos à saúde dos contaminantes presentes, estudos genéticos e outros que contribuam para a melhoria da assistência à saúde destas populações e o aumento do conhecimento científico existente”* (pág. 337), deve ser precedida de aprovação pelo Sistema CEP/CONEP.
- O perfil sociodemográfico deve ser precedido de aprovação pelo Sistema CEP/CONEP.
- A inclusão de todas as causas possíveis na busca pelo diagnóstico final é fundamental neste processo. *Neste sentido, os exames recomendados no item 5.2 da ARSH não devem ser parte integrante do protocolo. Estes exames são inespecíficos e devem ser solicitados pelos médicos, quando o protocolo assim indicar. Ou seja, devem haver critérios técnicos rígidos para sua solicitação, previstos antecipadamente.*
- As análises de indicadores de exposição dos compostos de interesse, propostas no item 6 da pág. 339, devem ser a primeira etapa para confirmação da suspeita de intoxicação destes metais. Os indicadores de efeito para a saúde são a etapa seguinte, não havendo a necessidade e recomendação da realização concomitante. Não se deve confundir um protocolo assistencial com um “checkup”.
- Bem estar mental da população: os melhores resultados neste tipo de ação são a integração destas atividades no Programa de Atenção à Saúde. Dessa maneira, as ações devem ser hierarquizadas e não generalizadas. As necessidades individuais devem ser reconhecidas e encaminhadas adequadamente.
- Avaliações clínicas e laboratoriais: deve ser estabelecido um padrão de periodicidade para realização das avaliações clínicas e laboratoriais. Entretanto, não foi encontrado na literatura sustentação para proposta de que estas atividades devem ser realizadas por pelo menos 10 anos. Os autores da ARSH não fizeram referência ou citação da origem deste período (dez anos).

A partir das discussões apresentadas, a Planitox se manifestou pela revisão e correção do Relatório Final denominado “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão – MG”, para que não ocorra a perda da qualidade e confiabilidade.

4.3 Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana elaborado pela Fundação Renova

Em novembro de 2019, foi apresentado pela Fundação Renova o documento técnico intitulado “Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG)”, com o objetivo de apresentar a consolidação dos resultados dos estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH) contratados pela Fundação Renova (Fundação) para a região dos municípios de Mariana e Barra Longa, ambos no estado de Minas Gerais.

Sendo assim, o Relatório de Consolidação teve por finalidade analisar as técnicas, metodologias e dados utilizados em ambos os estudos, discursando acerca da validação dos dados; comparabilidade e suficiência dos dados validados; conclusões com base no conjunto de dados validados; correlação com o rompimento e recomendações.

Foram, portanto, avaliados dois estudos:

1. “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG”, elaborado pela empresa Ambios Engenharia e Processos (Ambios), entregue à Fundação em versão revisada em 17 de abril de 2019
2. “Relatório técnico - Avaliação de Risco à Saúde Humana Metodologia Ministério da Saúde - Mariana - MG”, elaborado pela empresa Tecnohidro Engenharia São Paulo (Tecnohidro), entregue à Fundação em versão revisada em 1º de outubro de 2019, em conjunto ao “Relatório final de investigação ambiental complementar (fase 2) – Mariana - MG”, desenvolvido pela empresa EPA Engenharia de Proteção Ambiental Ltda., entregue à Fundação em versão revisada em 9 de outubro de 2019.

É oportuno destacar que para a construção do Relatório de Consolidação foram levados em consideração os Relatórios da Newfields “Parecer Técnico - Avaliação do ‘Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG’ executada pela Ambios Engenharia e Processos” e “Parecer Técnico - Avaliação do ‘Relatório Técnico - Avaliação de Risco à Saúde Humana Metodologia Ministério Da Saúde - Mariana – MG’ executado Tecnohidro”.

Para cada um dos principais temas necessários para a construção de um estudo de ARSH, o Relatório de Consolidação avaliou como o relatório da Ambios e o relatório da Tecnohidro apresentaram e discutiram os dados e informações.

O *peer review* da Newfields identificou que ambos os relatórios carecem de melhorias e complementações (Ambios e Tecnohidro), sendo que no caso do relatório da Ambios, a CT-Saúde respondeu aos questionamentos da Newfields por meio da Nota Técnica da CT-Saúde 49/2020.

De maneira geral, o Relatório de Consolidação afirmou que o Relatório da Ambios não permitiu uma conclusão acerca da correlação entre os valores encontrados para os compostos químicos e o rompimento de Fundão, diferentemente da análise apresentada no relatório da Tecnohidro. Afirma que é necessária a necessidade de complementação da malha amostral, para garantir a representatividade dos dados e para que as ações ambientais propostas no relatório sejam implantadas.

5. **PEER REVIEW CONTRATADO PELO MPF**

5.1 Parecer da Fundação Getúlio Vargas: - Assunto: “Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão – MG” da AMBIOS Engenharia e Processos”

Foi emitido em 13 de novembro de 2019, pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) um Parecer que avaliou o estudo da Ambios, após solicitação do Ministério Público Federal. Além de avaliar os aspectos metodológicos do estudo, a manifestação técnica da FGV teve como objetivo apresentar uma visão crítica das conclusões da Ambios, buscando apoiar a construção de uma devolutiva dos resultados do estudo para as populações estudadas.

- **Contaminação ambiental:** A Ambios expôs no seu estudo que dados ambientais coletados em estudos de investigação ambiental raramente serão considerados adequados para a ARSH, além disso, afirmou que os dados ambientais existentes, coletados por terceiros, deveriam ser validados em termos de técnicas de amostragem e procedimentos analíticos laboratoriais. Contudo, uma das críticas retratadas pelo Dr. Eduardo Massad é que o Estudo da Ambios não apresentou os procedimentos de garantia e qualidade, sendo contrária à própria afirmação da Empresa. Ademais, destacou-se que os estudos validados pela empresa também não foram referenciados para consideração das concentrações basais.

- **Dados de saúde:** aos dados da Saúde, foi exposto que os levantamentos feitos pela Ambios sobre a saúde mental e perfil geral dos agravos em saúde foram pertinentes contudo estes dados não foram utilizados nas discussões do estudo.
- **Avaliação das preocupações com a saúde:** evidenciou-se que não está bem descrito no relatório da Ambios os levantamentos das preocupações da comunidade com a saúde, fator crucial para subsidiar as discussões das implicações à saúde pública e nortear a comunicação dos riscos às populações expostas e o processo de construção e validação da seleção da área e amostra da população. Ademais, informou que, uma vez que não foram descritos como essa etapa foi desenvolvida, tirou a robustez das conclusões referentes as preocupações das comunidades, além de não deixar claro se o estudo seguiu os protocolos éticos necessários, não informando a metodologia utilizada para análise dos dados. De maneira sintetizada, foi exposto no parecer a sumarização das preocupações das comunidades sendo referentes a saúde da população atingida: consumo de água e alimentos, peixes do rio e saúde, meio ambiente é saúde e condições e qualidade de vida. Contudo estes dados não foram utilizados nas discussões do estudo.
- **Metodologia de amostragem e análise química:** Em que pese a metodologia de amostragem e análise química, no Parecer foram levantados diversos questionamentos tendo, a priori, de que o estudo da Ambios não apresentou procedimentos padronizados para as campanhas de amostragem realizadas em Mariana e Barra Longa. Diante disso, foi recomendado o ajustamento da apresentação das coordenadas, a fim de trazer transparência à localização dos pontos de coleta aliado a inclusão de mapas com os pontos de coleta das amostras de cada compartimento ambiental. Além dos pontos descritos, foi exposto que o número de amostras analisadas é pequeno se comparado a proporção do estudo, além de ser limitado a diferentes compartimentos ambientais, especialmente para alimentos. Para mais, informa que não foram analisadas as características físicas, químicas e microbiológicas das amostras, dando ênfase apenas a análise de metais, que também foi de forma reduzida. A realização das análises laboratoriais também foram alvo de questionamentos, tendo em vista que não foram apresentados os escopos de acreditação para os compartimentos ambientais e os compostos químicos analisados. A inexistência de uma descrição metodológica da parte analítica foi também outro fator importante, pois dificultou a validação da solvência analítica dos resultados, dados essenciais do estudo.
- **Determinação de contaminantes de interesse:** Para a determinação de contaminantes de interesse, no estudo da Ambios a seleção foi feita a partir da comparação dos resultados analíticos obtidos com os valores de referência adotados para cada compartimento ambiental. Portanto, de acordo com este critério, não foram encontrados contaminantes de interesse nos alimentos, apenas no solo superficial (cádmio) e em

sedimentos e poeira (cádmio, chumbo, níquel, cobre e zinco). Para mais, os contaminantes de ferro e manganês também apresentaram valores superiores no compartimento água para consumo humano, porém não foram considerados poluentes de interesse. A partir do levantamento do estudo da Ambios, no parecer é demonstrado que o argumento apresentado pela Ambios é arbitrário e contradiz a metodologia de estudo uma vez que justifica e argumenta que o padrão de potabilidade para ferro é determinado por razões organolépticas, ou seja, aceitabilidade da água devido sua aparência pelo consumidor.

- **Identificação das vias e rotas de exposição:** No Parecer da FGV é pontuado que o relatório da Ambios carece de maior embasamento técnico para respaldar as conclusões relativas aos compartimentos ambientais e às exposições que a população está exposta (alimentos, solo superficial, sedimentos e poeira) seja no presente ou no futuro. A Ambios realiza afirmações baseada no conceito de não-inércia, sendo que a FGV apresenta considerações da Newsfield que refutam estas afirmativas da Ambios.
- **Implicações à saúde pública:** Realizou-se no Parecer da FGV um pequeno resumo introdutório sobre as conclusões da Ambios sobre as implicações à saúde pública relacionadas aos contaminantes de interesse (cádmio, cobre, chumbo, níquel e zinco). Diante dos resultados apresentados, foi exposto que as Diretrizes do MS para ASRH, mais especificamente sobre a avaliação dos contaminantes de interesse e definição do nível de risco à saúde, não foram suficientemente fundamentadas, tendo confirmação também por avaliadores da Newsfield. As conclusões das implicações na saúde apresentadas, foram alcançadas pela utilização do princípio da precaução, no qual foram citados a falta de parâmetros conhecidos para a exposição humana e uma subestimativa de exposição para os municípios afetados. Diante disso, foi exposto que as conclusões possuem aspectos que trazem vulnerabilidade, uma vez que ao serem tomados como referência valores estabelecidos por órgão de saúde internacionais, as premissas e considerações necessárias para o uso desses valores devem ser discutidos. Em síntese, foi explicitado que o estudo da Ambios deve indicar todas as considerações utilizada para a seleção das concentrações das substâncias químicas de interesse, valores de referência ambientais, variáveis para estimativa da dose de exposição e valores de referência de saúde.
- **Estabelecimento das implicações sobre a saúde das populações expostas das localidades de Mariana e Barra Longa:** No Parecer é pontuado que existe divergências entre o relatório da Ambios e da Newfields, ressaltando que a Ambios não discutiu todos os dados que tinha acesso, como por exemplo, os dados de qualidade do ar das estações existentes em Barra Longa.

- **Respostas às preocupações da comunidade:** No parecer foi relatado que as preocupações das comunidades relacionadas a câncer, labirintite, Alzheimer, problemas oftalmológicos e o consumo de alimentos não foram avaliados no estudo da Ambios. As discussões sobre dengue e febre amarela apontam para aumento de casos nos dois municípios, mas situação semelhante também foi verificada em outros municípios não impactos pelo desastre. É informado que problemas respiratórios e dermatológicos podem estar associados a exposição à poeira. Diante do resumo, foi esclarecido que as recomendações de saúde são geralmente inespecíficas e não baseadas na situação das comunidades que estudam, sendo que estas ações podem ser utilizadas em qualquer situação após uma situação de desastre.

Em sua conclusão, o Parecer da FGV apontou que o estudo da Ambios apresenta “limitações técnicas, científicas, metodológicas, problemas na execução, limitações na elaboração de conclusões e interpretações de dados”, contudo, afirma que os achados objetivos dos contaminantes no meio ambiente podem, com cautela, serem utilizados na elaboração de estratégias de prevenção e controle em saúde pública.

6. NOTAS TÉCNICAS DA CT-SAÚDE

6.1 NT CT-Saúde 28/2020- Assunto: Considerações sobre o estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana da empresa AMBIOS. (16/01/2020)

Em 16 de janeiro de 2020, a CT-Saúde emitiu a Nota Técnica CT-Saúde nº28/2020 – Assunto: “*Considerações sobre o estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana da empresa AMBIOS*”. Nesta Nota Técnica, a CT-Saúde além de apresentar considerações acerca do estudo da Ambios, apresenta considerações gerais sobre o estudo de avaliação de risco à saúde humana elaborado pela Tecnohidro, sem adentrar na análise dos resultados/recomendações apresentados pela consultoria. Os dois estudos tiveram como área de abrangência os municípios de Mariana e Barra Longa, ressaltando que a equipe da Tecnohidro não teve permissão para coletar amostras na área urbana de Barra Longa.

A NT CT-Saúde nº28/2020 apresenta que, no dia 28/11/2019 houve a apresentação do estudo realizado pela empresa Tecnohidro, assim como da avaliação realizada pela empresa NewFields, na Cidade Administrativa com a participação de membros e convidados da CT-Saúde, assim como técnicos da coordenação de Vigilância Ambiental da SES-MG. Após esta reunião, a primeira avaliação realizada pelos membros e convidados da CT-Saúde tiveram como objetivo validar os estudos em relação as diretrizes do Ministério da Saúde (MS) sobre a

metodologia de ARSH, como foi estabelecido no documento de bases mínimas para realização dos estudos (Nota Técnica SUBVPS/SES-MG N° 11/2017).

Conforme os entendimentos da CT-Saúde relatados na NT CT-Saúde n°28/2020, a Avaliação de Risco a Saúde Humana (ARSH) têm por objetivo fundamentar recomendações para o setor saúde atuar na promoção e proteção à saúde da população exposta a substâncias químicas, e portanto, os estudos devem ser baseados nas diretrizes metodológicas do MS.

Nesse sentido, a CT-Saúde entende que o estudo da Ambios considera adequadamente as diretrizes metodológicas do MS e que em contrapartida o estudo da Tecnohidro não atende as etapas previstas nas diretrizes do MS, evadindo da perspectiva da saúde humana e abordando a perspectiva ambiental para gerenciamento de áreas contaminadas.

Conforme colocado pela CT-Saúde em relação ao estudo da Tecnohidro: *“Observou-se no relatório apresentado pela empresa Tecnohidro à SES-MG, que desde a amostragem ambiental, até a proposição das recomendações finais, foram mesclados aspectos metodológicos previstos em modelos de avaliação de risco ambiental e do setor saúde, como a utilização de modelos conceituais e estatísticos, buscando estabelecer relação de causalidade, ao passo que o setor saúde trabalha com o conceito de risco adicional à saúde, devido ao fato de muitos dos agravos e doenças ocasionados por exposição a substâncias químicas, ao longo dos anos, poderem não ser comprovados pelo estabelecimento denexo causal”; “Além disso, o estudo da empresa Tecnohidro não atende as premissas de utilização de equipe multidisciplinar, uma vez que não houve a participação de profissionais do setor saúde no estudo. Destaca-se também que as Secretarias Municipais, de Mariana e Barra Longa, e a Secretaria Estadual de Saúde de Minas Gerais não foram inseridas no processo do estudo e os territórios não atingidos também foram objetos do estudo.”*

Face às argumentações, a CT-Saúde concluiu que os estudos não poderiam ser comparados, visto que tinham objetivos e metodologias distintas e apresentou três encaminhamentos:

- Os órgãos ambientais sejam responsáveis por realizar amostragens ambientais, ou estudos, seguindo estritamente as recomendações de amostragem de matrizes ambientais presentes nas Diretrizes do Ministério da Saúde para estudos de ARSH obtendo dados de caracterização das matrizes ambientais relevantes para análises do setor saúde.

- A Ambios apresente um sumário executivo com o resumo dos resultados, recomendações e conclusões encontrados ao longo de todo o estudo, visando uma análise mais simplificada e objetiva pelos membros da CT-Saúde e técnicos estaduais e municipais. Como também a descrição da formação profissional da equipe multidisciplinar que participou do estudo, como disposto e determinado na Nota Técnica SUBVPS/SES-MG Nº 11/2017. Além disso, pede-se que a empresa esclareça a exclusão dos elementos ferro e manganês como contaminantes de interesse, assim como justifique a não resposta de algumas preocupações levantadas pela população que não estão relacionados a exposição aos contaminantes de interesse.
- Para a completude dos objetivos propostos pela Ambios e o real entendimento dos efeitos e risco à saúde decorrentes do rompimento da barragem de rejeito de Fundão é fundamental que haja a conclusão de todas as etapas do estudo proposto. Contudo, reconhecendo a urgência em trazer respostas e ações concretas do setor saúde à população atingida é de entendimento dos membros da CT-Saúde a necessidade de execução imediata da continuidade do estudo de avaliação de risco à saúde humana pela empresa Ambios, uma vez que apenas essa empresa seguiu a metodologia definida pela CT-Saúde em Nota Técnica SUBVPS/SES-MG Nº 11/2017.

6.2 NT CT-Saúde 40/2020 - ASSUNTO: Pedido de Subsídios IAJ-AGU sobre o Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão, desenvolvido pela Ambios (16/07/2021)

Em 16 de julho de 2020, a CT-Saúde emitiu a Nota Técnica CT-Saúde nº40/2020 – Assunto: *“Pedido de Subsídios IAJ-AGU sobre o Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão, desenvolvido pela Ambios”* . A NT foi elaborada visando responder a IAJ no âmbito da ACP Eixos Prioritários. O Pedido da IAJ se deu por meio do Ofício nº 00024/2020/NMAF/SAP/PFMG/PGF/AGU, em que solicita subsídios para identificar se há ou não questões de crítica técnica relativas ao Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão, desenvolvido pela Ambios.

A Nota Técnica foi estruturada visando responder a cinco perguntas da IAJ: **1.** Há indicativo de potenciais problemas técnicos, metodológicos, de execução ou limitação de escopo do Estudo Ambios?; **2.** A eventual sequência para as denominadas fases seguintes convalidaria eventuais problemas?; **3.** É possível construir soluções e atuações a serem objeto de decisão do CIF a partir do Estudo?; **4.** Há, e se positivo quais, lacunas de estudo e planejamento

que devem ser fornecidas ao CIF para fins de condução do Eixo? 5. Solicito demais informações tidas por necessárias.

Antes de responder aos questionamentos da IAJ/CIF, a NT CT-Saúde 40/2020, a CT-Saúde apresenta nas páginas 01 a 06, 09 (nove) pontos de esclarecimentos, principalmente relacionados a: motivação para realização do estudo da Ambios; judicialização na ACO Eixos Prioritários; tratativas e respostas da Ambios e da Fundação Renova sobre a temática, com detalhamento de assuntos considerados importantes pela CT-Saúde; questionamentos sobre o papel da New Fields no âmbito do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada e como a CT-Saúde deve se posicionar frente aos relatórios desta entidade.

1. Há indicativo de potenciais problemas técnicos, metodológicos, de execução ou limitação de escopo do Estudo Ambios?

Quanto ao indicativo de problemas no Estudo da Ambios (Pergunta 1), a CT-Saúde apresentou breve manifestação quanto a questões de execução, escopo, técnicos e metodológicos. Em linhas gerais, a CT-Saúde corroborou o estudo da Ambios apontando que ele seguiu as diretrizes estabelecidas pelo Ministério da Saúde, e pode servir de subsídio para as ações do setor saúde, não havendo limitações e/ou restrições que comprometam a sua integralidade ou possibilidade de continuidade.

Apesar da CT-Saúde corroborar integralmente com o estudo da Ambios, na NT CT-Saúde 40/2020 são feitas as seguintes considerações:

“...Antes de um aprofundamento técnico e contextualização sobre a existência ou não de indicativos de eventuais problemas, é oportuno salientar que o GT-Estudos desta Câmara Técnica se reuniria no mês de maio de 2020, exatamente, para uma análise técnica aprofundada sobre o estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana realizado em Mariana/MG e Barra Longa/MG pela empresa Ambios. Todavia, em virtude do PARECER DE FORÇA EXECUTÓRIA nº 00012/2020/NMAF/SAP/PFMG/PGF/AGU, desta Advocacia Geral da União, a referida reunião foi suspensa até que a coordenação desta CT-Saúde tivesse maiores informações e orientações sobre como proceder. Nesse sentido, reforçamos que as considerações **aqui apresentadas são preliminares e não devem ser utilizadas como posicionamento e/ou parecer desta CT-Saúde acerca do estudo**”.

“Em linhas gerais e **análises preliminares**, esses são alguns dos apontamentos feitos por esta CT-Saúde sobre os questionamentos apresentados. Ressalta-se ainda que apesar das eventuais limitações ou restrições, **apontadas em caráter estritamente preliminar**, o estudo seguiu as Diretrizes do Ministério da Saúde e pode servir de subsídio para as ações do setor saúde, não havendo limitações e/ou restrições que comprometam a sua integridade ou possibilidade de continuidade. Nesse sentido, ressalta-se que deve haver maior controle, participação e envolvimento de todas as partes interessadas em todo o processo de Avaliação de Risco à Saúde Humana, desde as etapas de planejamento, execução e tomada de decisão”.

2. A eventual sequência para as denominadas fases seguintes convalidaria eventuais problemas?

De acordo com a CT-Saúde também não existem problemas que poderiam ser convalidados com eventual sequência das demais fases do estudo da Ambios. Ainda afirmou que as estratégias adotadas pela Ambios para conduzir as etapas de ARSH não são prejudiciais ao principal propósito desta e que na verdade a conduta da Fundação Renova que deve ser verificada.

Conforme informado pela CT-Saúde, os problemas de execução do estudo da Ambios, estão principalmente relacionados a ingerências da Fundação Renova, conforme registro da pág. 08 da NT CT-Saúde 40/2020:

“Primeiramente, destaca-se que os pontos recorrentemente apresentados como potenciais problemas do estudo, classificados na reposta ao item anterior como problemas de execução, estão diretamente relacionados às estratégias adotadas pela empresa Ambios para conduzir etapas da ARSH sob condições de restrições de recursos impostas pela própria Fundação Renova”.

“Nesse sentido, recomendamos que, na ocasião da sequência das demais fases do estudo, as práticas de transparência por parte da Fundação Renova perante à CT-Saúde sejam aprimoradas no que tange aos aspectos fundacionais da celebração do contrato com a empresa Ambios para as fases em tela. Esse aprimoramento de práticas de transparência certamente possibilitará a todas as instituições representadas na CT-Saúde o conhecimento prévio sobre o planejamento das etapas do estudo, a sua avaliação pelos membros e a eventual solicitação de ajustes, especialmente com relação aos problemas de execução descritos na reposta anterior, que têm potencial de embotamento de aspectos técnicos do estudo à revelia dos termos acordados previamente”.

“Adicionalmente, é relevante destacar que qualquer estudo dessa natureza, realizado no bojo de um desastre dessa magnitude, em territórios tão diversos, deve contar com flexibilidade e dinamismo suficientes para se adaptar ao território e população abordados. Assim, as fases seguintes serão realizadas em outros territórios que podem resultar em outros desenhos amostrais”.

3. É possível construir soluções e atuações a serem objeto de decisão do CIF a partir do Estudo?

A NT CT-Saúde 40/2020 informa que os resultados do estudo da Ambios demonstram que os municípios de Mariana e Barra Longa, com base nas categorias definidas pela ATSDR e utilizadas pela metodologia de ARSH do MS, são classificados como local de perigo **Categoria A: Perigo Urgente para a Saúde Pública**. Isso significa que existe um perigo para a saúde das populações expostas aos contaminantes definidos (cádmio, chumbo, cobre, zinco e níquel) através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas e que pode determinar a ocorrência de efeitos lesivos sobre a saúde das mesmas, imediatamente ou a longo prazo.

A CT-Saúde afirma que apesar das limitações de ordem técnica e, especialmente, as de execução, os resultados apresentados no estudo da Ambios permitem embasar ações a serem objeto de decisão do CIF:

“Nesse sentido, a partir do momento em que o estudo foi apresentado e validado por esta CT-Saúde, já poderiam ter sido iniciadas ações de saúde relacionadas tanto com a promoção da saúde e prevenção de agravos, quanto com a assistência e o tratamento de doenças e agravos já manifestados. Para além das competências estritas do setor saúde, medidas de intervenção para interrupção da exposição já poderiam ter sido articuladas com outros setores e com a própria Fundação Renova, na condição de responsável pelo processo de reparação e representante das empresas poluidoras-pagadoras”.

A NT CT-Saúde 40/2020 lista na página 10, as principais ações e recomendações do estudo da Ambios que devem ser executadas nos municípios de Mariana e Barra Longa, visando entre outras ações: estruturação de um Programa de Atenção e Vigilância à Saúde inserido no âmbito do SUS e dos Programas de Atenção Básica e de Saúde da Família de cada município e caracterização dos receptores expostos.

A NT CT-Saúde 40/2020 afirma que seguindo o fluxo de um processo de ARSH, tendo em mãos o estudo e suas recomendações, o próximo passo deve ser dado pelos gestores das três esferas do SUS e diz respeito à elaboração dos protocolos de atenção à saúde para a população exposta aos contaminantes químicos, complementado que:

“As recomendações contidas no relatório final do estudo para ações de assistência e vigilância à saúde das populações expostas e/ou potencialmente expostas são consideradas válidas e pertinentes, sob a ótica da proteção da saúde das populações e prevenção de doenças e agravos. **Nesse sentido, esta Câmara Técnica, por meio do Ofício CT-Saúde/CIF nº 116/2019 solicitou ao Ministério da Saúde apoio para elaboração dos protocolos de saúde necessários, o que não pôde, ainda, ser realizado, dada a disputa judicial iniciada exatamente a partir da definição do eixo 2**”. (grifo nosso)

4. Há, e se positivo quais, lacunas de estudo e planejamento que devem ser fornecidas ao CIF para fins de condução do Eixo?

Em relação a este ponto, a CT-Saúde se manifesta pela:

- Continuidade e execução das demais fases dos estudos de ARSH da empresa Ambios, com as ressalvas e considerações apresentadas ao longo da NT CT-Saúde 40/2020.
- Imediata entrega do relatório final do estudo de ARSH desenvolvido em Linhares/ES pela Ambios ao sistema CIF.

- Necessidade de conclusão dos estudos epidemiológicos e toxicológicos, conforme definido nas Cláusulas 111 e 112 do TTAC, na Nota Técnica CT-Saúde nº 06/2018 e Deliberação CIF nº 197/2018.

Ao final da NT CT-Saúde 40/2020 foi registrado que: *“Levado a deliberação, registro abstenção da SESA/ES e SETADES/ES. Registro, ainda, voto contrário da SES/MG, conforme Cláusula 45ª do TAC-Gov”*.

6.3 NT CT-Saúde 49/2020 -- Análise e Parecer Técnico sobre o Relatório do Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana conduzido pela empresa Ambios Engenharia e Processos LTDA nos municípios de Mariana/MG e Barra Longa/MG (18/12/2020).

Em 18 de dezembro de 2020, a CT-Saúde emitiu a Nota Técnica CT-Saúde nº49/2020 – Assunto: *“Análise e Parecer Técnico sobre o Relatório do Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana conduzido pela empresa Ambios Engenharia e Processos LTDA nos municípios de Mariana/MG e Barra Longa/MG”*. A NT foi elaborada visando responder a IAJ no âmbito da ACP Eixos Prioritários, em complementação a manifestação já realizada pela CT-Saúde por meio da NT CT-Saúde 40/2020.

Nas páginas 01 e 02, a CT-Saúde apresenta as principais considerações das NTs CT-Saúde 28/2020 e 40/2020 pra fins de contextualização dos posicionamentos já emitidos pela CT-Saúde em relação ao estudo da Ambios de ARSH nos municípios de Mariana e Barra Longa.

A NT CT-Saúde 49/2020, além de analisar o estudo da Ambios, apresenta manifestação técnica sobre os seguintes documentos:

- Parecer Técnico: Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG” executada pela Ambios Engenharia e Processos, elaborado pela NewFields, empresa contratada pela Fundação Renova;
- Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG);
- Nota Técnica nº 13/SES/SUBVS-SVS-DVAL-CVFRNB/2020 – Coordenação de Vigilância de Fatores de Riscos Não Biológicos - Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

O Item 3 da NT CT-Saúde 49/2020 apresenta as principais considerações já emitidas pela CT-Saúde, por meio da NT CT-Saúde 28/2020 sobre o estudo da Ambios, ressaltando que o estudo foi elaborado respeitando as diretrizes do MS, classificou o risco de exposição da população atingida e apresentou conclusões e recomendações para promoção e proteção à saúde humana, pontuando ao final que:

“Isso posto, esta Câmara Técnica de Saúde se posiciona pela validade do estudo e destaca o prejuízo, para as comunidades envolvidas, da falta de transparência e celeridade por parte da Fundação Renova, agravada ainda pela elevação dos custos econômicos, pagos com dinheiro público, nas contratações de empresas pareceristas e pelas controvérsias judiciais que têm imputado maior postergação da implantação das medidas de proteção à saúde das comunidades e populações expostas, impactando de forma negativa o processo de reparação”.

No item 4, a CT-Saúde apresenta considerações e análise dos seguintes documento:

1. Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG).
2. Relatório de Avaliação de Risco à Saúde Humana Metodologia Ministério da Saúde Mariana – MG Áreas Alvo - 1, 2 E 3 (TECNOHIDRO).
3. Nota Técnica nº 13/SES/SUBVS-SVS-DVAL-CVFRNB/2020 – Coordenação de Vigilância de Fatores de Riscos Não Biológicos - Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais
4. Parecer Técnico: Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG” executada pela Ambios Engenharia e Processos, elaborado pela NewFields, empresa contratada pela Fundação Renova.

O Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG), refere-se a um parecer técnico expedido pela empresa a partir da análise dos estudos elaborados pela Ambios e pela Tecnohidro.

A CT-Saúde se posicionou pela nulidade e invalidade do Relatório de Consolidação elaborado pela Fundação Renova, não chegando a analisar o conteúdo e resultados do mesmo, recomendando ao CIF que (i) o referido documento não deve ser utilizado como ferramenta para a tomada decisão ou balizador para as ações de saúde no contexto das ações de reparação em saúde; (ii) considere o mesmo nulo e inválido e (iii) determine à Fundação Renova a imediata

retirada do documento dos seus meios de comunicação, portais e sítio eletrônico”. Estas recomendações ao CIF se baseiam, na seguintes afirmativas:

“Antes de quaisquer considerações de ordem técnica a serem realizadas por esta CT-Saúde acerca de apontamentos realizados no Relatório de Consolidação, chamamos atenção ao fato de que o referido documento foi elaborado por equipe técnica que contou com a participação de dois profissionais da empresa Tecnohidro, sendo um deles o seu diretor executivo, responsável pelo estudo que o relatório se propõe a avaliar. Há que se pontuar que tal situação representa um explícito conflito de interesses assim como a ausência de confiabilidade técnica do documento produzido, o que caracteriza a sua nulidade. Tal situação é ainda mais gravosa considerando-se o contexto de judicialização em que o processo de realização da Avaliação de Risco à Saúde Humana foi absorvido pelo Eixo Prioritário 2 – Risco à Saúde Humana e Risco Ecológico, em que as empresas e a Fundação Renova defendem a utilização do referido documento como balizador para a tomada de decisão das ações de saúde. Em um exercício hipotético, a situação se assemelha a um processo de revisão por pares em que o autor que submete um estudo/artigo/pesquisa é propriamente quem estaria responsável por avaliá-lo. Dessa forma, a CT-Saúde considera nulo e inválido o documento Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG), elaborado e apresentado pela Fundação Renova”.

Em relação ao Relatório de ARSH da Tecnohidro, A CT-Saúde já havia se manifestado por meio da NT CT-Saúde 28/2020. Na NT CT-Saúde 49/2020 informa que não é escopo desta NT realizar análise do documento, mas que uma vez que a Fundação Renova vem utilizando este estudo para balizar a tomada de decisão nas ações de saúde, entende importante o posicionamento da CT-Saúde. É informado que o estudo da Tecnohidro foi realizado a partir da abordagem metodológica denominada GAISMA. A CT-Saúde se manifestou sobre o estudo no seguinte sentido:

“Os termos de referências mencionados pela empresa Tecnohidro: Termo de Referência Técnica de ARSH ATSDR (FASE III GAISMA) e Termo de Referência Técnica de Caracterização e Investigação GeoAmbiental (FASE II GAISMA), que motivam a contratação das empresas, dão orientação e diretrizes para a condução do estudo não foram apresentados, discutidos e, principalmente, avaliados ou validados por esta Câmara Técnica de Saúde. Como expresso no relatório elaborado pela empresa Tecnohidro, todo o processo de execução do seu estudo esteve orientado pela abordagem metodológica denominada GAISMA. Tal abordagem metodológica não tem a aprovação e/ou validação desta CT-Saúde. Por fim, cumpre ainda salientar que todo o processo de execução do estudo conduzido pela empresa Tecnohidro não foi acompanhado e nem teve o conhecimento desta CT-Saúde, dos órgãos que integram Sistema Único de Saúde (SUS) nas suas três esferas de gestão – União, Estados e Municípios, entre outros atores interessados no processo”.

Apesar de entender que as questões colocadas impedem a validação do estudo pela CT-Saúde, é pontuado na NT CT-Saúde 49/2020, que:

“Ainda assim, sob a ótica dos mandatos constitucionais do direito à saúde que apregoam a necessidade de adoção de medidas que visem à redução do risco de

adocimento, bem como do atendimento integral à saúde, com prioridade para atividades preventivas, **caso o estudo realizado pela empresa Tecnohidro tenha identificado rotas de exposição e contaminantes químicos, bem como populações expostas e/ou potencialmente expostas, esta Câmara Técnica irá se manifestar quanto a validade das conclusões, informações, recomendações e análises realizadas, incorporando, em caráter adicional, às conclusões, recomendações e análises conduzidas através do estudo que foi demandado, acompanhado e validado por esta Câmara Técnica.** (grifo nosso)

Em relação a NT n° 13/SES/SUBVS-SVS-DVAL-CVFRNB/2020, a NT CT-Saúde 49/2020, aponta as principais considerações realizadas pela SES/MG quanto ao estudo da Ambios, apontando que a análise desta instituição se baseou principalmente na listagem de tópicos e transcrição das questões levantadas pelas empresas NewFields, Planitox, Ambios e pela Fundação Getúlio Vargas em seus pareceres de avaliação, sem acréscimo de detalhamentos ou análises.

A NT CT-Saúde 49/2020 apresenta trecho do documento técnico da SES/MG que mantém seu posicionamento pela revisão do Relatório Final da Ambios:

“A SES-MG compreende os pontos levantados e justificados na Carta Resposta da Empresa Ambios, todavia, considerando e em consonância com a normativa do órgão nacional de saúde, ainda assim, corroborando com as revisões apresentadas, *ressalta que para a garantia de que o estudo esteja em conformidade com a metodologia da Diretriz do Ministério da Saúde*, a fim de ser utilizado para a elaboração de estratégias de ações em saúde da população dos municípios impactados, recomenda-se que as adequações apontadas nesse documento sejam realizadas.” Fim da nota

A NT CT-Saúde 49/2020, refuta a afirmação da SES/MG informando que todos os questionamentos levantados pela SES/MG foram esclarecidos pela Ambios e pelo próprio MS, conforme trecho extraído:

“O grifo do trecho acima contrasta com o fato de que a análise técnica do Relatório Final dos estudos de ARSH da empresa AMBIOS e seus esclarecimentos prestados posteriormente foram cuidadosamente analisados pelo Ministério da Saúde, órgão detentor da competência de formulação de diretrizes nacionais (Lei n° 8080/90) e membro da CT Saúde e do GT Estudos desta CT. Assim, entende-se que a conformidade do estudo em tela com as Diretrizes para Comitê Interfederativo Câmara Técnica de Saúde 11 Elaboração de Estudos de Avaliação de Risco à Saúde já foi avaliada pela CT Saúde, por meio do balizamento técnico e institucional do Ministério da Saúde”.

Em relação ao estudo da Ambios e o Parecer Técnico elaborado pela Newfields, a NT CT-Saúde 49/2020 apresentou análise por meio de um Quadro, que contemplou os principais questionamentos, considerações e manifestações apresentadas pela Fundação Renova e a empresa NewFields, as manifestações e considerações elaboradas pela empresa Ambios e por fim, as considerações da CT-Saúde apoiada por um grupo de especialistas e pesquisadores.

A análise da CT-Saúde se manifestou em sua grande maioria em alinhamento com a Ambios, refutando os questionamentos da Fundação Renova, em outros itens a CT-Saúde não apresentou nenhum posicionamento e em alguns casos, a CT-Saúde acatou o posicionamento da Newfields, informando que o relatório final da Ambios deveria ser revisado.

Ao final da NT CT-Saúde 49/2020 são apresentadas as principais considerações e recomendações da CT-Saúde, reforçando as manifestações já apresentadas nas NTs CT-Saúde nº 28/2020 e 40/2020.

Em relação as conclusões são apresentadas três: **(I)** o estudo conduzido pela empresa Ambios atendeu aos requisitos, parâmetros e critérios da metodologia do MS para os estudos de ARSH, podendo suas conclusões e recomendações serem utilizadas e empregadas para adoção das ações de saúde no âmbito do TTAC; **(II)** é necessário que a empresa apresente manifestação e considerações sobre as pontuações aqui elaboradas, no formato de um apêndice a ser incluído no Relatório Final; **(III)** o documento intitulado Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG) deve ser considerado nulo e inválido devido aos evidentes conflitos de interesses identificados, não devendo ser utilizado ou considerado para adoção das ações de saúde no âmbito do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada;

A partir das conclusões, a NT CT-Saúde 49/2020, pontua 04 (quatro) recomendações ao CIF:

- I. Que seja determinado à Fundação Renova o início imediato de tratativas junto ao Ministério da Saúde, Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais e Secretarias de Saúde dos municípios de Mariana e Barra Longa para implementar, de forma célere, às ações de proteção e cuidado à saúde das populações expostas conforme recomendado no relatório de ARSH.
- II. Considerar nulo e inválido o Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG), não devendo ser utilizado ou considerado para adoção das ações de saúde no âmbito do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada.
- III. Que seja determinado à Fundação Renova a retirada imediata do Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas

pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG) de todos os meios e canais de comunicação da Fundação Renova.

- IV. Que seja determinada a retomada das demais fases previstas do estudo conduzido pela empresa Ambios, devendo ser apresentado planejamento de retomada pela empresa contratada, observando as restrições sanitárias impostas pelo contexto da pandemia da COVID-19, no prazo de 20 dias da aprovação desta recomendação para análise técnica da CT-Saúde.

É importante registrar, que a NT CT-Saúde 49/2020, não possui consenso entre os membros da CT-Saúde e portanto conforme o Artigo 38 do Regimento Único das Câmaras Técnicas do Comitê Interfederativo (<http://www.ibama.gov.br/cif/regimento-interno>), foi registrada as manifestações de divergências da SES/MG, descritas nesta Relatoria.

“Com relação ao item 4.1 e Recomendação 2 – A SES/MG se abstém de qualquer manifestação sobre o referido relatório.

Com relação ao item 4.4 – A SES/MG mantém seus entendimentos, com base nos princípios do federalismo, autonomia dos entes federados e atribuições comuns (art. 15, Lei Federal 8080/90).

Com relação ao id. 18 do item 4.5 – A SES/MG tem a posição da necessidade de realização de avaliação espacial e temporal dos dados ambientais disponíveis para Mariana e Barra Longa, conforme especificado pelas Diretrizes do Ministério da Saúde em sua Seção 5.1.1, assinalando as tendências ao discutir os dados, considerando a distribuição espacial, os ‘pontos críticos’, as mudanças de concentração no tempo e as diferenças de contaminação entre os compartimentos ambientais, conforme já apontado pela NewFields. Tendo em vista a possibilidade de metais se tornarem biodisponíveis e serem absorvidos por vegetais e gramíneas no futuro, bem como pela conclusão de que a produção de alimentos na área ao entorno poderia ser impactada pela poeira causada pelo ‘novo’ solo superficial, a referida avaliação é considerada importante e deve constar no documento.

Com relação a Recomendação 3 – A SES/MG entende que a retirada dos documentos dos portais não é a melhor solução. John Stuart Mill, em “A Liberdade”, preceitua: “Todo o silenciar de uma discussão constitui uma pressuposição de infalibilidade. Pode-se deixar que a sua condenação assente neste argumento comum, que não é pior por ser comum”. (Cap. 2) A proposta de retirada de informações censura e suprime a liberdade e priva a sociedade da possibilidade da discussão e aprimoramento da verdade.

Com relação a Recomendação 4 – A SES/MG entende que é essencial a continuidade dos Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana. Entretanto, ante o princípio da Impessoalidade, que rege a Administração Pública, bem como da Livre Concorrência, discorda que seja realizado o apontamento nominal de empresas. Ainda, pondera pelas Deliberações do CIF, em especial a Deliberação 374/20, baseado no Relatório Técnico nº 1/FEAM/DIGA/2020, que já apontava pela necessidade da discussão conjunta entre saúde e meio ambiente, bem como a necessidade de se aguardar a conclusão dos encaminhamentos de reunião intercâmaras entre CT-GRSA e CT-Saúde, em 20/11/2020”.

7. ANÁLISE INSTITUCIONAL DA SECRETARIA DE SAÚDE DE MINAS GERAIS (SES/MG)

7.1 Nota Técnica nº 13/SES/SUBVS-SVS-DVAL-CVFRNB/2020 - Parecer Técnico sobre Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana realizado pela Empresa Ambios nas Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão – MG (junho/2020).

Em junho de 2020, a SES/MG emitiu a Nota Técnica nº 13/SES/SUBVS-SVS-DVAL-CVFRNB/2020, apresentando as principais considerações/inconsistências dos relatórios da Newfields, Fundação Getúlio Vargas (FGV) e Planitox sobre o estudo da Ambios nos municípios de Mariana/MG e Barra Longa/MG, bem como a Carta Resposta da Ambios a Fundação Renova datada de 14/04/2019, referente ao Relatório Final. Conforme a Nota Técnica nº 13/SES/SUBVS-SVS-DVAL-CVFRNB/2020, o objetivo da mesma é promover aprimoramentos e aperfeiçoamentos dos elementos teóricos, metodológicos e procedimentais do estudo.

A partir das afirmações contidas nos relatórios da Newfields, Fundação Getúlio Vargas (FGV) e Planitox e da Carta Resposta da Ambios a SES entende que existem vícios técnicos no estudo da Ambios, sendo necessária a adequação e resposta a vários quesitos, para que o estudo esteja em conformidade com a metodologia da Diretriz do Ministério da Saúde, a fim de ser utilizado para a elaboração de estratégias de ações em saúde da população dos municípios impactados.

7.2 Memorando.SES/SUBVS-SVS-DVAA-CVSA.nº 113/2020- Manifestação da Coordenação de Vigilância em Saúde Ambiental como representante dessa Subsecretaria de Vigilância em Saúde, sobre o estudo da Ambios.

Em 18/02/2020, a Coordenação de Vigilância em Saúde Ambiental (CVSA) como representante da Subsecretaria de Vigilância em Saúde (CVSA - SES/MG) emitiu o Memorando.SES/SUBVS-SVS-DVAA-CVSA.nº 113/2020 com análise dos estudos da Ambios de ARSH nos de Mariana/MG e Barra Longa/MG, visando subsidiar as discussões no âmbito do Eixo 2 da ACP Eixos Prioritários e resposta ao OFÍCIO n. 00024/2020/NMAF/SAP/PFMG/PGF/AGU. O memorando foi estruturado para responder a cinco questões: **1.** Há indicativo de potenciais problemas técnicos, metodológicos, de execução ou limitação de escopo do Estudo Ambios?; **2.** A eventual sequência para as denominadas fases seguintes convalidaria eventuais problemas?; **3.** É possível construir soluções e atuações a serem objeto de decisão do CIF a partir do Estudo?; **4.** Há, e se positivo quais, lacunas de estudo e planejamento que devem ser fornecidas ao CIF para fins de condução do Eixo? **5.** Solicito demais informações tidas por necessárias.

O memorando apresenta uma listagem dos principais problemas técnicos e metodológicos identificados no estudo da Ambios, sendo pontuados nesta NT os considerados mais relevantes para a discussão:

- Ausência de análise histórica e descrição sobre o uso e ocupação do solo e dos recursos naturais na região estudada, sem a apresentação de informações para a realização de uma análise completa das rotas ambientais, faltando informações consideradas essenciais pelas Diretrizes do MS, como por exemplo topografia, cobertura do solo e hidrogeologia.
- Descrição da etapa de levantamento das preocupações da comunidade é incompleta: não inclui o processo de construção e validação da seleção da área e da amostra da população, detalhamento do número de entrevistas realizadas, tipo de entrevistas, grupo de indivíduos, metodologia de análise de dados que foi aplicada.
- População receptora definida de forma incompleta, como por exemplo, alguns receptores como trabalhadores que não foram considerados.
- Problemas relativos ao controle de qualidade, como: não apresentou os procedimentos de garantia e controle da qualidade dos dados; não foram apresentados procedimentos padronizados para a validação dos dados coletados, como por exemplo coleta e uso de brancos (brancos de equipamento, de campo, de viagem e de temperatura); em relação aos laboratórios utilizados para realização das análises, devem ser apresentados os escopos de acreditação, para todos os compartimentos ambientais amostrados e todos os compostos químicos analisados.
- A avaliação de concentrações basais é um requisito das Diretrizes do MS para ARSH que não é apresentado pela Ambios, assim como a discussão da distribuição espacial e temporal dos contaminantes.
- Embora acima dos limites estabelecidos pelo padrão de potabilidade, os metais ferro e manganês presentes na água para consumo humano não foram considerados substâncias químicas de interesse.

Em relação a execução do estudo nas outras áreas impactadas na bacia, a CVSA - SES/MG reforça que o ideal é a resolução das questões técnicas e metodológicas pontuadas no documento, visando o aprimoramento da metodologia aplicada e criando uma base de lições aprendidas com o estudo apresentado pela Ambios.

Apesar das fragilidades apontadas no estudo da Ambios, a CVSA - SES/MG entende que a partir das conclusões do estudo em Mariana e Barra Longa/MG, o CIF pode exigir da

Fundação Renova a execução de uma série de ações. Além das ações ambientais apontadas, como remoção e disponibilização adequada do rejeito das áreas atingidas, é possível desenvolver ações de saúde com base no estudo, principalmente no escopo de fortalecimento do serviço público, por meio do SUS, em resposta à mudança provocada no território pelo desastre. O estudo da Ambios pode nortear ações de atenção, promoção e prevenção à saúde, bem como as fases seguintes dos estudos epidemiológicos e toxicológicos.

Dentre as recomendações apresentadas, a CVSA - SES/MG destaca a estruturação de um Programa de Atenção e Vigilância à Saúde inserido no âmbito do Sistema Único de Saúde e dos Programas de Atenção Básica e de Saúde da Família de cada município, abrangendo ações de promoção, prevenção, assistência e vigilância da saúde.

8. ÚLTIMOS ALINHAMENTOS INSTITUCIONAIS – CIF E OS ESTADOS DE MINAS GERAIS E ESPÍRITO SANTO

8.1 Reunião Intercâmaras CIF (CT-GRSA e CT-Saúde) sobre os estudos de risco a saúde humana e risco ecológico, ocorrida em novembro de 2020

No dia 24/11/2020 foi realizada Reunião Intercâmaras do CIF, coordenada pela SECEX/CIF, para tratar dos estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana e Avaliação de Risco Ecológico, sob acompanhamento da CT-GRSA e a CT-Saúde, avaliando-se a possível criação de Grupo de Trabalho.

Na reunião foi apresentado o histórico do acompanhamento da execução dos estudos no âmbito do CIF, a judicialização do tema na ACP Eixos Prioritários, as decisões já proferidas na esfera judicial e a proposta para a continuidade na condução dos estudos pelo Comitê Gestor Pró Rio Doce, com uma estratégia articulada e integrada, respeitando integralmente as especificadas de cada metodologia.

A reunião contou com amplo debate entre os participantes, que colocaram seus posicionamentos e preocupação, principalmente quanto a proposta de Minas Gerais e sobre o descumprimento da Fundação Renova quando as decisões já emitidas no âmbito da ACP Eixos Prioritários

Na reunião foram definidos dois encaminhamentos:

1. Envio ao GAT até a data de 01/12/2020, pelas CT-Saúde e CT-GRSA, de listagem de estudos considerados paralisados para relatoria ao CIF na 49ª Reunião Ordinária, com solicitação de deliberação para exigência de continuidade e entrega dos estudos.
2. O grupo participante da Reunião Intercâmaras, a pedido da representação do estado do Espírito Santo, irá aguardar as análises dos estudos relativos ao território capixaba, a serem realizadas até o final de dezembro de 2020, para realização de nova Reunião Intercâmaras até segunda quinzena de janeiro de 2021, na qual o grupo se manifestará pela criação ou não de Grupo de Trabalho; em caso positivo, será definido também o escopo de trabalho

8.2 Nota Técnica IEMA/CTECAD N° 001/2021 - Assunto: “Bases mínimas para Avaliação de Risco a Saúde Humana para fins Ambientais de Gerenciamento de Áreas Contaminadas e outros esclarecimentos e considerações adicionais” e Reunião Técnica entre Minas Gerais e Espírito Santo - Assunto: “Alinhamento quanto aos entendimentos técnicos para a realização dos próximos estudos de Avaliação de Risco a Saúde Humana (metodologia do meio ambiente) a serem realizados na bacia do rio Doce”.

Devido aos encaminhamentos da Reunião Intercâmaras CT-GRSA e CT-Saúde sobre os estudos de risco a saúde humana do dia 24/11/2020, o IEMA elaborou a Nota Técnica IEMA/CTECAD N° 001/2021, com o posicionamento do órgão ambiental do Espírito Santo sobre os estudos de avaliação de risco a saúde humana (metodologia ambiental) e os procedimentos para a condução dos estudos em articulação entre as CTs, conhecido antigamente como “Gaisma”.

A Nota Técnica IEMA/CTECAD N° 001/2021 apresentou posicionamento contrário quanto a continuidade dos estudos de avaliação de risco a saúde humana (saúde e meio ambiente) e risco ecológico nos modelos do Gaisma Aprimorado apresentado pela Fundação Renova no primeiro trimestre em 2020. Além da apresentação deste posicionamento, o IEMA apresentou uma série de recomendações e orientações a serem remetidas ao CIF e Fundação Renova para continuidade dos estudos de avaliação de risco a saúde humana.

Visando discutir as colocações da Nota Técnica IEMA/CTECAD N° 001/2021, na data de 29 de janeiro de 2021 foi realizada reunião técnica interestadual entre Minas Gerais e Espírito Santo, com a participação dos órgãos ambientais. Adicionalmente, participaram as Secretarias de Saúde de cada Estado e os Comitês Estaduais de acompanhamento do desastre.

Durante a reunião, a Nota Técnica IEMA/CTECAD N° 001/2021 foi apresentada em tópicos de discussão, em planilha de excel, registrando os consensos e dissensos entre os

Estados, visando discussão técnica e alinhamento, visando a maximização dos consensos e melhoria nas diretrizes a serem cumpridas pela Fundação Renova. Os principais pontos de dissenso e consenso são apresentados no documento em anexo, mas para fins desta Relatoria, apresentamos os considerados mais relevantes:

- É de competência dos órgãos ambientais de cada estado validar os Relatórios de Avaliação de Risco a Saúde Humana (metodologia ambiental), contudo, deve ser respeitada a governança do sistema CIF. Assim, para possibilitar o diálogo e o alinhamento de possíveis ações das Câmaras (CT-Saúde e CT-GRSA), podem ser convocadas reuniões intercâmaras para apresentação da análise e discussão.
- A Nota Técnica IEMA/CTECAD Nº 001/2021 afirma que o IEMA é totalmente contrário ao GAISMA nos moldes apresentados pela Fundação Renova em 2020. Entretanto, foi consenso entre os órgãos ambientais que a etapa de investigação (coleta e amostragem de matrizes ambientais) pode ser realizada conjuntamente. Uma das possibilidades para o diálogo entre as metodologias, seria a coleta em campanha única com Planos de Amostragem que respeitem os objetivos e especificidades de cada metodologia (saúde e meio ambiente). Decisões sobre a amostragem e outros pontos de diálogo entre os estudos poderão ser decididas em outros fóruns de diálogo, sem precisar necessariamente criar um “Grupo de Trabalho” no âmbito do Sistema CIF.
- As ações de intervenção ambiental genéricas, apontadas pelo setor Saúde, devem sofrer avaliação/especificação pelo setor de meio ambiente, visando verificar a pertinência da execução da intervenção. Importante registrar que esta análise não deve causar nenhum prejuízo ao andamento das proposições/execução da ARSH para o setor de meio ambiente.
- Sobre as empresas que realizarão os estudos, Minas Gerais entende que as avaliações de risco à saúde humana (saúde e meio ambiente) e risco ecológico podem ser executadas por empresas diferentes ou pela mesma empresa, respeitando a livre iniciativa, sendo que a consultoria deve ter profissionais com experiência nas metodologias que irá executar. Representantes do Espírito Santo (IEMA) manifestam-se em desfavor, informando que devem prezar por empresas separadas, dando mais amplitude técnica na análise do tema. Já os técnicos da SES-ES corroboram com o posicionamento da CT-Saúde.
- As coletas de background possuem realidades distintas para os dois estados. Minas Gerais entende que as coletas de background devem ser concomitantes às coletas da área impactada. Em algumas áreas pode não ser possível a delimitação da área impactada para definição da área não impactada e amostragens de background,

sendo avaliadas as especificidades. As manifestações técnicas do Espírito Santo refutam que a coleta de background posterior às coletas da área impactada, pois ainda não existe a definição da área impactada devido a ausência de estudos (aprovados pelo CIF), como o da mancha de inundação.

- A Fundação Renova deve apresentar uma nova proposta para a execução dos estudos de avaliação de risco à saúde humana (saúde e meio ambiente) e risco ecológico por meio de metodologias/relatórios separados, conforme as diretrizes e recomendações emitidas ou a serem emitidas pelos órgãos de Minas Gerais e Espírito Santo. Caso a Fundação Renova não atenda às diretrizes e recomendações, os estados entendem que poderão ser adotadas medidas de intervenção no processo, assumindo a execução das ações, com a continuidade do custeio pela Fundação Renova ou pelas mantenedoras, conforme previsto nas legislações ambientais. Estas medidas deverão ser estudadas e discutidas em articulação com as assessorias jurídicas dos estados e do CIF.

A partir dos pontos de consenso e dissenso entre os estados, verificou-se a necessidade de aprofundar as discussões em novas reuniões. Na data de 08/03/2021, ocorreu nova reunião, com foco na etapa de amostragem, conforme encaminhamento da Reunião do dia 29/01/2021, definindo-se como um consenso geral entre os órgãos estaduais de saúde e meio ambiente que na bacia do rio Doce, a execução dos estudos de ARSH e ARE e todas as suas etapas devem ocorrer de maneira totalmente independente. Tal acordo deve-se à situação hoje vivida no âmbito do TTAC, focada principalmente na continuidade dos estudos e na produção de dados e recomendações que irão subsidiar a recuperação ambiental e proteção da saúde humana.

POSICIONAMENTO DA RELATORIA:

- A relatoria está de acordo com o posicionamento do Estado de Minas Gerais e Espírito Santo (setores de saúde e meio ambiente), para que os estudos de ARSH e ARE sejam conduzidos de maneira independente, com a recusa integral da metodologia denominada “Gaisma” no âmbito do TTAC.
- A evolução dos consensos produzido pelo Estado de Minas Gerais e Espírito Santo (saúde e meio ambiente) demonstram um amadurecimento das discussões e uma busca pela resolução dos conflitos focando a reparação socioambiental da bacia do rio Doce, definindo diretrizes claras e consensuais para que a Fundação Renova retome os estudos de ARSH e ARE.

- Independente da execução dos estudos de ARSH (metodologia saúde e metodologia ambiental) e ARE de maneira independente, é fundamental que a CT-Saúde e a CT-GRSA mantenham um diálogo constante na execução de todas as etapas dos estudos, compartilhando informações sobre a execução de atividades como coleta de dados ambientais, resultados encontrados, intervenções de remediação e proteção á saúde humana, que permitam que as CTs conheçam os desdobramentos das ações da Fundação Renova e de intervenção nos territórios. Além disso, sempre que necessário, as CTs devem emitir recomendações/requisições conjuntas para apoiar as decisões do CIF.

9. ANÁLISE DA RELATORIA SOBRE AS INFORMAÇÕES APRESENTADAS NOS ESTUDOS, PEER REVIEWS E MANIFESTAÇÕES DO CIF E ORGÃOS PÚBLICOS

A partir da leitura das manifestações técnicas da CT-Saúde, dos estudos da Ambios e da Tecnohidro, dos relatórios de *peer review*, da participação em reuniões sobre o assunto, somado ao histórico e conhecimento que esta relatora tem como membro do CIF, fica evidente o tensionamento entre os envolvidos nesta temática. Está claramente configurada um situação de conflito, que deve ser tratada e solucionada visando o atendimento ao TTAC. É fundamental que a Presidência do CIF, no uso de suas competências, estabeleça um processo de resolução de conflito entre a CT-Saúde, seus membros e Fundação Renova, visando a continuidade das ações de investigação e recuperação socioambiental da bacia do rio Doce.

Cabe registrar que esta relatoria tem um recorte nos estudos de ARSH nos municípios de Mariana e Barra Longa, mas a Ambios já protocolou o estudo de ARSH para a região de Linhares/ES junto à CT-Saúde e os estudos nas outras áreas impactadas precisam ser iniciados. Ou seja, a gestão do conflito instalado deve ser executada visando a implementação e continuidade das ações para a bacia do rio Doce de maneira geral.

A partir da análise de todos os documentos listados neste documento, a relatoria apresenta sua análise, em três principais grupos:

1. Estudo de Avaliação de Risco a Saúde Humana (ARSH) a partir das diretrizes do Ministério da Saúde (MS) para os municípios de Mariana e Barra Longa (estudo da Ambios e da Tecnohidro) – revisão do relatório e implementação da 2 Fase dos estudos de ARSH;

2. As avaliações/*peer review* sobre o estudo de ARSH realizado pela empresa Ambios nos municípios de Mariana e Barra Longa e Relatório de Consolidação da Fundação Renova;
3. Continuidade dos estudos nas outras regiões impactadas e posicionamento sobre a metodologia “Gaisma” proposta pela Fundação Renova.

9.1 Estudos de Avaliação de Risco a Saúde Humana (ARSH), a partir das diretrizes do Ministério da Saúde (MS) para os municípios de Mariana e Barra Longa (estudos da Ambios e da Tecnohidro)

Nos municípios de Barra Longa e Mariana foram realizadas duas ARSH, uma pela empresa Ambios e outra pela empresa Tecnohidro. Tanto o estudo da Ambios quanto o da Tecnohidro **classificaram os municípios na Categoria A, ou seja, “são locais que apresentam um risco para a saúde pública como resultado de exposições passadas, presentes e futuras, de curto ou longo prazo, a substâncias químicas perigosas, ou locais onde existe risco físico”.**

A partir dos dados e resultados apresentados nos estudos da Ambios e da Tecnohidro, independente da necessidade de revisões/complementações nos dois documentos, pode-se afirmar que os municípios de Mariana e Barra Longa, a partir dos cálculos de risco, apresentam riscos à saúde humana (carcinogênico e não carcinogênico), que podem configurar efeitos deletérios à saúde dos atingidos e, portanto, o CIF e o sistema SUS **devem agir imediatamente**, visando a proteção da saúde da população e a continuidade das investigações e entendimento dos impactos nos dois municípios. O protagonismo do CIF, em especial da Presidência, é fundamental, devendo o Comitê assumir a responsabilidade em articular ações de resposta diretamente com o SUS.

Esta relatoria entende que os resultados do estudo da Tecnohidro devem ser utilizados para a definição de ações nos dois municípios (2ª Fase dos estudos de ARSH), sendo incorporados às decisões do CIF, da CT-Saúde, da CT-GRSA e do sistema SUS, visto que o estudo da Tecnohidro identificou riscos à saúde humana que não podem ser negligenciados.

Desta maneira, sugere-se que duas frentes de trabalho devem ser iniciadas: a) revisão do documento da Ambios, nos pontos identificados pela CT-Saúde e nos indicados nesta relatoria, sem prejuízo da continuidade ao início da 2ª Fase nos dois municípios Barra Longa e Barra Longa; b) início da 2ª Fase do estudo de ARSH nos municípios de Mariana e Barra Longa, visando definir os protocolos de atendimento e proteção da população.

9.1.1 Revisão do estudo de ARSH da Ambios

Em relação a 1ª Fase dos estudos de ARSH nos municípios de Mariana e Barra Longa, foi verificado pela CT-Saúde, pela SES/MG e por esta relatoria que o Relatório Final da Ambios carece de ajustes, sendo recomendado por esta relatoria sua revisão, conforme exposto a seguir.

Esta revisão tem como finalidade melhorar a apresentação dos resultados e informações, devendo ficar claro para a Fundação Renova, que esta revisão não significa paralisação do processo e portanto, deve ser dado início imediato a 2ª Fase dos estudos de ARSH em Mariana e Barra Longa, conforme será discutido no item 9.1.2. A revisão do relatório da Ambios deve ser realizada:

- Conforme a NT CT-Saúde 28/2020, a Ambios deve apresentar: um sumário executivo com o resumo dos resultados, recomendações e conclusões encontrados ao longo de todo o estudo, visando uma análise mais simplificada e objetiva pelos membros da CT-Saúde e técnicos estaduais e municipais, bem como a descrição da formação profissional da equipe multidisciplinar que participou do estudo, em atendimento ao disposto na Nota Técnica SUBVPS/SES-MG Nº 11/2017. Além disso, a CT-Saúde solicita que a empresa esclareça a exclusão dos elementos ferro e manganês como contaminantes de interesse, assim como justifique a não resposta de algumas preocupações levantadas pela população que não estão relacionadas à exposição aos contaminantes de interesse.
- Conforme a NT CT-Saúde 49/2020 é necessário que a Ambios apresente manifestação e considerações sobre as informações apresentadas da Nota, no formato de um apêndice a ser incluído no Relatório Final. As informações que devem ser discutidas pela Ambios em um novo documento estão listadas no Quadro da NT CT-Saúde 49/2020, referenciando aos itens 3, 7, 13, 14, 15, 16, 29, 34, 35, 36, 37, 39, 48.
- Adicionalmente aos itens já indicados pela CT-Saúde, esta relatoria também entende que o estudo da Ambios carece de ajustes, principalmente para a continuidade da 2ª Fase, conforme os itens ressaltados/marcados no item 4.1 desta Relatoria. O questionamento quanto a exclusão dos elementos ferro e manganês como contaminantes de interesse também foi questionado por esta relatoria, devendo estes elementos serem considerados na 2ª Fase.

9.1.2 Implementação de ações de proteção e cuidado à saúde das populações expostas nos municípios de Mariana e Barra Longa, a partir das recomendações dos EARSH realizados, a partir das diretrizes mínimas da Nota Técnica nº 2/SES/SUBVS-SVS-DVAA-CVSA/2021

Para a implementação de ações de proteção e cuidado à saúde das populações expostas ao rompimento da barragem de Fundão, a partir das recomendações dos EARSH realizados em Mariana e Barra Longa, esta relatório solicitou apoio técnico da SES/MG. Desta maneira, a SES/MG produziu o documento Nota Técnica nº 2/SES/SUBVS-SVS-DVAA-CVSA/2021 – Assunto: *“Diretrizes Mínimas para as Etapas de Implementação de Ações de Proteção e Cuidado À Saúde das Populações Expostas ao Rompimento da Barragem de Fundão, a partir das Recomendações dos EARSH Realizados em Mariana e Barra Longa, Minas Gerais, Março/2021”*, que consta no Anexo 1 desta Relatoria.

O relatório da SES/MG apresenta as limitações inerentes a análise apresentada e as interfaces e articulações que devem ser realizadas com outros atores/Secretarias de Governo e do CIF, a depender das intervenções a serem estudadas/implementadas no território. Reforça que este documento tem o objetivo de trazer diretrizes mínimas em apoio a relatoria Semad e ao CIF na sua tomada de decisão. Ou seja, é fundamental que a CT-Saúde, como instância técnica do CIF, coordene todo o processo, respeitando as competências de cada ente público, conforme as deliberações do CIF.

O relatório da SES/MG apresenta como objetivos específicos:

- Identificar as implicações à saúde pública presentes nos EARSH conduzidos pelas empresas Ambios (regiões de Mariana e Barra Longa) e Tecnohidro (áreas alvo 1, 2 e 3);
- Identificar as capacidades de atendimento das necessidades pelo Sistema Único de Saúde (SUS) no cenário atual;
- Identificar as necessidades de saúde propostas nos planos municipais para o atendimento às demandas que evidenciam risco/implicações à saúde nos estudos (ANEXO I ao relatório da SES/MG);
- Propor o escopo mínimo da organização do setor saúde para o atendimento às necessidades apontadas nas recomendações dos estudos.

O documento da SES está estruturado em quatro itens de discussão, sendo eles: a) Implicações à saúde pública apresentadas nos EARSH; b) Capacidades do Sistema Único de Saúde (SUS) no cenário atual; c) Necessidades de saúde propostas nos planos municipais para o

atendimento às demandas que evidenciam risco/implicações à saúde nos estudos; d) Escopo mínimo de organização do setor saúde para o atendimento às necessidades apontadas nas recomendações dos estudos.

A discussão quanto as recomendações a serem implementadas nos dois municípios se encontra detalhada no Anexo I do relatório da SES/MG, discutindo para cada recomendação o que o SUS oferta ou não consegue ofertar no tocante à exposição e riscos levantados; o que já foi contemplado/atendido nos Planos Municipais, os atores/setores que precisam ser envolvidos e ações necessárias além do setor saúde.

Desta maneira, esta relatoria recomenda ao CIF, que determine a Fundação Renova, a adoção do documento produzido pela SES/MG, como “bases mínimas” para produção da 2ª Fase dos estudos de ARSH para os municípios de Mariana e Barra Longa.

9.1.3 Implementação das recomendações do setor de meio ambiente dos estudos de ARSH da Ambios e Tecnohidro

Em complementação às recomendações do setor de saúde apresentadas no estudo da Ambios e discutidas/trabalhadas na Nota Técnica nº 2/SES/SUBVS-SVS-DVAA-CVSA/2021, a Fundação Renova deverá apresentar documento junto à CT-GRSA, informando como irá tratar as recomendações de competência dos órgãos ambientais apresentadas nos relatório da Ambios e da Tecnohidro.

A partir do documento apresentado pela Fundação Renova, a CT-GRSA e o órgão ambiental de Minas Gerais poderão realizar sua análise e emitir posicionamento técnico quanto as ações que deverão ser executadas nos dois municípios.

9.2 As avaliações/*peer review* sobre o estudo de ARSH realizado pela empresa Ambios nos municípios de Mariana e Barra Longa e Relatório de Consolidação da Fundação Renova

Existem 3 relatórios de *peer review* do estudo da Ambios, sendo dois produzidos pela Fundação Renova: Newfiels e Planitox e o terceiro produzido Fundação Getúlio Vargas (FGV), vinculado ao MPF. Além destes relatórios, a Fundação Renova também produziu o “Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG)”, que analisa os relatórios da Ambios e Tecnohidro.

Cabe ressaltar que a CT-Saúde emitiu posicionamento técnico apenas em relação ao relatório da Newfields. Em relação a este relatório, a CT-Saúde questiona sobre o papel da New Fields no âmbito do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada e como a CT-Saúde deve se posicionar frente aos relatórios desta entidade.

Esta relatoria entende que não cabe posicionamento e resposta sobre o questionamento colocado pela CT-Saúde em relação ao relatório da Newfields, que possui caráter jurídico e de entendimento das diretrizes expostas no TTAC e que pode vir a ocorrer em outros Programas. Desta maneira, o IAJ/CIF deve se posicionar, sanando os questionamentos da CT-Saúde, que também subsidiarão o entendimento das demais CTs.

Além dos questionamentos sobre o *peer review* da Newfields, a CT-Saúde se manifestou pela nulidade total e retirada imediata de todos os meios e canais de comunicação da Fundação Renova do “Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG)”.

Novamente, esta relatoria entende que não cabe a ela responder a tal questionamento, que possui caráter jurídico e procedimental das diretrizes expostas no TTAC, que estabelecem os ritos de comunicação e publicização das informações da Fundação Renova, CIF e CTs. Cabe ressaltar ainda que, os estudos da Ambios e da Tecnohidro que foram o alvo de análise do “Relatório de Consolidação” continuam disponíveis, para todos interessados que queiram ter acesso aos dados e resultados emitidos em cada estudo. Cumpre ainda esclarecer que o "Relatório de Consolidação", independente da proposição de nulidade pela CT-Saúde, é visto por essa relatoria como benéfico e apoia as discussões sobre a temática, por possuir argumentações propositivas e discursivas.

9.3 Continuidade dos estudos nas outras regiões impactadas e posicionamento sobre a metodologia “Gaisma”

As manifestações da CT-Saúde e da SES/MG se manifestam pela continuidade dos estudos nos outros territórios impactados, considerando as diretrizes do MS e da própria CT-Saúde, a partir dos aprendizados obtidos na área piloto de Mariana e Barra Longa.

Além do posicionamento do setor saúde, os órgãos de meio ambiente dos Estados (IEMA e Feam) também chegaram a consensos, conforme registrado no item 9 desta Relatoria, quanto a a execução dos estudos de ARSH (metodologia saúde e metodologia ambiental) e ARE

de maneira independente, contudo com a manutenção de um diálogo constante na execução de todas as etapas dos estudos,

A partir da avaliação de todos os documentos listados nesta relatoria, a relatora concluiu que os órgãos de saúde estaduais, o Ministério da Saúde e os órgãos ambientais estaduais que compõe a CT-Saúde e a CT-GRSA, se posicionam contrários a continuidade e implementação da metodologia “Gaisma” ou “Gaisma Aprimorado”, devendo a mesma ser reprovada pelo CIF e portanto não ser executada na bacia do rio Doce.

Desta maneira, esta relatoria recomenda que o CIF determine a retomada dos estudos de avaliação de risco a saúde humana (metodologia ambiental e de saúde) e de avaliação de risco ecológico a partir da apresentação de um Plano de Trabalho Gerencial a ser apresentado pela Fundação Renova, contendo as atividades, prazos e responsabilidades (cronograma executivo), a ser analisado pelas CTs competentes e aprovado pelo CIF. Deverá ser apresentado um Plano de Trabalho para a CT-Saúde e outro para a CT-GRSA.

Independente da condução dos estudos pela CT-GRSA e pela CT-Saúde, é fundamental que as duas CTs tenham um canal de diálogo aberto para alinhamento e repasse de informações consideradas importantes para o andamento das ações no território, tanto das intervenções de saúde quanto do meio ambiente. As ações a serem executadas pela Fundação Renova na temática dos estudos de ARSH deverão ser aprovadas e referendadas pelo CIF, respaldado por manifestações técnicas das duas CTs, visto a complexidade, conflitos e atrasos já existentes no processo.

Adicionalmente, esta relatoria recomenda que para a continuidade dos estudos de ARSH (metodologia MS) nas outras áreas impactadas ou para detalhamento dos estudos em Mariana e Barra Longa, a partir das limitações identificadas e discutidas no estudo Ambios, é importante que a empresa contratada se atente para melhoria/respeito dos seguintes aspectos:

- Avaliar os apontamentos colocados no item 4.1 desta relatoria, considerados como lições aprendidas a partir do estudo da Ambios.
- Avaliar os apontamentos realizados pelos *peer reviews* já elaborados nesta temática, como “lições aprendidas” para incorporação na execução dos estudos nas outras áreas;
- Realizar exaustivo levantamento dos estudos ambientais e socioeconômicos existentes sobre a área a ser investigada. A consultoria contratada deverá obrigatoriamente solicitar manifestação das CTs ambientais do CIF e demais órgãos públicos, quando necessário, para levantamento de todos os estudos ambientais existentes;

- Explicação detalhada para utilização ou não de cada um dos estudos ou dados ambientais e socioeconômicos no estudo de ARSH;
- A etapa de “levantamento das preocupações da comunidade” deve respeitar a metodologia do MS, com a execução das três fases: preparatória (antes de visitar a área); visitas as áreas; e socialização das informações da ARSH. Todas as atividades e resultados nesta etapa devem ser respaldados em documentos comprobatórios que demonstrem a transparência e lisura de todo o processo;
- Contratação de laboratórios acreditados/referenciados para análise dos compartimentos ambientais e de outras amostras, como alimentos de origem animal;
- Revisão dos níveis de concentração natural dos contaminantes nos compartimentos ambientais locais;
- Padronização de procedimentos de registro de ponto de coletas de amostras, trazendo transparência ao processo;
- Descrição da amostragem utilizada na etapa de levantamento de preocupações com a comunidade, bem como dos processos de validação de instrumento aplicado (questionário) nesta etapa;
- Avaliação de rotas de exposição futuras e que estiveram extintas no momento da coleta já realizada, principalmente as relacionadas à biota aquática;
- Descrição de forma sucinta sobre validade de tempos de conservação das amostras, desempenho dos instrumentos, calibração, brancos, entre outros, conforme preconizado pelo item 5.3.2 da Diretriz para a elaboração de estudos de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos;
- Avaliação de doses de exposição considerando como rota de exposição o contato dérmico com solo e poeira;
- Avaliação criteriosa de limites estabelecidos e validados para os metais ferro e manganês presentes na água para consumo humano;
- Discussão criteriosa quanto aos dados utilizados nos cálculos de risco a saúde humana e possíveis incertezas.

Em relação as consultorias/empresas que irão realizar os estudos a partir das novas diretrizes do CIF, esta relatoria se posiciona que os estudos de ARSH (saúde e meio ambiente) e risco ecológico podem ser executadas por empresas diferentes ou pela mesma empresa, respeitando a livre iniciativa, sendo que a premissa básica deve se pautar em que a consultoria possua em seus quadros, profissionais com experiência nas metodologias que irão executar. O entendimento desta relatoria é que não cabe ao sistema CIF escolher empresas para execução de

estudos e sim determinar/definir as diretrizes para execução/monitoramento dos estudos, visando a apresentação de estudos com a melhor qualidade técnica possível.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação de áreas contaminadas e a identificação de riscos à saúde humana e ao meio ambiente para um território com as dimensões da bacia do rio Doce é algo inédito e desafiador na história brasileira. Os estudos realizados nos municípios de Mariana e Barra Longa refletem esta realidade desafiadora e nos apresentam valioso aprendizado técnico, mas também humano.

Tanto o estudo solicitado pelo CIF/CT-Saúde, mas também o estudo contratado pela Fundação Renova, apontaram que os municípios de Barra Longa e Mariana em Minas Gerais, se enquadram em municípios na Categoria A do Ministério da Saúde, ou seja, **“são locais que apresentam um risco para a saúde pública como resultado de exposições passadas, presentes e futuras, de curto ou longo prazo, a substâncias químicas perigosas, ou locais onde existe risco físico”**.

Esta classificação demanda do “poluidor pagador” – a mineradora Samarco e da Fundação Renova – fundação criada exclusivamente para promover a reparação socioambiental da bacia, ações imediatas para proteção da saúde da população e detalhamento das investigações e entendimento dos riscos. Em contrapartida, ao poder público, representado pelo CIF/Câmaras Técnicas e órgãos competentes, compete acompanhar, monitorar e cobrar a execução das devidas ações.

Esta relatoria, designada pela Presidência do CIF, entende que cumpriu seu papel em fornecer subsídios e informações que permitam uma tomada de decisão dos membros do CIF, permitindo que este Comitê avance na implementação dos estudos de ARSH e ARE para a proteção da saúde humana e do meio ambiente na bacia do rio Doce, definindo obrigações claras e objetivas à Fundação Renova e fornecendo aos principais interessados - os atingidos pelo desastre -, respostas quanto ao desastre e suas preocupações.

Belo Horizonte, 12 de março de 2021
Patrícia Rocha Maciel Fernandes

Anexos da Relatoria

Anexo I: Nota Técnica nº 2/SES/SUBVS-SVS-DVAA-CVSA/2021: Plano de Ações de proteção e cuidado à saúde das populações expostas ao rompimento da barragem de Fundão, a partir das recomendações dos EARSH realizados em Mariana e Barra Longa:

Anexo II: Demais documentos técnicos de subsídio à relatoria.

- a) Estudo da Ambios: Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG para os municípios de Mariana e Barra Longa
- b) Estudo da Tecnohidro: Relatório Técnico de Avaliação de Risco à Saúde Humana Metodologia Ministério da Saúde
- c) Peer Review da Newfields sobre o estudo da Ambios: PARECER TÉCNICO: Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG” executada pela Ambios Engenharia e Processos
- d) Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana.
- e) Parecer Técnico da Fundação Getúlio Vargas: “Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão – MG” da AMBIOS Engenharia e Processos”
- f) Relatório Final Planitox: Considerações sobre o Relatório Final elaborado pela empresa Ambios, intitulado ‘Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão – MG’
- g) Nota Técnica nº 13/SES/SUBVS-SVS-DVAL-CVFRNB/2020
- h) Memorando.SES/SUBVS-SVS-DVAA-CVSA.nº 113/2020
- i) Nota Técnica CT-Saúde nº 28/2020
- j) Nota Técnica CT-Saúde nº 40/2020
- k) Nota Técnica CT-Saúde nº 49/2020
- l) Nota Técnica Intercâmaras CT-SAÚDE/CT-GRSA nº 01/2020
- m) Ata reunião Intercâmaras CT-GRSA e CT-Saúde sobre os estudos de risco a saúde humana.

- n) Nota Técnica IEMA/CTECAD Nº 001/2021
- o) Síntese de reunião 29/01/2021: Reunião realizada entre os órgãos ambiental e de saúde de Minas Gérias e Espírito Santo para alinhamento quanto aos estudos de ARSH (metodologia ambiental) e Nota Técnica IEMA/CTECAD Nº 001/2021.
- p) Síntese de reunião 08/03/2021: Reunião técnica sobre a etapa de amostragem dos estudos de avaliação de risco à saúde humana (metodologia do meio ambiente e saúde).

Anexo I: Plano de Ações

Nota Técnica nº 2/SES/SUBVS-SVS-DVAA-
CVSA/2021



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Secretaria de Estado de Saúde

Coordenação de Vigilância em Saúde

Nota Técnica nº 2/SES/SUBVS-SVS-DVAA-CVSA/2021

PROCESSO Nº 2090.01.0000021/2020-92

ASSUNTO: DIRETRIZES MÍNIMAS PARA AS ETAPAS DE IMPLEMENTAÇÃO DE AÇÕES DE PROTEÇÃO E CUIDADO À SAÚDE DAS POPULAÇÕES EXPOSTAS AO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO, A PARTIR DAS RECOMENDAÇÕES DOS EARSH REALIZADOS EM MARIANA E BARRA LONGA, MINAS GERAIS, MARÇO/2021.

CONTEXTUALIZAÇÃO

O rompimento da barragem da Mineradora Samarco, localizada em Mariana-MG, no dia 5 de novembro de 2015, causou diversos impactos à população, à saúde, ao patrimônio público e privado, consequências ambientais e sociais ao longo dos 680 km de corpos d'água nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, além de impactos a regiões estuarinas do Rio Doce e regiões costeiras e marinha.¹

Nesse contexto, foi assinado um Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta - TTAC, em 02 de março de 2016, prevendo diversas frentes de trabalho com o objetivo de reparar e recuperar danos causados pelo evento.¹ Dessa forma, a partir das discussões realizadas nas instâncias interfederativas e câmaras técnicas instituídas, verificou-se a necessidade de realização de um estudo de avaliação de risco à saúde humana - EARSH.² Ao longo de cinco anos após o desastre, verifica-se, de forma resumida, o seguinte cenário no tocante aos EARSH:²⁻⁷

- EARSH's realizados pelas empresas Ambios e Tecnohidro
- Cenário de avaliações, deliberações e manifestações acerca do conteúdo técnico dos estudos realizados, no qual considera-se aprovado no âmbito da Câmara Técnica de Saúde apenas o estudo realizado pela empresa Ambios
- Planos de ação elaborados pelos municípios de Mariana (atualizado em agosto de 2020) e Barra Longa (atualizado em setembro/2020), a partir das necessidades relacionadas ao desastre
- Necessidade de retomada das fases previstas nos EARSH nas áreas avaliadas; bem como a realização dos estudos nas demais áreas afetadas pelo desastre.

O presente documento tem como objetivo propor as diretrizes mínimas para a continuidade dos EARSH realizados nas áreas de Mariana e Barra Longa no âmbito da Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais - SES-MG, tendo-se como premissa a implementação de ações de proteção e cuidado à saúde das populações propostas nas recomendações dos EARSH e a necessidade de norteamto e organização de processos e atores envolvidos nessas etapas.

Espera-se ainda que essas diretrizes colaborem com as discussões técnicas, avaliações e deliberações dos órgãos consultivos e deliberativos competentes, considerando a organização das tratativas já existentes no âmbito da saúde humana em relação ao desastre.

OBJETIVOS

Geral

Propor no âmbito da SES-MG, as diretrizes mínimas para as etapas de implementação de ações de proteção e cuidado à saúde das populações expostas ao rompimento da barragem de Fundão, a partir das recomendações dos EARSH realizados em Mariana e Barra Longa.

Específicos

- Identificar as implicações à saúde pública presentes nos EARSH conduzidos pelas empresas Ambios (regiões de Mariana e Barra Longa) e Tecnohidro (áreas alvo 1, 2 e 3)
- Identificar as capacidades de atendimento das necessidades pelo Sistema Único de Saúde (SUS) no cenário atual
- Identificar as necessidades de saúde propostas nos planos municipais para o atendimento às demandas que evidenciam risco/implicações à saúde nos estudos (ANEXO I)
- Propor o escopo mínimo da organização do setor saúde para o atendimento às necessidades apontadas nas recomendações dos estudos.

1. Implicações à saúde pública apresentadas nos EARSH

De forma geral, as recomendações dos EARSH incluem ações relacionadas aos seguintes temas:

- Estruturação, utilização ou ampliação dos serviços, programas e ações ofertados pelo SUS no âmbito local/estadual (i);
- Implantação de serviços complementares/especializados para o monitoramento dos indivíduos expostos aos contaminantes identificados (ii);
- Caracterização do perfil das populações atingidas pelo desastre;
- Parcerias com instituições de ensino e pesquisa para o desenvolvimento de ações de educação em saúde/educação continuada/pesquisa;
- Recomendações ambientais.

Para a operacionalização das recomendações propostas, sugere-se a realização de uma programação global das ações, identificando a demanda (população dos municípios a ser assistida, protocolos e ações a serem implantados, tempo e frequência dos monitoramentos, transporte/deslocamentos, consultas, exames, capacidade

laboratorial, insumos, medicamentos, rede especializada, outros fatores); **os recursos já existentes** (serviços disponíveis na rede pública local e referenciada) e **os recursos/investimentos complementares** necessários para o estabelecimento e cumprimento dos protocolos (contratações adicionais, aluguel de imóveis, compra de equipamentos/insumos/materiais médicos/veículos, terceirização de serviços).

Para a elaboração de protocolos de monitoramento dos indivíduos expostos aos contaminantes químicos, sugere-se que sejam consideradas todas as substâncias químicas de interesse identificadas em ambos estudos, com base nos **princípios da precaução e do pior cenário** (quadro 1). Os protocolos deverão ser desenvolvidos por especialistas, conforme a necessidade identificada de forma conjunta entre órgãos consultivos e deliberativos competentes, SES-MG e a rede existente no âmbito estadual, Secretarias Municipais de Saúde, conforme competências estabelecidas entre os entes.

Estudo	Substâncias químicas de interesse
Ambios	Cádmio, níquel, chumbo, cobre, zinco
Technohidro	Alumínio, antimônio, bário, cobalto, cobre, cromo, ferro, manganês, arsênio, níquel, mercúrio, chumbo, cádmio, zinco e selênio.

Quadro 1: Substâncias químicas de interesse identificadas nas avaliações de risco à saúde humana realizadas no âmbito do desastre da barragem de Fundão, Minas Gerais, 2015.

1. Capacidades do Sistema Único de Saúde (SUS) no cenário atual

O SUS foi instituído pela Lei 8.080/1990, com princípios e diretrizes que preveem a universalidade, integralidade, preservação da autonomia, igualdade, direito e divulgação de informações, utilização da epidemiologia, participação da comunidade e a descentralização político-administrativa, com direção única em cada esfera de governo. Suas ações e os serviços são organizados de forma integrada, regionalizada, hierarquizada, livre à iniciativa privada e à cobertura assistencial por contratos e convênios.⁸ A atuação do SUS inclui as ações de vigilância sanitária, vigilância epidemiológica, saúde do trabalhador, assistência terapêutica integral e assistência farmacêutica. A atenção básica, conhecida como "porta de entrada" dos usuários, é responsável pelo atendimento inicial, às ações de prevenção, resolução de agravos e doenças e pelo referenciamento para níveis de atendimento de maior complexidade.

Entende-se que o desastre da barragem de Fundão tenha provocado impactos no setor saúde existente, percebidos nas adaptações nos fluxos de assistência locais, no aumento da busca de serviços, bem como nas demandas de saúde específicas, ainda não ofertadas pelo SUS. Nesse sentido, é importante considerar que o escopo básico de oferta de serviços e ações do SUS, muito embora não completamente adaptados à nova realidade, seguem presentes no âmbito local, conforme regionalização, hierarquização e descentralização estabelecidos.

Para a implementação de ações de proteção e cuidado à saúde das populações expostas ao rompimento da barragem de Fundão apontadas pelos EARSH, propõe-se o levantamento conjunto dos recursos já existentes (atenção básica e especializada, consultas, rede de referência e contra referência, rede laboratorial, vigilância sanitária e epidemiológica e demais áreas), o que poderá ser realizado de forma conjunta com os diversos setores da SES-MG e o poder público dos municípios avaliados.

1. Necessidades de saúde propostas nos planos municipais para o atendimento às demandas que evidenciam risco/implicações à saúde nos estudos

A partir da elaboração de planos de ação pelo poder público dos municípios de Mariana e Barra Longa, atualizados em respectivamente agosto e setembro/2020, é possível identificar características do cenário pós-desastre, como a destruição de unidades de saúde; o significativo incremento de doenças e agravos registrados; as ações para o tratamento da água em localidades vulneráveis; a criação de novas unidades de estratégia de saúde da família; a demanda de criação de programas e ações específicos voltados para a exposição às substâncias químicas de interesse; a redefinição de fluxos de assistência; a necessidade de novas contratações, novos equipamentos, treinamentos, entre outros (ANEXO I).

As necessidades de saúde apontadas nos referidos planos se alinham de forma geral com as recomendações presentes nos EARSH (ANEXO I). Muitas delas se encontram parcialmente resolvidas ou não resolvidas, aguardando aprovações e repasse de recursos, o que gera morosidade e impactos negativos para a assistência da população atingida.

Nesse contexto, sugere-se que os planos de ação dos municípios sejam continuamente atualizados, apreciados e aprovados pelas instâncias de controle social municipal, representando assim um instrumento norteador dos problemas e necessidades locais, subsidiando ações e políticas de saúde. Essas etapas serão fundamentais durante todo o processo de implementação de ações de proteção e cuidado à saúde das populações expostas, permitindo identificar as ações propostas, realizadas e não realizadas. Sugere-se ainda a verificação do cumprimento das responsabilidades financeiras e de apoio técnico firmadas junto à Fundação Renova.

1. Escopo mínimo de organização do setor saúde para o atendimento às necessidades apontadas nas recomendações dos estudos.

Entendendo que as etapas de implementação de ações de proteção e cuidado à saúde das populações impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão apontadas pelos EARSH ocorrerão mediante ampla discussão entre diversos setores da SES-MG, sugere-se a composição de uma comissão multidisciplinar, com representantes das seguintes áreas do setor público de saúde **estadual**:

- Atenção primária (políticas de atenção e promoção à saúde)
- Redes de atenção (ações temáticas, atenção hospitalar, ações especializadas, saúde mental, álcool e outras drogas)
- Regulação (acesso eletivo e ambulatorial, transporte assistencial)
- Assistência farmacêutica
- Vigilância em saúde (sanitária e epidemiológica)
- Órgãos vinculados à Secretaria: Fundação Ezequiel Dias, Escola de Saúde Pública, rede da Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais - Fhemig, Conselho Estadual de Saúde.
- A participação de outros órgãos, conforme necessidades identificadas: Ministério da Saúde, Ministério Público e suas auditorias, instituições de pesquisa, universidades, controle social, defesa civil, meio ambiente, prestadores de serviços de saneamento, entre outros.

Recomenda-se que os processos e informações discutidos na referida comissão ocorram de forma transparente, permitindo a compreensão das ações desenvolvidas. Para isso, sugere-se a realização de fóruns, workshops, reuniões temáticas, seminários e outras formas de comunicação que proporcionem a transparência das etapas realizadas.

Limitações

Este documento constitui uma avaliação preliminar das futuras necessidades do setor saúde no tocante aos riscos identificados nas avaliações realizadas em decorrência do desastre da barragem de Fundão. Não se propõe esgotar ou determinar de forma definitiva sobre os desdobramentos das ações, que podem ser revistos de acordo com a

necessidade.

As definições sobre as responsabilidades de cada ente para a execução das ações não foram propostas deste documento, na medida em que deverão ser estabelecidas pelos órgãos competentes.

Algumas recomendações propostas no estudo extrapolam o escopo das ações do setor saúde, e por isso não foram aprofundadas neste documento. Recomenda-se que elas sejam apreciadas e desenvolvidas pelos órgãos competentes.

Referências bibliográficas

1. Serviço Público Federal, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Nota Técnica N° 1/2016, Presidência/IBAMA. Termo de transação e de ajustamento de conduta relativo ao rompimento da barragem do Fundão em Mariana/MG.
2. Comitê Interfederativo. Deliberação N° 106, de 14 de setembro de 2017. Aprova, com ressalvas, as bases mínimas para os estudos epidemiológicos e toxicológicos.
3. Da Silva, A.P *et al.* Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG. São Paulo (SP): Ambios Engenharia e Processos; 17/04/2019.
4. Maximiano A. *et al.* Relatório Técnico de Avaliação de Risco à Saúde Humana Metodologia Ministério da Saúde Mariana – MG. São Paulo (SP): Tecnohidro Engenharia São Paulo; 05/2019.
5. Comitê Interfederativo, Câmara Técnica de Saúde. Nota Técnica CT Saúde N° 28/2020, referente a considerações sobre o estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana da empresa AMBIOS.
6. Comitê Interfederativo, Câmara Técnica de Saúde. Nota Técnica CT Saúde N° 40/2020, referente a Pedido de Subsídios IAJ-AGU sobre o Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão, desenvolvido pela Ambios.
7. Comitê Interfederativo, Câmara Técnica de Saúde. Nota Técnica CT Saúde N°49/2020, referente à análise e Parecer Técnico sobre o Relatório do Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana conduzido pela empresa Ambios Engenharia e Processos LTDA nos municípios de Mariana/MG e Barra Longa/MG.
8. Brasil. Lei n. 8.080 de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. 2006. Diário Oficial da União. 20 set 1990.

ANEXO I: Recomendações dos EARSH, capacidades do SUS, solicitações dos Planos Municipais, atores e setores envolvidos.

Estudo	Recomendações	O que o SUS oferta no tocante à exposição e riscos levantados	O que o SUS não consegue ofertar (o que será necessário)	Foi contemplado nos planos municipais? Foi atendido
Ambios	<p>Recomendações para a saúde</p> <p>1. Estruturação de um Programa de Atenção e Vigilância à Saúde inserido no âmbito do Sistema Único de Saúde e dos Programas de Atenção Básica e de Saúde da Família de cada município, abrangendo ações de promoção, prevenção, assistência e vigilância da saúde.</p> <p>1.1 Estruturação de equipes multidisciplinares de atenção à saúde, que devem ser parte integrante do SUS de cada município, cujo dimensionamento tanto numérico, quanto do perfil profissional, deve obedecer às necessidades de atenção à saúde dos grupos populacionais expostos.</p>	<p>Estrutura básica do SUS (programas de estratégia de saúde da família, e de vigilância), não necessariamente adaptada às questões do desastre. Em Mariana, a população atingida passou a ser atendida em duas diferentes unidades de ESF já existentes, e uma nova unidade foi criada para atendimento exclusivo da população atingida.</p>	<p>Mariana: Estruturação e adaptação de programas para a saúde aos atendidos, criação de protocolos, rede e fluxo específicos para as substâncias químicas de Interesse (plano de monitoramento clínico e toxicológico).</p> <p>Barra Longa: redefinição e adequação de fluxos de atenção primária, urgência/emergência e referenciamentos</p>	<p>As demandas foram apresentadas nos planos, porém não atendidas/cumpridas.</p> <p>Barra Longa: realização de ações de vigilância em saúde do SUS (monitoramento, avaliação e divulgação de dado controle de doenças, campanhas de imunização, integração na vigilância e na atenção primária, atualização sistemática da Informação de Saúde, identificação de determinantes e vigilância de fatores não biológicos, recursos para contra saúde, compra de equipamentos de proteção individual, e veículo.</p>

Estudo	Recomendações	O que o SUS oferta no tocante à exposição e riscos levantados	O que o SUS não consegue ofertar, (o que é necessário) para atenção especial às necessidades relacionadas à saúde; adequação de modelos de contratação de recursos humanos e de consultas especializadas (consórcios de saúde), financiamento complementar para aquisição de medicamentos e ressarcimento de despesas pela Fundação Renova.	Foi contemplado nos planos municipais? Foi atendido
	1.2 Estabelecimento de uma rede hierárquica de F atenção à saúde, composta por profissionais e serviços especializados e estruturados para a investigação, diagnóstico e tratamento destes agravos, assim como responsáveis pela orientação e supervisão das equipes de base deste Programa.			
	1.3 Organização, implantação e implementação de um sistema de informações em saúde com o objetivo de monitorar todos os eventos relacionados à saúde das populações expostas para identificação precoce e monitoramento dos agravos à saúde decorrentes da contaminação ambiental.	O SUS possui o Sistema de Notificação de Agravos de Notificação compulsória (Sinan), com a possibilidade de notificação de intoxicações exógenas (por substâncias químicas, incluindo agrotóxicos, gases tóxicos e metais pesados) e outros agravos de que podem estar relacionados ao evento. Além desse sistema, o SUS possui sistemas destinados à notificação de óbitos (SIM), sistemas de produção ambulatorial e hospitalar (SIA, SIH), entre outros, que podem contribuir para o monitoramento da situação de saúde como um todo.	N/A	Mariana: Solicitação de computadores e impressoras. B: de computadores/notebooks, atualização sistêmica dos Si Saúde;
	1.4 Estabelecimento de parcerias com instituições de pesquisa e ensino para: - Elaborar um programa de educação continuada para as equipes de saúde deste Programa, com o objetivo de capacitar seus membros, de acordo com as especificidades de formação profissional, para a prevenção e identificação precoce da ocorrência dos agravos à saúde associados com a exposição aos contaminantes de interesse definidos. - Realizar pesquisas em temas específicos para elucidação dos mecanismos de ação e efeitos à saúde dos contaminantes presentes, estudos genéticos e outros que contribuam para a melhoria da assistência à saúde destas populações e a ampliação do conhecimento científico existente; - Elaborar um programa de educação em saúde e comunicação de risco para a população a fim de que ela possa apropriar-se de conhecimentos para melhor conduzir-se, com autonomia, para a proteção e promoção de sua saúde.	Estrutura básica do SUS (ações de promoção, proteção e educação em saúde), não necessariamente adaptada às questões do desastre.	Pesquisas em temas específicos	As demandas foram apresentadas nos planos, porém não atendidas/cumpridas. Mariana: capacitações variadas com temas diversos para problemas relacionados ao desastre Barra Longa (não sabemos se foi atendido): Custeio par profissionais em outro município; multiplicação de capac popular para doenças e agravos de maior incidência; cont ensino pela Fundação Renova para capacitação em saúde problemas relacionados ao desastre.

Estudo	Recomendações	O que o SUS oferta no tocante à exposição e riscos levantados	O que o SUS não consegue ofertar (o que será necessário)	Foi contemplado nos planos municipais? Foi atendido
	3. Identificação e cadastramento de todos os moradores das localidades do município de Mariana, onde se constate exposição aos contaminantes definidos, através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas.	Estrutura básica do SUS, não necessariamente adaptada às questões do desastre, na qual é previsto o cadastro da população.	O cadastro da população é previsto no âmbito do SUS, cabendo aos responsáveis a delimitação de expostos e não expostos	Mariana: Promover, junto a outros setores de saúde, o recenseamento da população direta e indiretamente atingida pelo desastre. I contemplado
	4. Elaboração do perfil sociodemográfico, de condições de vida e saúde e história de exposição incluindo informações sobre o local e distância da residência do leito do rio e o tempo de residência no local. 4.1. Este levantamento deve incluir: dados demográficos, escolaridade, renda pessoal e familiar, ocupação e história ocupacional, condições de saneamento e habitação da residência, padrão alimentar, cultivo de plantações e/ou criação de animais, presença de quintais, jardins, espaços de lazer. 4.2. No levantamento das condições de saúde devem ser incluídos o histórico pessoal e familiar de saúde, tanto atual como pregresso, de forma geral e específica para processos alérgicos, afecções renais, cardiovasculares e neurodegenerativos e ocorrência de câncer. 4.3. Especial atenção deve ser dada à história de vida das famílias e seus componentes, com identificação das trajetórias pessoais e familiares, hábitos culturais, de lazer, e interações sociais na comunidade.	Estrutura básica do SUS não necessariamente adaptada às questões do desastre	A elaboração do perfil populacional da população local é atribuição do SUS, portanto, deve-se adaptá-la à ocorrência do desastre, propondo a caracterização específica dessa população.	Mariana: elaboração do perfil sociodemográfico de condições de vida e saúde e história de exposição, incluindo informações sobre o local de residência do leito do rio e o tempo de residência no local. I contemplado
	5. Inclusão em um protocolo assistencial o qual deve prever: 5.1 Avaliação de saúde completa incluindo exames clínicos e laboratoriais e avaliação psicológica. 5.2 A avaliação clínica e laboratorial deve prever protocolos de investigação específica de possíveis agravos à saúde resultantes da exposição aos contaminantes de interesse identificados. Assim sendo, recomenda-se: - Avaliação periódica da função renal com protocolos que incluam provas de avaliação da filtração glomerular, proteinúria de 24 horas, microalbuminúria e creatinina sanguínea. Outros exames, incluindo exames de imagem, a critério médico, com especial atenção para indivíduos que tenham uma história pessoal de patologias com repercussões lesivas sobre o sistema renal, e/ou história pessoal ou familiar de câncer de bexiga, rins ou próstata. - Avaliação periódica da função pulmonar com protocolos que incluam exames de imagem. Outros exames a critério médico, com especial atenção para indivíduos fumantes e/ou que tenham uma história pessoal ou familiar de patologias pulmonares incluindo o câncer. - Investigação de manifestações clínicas associadas com quadros alérgicos, com especial para os de natureza cutânea e respiratória. É necessário a inclusão nas equipes de atenção à saúde, ou de referência, de profissionais especializados nas áreas de Dermatologia, Alergologia, Otorrinolaringologia. - Realização de provas funcionais e dosagens hormonais incluindo, porém não restrito a, provas funcionais hepáticas, estudo funcional da tireoide, estudo funcional do sistema imunitário, e provas metabólicas.	Estrutura básica do SUS não necessariamente adaptada às questões do desastre.	Criação de protocolos específicos voltados para as substâncias químicas de interesse identificadas no EARSH (plano de monitoramento clínico e toxicológico). Será necessário o levantamento de rede e fluxo assistencial para o monitoramento previsto nos protocolos, equipe multiprofissional e rede laboratorial adequada à demanda (especialistas).	Mariana: Acompanhamento clínico e laboratorial da população exposta. Longa: Garantir protocolos de atenção básica visando a internações e óbitos que possam ser geridos na atenção p

Estudo	Recomendações	O que o SUS oferta no tocante à exposição e riscos levantados	O que o SUS não consegue ofertar (o que será necessário)	Foi contemplado nos planos municipais? Foi atendido
	6. Análise laboratorial dos Indicadores biológicos de exposição e de efeito para os compostos determinados como contaminantes de interesse: chumbo, cádmio, níquel, cobre e zinco, nas matrizes biológicas padronizadas nacionalmente. É necessário que se estabeleçam laboratórios de referência que realizem estrito controle de qualidade de seus procedimentos.	Estrutura básica e rede laboratorial pública do SUS não necessariamente adaptada às questões do desastre.	Análises laboratoriais específicas não disponíveis na rede pública laboratorial, que ainda serão levantadas a partir da elaboração dos protocolos.	Mariana: financiamento e logística para expansão da rede de exames a ser definida após a elaboração de protocolos
	7. Implantação e implementação de uma rede de prevenção e assistência aos processos de sofrimento psíquico e adoecimento mental, com suporte profissional e oferta de atividades de promoção da saúde	Estrutura básica do SUS (rede de saúde mental, Centros de Atenção Psicossocial - CAPS, Centro de Atenção Psicossocial Infância juvenil - CRESCER – CAPSi (I), não necessariamente adaptados às questões do desastre.	Será necessário avaliar se a oferta está condizente com a demanda	Mariana: estruturação da Rede de Atenção Psicossocial. 1 promoção, proteção, prevenção de agravos, diagnóstico, 1 redução de danos e a manutenção da saúde com o objetivo atenção integral, promovendo a autonomia dos indivíduos e referenciamento da saúde mental.
	Para os grupos populacionais com especiais características de vulnerabilidade, recomenda-se: 8. Sensibilização e capacitação das Equipes de pré-natal para a atenção à gestação e parto com particular vigilância ao crescimento e desenvolvimento intrauterino, parto e período neonatal.	Estrutura básica do SUS não necessariamente adaptada às questões do desastre.	Será necessário avaliar se a oferta está condizente com a demanda, avaliar inclusão de ações específicas (monitoramento desenvolvimento neuromotor, cognitivo e psicológico, promoção da saúde e de estímulo ao desenvolvimento infantil), considerando a rede existente.	Mariana: Instituir protocolo específico para acompanhar
	9. Para a faixa etária infantil, desde o nascimento, deve ser previsto a avaliação e monitoramento do desenvolvimento neuromotor, cognitivo e psicológico. Implantação de uma rede para o desenvolvimento de atividades de promoção da saúde e de estímulo ao desenvolvimento infantil.			
	10. Deve ser estabelecido um padrão de periodicidade para o monitoramento clínico dos grupos populacionais expostos, assim como para o biomonitoramento da exposição aos contaminantes listados. Recomenda-se que o monitoramento clínico-laboratorial deva ser realizado pelo período mínimo de 10 anos.			
	Recomendações Ambientais: 1- A Higiene das residências nas localidades atingidas pela lama de rejeitos, em relação à poeira contaminada.	Ações além da competência do setor saúde, mas que podem ser orientadas por meio de ações de educação em saúde		
	2- Monitoramento do solo superficial nas áreas de ocorrência da deposição da lama de rejeito e nas suas proximidades.	Ações além da competência do setor saúde		
	3- Remoção e disponibilização adequada da lama de rejeitos das áreas atingidas			

Estudo	Recomendações	O que o SUS oferta no tocante à exposição e riscos levantados	O que o SUS não consegue ofertar (o que será necessário)	Foi contemplado nos planos municipais? Foi atendido
	4- Na impossibilidade de parcial ou total remoção da lama de rejeitos, recomendam-se medidas de remediação ou mitigação			
	4.1. Recomenda-se também o monitoramento de tais ações no solo contaminado visando avaliar sua eficácia e possíveis efeitos negativos como, por exemplo, a biodisponibilização dos contaminantes por alterações físico-químicas ou pela atividade microbiana.			
	5- Monitoramento permanente das águas para consumo humano em todas as formas de captação.	Estrutura básica do SUS não necessariamente adaptada à questões do desastre (programa vigiágua)	Será necessário avaliar se a oferta está condizente com a demanda	Mariana: Vigilância da qualidade da água para consumo Barra Longa: Coordenar as atividades de vigilância em relacionada aos contaminantes ambientais na água;
	6- Realização de criterioso estudo sobre a contaminação dos organismos aquáticos comestíveis pelos metais.	Ação além da competência do setor saúde		
Tecnohidro	<p>Recomendações para a saúde</p> <p>[1] Identificar a população exposta (passado, presente e potencial no futuro) por meio do Cadastramento Nacional de Usuários do SUS.</p> <p>[2] Acompanhar a saúde das populações expostas por meio de ações de Vigilância e Atenção (vigilância ambiental, epidemiológica, sanitária e saúde do trabalhador, atenção básica, média e alta complexidade) incluindo:</p> <p>a. Elaborar protocolos específicos para avaliação de saúde dos expostos e ações de vigilância à saúde, considerando os riscos às SQI divididos em: i. Riscos associados as SQI relacionadas ao Evento de Rompimento; ii. Riscos associados as SQI que possuem relação do os Níveis de Base (Background).*</p> <p>b. Estruturar sistema de informação para vigilância das populações expostas, por meio da Elaboração de Plano de Gerenciamento e Comunicação do Risco;</p> <p>c. Monitorar os indicadores biológicos de efeito, exposição e de vulnerabilidade social e econômica, considerando os riscos às SQI divididos em: i. Riscos associados as SQI relacionadas ao Evento de Rompimento; ii. Riscos associados as SQI que possuem relação do os Níveis de Base (Background). *</p> <p>d. Formar e capacitar continuamente os profissionais de saúde e agentes comunitários para atender às especificidades das ações de atenção e vigilância à saúde dos expostos, considerando os riscos às SQI divididos em: i. Riscos associados as SQI relacionadas ao Evento de Rompimento; ii. Riscos associados as SQI que possuem relação do os Níveis de Base (Background) *</p>	<p>Vide discussões apontadas nos itens 1, 1.1 e 1.2 do estudo da Ambios</p> <p>Vide discussões apontadas no item 5 do estudo da Ambios</p> <p>Vide discussões apontadas nos itens 1.3 do estudo da Ambios</p> <p>Vide discussões apontadas nos itens 1.4 do estudo da Ambios</p>	<p>Análises laboratoriais específicas não disponíveis na rede pública laboratorial, que ainda serão levantadas a partir da elaboração dos protocolos.</p>	<p>Mariana: financiamento e logística para expansão da rede de exames a ser definida após a elaboração de protocolos</p>

Estudo	Recomendações	O que o SUS oferta no tocante à exposição e riscos levantados	O que o SUS não consegue ofertar (o que será necessário)	Foi contemplado nos planos municipais? Foi atendido
	e. Implementar projeto de educação, comunicação de risco e informação em saúde para a população exposta e profissionais dos órgãos envolvidos na tomada de decisão por meio da Elaboração de Plano de Gerenciamento e Comunicação do Risco;	Vide discussões apontadas nos itens 1.4 do estudo da Ambios		
	f. Fortalecer os mecanismos de controle social e participação comunitária, como estabelecido no SUS;	Estrutura básica do SUS contemplando a participação social e mecanismos específicos para o atendimento das questões relacionadas ao desastre (assessorias técnicas independentes).	Manutenção das atividades dos mecanismos de controle de forma efetiva	Mariana: inclusão no controle social nas decisões relativo trabalhador.
	g. Fomentar e executar estudos e pesquisas para fundamentar cientificamente as intervenções, tomada de decisão e gestão nos diversos campos de interesse da situação em foco;	Vide discussões apontadas nos itens 1.4 do estudo da Ambios		
	h. Estabelecer mecanismos de gestão que permitam a reestruturação e o fortalecimento do setor saúde para atender às especificidades de atenção e vigilância à saúde da população exposta, considerando os riscos às SQI divididos em: i. Riscos associados as SQI relacionadas ao Evento de Rompimento; ii. Riscos associados as SQI que possuem relação do os Níveis de Base (Background). i. Fortalecer parcerias intra e intersetoriais para coordenação e implementação das ações de vigilância e atenção à saúde da população exposta *	Vide discussões apontadas nos itens 1, 1.1 e 1.2 do estudo da Ambios		
	Recomendações ambientais: [1] Monitoramento Ambiental Continuação dos compartimentos ambientais que possuem SQI que apresentaram Risco a Saúde Humana.	Estrutura básica do SUS já existente (vigilância em saúde ambiental) e ações além da competência do setor saúde		Coordenar as atividades de vigilância em saúde ambiental contaminantes ambientais na água, no ar e no solo, de im na saúde pública, bem como dos riscos decorrentes dos d acidentes com produtos perigosos, e outros eventos capaz agravos à saúde humana
	[2] Elaboração de estudos de alternativas de reabilitação que preveja a avaliação minimamente das seguintes alternativas:	Ação além da competência do setor saúde		
	a. Remoção e/ou raspagem de sedimento contaminado e lama contaminada em área de remanso ao longo do leito dos rios impactados na RED das áreas alvo AA1, AA2 e AA3;	Ação além da competência do setor saúde		
	b. Remoção e/ou raspagem de solo superficial contaminado que possuam SQI que oferecem risco para ingestão de partículas e ingestão de alimentos;	Ação além da competência do setor saúde		
	c. Geofixação, estabilização e inertização de SQI que oferecem risco para ingestão de partículas de solo superficial e ingestão de alimentos;	Ação além da competência do setor saúde		
	d. Vegetação de áreas onde solo superficial contaminado que possuam SQI que oferecem risco para ingestão de partículas;	Ações além da competência do setor saúde, mas que podem apresentar interfaces com a área da saúde		

Estudo	Recomendações	O que o SUS oferta no tocante à exposição e riscos levantados	O que o SUS não consegue ofertar (o que será necessário)	Foi contemplado nos planos municipais? Foi atendido
	e. Encapsulamento de áreas onde solo superficial contaminado que possuam SQI que oferecem risco para ingestão de partículas.	Ação além da competência do setor saúde		
	f. Tecnologias e técnicas a serem definidas por equipe de especialistas.	Ação além da competência do setor saúde		
	[3] Monitoramento e Controle de Cultivos e Plantações;	Ação além da competência do setor saúde		
	[4] Monitoramento e Controle de Emissão de Particulados (Partículas de Solo e Poeira Domiciliar);	Ações além da competência do setor saúde e estrutura básica do SUS já existente (vigilância em saúde ambiental/vigiar)		
	[5] Elaboração de Plano de Gerenciamento e Comunicação dos Riscos.	Ações além da competência do setor saúde e estrutura básica do SUS já existente (programa vigidesastres)		

* Não consideramos relevante a separação das ações recomendadas no estudo da Tecnohidro como relacionadas ou não a ocorrência do desastre, uma vez que o setor saúde deve se basear apenas na identificação do risco adicional e não na causalidade.



Documento assinado eletronicamente por **Bruna Dias Tourinho, Coordenador(a)**, em 12/03/2021, às 10:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Angela Ferreira Vieira, Diretor(a)**, em 12/03/2021, às 12:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **26698707** e o código CRC **EE4095CC**.

Anexo II

Demais documentos de Subsídio à
Relatoria

Anexo II-a



**ESTUDO DE AVALIAÇÃO DE RISCO À
SAÚDE HUMANA EM LOCALIDADES
ATINGIDAS PELO ROMPIMENTO DA
BARRAGEM DO FUNDÃO – MG**

RELATÓRIO FINAL

São Paulo, 17 de abril de 2019

ETAPA I

Município de Mariana – MG; Barra Longa – MG

Coordenação Geral:

Dr. Alexandre Pessoa da Silva – Ambios Engenharia e Processos

Equipe:

- ✓ Dra. Carmen Ildes Fróes Asmus – Universidade Federal do Rio de Janeiro
- ✓ Dra. Jackeline Leite Pareira Pavin – Ambios Engenharia e Processos
- ✓ Júlio Cesar Verneque Lacerda - Ambios Engenharia e Processos
- ✓ MsC. Luiz Belino Ferreira Sales - Ambios Engenharia e Processos
- ✓ MsC. Milene Tramansoli Resende – Ambios Engenharia e Processos
- ✓ MsC. Renan Duarte dos Santos Saraiva – Ambios Engenharia e Processos
- ✓ MsC. Thenille Faria Machado do Carmo - Ambios Engenharia e Processos

SUMÁRIO

ANTECEDENTES.....	8
Considerações iniciais	13
Condicionantes para a realização dos estudos de ARSH no caso do rompimento da barragem de Fundão	23
Contextualização.....	28
A mineração de ferro no Brasil	29
Barragens de rejeitos em Minas Gerais	30
Metais pesados em rejeitos da mineração	33
Os rejeitos da produção de minério da Samarco	34
Considerações Sobre a inércia ambiental da lama de rejeitos	35
Capítulo I: Avaliação dos dados existentes	40
DADOS LEVANTADOS PELA EQUIPE DE ARSH DA AMBIO	41
EMPREENHIMENTO DA SAMARCO NO MUNICÍPIO DE MARIANA	41
CARACTERIZAÇÃO DO DESASTRE DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO FUNDÃO	47
CARACTERIZAÇÃO SÓCIO DEMOGRÁFICA	56
MARIANA	56
Barra Longa – MG	80
Avaliação dos dados existentes disponibilizados pela Fundação Renova	85
Campanhas de cadastramento	85
Relevância desses dados e informações para os estudos de ARSH	88
DADOS DE SAÚDE	97
DADOS AMBIENTAIS	108
Dados de monitoramento do Rio Doce	121
Metais em organismos aquáticos	129
Estudos realizados pelo ICMBio	147
Estudos realizado pela Econservation	148
Capítulo II: Preocupações da Comunidade com sua Saúde.....	165
Etapas de Levantamento das preocupações da população com a sua saúde em Mariana e Barra Longa	166
<i>Preocupações da população com a sua saúde em Mariana</i>	167
<i>Preocupações da população com a sua saúde em Barra Longa</i>	176
Capítulo III: Contaminantes de Interesse	190
Contextualização	191
Localidades avaliadas durante os estudos de ARSH	204
Localidades no município de Mariana	204
Localidades no município de Barra Longa	204
DETERMINAÇÃO DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE	206
Mariana.....	206
Barra Longa.....	217
N/A: Sem valor de referência	225
Considerações sobre os contaminantes de interesse encontrados nas localidades de Mariana e Barra Longa	227
Conclusão sobre os contaminantes de interesse nas localidades de Mariana e Barra Longa	230
Capítulo IV: Mecanismos de Transporte	231
Mecanismos de Transporte dos contaminantes de interesse	232
Capítulo V: Rotas de Exposição	260

Contextualização	261
ROTAS DE EXPOSIÇÃO EM MARIANA E BARRA LONGA	283
Capítulo VI: Implicações para a Saúde Pública	296
Introdução	297
Avaliação Toxicológica	299
Considerações preliminares	299
Cálculo da Dose de Exposição aos contaminantes de interesse definidos	306
Perfis toxicológicos - Efeitos tóxicos dos contaminantes de interesse	308
Estabelecimento das Implicações sobre a saúde das populações expostas das localidades de Mariana e Barra Longa	318
Considerações Iniciais	318
Implicações sobre a saúde das populações expostas aos contaminantes de interesse identificados	320
Resposta às preocupações da comunidade sobre a saúde	323
Capítulo VII: Conclusões e Recomendações	328
Contextualização	329
CLASSIFICAÇÃO DA CATEGORIA DE PERIGO PARA A SAÚDE HUMANA NOS MUNICÍPIOS DE MARIANA E BARRA LONGA	333
Nota Introdutória	333
Categoria de perigo para a saúde humana nos Municípios de Mariana e Barra Longa	335
Critérios de categorização:	335
Classificação da Categoria de perigo para a saúde humana nos Municípios de Mariana e Barra Longa	337
RECOMENDAÇÕES DE AÇÕES DE SAÚDE	337
RECOMENDAÇÕES DE AÇÕES AMBIENTAIS	341
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	344

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Complexo de Germano</i>	<i>42</i>
<i>Figura 2: Mapa de áreas de influência do Meio Físico e do Meio Biótico</i>	<i>44</i>
<i>Figura 3: Apresentação esquemática das estruturas e infraestruturas do Complexo do Germano, desde a mina até o porto.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 4: Distribuição dos distritos de Mariana.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 5: Representação gráfica de alguns mecanismos de transporte.....</i>	<i>267</i>
<i>Figura 6: Casos de Febre Amarela Notificados em Marina no período de 2015 a 2017.....</i>	<i>326</i>

LISTA DE QUADROS

<i>Quadro 1: Produtos e prazos da contratação.....</i>	<i>12</i>
<i>Quadro 2: Objetivos da amostragem ambiental com metodologias de avaliação de risco utilizadas pelos órgãos de controle ambiental e nos estudos de avaliação de risco à saúde humana (ARSH).</i>	<i>15</i>
<i>Quadro 3: Cobertura dos atendimentos em saúde antes do desastre</i>	<i>72</i>
<i>Quadro 4: Cobertura dos atendimentos em saúde depois do Desastre</i>	<i>72</i>
<i>Quadro 5: Perfil Epidemiológico de Mariana em 2015 (frequência de casos mensais).....</i>	<i>75</i>
<i>Quadro 6: Perfil Epidemiológico de Mariana em 2016 (frequência de casos mensais).....</i>	<i>76</i>
<i>Quadro 7: Perfil Epidemiológico de Mariana em 2017 (frequência de casos mensais).....</i>	<i>77</i>
<i>Quadro 8: Perfil de Mortalidade segundo grupos de causa em Barra Longa/MG no Período de 2015 a 2017.....</i>	<i>83</i>
<i>Quadro 9: Perfil de Internação segundo grupos de causas em Barra Longa no Período de 2015 a 2017. .</i>	<i>84</i>
<i>Quadro 10: RESUMO ROTAS DE EXPOSIÇÃO DOS COMPARTIMENTOS AVALIADOS</i>	<i>295</i>
<i>Quadro 11: Casos notificados de dengue (prováveis) no município de Mariana no período de 2015 a 2017.....</i>	<i>324</i>
<i>Quadro 12: Critérios e recomendações para as categorias de risco para a saúde pública.</i>	<i>331</i>

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Concentrações máximas registradas de metais pesados no trecho mineiro do Rio Doce</i>	49
<i>Tabela 2: Resultados analíticos das amostras de frutas coletadas nos distritos de Mariana-MG.</i>	207
<i>Tabela 3: Resultados analíticos das amostras de tubérculos coletadas nos distritos de Mariana-MG</i>	208
<i>Tabela 4: Resultados analíticos das amostras de leite de vaca coletadas nos distritos de Mariana-MG</i>	209
<i>Tabela 5: Resultados analíticos das amostras de ovo de galinha coletadas nos distritos de Mariana-MG</i>	211
<i>Tabela 6: Resultados analíticos das amostras de solo coletadas nos distritos de MARIANA-MG</i>	214
<i>Tabela 7: Resultados analíticos das amostras de sedimentos coletadas nos distritos de MARIANA-MG</i>	215
<i>Tabela 8: resultados analíticos das amostras de poeira domiciliar coletadas nos distritos de MARIANA-MG</i>	216
<i>Tabela 9: Resultados analíticos das amostras de frutas coletadas nas localidades de BARRA LONGA-MG</i>	218
<i>Tabela 10: Resultados analíticos das amostras de tubérculos coletadas nas localidades de Barra Longa-MG</i>	219
<i>Tabela 11: Resultados analíticos das amostras de leite de vaca coletadas nas localidades de Barra Longa-MG</i>	220
<i>Tabela 12: Resultados analíticos das amostras de ovo de galinha coletadas nas localidades de BARRA LONGA-MG</i>	221
<i>Tabela 13: RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS DE ÁGUA COLETADAS NAS LOCALIDADES DE BARRA LONGA-MG</i>	223
<i>Tabela 14: RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NAS LOCALIDADES DE BARRA LONGA-MG</i>	224
<i>Tabela 15: RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NAS LOCALIDADES DE BARRA LONGA-MG</i>	224
<i>Tabela 16: RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NAS LOCALIDADES DE BARRA LONGA-MG</i>	225
<i>Tabela 17: RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS DE POEIRA COLETADAS NAS LOCALIDADES DE BARRA LONGA-MG</i>	226
<i>Tabela 18: Mecanismos de transporte</i>	266
<i>Tabela 19: Rotas de exposição específicas de cada meio ambiental</i>	274
<i>Tabela 20: ROTAS DE EXPOSIÇÃO: ALIMENTOS</i>	286
<i>Tabela 21: ROTAS DE EXPOSIÇÃO POTENCIAL FUTURA</i>	287
<i>Tabela 22: ROTAS DE EXPOSIÇÃO COMPLETA: SOLO SUPERFICIAL</i>	290
<i>Tabela 23: ROTAS DE EXPOSIÇÃO POTENCIAL FUTURA: SOLO SUPERFICIAL</i>	290
<i>Tabela 24: SEDIMENTOS. ROTAS DE EXPOSIÇÃO COMPLETA FUTURA</i>	292
<i>Tabela 25: POEIRA DOMICILIAR. ROTA DE EXPOSIÇÃO COMPLETA</i>	294
<i>Tabela 26: EPA classificação dos carcinógenos</i>	301
<i>Tabela 27: Iarc, classificação dos carcinógenos</i>	301
<i>Tabela 28: Estimativa de dose de exposição crônica ao cádmio por via oral (mg/kg _ dia)</i>	307
<i>Tabela 29: Classificação segundo carcinogenicidade dos contaminantes de interesse, Mariana e Barra Longa _ Minas Gerais, 2019.</i>	308

ANTECEDENTES

Caso Samarco – Rompimento da Barragem de Fundão

Em função do desastre ocorrido em 05 de novembro de 2015, que será detalhado ao longo desse relatório, foi assinado um Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta - TTAC, em 02 de março de 2016, entre os COMPROMITENTES: União, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, Agência Nacional de Águas - ANA, Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, Fundação Nacional do Índio - FUNAI, Estado de Minas Gerais, Instituto Estadual de Florestas - IEF, Instituto Mineiro de Gestão de Águas - IGAM, Fundação Estadual de Meio Ambiente - FEAM, Estado do Espírito Santo, Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA, Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo - IDAF, Agência Estadual de Recursos Hídricos - AGERH; e ACIONISTAS: SAMARCO MINERAÇÃO S.A., VALE, BHP Billiton Brasil Ltda (TTAC, 2016).

O TTAC apresenta, dentre os seus considerandos, que o “rompimento causou impactos à população, incluindo mortes, desaparecimentos, danos físicos; à saúde e ao patrimônio público e privado” e “trouxo consequências ambientais e sociais, em um EVENTO que atingiu 680 km de corpos d’água nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, além de impactos a regiões estuarinas do Rio Doce e regiões costeiras e marinha”. A área de abrangência socioeconômica, onde se inserem as ações de saúde, são: “localidades e comunidades adjacentes à Calha do Rio Doce, Rio do Carmo, Rio Gualaxo do Norte e Córrego Santarém e a áreas estuarinas, costeira e marinha impactadas” (TTAC, 2016).

Para a operacionalização das ações contidas no TTAC, foi criada a Fundação Renova que é responsável pela implantação de 42 programas (RENOVA, 2019b) reunidos em duas principais frentes de trabalho, uma socioeconômica e outra socioambiental.

Dentre esses Programas está o de Saúde (“Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada”) estabelecido na Seção IV: SAÚDE, Subseção IV.1, cláusulas 106 a 112. Em maio de 2017 houve o desmembramento da CT de Saúde, Educação, Cultura e Lazer, instituída pelo artigo 2º, inciso VII, da Deliberação do CIF nº 07, de 11 de julho de 2017, com o estabelecimento da Câmara Técnica de Saúde (CT-

Saúde) considerando a demanda de ações de saúde na população impactada e a alta especificidade das ações de saúde a serem adotadas junto a essa população.

A CT-Saúde é a instância do CIF – Comitê Interfederativo que estabelece as ações necessárias para o monitoramento da saúde da população atingida pelo desastre. O Comitê Interfederativo (CIF) foi criado em resposta ao desastre e sua função é orientar e validar os atos da Fundação Renova, instituída pela Samarco e suas acionistas, Vale e BHP Billiton, para gerir e executar as medidas de recuperação dos danos resultantes da tragédia. O CIF é presidido pelo Ibama e composto por representantes da União, dos governos de Minas Gerais e do Espírito Santo, dos municípios impactados e do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (IBAMA, 2019).

De acordo com a deliberação nº 106 do CIF foi indicada a necessidade de realização de um estudo de avaliação de risco à saúde humana, tendo como orientadoras Diretrizes do Ministério da Saúde (BRASIL, 2010), e o documento de “Bases Mínimas” da CT-Saúde (IBAMA, 2019).

Tendo esses documentos como norteadores, em julho de 2018 foi celebrado o contrato entre a empresa Ambios Engenharia Ltda. e a Fundação Renova, com o objetivo de atendimento às “Bases Mínimas” para estudo de avaliação de risco à saúde humana, segundo a metodologia do Ministério da Saúde, que servirá de base para o atendimento aos demais estudos elencados no TTAC, em especial o estudo epidemiológico e o estudo toxicológico. Para fins desse estudo, denominaremos Avaliação de Risco à Saúde Humana, como ARSH.

Avaliação de risco à saúde humana

O documento “Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos” (BRASIL, 2010), elaborado pelo Ministério da Saúde, estabelece a metodologia do Sistema Único de Saúde para a elaboração de estudos de avaliação de risco à saúde humana, com o objetivo de orientar o setor saúde na adoção de ações e medidas de prevenção e promoção da saúde em áreas com populações expostas ou potencialmente expostas a contaminantes químicos.

Essa metodologia, **específica para o setor saúde**, conta com três grandes áreas de saber: Ambiente, Social e Saúde. O que diferencia essa metodologia, com a metodologia de avaliação de riscos ambientais, são a organização e a forma de avaliação dos dados. Complementarmente, o objetivo central de uma avaliação de risco ambiental é de definir estratégias de remediação de uma área contaminada e consequentes medidas ambientais.

A metodologia de avaliação de risco à saúde humana/MS estabelece, a partir de dados ambientais, sociais e de saúde, as prioridades de atuação do setor saúde, indicando possíveis implicações para a saúde pública advindas de uma dada contaminação ambiental a substâncias químicas. Assim, a referida metodologia estabelece etapas, conforme listadas abaixo, que devem ser seguidas de modo a adquirir os dados e informações necessárias para avaliar os riscos à saúde da população:

- a. Levantamento e Avaliação da Informação do Local
- b. Levantamento das Preocupações da Comunidade
- c. Seleção dos Contaminantes de Interesse
- d. Mecanismos de Transporte
- e. Identificação e Avaliação de Rotas de Exposição
- f. Determinação de Implicações para a Saúde Pública
- g. Determinação de Conclusões e Recomendações

A diretriz do Ministério da Saúde especifica e orienta como cada uma dessas etapas deve ser desenvolvida.

Divisão de áreas de estudos de ARSH

Tomando como base inicial características geológicas da bacia do Rio Doce e, principalmente, os impactos ambientais com potenciais efeitos à saúde, notadamente os que resultam em existência de potenciais rotas de exposição humana, a proposta foi a divisão da área total dos estudos de ARSH em 3 fases, sendo cada uma denominada com o nome do município mais populoso, assim classificadas:

FASE I - Mariana – Nesta fase do estudo de ARSH foram avaliadas as localidades mais impactadas pelo rompimento da Barragem, sendo os municípios de Mariana e Barra Longa no Estado de Minas Gerais, e, adicionalmente, o município de Linhares no Estado do Espírito Santo, último município atingido na foz do Rio Doce.

FASE II - Rio Casca – Nesta fase dos estudos de ARSH serão avaliados os três municípios mais impactados da subárea, além de Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado.

FASE III - Governador Valadares - Nesta fase dos estudos de ARSH, além do município de Governador Valadares, serão avaliadas as localidades de Conselheiro Pena e Aimorés.

Cabe destacar que os municípios aqui apresentados para a Fase II e III podem sofrer alterações em função da dinâmica de reconhecimento de maior impacto em cada uma das sub-bacias.

De acordo com o contrato, na FASE I, a ARSH referente às localidades de Mariana e Barra Longa foi realizado em 8 (oito) meses, a contar da data de contratação dos serviços. Já o prazo para a entrega do Relatório Final de Avaliação de Risco referente à localidade de Linhares poderá ser ampliado em até 60 dias.

Sob bases contratuais, juntamente com a proposta para a realização da ARSH, para cada Fase, foram elaboradas as propostas correspondentes à realização da amostragem ambiental considerada pertinente segundo os critérios da metodologia de ARSH (Quadro 01).

Quadro 1: Produtos e prazos da contratação

Produto	Conteúdo	Prazo	Status
1º. Relatório Parcial	- Relatório inicial registrando atividades de reconhecimento das áreas a serem avaliadas; validação dos dados existentes; planejamento da amostragem ambiental e métodos de amostragem ambiental segundo a metodologia de ARSH.	Até 60 dias após início do contrato	Entregue em 15/09/2018
2º. Relatório Parcial	- Relatório assinalando contaminantes de interesse, seus mecanismos de transporte e as rotas de exposição; - Relatório contendo preocupações da comunidade com sua saúde;	Até 150 dias após início do contrato	Entregue em 15/12/2018
3º. Relatório Parcial	- Relatório assinalando as Implicações à Saúde Humana e - Perfil Toxicológico dos contaminantes de interesse.	Até 210 dias após início do contrato	Entregue em 15/02/2019
Relatório final	Relatório final de avaliação de risco à saúde humana contendo as informações, conclusões e recomendações contidas nos relatórios parciais, com recomendações para cada área avaliada.	Até 240 dias após início do contrato	Presente documento entregue em 22/03/2019

Considerações iniciais

Antes de tecer considerações sobre aspectos específicos da ARSH por resíduos perigosos em decorrência do rompimento da barragem da empresa de mineração Samarco em Mariana/MG, deve-se ressaltar que a ARSH é uma ferramenta do Setor Saúde para o Setor Saúde. Como tal, todo o processo de realização dos estudos de ARSH deve ser público e transparente, e sempre que possível, com participação ativa de representantes do Setor Saúde e, impreterivelmente, seus resultados devem ser públicos, sem confidencialidade, à exceção dos aspectos relativos à ética médica, ou quando não explicitamente consentido pela população avaliada.

Deve-se ressaltar também que a metodologia de ARSH se constitui em instrumento fundamental para nortear as ações de saúde para o acompanhamento das populações expostas a contaminantes químicos, assim sendo, os estudos de ARSH não se propõem a estabelecer o nexo causal, e sim, buscam estabelecer os fatores de risco adicional que contribuem para a causalidade. Nesse contexto, devem também considerar outros fatores que influenciam a vulnerabilidade e suscetibilidade das populações expostas aos contaminantes. Muitos desses outros fatores já haviam sido levantados pela própria Fundação Renova (adiante avaliados neste Relatório), e comprovados com os levantamentos realizados na etapa de Preocupações da Comunidade com sua saúde – capítulo II.

Ainda, cabe ressaltar que na análise dos dados repassados pela Fundação Renova à equipe da AMBIOS, estudos geoquímicos previamente realizados mostraram que diversos contaminantes metálicos superaram, em diversos momentos, e segmentos da bacia do Rio Doce (principalmente T1, M1; T2, M2 e T3, M3), os valores de referência e os dados históricos para a bacia do Rio Doce, e, nesse contexto a conclusão de relação fica comprovada.

Com estas premissas básicas, para uma melhor compreensão desta ferramenta do Setor Saúde, serão abordadas ao longo do relatório, as questões específicas dos estudos do rompimento da barragem do Fundão nos municípios de Mariana/MG e Barra Longa.

Condicionantes para a realização dos estudos de ARSH

A definição de uma estratégia para a realização dos estudos dependerá de especificidades de cada caso. Para cada caso específico, serão considerados como condicionantes para a realização da ARSH, os seguintes fatores:

- Qualidade e adequação dos dados ambientais existentes;
- Prazo (urgência);
- Recursos para realização dos estudos de ARSH; e
- Condicionantes ambientais.

A seguir, serão abordados cada um desses condicionantes e suas implicações práticas na elaboração da ARSH seguindo os critérios da metodologia do Ministério da Saúde.

Qualidade e adequação dos dados ambientais existentes à metodologia ARSH

A primeira atividade de uma equipe de ARSH é a coleta, organização, avaliação e validação de toda a informação da localidade disponível. Sempre que possível, essas informações deverão abarcar todos os aspectos (histórico do local, histórico das emissões, dados demográficos, dados da população, entre outros), bem como os dados ambientais existentes.

Na avaliação e validação dos dados ambientais existentes, além de critérios por vezes subjetivos quanto à credibilidade da fonte dos dados, são observados critérios técnicos sobre a qualidade e suficiência dos dados sob a ótica da metodologia de ARSH. Infelizmente, na quase totalidade dos estudos já realizados pela equipe de ARSH da Ambios, os dados ambientais existentes foram produzidos por órgãos de controle ambiental, pelo próprio emissor ou oriundos de estudos acadêmicos, na maioria das vezes com objetivos ambientais que não contemplavam todos os possíveis contaminantes de interesse.

O Quadro 02 assinala os principais objetivos das amostragens ambientais realizadas por órgãos de controle ambiental e aqueles voltados para ARSH.

Quadro 2: Objetivos da amostragem ambiental com metodologias de avaliação de risco utilizadas pelos órgãos de controle ambiental e nos estudos de avaliação de risco à saúde humana (ARSH).

Metodologia de Avaliação de Riscos dos órgãos ambientais	Metodologia de Avaliação de Riscos à Saúde Humana (ARSH saúde)
Determinar níveis de descontaminação	
Dependendo do uso do solo: industrial; residencial, agrícola	Identificar comunidades expostas aos riscos
Determinar níveis de emissão autorizados	Identificar e classificar as rotas de exposição humana e seus componentes
Por tipo de atividade da emissão, ecossistemas, presença humana	
Determinar limites para armazenagem e transporte	Determinar a temporalidade das exposições
Pelos níveis de risco (explosões, incêndios), densidade populacional, segurança pública	
Determinar padrões de V.M.P para emissões por atividade	Determinar implicações à saúde humana
Padrões de efluentes, emissões atmosféricas, etc.	Elaborar conclusões e recomendações que permitam a elaboração de protocolos de saúde

..Em função dos objetivos específicos, os conceitos e critérios utilizados pelas duas metodologias acima assinaladas também são distintos. Desta forma, objetivos diferentes determinam critérios e conceitos que diferem entre as metodologias de avaliação de risco realizadas pelos órgãos de controle ambiental e setor Saúde. Assim, na metodologia de avaliação de risco à saúde humana, essas diferenças abrangem questões diversas na produção de dados ambientais que determinarão os “contaminantes de interesse”, como por exemplo:

- **Conceitual: “solo superficial”**

Na metodologia de avaliação de risco utilizada pelos órgãos de controle ambiental, a profundidade na amostragem do “solo superficial” é variável entre 20 cm a até 1,0 m. Na metodologia de avaliação de risco à saúde, as amostras de “solo superficial” têm que ser coletadas à profundidade não superior a 8 cm. Isto por que o solo mais superficial, até 8 (oito) cm, é o que apresenta maior possibilidade de exposição por contato direto, bem como é desta camada de solo que ocorre a mobilização de material particulado suspenso de granulometria mais fina que, por inalação, se alojará nos pulmões por longos períodos, resultando em uma maior absorção dos contaminantes. A exposição direta ao solo superficial contaminado é especialmente mais intensa quando avaliamos as crianças, principalmente aquelas na fase de engatinhar e com o hábito de levar as mãos à boca. Por esta razão a camada mais superficial de até 8 cm de profundidade é a de maior importância (ATSDR, 1992) nos estudos de avaliação de risco à saúde humana.

- **Desenho Amostral (com viés, e não estatístico)**

Nos estudos de ARSH, a localização dos pontos de amostragem nos locais de risco será definida com vieses, buscando a proximidade de populações expostas e onde a possibilidade de geração de rotas de exposição aos humanos por focos de contaminação primário ou secundários sejam mais prováveis.

- **Avaliação dos Dados Ambientais (“pior cenário”)**

Para efeito de comparação com os valores de referência definidos pela ARSH, será considerada sempre a maior concentração de cada contaminante em cada compartimento ambiental.

Este critério na metodologia de ARSH se explica por vários motivos:

- A imprecisão, mesmo considerando a melhor hipótese de amostragem, pode resultar em conclusão equivocada quanto aos riscos. Adotando-se o princípio da precaução, tão importante nas questões de saúde, este é um critério fundamental na ARSH;

- Uma maior concentração encontrada de um determinado contaminante num determinado compartimento ambiental indica que tal ocorrência é factível e possível de acontecer em outros momentos ou em outros pontos da área de risco;

- A ocorrência de uma maior concentração encontrada de um determinado contaminante num determinado compartimento ambiental indica a possibilidade de

contaminação – via mecanismos de transporte – de outros compartimentos ambientais gerando novas rotas potenciais de exposição.

- **Não admitir dados de “modelagem” na avaliação de dados ambientais**

Devido à possibilidade de viés e equívocos, como já verificado em outros estudos observados pela equipe AMBIOS na realização de ARSH, os dados de modelagem não são admitidos pela metodologia de ARSH do Ministério da Saúde. Caso venham a ser usados, tais dados somente o servirão como um indicativo em avaliações preliminares no planejamento de amostragens ou para reforçar conclusões obtidas pelos dados ambientais considerados adequados aos critérios da ARSH.

- **Temporalidade da exposição**

Nas metodologias de avaliação de risco utilizadas pelos órgãos de controle ambiental não é comum o levantamento de dados ambientais que caracterizem a temporalidade da contaminação.

Na ARSH, sempre que possível, o levantamento desses dados é muito importante para a formulação do planejamento de ações de saúde visando as populações que foram, que estão ou que poderão estar expostas aos contaminantes.

- **Preocupações da comunidade com sua saúde**

Nos estudos de ARSH, já na etapa de planejamento das campanhas de amostragem, é importante o levantamento das preocupações da comunidade com sua saúde. Isto se deve aos objetivos dos estudos:

- Identificar e responder às preocupações da comunidade sobre questões relativas aos contaminantes ambientais como, por exemplo:

Existem riscos no local onde resido? Posso consumir e dar para meus filhos a água e os alimentos da localidade? A poeira pode nos causar doenças? Quais? Os impactos emocionais que fomos vítimas poderão nos debilitar frente aos contaminantes?

- Identificar e avaliar as informações da comunidade que orientem a equipe de ARSH na amostragem e na avaliação dos dados ambientais sobre aspectos ainda não relacionados nos dados existentes avaliados como, por exemplo, observações da comunidade do tipo:

“As frutas e legumes plantados no solo formado pela deposição da lama de rejeitos são enormes e crescem muito mais rápido”; “Está aparecendo umas manchas brancas nas árvores, solo e mesmo nas construções em vários pontos por onde passou a lama de rejeitos. O que é isso? Pode nos fazer mal?”

Pelas razões acima listadas, dificilmente os dados produzidos por metodologias utilizadas pelos órgãos de controle ambiental, ou de outros estudos visando objetivos distintos, podem ser considerados adequados para os estudos de ARSH. No caso de utilização de dados ambientais existentes produzidos por terceiros, os dados da amostragem bem como as técnicas utilizadas e procedimentos laboratoriais analíticos devem ser avaliados para sua validação. Somente os dados ambientais existentes validados devem ser utilizados na definição dos “contaminantes de interesse”.

Prazo

Apesar de buscar sempre os mesmos objetivos, ou seja, produzir os dados necessários para a elaboração de protocolos de saúde para o acompanhamento das populações expostas, as situações de “urgência” quanto aos resultados podem se apresentar de forma variada. Assim, por exemplo, estudos como os realizados na “Cidade do Meninos” ou em “Santo Amaro da Purificação” tinham como cenários contaminações decorrentes de passivos ambientais com histórico de décadas. O acúmulo de numerosos dados ambientais produzidos por diversas instituições públicas idôneas, sem, no entanto, atender aos requisitos de qualidade e suficiência da metodologia de ARSH, exigiu uma avaliação cuidadosa (e demorada) desses dados.

Em “Cidade dos Meninos”, adicionalmente, o próprio Ministério da Saúde, contratante da ARSH, foi o responsável pela contaminação ambiental decorrente dos resíduos de sua fábrica de pesticidas. O histórico da contaminação já contabilizava várias décadas, desde o encerramento das atividades da fábrica no final da década de 50 do século passado. Os estudos de ARSH somente tiveram início no ano de 2000, com duração de 12 meses. Já em Santo Amaro da Purificação, a ocorrência foi similar. Após o encerramento das atividades da empresa metalúrgica COBRAC no final da década de 70, apresentou-se vasta contaminação com metais pesados em diversos compartimentos ambientais. Essa contaminação deu-se durante as atividades da

empresa nas áreas urbanas daquela cidade, e nos ambientes aquáticos do rio Subaé. Somente em 2004, a equipe de ARSH da Ambios foi contratada para a realização dos estudos de ARSH, cuja duração foi de 11 meses.

Por essas razões, as estratégias de realização da ARSH nessas localidades, com prazo suficiente e adequado, puderam utilizar todas as ferramentas de coleta e avaliação de dados da metodologia de ARSH que incluem:

- **Contaminação dentro e fora do local de risco** - Apesar de todos os contaminantes serem considerados como potenciais contaminantes de interesse, a equipe de ARSH os seleciona, tendo como base a composição dos contaminantes na provável fonte de emissão, as exposições através dos diversos meios ambientais, os efeitos recíprocos e as preocupações da comunidade com sua saúde.

Por questões de prazos e custos, deverão ser selecionados os locais e os compartimentos ambientais que indiquem a possibilidade de geração de rotas de exposição humana aos contaminantes. Sempre que possível, esses critérios serão utilizados também na avaliação dos dados ambientais existentes. Caso se adote esta estratégia (contaminação dentro e fora do local de risco), os compartimentos ambientais selecionados dentro do local de risco deverão ser também avaliados fora do local de risco.

Caso se adote uma estratégia de realização dos estudos de **piores cenário**, buscando uma resposta rápida sobre os riscos à saúde das populações mais expostas, a avaliação é realizada somente nos locais considerados de maior risco.

- **Temporalidade da exposição humana** - A equipe de ARSH utiliza sempre que possível, os dados da amostragem de análise temporal e espacial para identificar os contaminantes de interesse no passado, presente e futuro, e a probabilidade de transferência entre os compartimentos ambientais. Numa estratégia de realização dos estudos de pior cenário, principalmente em casos de desastre, como no do rompimento da barragem da Samarco, buscar-se-á identificar as rotas de exposição recentes (de preferência desde o evento emissor dos contaminantes), bem como as possíveis rotas de exposição futuras.

- **Níveis de concentração basal** - Uma revisão dos níveis basais de contaminação nos compartimentos ambientais locais pode ajudar na identificação da fonte de

contaminação. No entanto, tais dados são a expressão de valores médios das litologias dominantes em cada área, e, sob a ótica da ARSH, somente servem para orientar a presença de contaminantes dominantes. No entanto, na maioria dos casos, não nos dará informação adequada sobre a presença de contaminantes em concentrações “traços” que, quando trazidos à superfície por processos naturais (erosão, alteração, etc) ou por ação antrópica (beneficiamento mineral, deposição de rejeitos, etc) sofrerão processos de concentração e biodisponibilização pelos mecanismos de transporte específicos de cada lugar.

Caso tais dados não atendam aos requisitos da metodologia de ARSH (suficiência e adequação aos critérios de ARSH), devem ser utilizados somente como referência de tendências, na avaliação dos contaminantes de potencial interesse ou como fortalecimento de outros dados na definição de “rotas de exposição”.

- **Definição dos valores de referência** - A seleção dos valores de referência pela equipe de ARSH é feita preferencialmente entre os padrões nacionais existentes podendo, entretanto, após fundamentação, escolher valores de referência mais conservadores dependendo de outras avaliações de saúde como, por exemplo, a vulnerabilidade socioeconômica das populações potencialmente expostas. Em qualquer estratégia adotada para a realização da ARSH, na definição dos contaminantes de interesse, a maior concentração encontrada de cada contaminante em cada compartimento ambiental será a utilizada na comparação com os valores de referência.
- **As preocupações da comunidade por sua saúde** - A equipe de ARSH deve assinalar cada preocupação da comunidade por sua saúde sobre um contaminante em particular, independentemente de sua presença ou concentração no local. Sob qualquer estratégia de realização da ARSH, as preocupações da comunidade com sua saúde devem ser consideradas tanto como fonte de informação sobre o local de risco, como na formulação de respostas às suas preocupações de saúde. A equipe de ARSH deve também registrar as informações de outros fatores decorrentes dos impactos ambientais que resultem no aumento de vulnerabilidade e suscetibilidade aos efeitos da contaminação (qualidade de vida, impactos emocionais, dentre outros). Além de

servir de base para respostas às preocupações da comunidade com sua saúde, essas informações também devem ser utilizadas no planejamento da amostragem ambiental, nas definições de “rotas de exposição” e nas “conclusões e recomendações” do “Relatório Final de ARSH”.

- **Perfis toxicológicos** - Estes documentos proporcionam muitas informações importantes para a ARSH, tais como: informe de saúde pública, informação sobre efeitos na saúde, propriedades físicas e químicas dos contaminantes, utilidade da informação nos estudos, dados sobre exposição, métodos analíticos, regulamentações e referências.

Como alternativa, além dos dados fornecidos pela ATSDR/EUA especificamente elaborados para os estudos de ARSH, a equipe pode utilizar informação toxicológica dos bancos de dados específicos, tais como: *IRIS*, *HSD* e outros.

Recursos para realização da ARSH

Dependendo dos condicionantes anteriormente analisados e dos recursos disponibilizados para a realização dos estudos, caso sejam inadequados para a realização dos objetivos da ARSH, ou seja, fundamentar as ações de saúde para o acompanhamento de populações potencialmente expostas a contaminantes químicos, o relatório final de ARSH poderá ser inconclusivo.

Neste caso, no relatório final, além das possíveis estratégias de realização dos estudos com suas respectivas limitações, serão listadas as lacunas de informação para cada estratégia proposta. Adicionalmente, quando se conclua pela imperiosidade da realização dos estudos pela equipe de ARSH, esse relatório final, além de apresentar as lacunas de informação e fundamentar a necessidade de seu preenchimento para cada estratégia de realização dos estudos, poderá elaborar uma listagem dos potenciais custos envolvidos para tal realização e apresentará projeções de prazo de realização.

Condicionantes ambientais

As áreas para a realização dos estudos de ARSH podem apresentar cenários ambientais totalmente distintos. Assim, entre os locais de risco já avaliados pela equipe de ARSH da Ambios, houveram casos com área relativamente bem delimitada (por exemplo, casos Barão de Mauá/SP; SUCAM-Porto Nacional/TO; Caso Shell-Paulínia/SP), ou em áreas dispersas e de grandes dimensões (por exemplo, nos casos Cidade dos Meninos-Duque de Caxias/RJ e Rhodia na Baixada Santista – São Vicente e Itanhaném/SP). Esses condicionantes ambientais podem ser agravados por fatores climáticos, relevo e hidrologia (Caso Cobrac em Santo Amaro, Bahia).

Todos esses condicionantes ambientais exigem estratégias diferentes na elaboração dos estudos com repercussão em todos os demais fatores componentes da ARSH (etapas, custos, prazos, etc).

CONDICIONANTES PARA A REALIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE ARSH NO CASO DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Os dados obtidos pela realização da amostragem ambiental nas localidades de Mariana e Barra Longa permitem à equipe de ARSH da Ambios a avaliação sobre as diferenças marcantes entre as localidades dos dois municípios mineiros, tanto nas características ambientais como nos impactos gerados pela lama de rejeitos com potencial geração de rotas de exposição humana aos possíveis contaminantes. As diferenças são acentuadas mesmo em localidades do mesmo município, impondo uma avaliação de risco diferenciada para cada localidade. As condicionantes locais específicas encontradas, em realidade, são como se impusessem a realização de vários estudos de ARSH.

Na realização da ARSH, no caso específico, nas localidades em Mariana e Barra Longa, e posteriormente na localidade de Linhares; foram considerados os seguintes aspectos:

Qualidade e adequação dos dados ambientais existentes

A atividade inicial da equipe de ARSH foi organizar e avaliar as informações e dados de todos os estudos disponibilizados pela Fundação Renova de produção própria ou produzidos pela Samarco, Vale ou por terceiros contratados por essas instituições. Além disso, foram revistos os informes disponíveis do Setor Saúde, estudos e relatos de outras fontes (ONGs, mídia e academia), bem como os relatos sobre casos semelhantes envolvendo a emissão de contaminantes metálicos pelas atividades de mineração.

Cabe ressaltar, que esta avaliação inicial cobriu os dados de todos os estudos sobre os ambientes atingidos, desde o local do rompimento da barragem de rejeitos em Bento Rodrigues, Mariana/MG, até a foz do rio Doce em Linhares/ES e áreas da costa naquele Estado. Pela estratégia de estudo selecionada, a seguir apresentada e justificada, não foram considerados os dados dos estudos produzidos no ambiente marinho da costa capixaba.

Inicialmente, no processo de determinação dos contaminantes de interesse, a equipe de ARSH, ao avaliar os dados ambientais existentes disponibilizados pela

Fundação Renova, constatou que haviam lacunas nos dados disponibilizados, como dados sobre a contaminação dos alimentos (leite de vaca, ovo de galinha, frutas e legumes, principalmente tubérculos), onde haviam a possibilidade de representarem potenciais rotas de exposição humana aos contaminantes metálicos da lama de rejeitos.

Complementarmente, apesar da existência de dados sobre a qualidade da água para consumo humano, haviam questionamentos sobre a credibilidade dos dados da Fundação Renova de vários setores (comunidades dos atingidos, Setor Saúde, ONGs, mídia, academia). Sem entrar no mérito desta questão, a equipe decidiu produzir dados de alimentos, bem como dados de água de consumo humano.

Já os dados ambientais existentes de outros compartimentos ambientais (solo, água superficial, sedimentos), não atendiam aos requisitos da metodologia de ARSH empregada (localização, procedimentos de coleta, etc).

Assim, todos os dados ambientais utilizados na definição de contaminantes de interesse nas localidades de Mariana/MG, Barra Longa/MG e Linhares/ES foram produzidos pela equipe de ARSH da Ambios.

Em relação aos dados socioeconômicos disponibilizados pela fundação, quando validados pela metodologia, foram considerados na ARSH.

Prazo (urgência)

Grande parte das ARSH realizadas pela AMBIOS tratavam-se de “passivos ambientais”, com histórico de décadas e farta documentação sobre muitos aspectos. Conforme já mencionado, esses estudos tiveram o prazo de cerca de 12 meses para sua realização, além de serem “menos urgentes” quanto aos resultados no que concerne às ações de acompanhamento de saúde das populações potencialmente expostas.

No caso dos impactos gerados pelo rompimento da barragem da Samarco em Mariana, cuja lama de rejeitos percorreu mais de 500 km, atingindo localidades em 42 municípios e com influências sobre centenas de comunidades de características diversas, a ARSH somente foi iniciada, quando decorridos quase 3 anos do evento emissor, e com grande urgência quanto aos resultados para a realização de acompanhamento de saúde dessas comunidades. Observando todas as possibilidades

para a realização da ARSH, desde de que preservados seus objetivos centrais de fundamentar as ações de saúde para acompanhamento das populações potencialmente expostas aos contaminantes, a equipe da Ambios elaborou uma estratégia para a realização dos estudos em 3 fases, com duração de 8 meses para cada fase. Essa estratégia, proposta para a realização dos estudos, enfatizou as populações mais diretamente atingidas pela lama de rejeitos e seus contaminantes metálicos.

Há de se ressaltar, que cada fase da ARSH proposta pela equipe da Ambios é composta por 3 municípios, com diversas localidades (de 5 a 8 distritos, subdistritos e/ou áreas) com características diversas em quase todos os seus aspectos (ambientais e de saúde). Assim, o condicionante prazo de realização dos estudos tornou-se a questão fundamental a ser considerada na estratégia para a realização dos estudos.

Desta forma, procurando alcançar resultados no menor espaço de tempo possível, a equipe propôs a realização dos estudos numa estratégia de **piores cenário**, aceita pelo contratante (Fundação Renova) com aval da CT-Saúde (Câmara Técnica de Saúde) e da CIF (Comitê Interfederativo), formados para acompanhar a resposta e recuperação do desastre. A realização da ARSH numa estratégia de **piores cenário** afeta também o processo de definição dos “contaminantes de interesse” como será relatado adiante.

Recursos para realização dos estudos de ARSH

Os recursos previstos, contratualmente acertados entre a Ambios Engenharia e a Fundação Renova, são suficientes para a realização da ARSH, sob a perspectiva de pior cenário.

Condicionantes ambientais

A preocupação central da amostragem ambiental nos estudos de ARSH recai sobre os compartimentos ambientais que possam representar rotas de exposição humana. Além dos impactos diretos sobre o curso natural dos componentes da bacia do Rio Doce, a inundação das margens e áreas de várzea desses corpos hídricos resultou na

deposição de grandes quantidades de resíduos nas margens e nas áreas de várzea, alterando totalmente o ambiente físico desses espaços.

A gradação granulométrica do material mais leve depositado além do leito natural desses rios, após secagem, gerou uma importante fonte secundária de emissão de particulado fino (poeira), iniciando possivelmente um processo de contaminação de outros compartimentos ambientais. Assim, por exemplo, deve-se considerar a alteração do solo superficial pela deposição desse particulado fino, originando dúvidas sobre a inocuidade de áreas de produção de alimentos.

Nas áreas urbanas e pequenas localidades, principalmente nas proximidades de zonas com maior mobilização de poeira, seja pela emissão dos resíduos ressecados, ou seja pelo transporte dos resíduos para outras disposições finais, é provável a ocorrência de novas fontes secundárias de emissão. Nelas se incluem, por exemplo, a água de abastecimento público, que dependendo das condições de armazenamento residencial, pode ter sofrido contaminação atmosférica; ou a contaminação pode ter ocorrido pelo fato de sua tubulação se encontrar soterrada pela lama de rejeito. Deve ser considerada também, a possibilidade da percolação das áreas de deposição dos resíduos pelas águas das chuvas, gerando, a depender do perfil litológico dos solos, a contaminação dos aquíferos, cuja captação se destina ao consumo humano, irrigação ou consumo dos animais.

No que concerne a coleta de organismos aquáticos, apesar de inicialmente programada pela equipe de ARSH, esta foi descartada nos dois municípios mineiros. Em Mariana, as informações indicam que após o desastre houve uma eliminação total momentânea da piscosidade nesses corpos hídricos. Além disso, em um levantamento preliminar dos hábitos alimentares da população de Mariana, não há relatos de consumo rotineiro de pescados oriundos dos rios da região após a passagem da lama de rejeitos.

Dados ambientais disponibilizados pela Fundação Renova

Em referência aos dados produzidos pela Fundação Renova, pela Vale e pela Samarco ou por elas contratados, a equipe de ARSH da Ambios realizou uma cuidadosa

avaliação dos dados disponibilizados. A grande maioria, conforme mencionado anteriormente, não apresentou a adequação aos estudos de ARSH. O processo de avaliação e validação dos dados e informações disponibilizadas (independente da fonte) ou existentes, procedeu-se em três etapas:

- 1) Validação: comprova-se a origem e idoneidade da fonte;
- 2) Avaliação: é considerada a importância e adequação dos dados para utilização na ARSH;
- 3) Utilização (ou não) desse dado nos relatórios de ARSH: a simples validação do dado não implica necessariamente que será utilizado como base para o relatório final, pelas justificativas já expostas.

Área de abrangência da ARSH

A equipe de ARSH da Ambios, tendo em vista a estratégia de pior cenário, determinou que a área dos estudos abrangeria desde a localidade de Bento Rodrigues, no município de Mariana/MG, até a área estuarina do Rio Doce na localidade de Regência, no município de Linhares/ES.

Os impactos provocados pela lama de rejeitos da Samarco no ambiente marinho, nas proximidades da foz do rio Doce no Estado do Espírito Santo, além das questões de balneabilidade e suas implicações à saúde humana, tem como provável rota de exposição humana os contaminantes químicos (no caso os metais, objeto da metodologia de ARSH), e o consumo da biota comestível contaminada, principalmente dos peixes.

No entanto, a contaminação dos peixes, em função de numerosos e complexos aspectos ictiológicos, exige a realização de estudos mais complexos e demorados, impossível de serem realizados sob os critérios de pior cenário (estratégia essa escolhida pelo fator tempo nesta ARSH). Mesmo não considerando a zona costeira como objeto da ARSH, a equipe julga relevante a extensão da contaminação no ambiente marinho, e recomenda a realização de um estudo específico de ARSH para esta área.

Contextualização

Histórico

A MINERAÇÃO DE FERRO NO BRASIL

Segundo o Serviço geológico dos Estados Unidos - USGS (2018), a produção de minério de ferro no Brasil em 2016, foi estimada em 440 milhões de toneladas, equivalente a 18,3% do total global. Este número coloca o Brasil entre os maiores produtores de ferro do mundo, comparado somente à China e à Austrália. No que diz respeito às reservas de minério de ferro, o Brasil, possui reservas estimadas em 23 bilhões de toneladas, ficando atrás somente da Austrália, com 50 bilhões de toneladas.

Os minérios de ferro predominantemente explorados no Brasil, são a hematita (Fe_2O_3) e o itabirito - formações ferríferas compostas de hematita e quartzo (sílica) (IBRAM, 2012). A hematita é extraída principalmente no estado do Pará, e apresenta teor médio de ferro em torno de 60%. Já o itabirito é extraído principalmente na região do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, com teor de ferro em torno de 50%. Dados da Alore Mineração, citados por Andrade (2014), indicam que já estão sendo extraídos itabiritos com teores mais baixos de ferro chegando a estar entre 25 e 30%.

Além destes, a magnetita (Fe_3O_4), a goethita $\text{FeO}(\text{OH})$ e a siderita (FeCO_3) são minerais que apresentam consideráveis concentrações de ferro em suas composições. O minério de ferro, entretanto, é composto, tanto destes minerais de ferro, que apresentam valor econômico agregado, quanto de outros minerais, que não apresentam valor econômico para a mineração de ferro. Neste sentido, os minerais de ferro, quando processados com objetivo de aumentar o teor de ferro contido no produto final, podem gerar rejeitos que contêm diferentes minerais em sua composição. Normalmente, os minerais associados aos rejeitos da mineração de ferro são caulinita, gibbsita, goethita, hematita, magnetita e quartzo (WOLFF, 2009).

Em função da grande demanda de minério de ferro pela sociedade moderna, rochas com teores cada vez mais baixos de ferro passaram a ter sua lavra viabilizada, o que implica em aumento na quantidade de rejeitos gerada, requerendo barragens de rejeito com tamanhos cada vez maiores para sua disposição. Neste contexto, grandes empresas mineradoras, tais como VALE, Ferrous, MMX e Samarco têm investido na

extração de minérios de baixo teor que chegam a apresentar quantidades de ferro inferiores a 40% (ANDRADE, 2014).

A extração ou lavra consiste na retirada, normalmente a céu aberto, do mineral que contém um teor economicamente viável de ferro. Posteriormente, o material extraído é encaminhado para o beneficiamento, no qual o minério de ferro é tratado e transformado em produtos comercializáveis, de acordo com sua granulometria e características químicas. Na maioria das vezes, para aumentar a qualidade e o teor de ferro do produto final, é necessário realizar o beneficiamento do minério. Entende-se por beneficiamento, o tratamento dado aos minérios, visando separar por granulometria, concentrar ou purificar minérios por métodos físicos ou químicos sem alterar a constituição química dos minerais. Em decorrência desta etapa, grandes volumes e massas de resíduos misturados à água são gerados, material a que se dá o nome de rejeito (DNPM, 2012).

Um dos principais aspectos ambientais relacionados à extração do ferro é o grande volume de resíduo gerado no processo de beneficiamento, tratamento dado ao minério para o máximo aproveitamento do material de interesse. Alguns métodos de beneficiamento de minérios exigem a moagem dos materiais e adição de água e produtos químicos na planta de tratamento, produzindo nesse processo um grande volume de resíduo em forma de polpa, chamado de rejeito, que é armazenado em barragens. Os rejeitos dispostos em barragens, entretanto, podem conter grandes quantidades de ferro, que podem retornar ao processo produtivo, e de materiais passíveis de serem utilizados na construção civil.

Depois de gerado, o rejeito obtido do processo de beneficiamento, de forma geral, é disposto em minas subterrâneas, em cavas exauridas de minas, em pilhas, por empilhamento a seco ou em barragens de rejeitos. Entretanto, segundo FEAM (2012), as barragens caracterizam a principal forma de disposição de rejeitos minerários no estado de Minas Gerais, armazenando em torno de 85 % dos rejeitos da mineração.

BARRAGENS DE REJEITOS EM MINAS GERAIS

Em Minas Gerais essas barragens são compostas, praticamente, por rejeitos advindos do beneficiamento do itabirito e hematita, principais minérios de ferro do

Quadrilátero Ferrífero. Estes minérios apresentam teor de ferro em torno de 50% e 60%, respectivamente, e originam rejeitos compostos, em sua maioria, por sílica (SiO_2) e óxidos de ferro remanescentes (ANDRADE, 2014).

De acordo com o Caderno Técnico Gestão de Barragens de Rejeitos e Resíduos em Minas Gerais, publicado em 2008 pela FEAM, no Estado de Minas Gerais houve registro de cinco grandes acidentes envolvendo barragens de rejeitos e resíduos. No histórico de acidentes reportados pela Comissão Internacional de Grandes Barragens (ICOLD), as principais causas de rompimento de barragens são problemas de fundação, capacidade inadequada dos vertedouros, instabilidade dos taludes, falta de controle de erosão, deficiências no controle e inspeção pós-operação e falta de procedimentos de segurança ao longo da vida útil da estrutura.

Em 20 de setembro de 2010 foi sancionada a Lei Federal nº 12.334 que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais; e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens.

Essa lei é destinada a barragens que apresentem altura do maciço, medida do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m; capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³; reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis e categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

Com vistas a elaborar um cadastro único no país, foi criado o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), com registro informatizado das condições de segurança de barragens em todo o território nacional.

Segundo dados da FEAM (2012), extraídos do Banco de Declarações Ambientais (BDA), das 497 barragens de mineração existentes no Estado de Minas Gerais, 161 pertenciam a Classe III, com alto potencial de dano ambiental. Esta classificação é definida quando a soma dos fatores de risco avaliados da barragem (volume do reservatório, ocupação humana a jusante, interesse ambiental a jusante e instalações na área a jusante), de valoração arbitrária.

Anterior às recentes ocorrências de rompimento com barragens em Minas Gerais, Mariana e Brumadinho, já havia ocorrido o rompimento da barragem de rejeitos da

mineração Herculano, localizada no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, que resultou em mortos e feridos, além de causar graves impactos ambientais em córregos da bacia hidrográfica do Rio das Velhas que abastece a região metropolitana de Belo Horizonte.

Em seu Guia de Fechamento de Mina, o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), afirma que as barragens de rejeito apresentam riscos significativos no que diz respeito à estabilidade e ruptura, interferência nas águas subterrâneas, restrições para uso futuro e falha no sistema de cobertura e drenagem (IBRAM, 2013). As barragens de rejeitos são empreendimentos que apresentam significativos impactos ambientais associados, tais como: desmatamento na fase de construção; poluição da água superficial e subterrânea durante a operação e após o fechamento da mina; geração de poeira gerada na praia de rejeito; e impacto visual em todas as fases da vida útil da barragem.

As águas direcionadas para as barragens de rejeito, de um modo geral, são reutilizadas no processamento de minérios. Os sólidos, entretanto, irão compor a barragem de rejeito indefinidamente, se nenhum outro uso for dado a ele. Desta forma, as barragens de rejeito que são, normalmente, obras de engenharia de grande porte, dão origem a impactos ambientais desde a sua construção, que poderão persistir até mesmo após a sua desativação.

Além dos impactos ambientais, as barragens de rejeito apresentam aspectos relacionados à segurança que são de grande relevância. Por serem, muitas vezes, estruturas de grande porte, as barragens de rejeito podem apresentar expressivos danos potenciais em decorrência de seu rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento (ANDRADE, 2014).

Estudos indicam que falhas na estrutura das barragens, tais como galgamento, erosão, piping e liquefação, podem afetar diretamente a qualidade ambiental de seu entorno. Em longo prazo, a presença da barragem pode, ainda, resultar na contaminação da água superficial e subterrânea, emissão de materiais particulados e em distúrbios aos habitats e comunidade local. Ocupando áreas de grandes proporções, as barragens de rejeito podem originar impactos ambientais expressivos. O gerenciamento adequado destes locais de disposição de rejeito é, portanto, de extrema

importância e deve ser realizado em toda a sua vida útil, passando pela escolha da área, projeto, construção, operação e desativação (OZKAN & IPEKOGLU, 2002).

De acordo com Gomes (2009), que promoveram a caracterização dos finos de uma barragem de rejeito da mineração de ferro, foram encontrados teores médios de 48,08% de Fe_2O_3 , 20,58% de SiO_2 e 3,16% de Al_2O_3 nestes rejeitos, sendo praticamente todo ferro proveniente da hematita. Supõe-se que esta seja uma realidade em muitas barragens de rejeito da mineração de ferro já encerradas no Brasil, principalmente no Quadrilátero Ferrífero, onde grande quantidade de minérios com altos teores de ferro já foram extraídos e beneficiados por processos pouco eficazes.

METAIS PESADOS EM REJEITOS DA MINERAÇÃO

Os metais pesados estão presentes naturalmente no meio ambiente, mesmo que não haja ação antrópica. O aumento em sua concentração pode ocorrer tanto por processos naturais, quanto por atividades humanas. O intemperismo e a lixiviação do solo são exemplos de processos naturais que geram o aparecimento de metais pesados na água e no solo, todavia a extração e o beneficiamento de metais, rejeitos industriais, efluentes domésticos, insumos agrícolas, descarte de produtos comerciais, queima de combustíveis fósseis e descarte de lodo de esgoto são atividades antrópicas associadas à contaminação do meio ambiente por tais metais (NRIAGU & PACYNA, 1988; ALLEONI, BORBA & CAMARGO, 2005; GUILHERME *et al.*, 2005). O aumento nas concentrações desses rejeitos no solo e nos efluentes próximos a zonas de mineração pode estar relacionado com processos químicos e biológicos que controlam a solubilidade, a disponibilidade biológica e a mobilidade desses metais (GUILHERME *et al.*, 2005).

Entre outros impactos causados pela exploração e pelo beneficiamento do minério de ferro, ensaios têm demonstrado que o resíduo acumulado tem capacidade de retenção de cromo (Cr) e que os sedimentos acumulados funcionam, num primeiro momento, na retenção de metais pesados diminuindo a dispersão de poluentes (PIRES *et al.*, 2003). Entretanto, mecanismos de transporte diversos atuam, paulatinamente, na sua remobilização e biodisponibilização.

Embora seja o solo uma barreira natural de proteção dos aquíferos, os fatores que governam sua capacidade em reter metais pesados são extremamente complexos, o que dificulta o seu entendimento e as possibilidades de previsão acerca do comportamento desses elementos, principalmente a longo prazo. Sabe-se que a maior ou a menor mobilidade dos metais pesados é determinada pela caracterização do solo e pelos teores de matéria orgânica e inorgânica que influenciarão as reações de precipitação, dissolução, adsorção, dessorção, complexação e oxirredução (OLIVEIRA & MATTIAZZO, 2001). Os graus de mobilidade, atividade e biodisponibilidade dos metais pesados também dependem de fatores, como: pH, temperatura, potencial redox, CTC (capacidade de troca catiônica), competição com outros metais, ligação com ânions e composição, além da força iônica da solução do solo. Em suma, a disponibilidade dos metais pesados depende da presença do elemento na solução do solo, a qual é governada pela composição e pela reação dos sistemas, pelas condições de oxirredução e pela cinética das reações, que dependem de características do solo e da tendência em formar compostos precipitados insolúveis e coprecipitados com outros minerais, formar complexos com matéria orgânica e adsorver outros minerais (OLIVEIRA & COSTA, 2004).

OS REJEITOS DA PRODUÇÃO DE MINÉRIO DA SAMARCO

A Samarco operava a Unidade Industrial de Germano, uma mina de minério de ferro localizada no Município de Mariana/MG. O processamento do minério na mina gerava tanto rejeitos de granulometria mais grosseira, como aqueles com granulometria mais finas, designados respectivamente como “rejeitos arenosos” e “rejeitos finos”. Os rejeitos eram depositados em barragens de rejeitos convencionais (isto é, depósito de rejeitos em um vale de rio com uma barragem construída à jusante do depósito). A produção anual de rejeitos arenosos e finos é estimada pela Samarco em aproximadamente 17 milhões e 5 milhões de toneladas, respectivamente (GOLDER, 2015).

Estudos contratados pela Fundação Renova (GOLDER, 2015) assinalam que o rejeito da Mineração Samarco em Mariana é inerte.

Como se comprovará mais adiante, com resultados de estudos posteriores contratados pela Fundação Renova e realizados pela própria empresa Golder, essa previsão de “inércia” dos rejeitos quanto a liberação de substâncias tóxicas, como os metais pesados, estava equivocada.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A INÉRCIA AMBIENTAL DA LAMA DE REJEITOS

Os diversos mecanismos de transporte que atuam através de fatores físicos, químicos e biológicos (estes últimos sequer foram considerados nos estudos contratados pela Fundação Renova, apesar de sua grande importância, especialmente em ambientes estuarinos) em momentos, locais e intensidades distintas, vão promovendo – qual um grande processo de “beneficiamento mineral da natureza” – lentamente, porém com eficiência, situações de enriquecimento e biodisponibilização dos contaminantes metálicos antes considerados “inertes”.

Antes da questão sobre a “inércia” dos contaminantes trazidos pela lama de rejeitos ser aprofundada neste documento, deve-se lembrar que os contaminantes metálicos após serem emitidos para o ambiente, ao contrário da maioria dos contaminantes orgânicos, não desaparecem. Sua transformação, resultando em compostos orgânicos ou sais, geralmente, aumentam sua biodisponibilização e toxicidade. Sua deposição no solo superficial ou sedimentos não indica que estarão impedidos de novas remobilizações e biodisponibilidade. Além dos agentes bióticos, principalmente os microbianos, agentes físicos naturais como as chuvas e os ventos, bem como os fluxos tormentosos durante as cheias, serão agentes constantes para a remobilização e biodisponibilização dos contaminantes a partir dos solos e sedimentos contaminados.

Em geral, os teores de metais pesados nos sedimentos fluviais diminuem com o aumento da distância da fonte, com vários mecanismos atuando simultânea e parcialmente em sentidos opostos. No entanto, em casos da emissão dos contaminantes pelo rompimento da barragem de rejeitos, essa relação pode ser diferente. No geral, os processos mais importantes da distribuição espacial de metais pesados em sedimentos fluviais são (BRADLEY, 1995):

- Triagem hidráulica devido a diferentes densidades;
- Solução ou acumulação química e / ou biológica;
- Diluição por sedimentos "limpos";
- Deposição ou mobilização por acumulação ou erosão de áreas contaminadas;
- Processos morfológicos fluviais variáveis no tempo.

Dependendo do tipo da fonte e das condições geoquímicas e hidrológicas nas águas, os metais pesados são deslocados em forma dissolvida, coloidal ou particulada. Além do conteúdo absoluto de metais pesados, a composição mineralógica (HUDSON-EDWARDS et al., 1996) e as propriedades geoquímicas dos sedimentos (LEENAERS, 1989; MACKLIN & DOWSETT 1989, ONGLEY, 1982) mudam ao longo do percurso do rio. Devido às diferentes variantes geoquímicas, existem elementos específicos de mobilidade, de modo que, por exemplo, o conteúdo de chumbo no decorrer do fluxo diminui mais rapidamente do que o conteúdo de cádmio (MACKLIN, HUDSON-EDWARDS & DAWSON, 1997, LEWIN & MACKLIN, 1989).

Via de regra, em solos e sedimentos contaminados, os metais pesados são enriquecidos em frações de grãos mais finos e são mais móveis do que nas frações grossas, de modo que, nos estudos de sedimentos, as frações de grãos "geoquimicamente ativas" são levadas em consideração (ONGLEY, 1982) e também deve ser feita uma distinção entre as frações de metais pesados geoquimicamente "reativas" e "inativas" (SALOMONS, 1995).

Conforme já assinalado, o processo de sedimentação e de arraste de sedimentos inclui a deposição de frações de minerais pesados e de maior granulometria ou seu arraste mecânico pela lama ao longo da calha do rio, bem como o arraste, pela água, do particulado fino, argiloso e da fração de minério de ferro de fina granulometria. Este material mais fino vai se depositar em áreas de menor velocidade de fluxo do rio e, após a enxurrada, nas cheias, se espriar além das margens e várzeas do rio, formando, respectivamente, o "novo solo" nas margens e o "novo sedimento" nesses pontos do rio. Este material mais fino com forte participação de oxi-hidróxidos de ferro e manganês hidratados forma também um forte hospedeiro de metais traços, muitos deles metais pesados de alta toxicidade.

A presença de metais pesados tóxicos, como o cádmio, e seu enriquecimento nessas frações mais finas dos sedimentos já tem sido relatada em estudos realizados e disponibilizados pela Fundação Renova. Divergindo das previsões sobre a “inércia” dos componentes da lama de rejeitos oriunda do rompimento da barragem da Samarco, estudos posteriores realizados pela Golder apresentam resultados apontando para outras conclusões (GOLDER, 2017c). Buscando organizar de forma espacial e cronológica os resultados até então obtidos, esse relatório técnico da Golder assinala os resultados como S1 a S4 (segmentos da área estudada) e T1 a T4 (diferentes períodos dos resultados).

Dados desses estudos sobre os sedimentos indicam que após a avalanche da lama de rejeitos, o contaminante cádmio, por exemplo, apresentou picos de alteração de maior magnitude onde as concentrações chegam a atingir valores até cerca de uma ordem de grandeza mais elevados que os máximos históricos e/ou o nível regulatório. Desta forma, o cádmio nos sedimentos coletados estaria incluído entre os parâmetros que apresentaram picos de concentração após a chegada da pluma de rejeitos (T1) e/ou durante o pulso de precipitação da estação chuvosa de 2015/2016. Assim, em março de 2017 foi registrada uma concentração máxima de cádmio de 1,199 mg/kg. O mesmo padrão foi observado para os parâmetros arsênio, cromo, chumbo, níquel, zinco, ferro e manganês total sendo que o cromo alcançou uma concentração máxima de 78,5 mg/kg em novembro de 2015.

A gradação granulométrica do material mais leve, depositado além do leito natural desses rios, irá se constituir no “novo solo superficial” nessas áreas. Após secagem, gerou uma importante fonte secundária de emissão de particulado fino (poeira) iniciando um processo de contaminação de outros compartimentos ambientais. Em algumas localidades, como na sede do município de Barra Longa, a geração de poeira foi significativamente aumentada durante e após os procedimentos de remediação e limpeza da lama de rejeitos.

Assim, por exemplo, numa perspectiva de médio e longo prazo, deve-se considerar a alteração do solo superficial pela deposição desse particulado fino, originando dúvidas sobre a inocuidade de áreas de produção de alimentos.

O enriquecimento de metais traços nas frações mais finas dos rejeitos da mineração de ferro, pode ser comprovado por vários estudos realizados nas áreas de

domínio do quadrilátero ferrífero mineiros. Além da caracterização mineralógica, a granulometria associada à composição química e mineralógica é uma informação de grande importância para reconhecimento dos mecanismos de transporte, de deposição ou enriquecimento de contaminantes de interesse em determinados compartimentos ambientais, e, na dinâmica desses processos, a geração de rotas de exposição humana aos contaminantes.

Complementarmente, é sabido que os metais pesados se ligam de forma predominante ao material particulado em suspensão e se acumulam finalmente nos sedimentos (FÖRSTNER E MÜLLER, 1974; HÄKANSON, 1974; FÖRSTNER & PATCHINEELAM, 1976; FÖRSTNER & WITTMAN, 1983).

Já em ambiente aquático, a dissolução redutora de minerais contendo ferro poderia resultar na liberação de ferro ferroso ou divalente e, por consequência, liberar os metais pesados neles adsorvidos.

Em estudo realizado com rejeitos da Mina do Pico - VALE, considerando diferentes frações separadas por sedimentação, constatou-se que frações finas do rejeito, $D_{50}=11,9\ \mu\text{m}$, apresentaram elevadas proporções de óxido de ferro. Além disso, observou-se que as frações coloidais, $D_{50}=1\ \mu\text{m}$, indicaram maiores proporções de óxidos de ferro hidratados e alumino silicatos (SANTOS, 2010).

Vieira (2008), em análise de rejeitos da flotação mecânica da Samarco Mineração, concluiu que quanto maiores os tamanhos de partículas, maior o percentual de óxido de silício encontrado em análises químicas e mineralógicas; e quanto menores os tamanhos de partículas, maior o teor de óxido de ferro.

Corroborando com Vieira (2008), Praes, Albuquerque e Luz. (2013), em caracterização de rejeitos de colunas de flotação do tratamento do minério de ferro, concluíram que o óxido de ferro está, normalmente, associado à granulometria mais fina dos rejeitos, mais precisamente, para o caso avaliado, abaixo de $37\ \mu\text{m}$.

Wolff (2009) determinou o percentual de ferro de diferentes faixas granulométricas, separadas por peneiramento, em rejeitos de nove minas da VALE. Os resultados encontrados demonstram que os maiores teores de ferro estão relacionados às partículas de diâmetro entre 10 a $15\ \mu\text{m}$. Entretanto, altos valores de ferro também foram encontrados para as partículas com diâmetro superiores a $15\ \mu\text{m}$. Neste estudo,

os menores percentuais de ferro obtidos foram associados às partículas inferiores a 10 μm .

Dessa forma, é possível perceber que os rejeitos da mineração de ferro são compostos basicamente por óxidos de ferro, sílica e alumínio, apresentando maior percentual de ferro em suas menores frações e maiores teores de sílica em suas maiores frações.

Capítulo I: Avaliação dos dados existentes

DADOS LEVANTADOS PELA EQUIPE DE ARSH DA AMBIOS

EMPREENDIMENTO DA SAMARCO NO MUNICÍPIO DE MARIANA

As informações sobre as operações do empreendimento que serão apresentadas abaixo foram baseadas no Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA Integrado do Complexo Germano, elaborado em 2017 pela empresa Amplo Engenharia e Gestão de Projetos Ltda (AMPLO, 2017).

O empreendimento da Samarco, denominado “Complexo Germano”, está localizado nos municípios de Mariana e Ouro Preto, no estado de Minas Gerais, e está interligado ao Complexo Ubu por três minerodutos. A **Figura 1** apresenta a localização do complexo no mapa do estado de Minas Gerias.

As atividades da Samarco iniciaram em 1971, quando a Samitri e a Marcona Corporation começaram as negociações para explorarem juntas o minério itabirítico, rocha com baixo teor de ferro, que, até então, não era explorado no Brasil.

A construção da unidade de Germano iniciou em 1975 e o tratamento do minério da mina de Germano em 1977. Em 1984, as reservas lavráveis da mina de Germano foram se exaurindo e, para conferir longevidade às suas atividades, no início dos anos noventa a Samarco iniciou as operações de lavra na Mina de Alegria, também em Mariana/MG e Ouro Preto/MG.

O projeto da SAMARCO foi concebido para transportar o concentrado de minério de ferro através de mineroduto para a usina de pelotização localizada em Ponta Ubu, no município de Anchieta - ES.

Atualmente a composição acionária da SAMARCO está distribuída igualmente entre a VALE S/A e a BHP Billiton LTDA.

Entre 2011 e 2015, o total dos investimentos da Samarco no Brasil foi de R\$ 9,1 bilhões, e até o ano de 2015 cerca de 3 mil empregados diretos e aproximadamente 3 mil contratados.

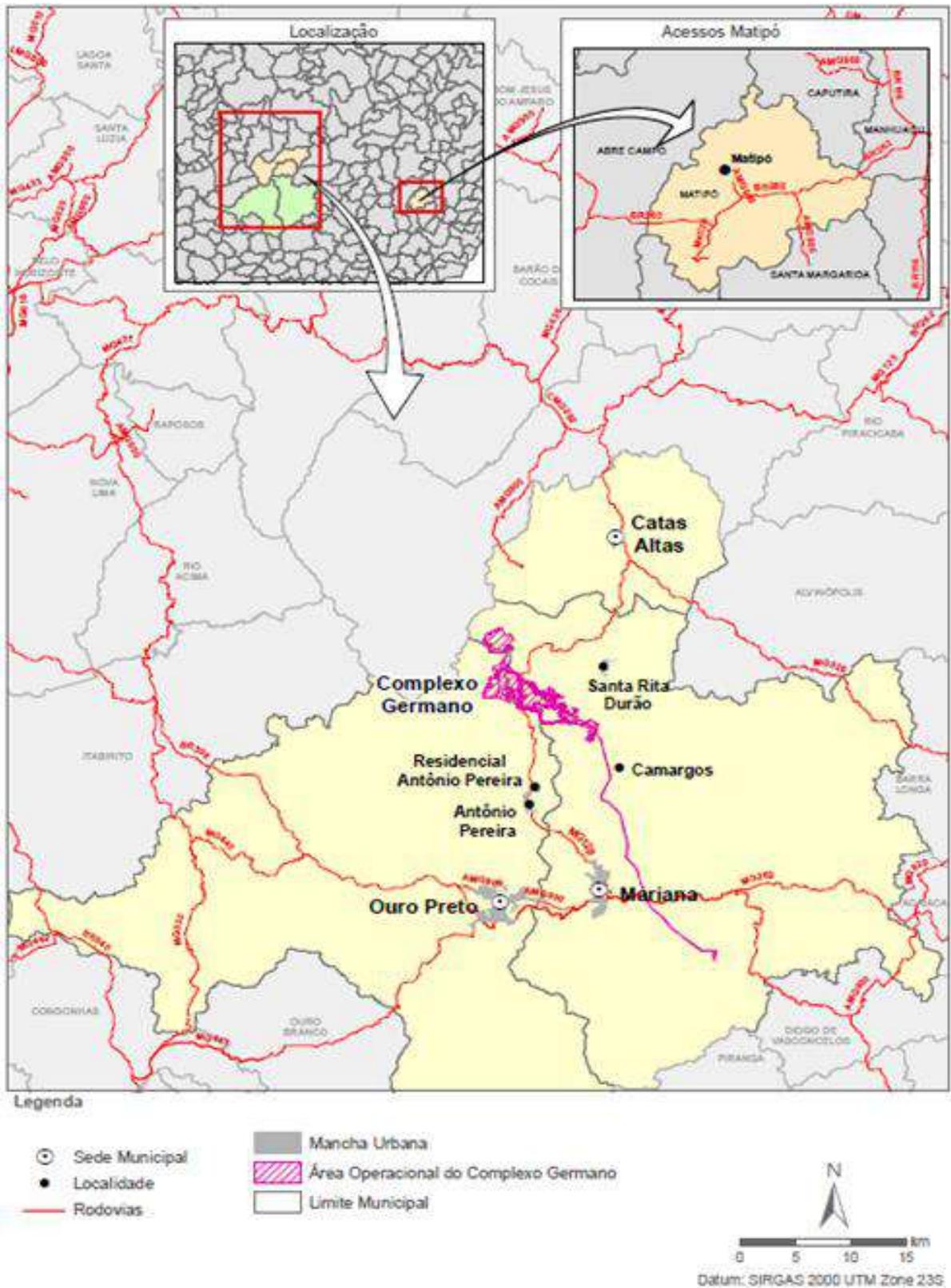


Figura 1: Complexo de Germano

Fonte: AMPLO, 2017

As operações do Complexo de Germano foram embargadas após o rompimento da Barragem de Fundão, em 05 de novembro de 2015, bem como suspensas as licenças ambientais, sendo exigido licenciamento ambiental corretivo. Para tanto foi elaborado pela Amplo (2017) o Relatório de Impacto ambiental, que distribuiu as áreas em 3 categorias apresentadas a seguir (**Figura 2**):

ADA – Área Diretamente Afetada

Corresponde ao conjunto e todo o espaço onde encontram-se implantadas as estruturas operacionais do Complexo Germano, como cavas, pilhas de estéril, barragens e diques para diferentes fins, unidades de processamento mineral, pátios, oficinas, áreas administrativas, de circulação, acessos, refeitórios, áreas de instalação de linhas de transmissão, entre outras estruturas, além das áreas onde se localizam as obras emergenciais.

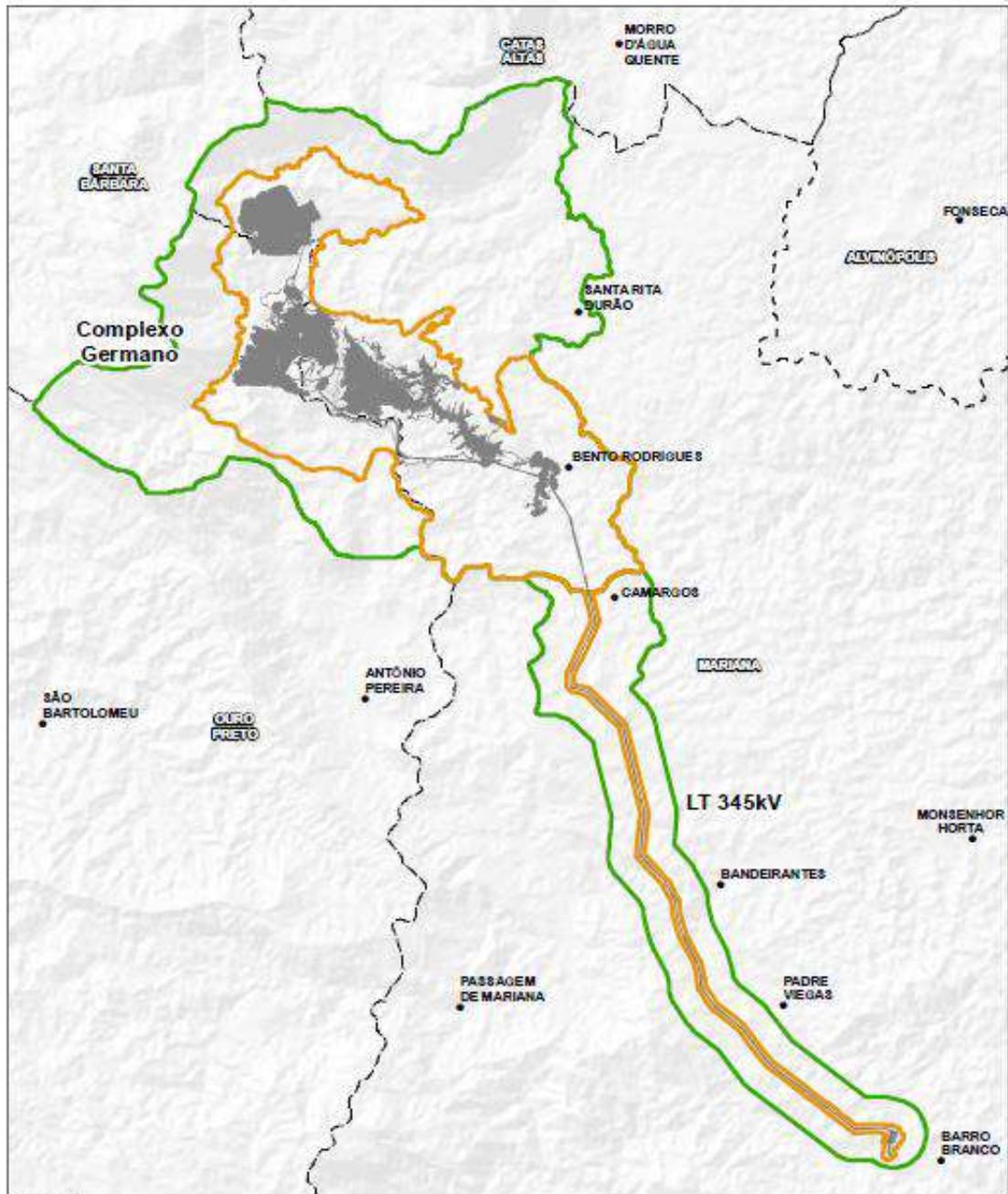
AID – Área de Influência Direta

Delimitou-se como Área de Influência Direta – AID, os domínios geográficos onde os efeitos decorrentes das operações das estruturas que compõem o Complexo Germano podem gerar alterações positivas ou negativas aos diferentes atributos do meio natural ou antrópico.

AII – Área de Influência Indireta

Definiu-se como Área de Influência Indireta o domínio geográfico sujeito às alterações dos atributos ambientais decorrentes das operações do Complexo Germano sem que ocorram alterações importantes. A AII envolve a AID, podendo ser, em alguns casos, coincidente com esta.

Mapa de Áreas de Influência do Meio Físico e do Meio Biótico



Legenda

- Localidade:
- Área Diretamente Afetada - ADA (Complexo Germano)
- Área de Influência Direta - AID
- Área de Influência Indireta - AII
- - - Limite municipal



Figura 2: Mapa de áreas de influência do Meio Físico e do Meio Biótico

Fonte: AMPLO, 2017

Estruturas do Complexo Germano

Abaixo estão apresentadas esquematicamente as estruturas e infraestruturas do Complexo do Germano, desde a mina até o porto (Figura 3).



Figura 3: Apresentação esquemática das estruturas e infraestruturas do Complexo do Germano, desde a mina até o porto.

Fonte: AMPLO, 2017

O RIMA destaca a existência de duas estações de monitoramento da qualidade do ar localizadas no distrito de Santa Rita Durão (município de Mariana/MG) e no Distrito de Antônio Pereira (município de Ouro Preto/MG), monitorando as Partículas Totais em Suspensão e Partículas Inaláveis. Porém, apresenta apenas os resultados dos dois parâmetros para a estação de Antônio Pereira, estando as partículas monitoradas em conformidade com a legislação Conama. Para a outra estação, há apenas dados de Partículas Totais em Suspensão, também dentro dos parâmetros.

Os itabiritos são as rochas que contêm o minério de ferro explorado pela Samarco. Essas rochas estão localizadas, principalmente, onde se desenvolveram as Minas do Complexo Germano (Germano, Alegria Norte e Alegria Sul).

O relatório de impacto cita a existência de sistemas de tratamento de esgotos, de tratamento de óleos, destinação de resíduos sólidos e destinação dos rejeitos do empreendimento, definidos como estéreis e lama, porém não quantifica nem qualifica esses rejeitos.

O RIMA apresenta o monitoramento de 16 pontos de água superficial, porém apenas um ponto encontra-se à jusante da barragem de Fundão, sendo os demais dentro do complexo do Germano. O relatório cita apenas que “as alterações nos parâmetros foram pontuais e 93% dos resultados registrados ao longo dos anos de monitoramento estavam dentro dos limites fixados pela legislação estadual de Minas Gerais”, porém não apresenta quais os parâmetros foram analisados, nem os resultados das análises.

Quanto às águas subterrâneas, a avaliação ocorreu em água em poços de bombeamento profundo e nascentes localizadas dentro do empreendimento, com 94% de conformidade. Mais uma vez não foram apresentados os resultados nem os parâmetros analisados.

Quanto a fauna da área de abrangência do RIMA, o relatório apresentou fotos de animais em período anterior ao rompimento, não havendo nenhum registro (escrito ou fotográfico) após o rompimento, nem comparação entre esses dois momentos (antes e depois). Os pesquisadores encontraram 14 espécies de peixes nos rios, lagos e lagoas da área de estudo do Complexo Germano. Uma espécie de peixe encontra-se ameaçada de extinção (cascudinho) e três espécies são endêmicas da bacia do rio Doce: dois tipos de cascudinhos e um tipo de acará. Porém o estudo não apresenta a ictiofauna predominante.

Diferentemente de outros estudos de EIA e RIMA o presente estudo não apresentou os dados, informações e resultados das análises químicas realizadas, tão pouco descreveu a composição da matéria bruta, rejeito e lama gerados pelo empreendimento. Essas informações são essenciais para a compreensão do processo industrial utilizado pela Samarco.

CARACTERIZAÇÃO DO DESASTRE DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO FUNDÃO

Segundo o Glossário da Defesa Civil Nacional o termo “desastre” significa o “Resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. Os desastres são quantificados, em função dos danos e prejuízos, em termos de intensidade, enquanto que os eventos adversos são quantificados em termos de magnitude. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado. Normalmente o fator preponderante para a intensificação de um desastre é o grau de vulnerabilidade do sistema receptor. Os desastres classificam-se quanto à Intensidade, Evolução e Origem” (BRASIL, 1998).

Situações de desastres, também denominadas como situação de “crise”, são fenômenos que, tanto de forma individual quanto coletiva, excedem a capacidade que temos de compreender e elaborar a situação exigindo para isso tempo e distância. (NOAL, et al.). Os desastres interrompem de forma grave o funcionamento do cotidiano de uma comunidade gerando perdas humanas, materiais, econômicas, culturais, ambientais, excedendo a capacidade da sociedade afetada de responder à situação por meio de seus próprios recursos já conhecidos e disponíveis (NOAL, et al.).

Desastres não produzem apenas mortes, enfermidades físicas e perdas materiais e econômicas, eles produzem também, uma série de afetações em saúde mental da população, decorrentes da mudança do cotidiano e de suas perdas. Produzem uma deterioração da vida das pessoas, desintegração das famílias e da comunidade, impacta as condições de vida das pessoas e deteriora o ambiente físico e social. O impacto psicossocial de um desastre resulta de vários fatores que necessitam ser considerados, dentre eles: a causa e a característica do evento, os tipos de perdas, as características individuais e o envolvimento da pessoa com a situação. Assim, para entender os impactos na população é necessário um acompanhamento da população de curto médio e longo prazo (OPAS, 2002).

O rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, gerenciada pela Samarco Mineração S.A., joint venture das empresas Vale S.A. (50%) brasileira e BHP Billiton

(50%) anglo-australiana, ocorreu por volta das 16 horas do dia 05 de novembro de 2015 no distrito de Bento Rodrigues – Mariana – MG.

O desastre, foi considerado o maior desastre socioambiental da história do Brasil, e o maior do mundo relacionado a barragens de rejeitos de mineração. Foi classificado pela defesa civil, segundo consta no relatório do Ibama, como sendo de Nível IV - “desastre de muito grande porte”. São assim classificados os desastres em que os danos causados são muito importantes e os prejuízos muito vultosos e consideráveis. Em situações como essa, os desastres não são superáveis e suportáveis pelas comunidades, mesmo quando bem informadas, preparadas, participativas e facilmente mobilizáveis, a menos que recebam ajuda de fora da área afetada. Nessas condições, a localidade necessita da mobilização e da ação coordenada dos três níveis do Sistema Nacional de Defesa Civil — SINDEC e, em alguns casos, de ajuda internacional para o restabelecimento da situação de normalidade (BRASIL, 1998).

Segundo consta no Laudo técnico Preliminar do IBAMA de 2015, a barragem continha 50 milhões de m³ de rejeitos de mineração de ferro, sendo que desse montante, trinta e quatro milhões de m³ foram lançados no meio ambiente, e o restante, à época continuava a ser lançado lentamente.

O material do rejeito segundo informação do site da Samarco é composto por minério de ferro, areia e água. O resíduo foi classificado como não perigoso e não inerte para ferro e manganês, pois afirmavam estar em conformidade com a NBR 10.004. (IBAMA, 2015). No entanto, segundo monitoramento emergencial realizado pelo IGAM e o IEMA, foram encontrados após o desastre, concentrações acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005, de metais como arsênio, cádmio, chumbo, cobre dissolvido, cromo, mercúrio e níquel.

A Tabela 1, a seguir, faz um comparativo entre as concentrações máxima analisadas após o rompimento e os picos históricos registrados nas estações de monitoramento.

Tabela 1: Concentrações máximas registradas de metais pesados no trecho mineiro do Rio Doce

Parâmetro	Estação	Antes do Evento		Após o evento		Limite Classe 2 (mg/L)
		Valor máximo (mg/L)	Data	Valor máximo (mg/L)	Data	
Arsênio total	RD033	0,01	11/03/1998	0,108	08/11/2015	<0,01
Cádmio total	RD059	0,0012	20/08/2001	0,0346	18/11/2015	<0,001
Chumbo total	RD035	0,023	17/02/2000	1,65	08/11/2015	<0,01
Cobre dissolvido	RD019	0,411	08/07/2009	0,675	07/11/2015	<0,009
Cromo total	RD033	0,07	28/03/1999	2,863	08/11/2015	<0,05
Mercurio total	RD072	0,2	14/04/2010	0,293	18/11/2015	<0,0002
Níquel total	RD023	0,014	28/03/1999	2,28	07/11/2015	<0,025

Fonte: Elaborado a partir de dados do IGAM

Todo esse material tem potencial de causar danos à saúde humana, deteriorar a qualidade da água de mananciais, destruir manguezais, vegetações ciliares e outros habitats naturais, asfixiar espécies aquáticas, eliminar micro-organismos, soterrar seres vivos e assorear excessivamente as adjacências dos rios (JOHAS, 2017).

A lama de rejeitos resultante do rompimento da barragem avançou pela planície arrastando a vegetação e substrato que agravaram ainda mais os danos provocados nas comunidades, nos moradores, na fauna e flora do entorno de Mariana. Além dos inúmeros bens materiais, construções, instalações e vidas destruídas diretamente pela lama, gerou-se também um passivo socioeconômico e ambiental à população que viviam às margens do rio Doce. E diversos são os setores afetados: indústria, pesca, comércio, serviços, agricultura, pecuária e turismo (JOHAS, 2017).

De acordo com estimativas do laudo do IBAMA, a lama destruiu cerca 1.469 hectares ao longo de 77 km de cursos de água, incluindo áreas de preservação permanente causando graves danos socioeconômicos e ambientais. As áreas mais impactadas fazem parte de microrregião que abrange os municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce, e Santa Cruz do Escalvado. Dois subdistritos de Mariana e uma comunidade de Barra Longa foram soterrados: Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo (Mariana) e Gesteira (Barra Longa) (IBAMA, 2015).

Inicialmente a lama alcançou a barragem de Santarém causando seu galgamento e forçando a passagem de uma onda de lama que percorreu 55km no rio Gualaxo do Norte até desaguar no rio do Carmo. No rio do Carmo a lama percorreu mais 22 km até

encontrar o rio Doce. Por meio desse curso os rejeitos foram carregados até a foz no Oceano Atlântico, chegando no município de Linhares, no estado do Espírito Santo, 16 dias posteriores ao rompimento, no dia 21 de novembro de 2015, totalizando 663,2 km de corpos hídricos diretamente impactados (IBAMA 2015).

Para a recuperação e reparo dos danos causados pelo desastre, foi criada em 2016, uma entidade independente e sem fins lucrativos chamada de Fundação Renova, estabelecida por meio de um Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC), assinado entre Samarco, Vale e BHP, os governos federal e dos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, além de uma série de autarquias, fundações, e institutos como Ibama, Instituto Chico Mendes, Agência Nacional de Águas, Instituto Estadual de Florestas, Funai, Secretarias de Meio Ambiente, Ministério da Saúde, dentre outros.

A fundação tem como objetivo implementar e gerir programas de reparação e reconstrução das áreas afetadas pelo desastre. O seu controle é realizado por representantes de governos, órgãos ambientais e sociedade civil e possui 3 agendas prioritárias: retirada da lama do rio; restauração das áreas devastadas pelo desastre e lidar com os desafios da governança pública (JOHAS, 2017).

Descrição dos danos causados pelo desastre

O rompimento da barragem de Fundão atingiu 680 km de corpos d'água nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo gerando impactos ambientais e sociais a regiões estuarinas do Rio Doce e regiões costeiras e marinha (TTAC, 2016).

O desastre causado pelo rompimento da barragem do Fundão, Mariana/MG, produziu severos impactos no território da bacia do rio Doce, localizada nos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, até sua foz no Oceano Atlântico (ANA, 2016). Os impactos observados são de diversas ordens tais como: econômicos, ambientais, sociais, culturais, perdas físicas, mortes de pessoas, de animais, danos à circulação/mobilidade das cidades, danos na distribuição de água, deterioração do modo de vida das pessoas, incluindo trabalho, devastação de localidades e a consequente desagregação dos vínculos sociais das comunidades gerando importante impacto nos aspectos psicossociais das populações atingidas. De acordo com o Laudo Técnico Preliminar sobre os impactos ambientais decorrentes do desastre realizado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama, os danos causados pelo

rompimento da barragem envolvem áreas de preservação permanente, impactos à icitiofauna, à fauna, impactos socioeconômicos e à qualidade da água.

Ao todo, quarenta municípios foram afetados direta ou indiretamente, seja por terem sido parcial ou completamente destruídos pela passagem dos rejeitos, pelo comprometimento do abastecimento de água ou por prejuízos às suas atividades econômicas como pesca, pecuária agricultura, dentre outros (JOHAS, 2017). Além disso, foram contabilizadas 19 vítimas fatais em decorrência ao acidente sendo, catorze trabalhadores e cinco moradores do distrito de Bento Rodrigues, (BRASIL & SEGUR, 2016).

Um dos impactos, no trajeto percorrido nos trechos de cabeceira, situados à montante do reservatório da UHE Risoleta Neves (Candongá), foi a supressão da vegetação marginal devido a erosão ocorrida pela onda de inundação. Quantidades expressivas de rejeito foram depositadas na calha do rio, principalmente na área de transição com o reservatório (ANA, 2016).

Outros impactos referem-se ao desalojamento de populações, à destruição de estruturas públicas e privadas (edificações, pontes, ruas etc.), à destruição de áreas agrícolas e pastos, com perdas de receitas econômicas, à interrupção da geração de energia elétrica pelas hidrelétricas atingidas (Candongá, Aimorés e Mascarenhas), à destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa de Mata Atlântica, à mortandade de biodiversidade aquática e fauna terrestre, ao assoreamento de cursos d'água, à interrupção da pesca por tempo indeterminado, à interrupção do turismo, à perda e fragmentação de habitats, à restrição ou enfraquecimento dos serviços ambientais dos ecossistemas e à alteração dos padrões de qualidade da água doce, salobra e salgada (IBAMA, 2015).

Impactos Ambientais

Impactos à vegetação natural

Dados do laudo produzido pelo IBAMA apontam para a devastação de matas ciliares remanescentes (fragmentos/mosaicos), soterramento de vegetação de menor porte do sub-bosque e supressão de vegetação arbórea. Com a derrubada das árvores pela força da onda provocada pelo rompimento da barragem e a sedimentação sobre a

serapilheira e seus bancos de sementes, as matas de galeria atingidas pelo desastre tiveram sua resiliência e processos de sucessão comprometidos (IBAMA, 2015).

Impactos à Biota

O laudo do IBAMA apontou que definitivamente houve impactos sobre as espécies nativas da fauna. Tal impacto se deu principalmente na capacidade de locomoção e de adaptação dos animais a ambientes adjacentes. Aponta impactos sobre as populações locais da herpetofauna. Quanto as populações locais de avifauna, o impacto pode ser menor em decorrência da capacidade de deslocamento ágil. Em relação aos mamíferos, é provável que as populações de animais fossoriais e de porte reduzido tenham sido dizimadas nos locais onde as margens foram tomadas pela lama (IBAMA, 2015).

O impacto na ictiofauna foi severo, por diversos motivos citados a seguir:

- fragmentação e destruição de habitats;
- contaminação da água com lama de rejeitos;
- assoreamento do leito dos rios;
- soterramento das lagoas e nascentes adjacentes ao leito dos rios;
- destruição da vegetação ripária e aquática;
- interrupção da conexão com tributários e lagoas marginais;
- alteração do fluxo hídrico;
- impacto sobre estuários e manguezais na foz do Rio Doce;
- destruição de áreas de reprodução de peixes;
- destruição das áreas “berçários” de reposição da ictiofauna (áreas de alimentação de larvas e juvenis);
- alteração e empobrecimento da cadeia trófica em toda a extensão do dano;
- interrupção do fluxo gênico de espécies entre corpos d’água;
- perda de espécies com especificidade de habitat (corredeiras, locas, poços, remansos, etc.);
- mortandade de espécimes em toda a cadeia trófica;
- piora no estado de conservação de espécies já listadas como ameaçadas e ingresso de novas espécies no rol de ameaçadas;
- comprometimento da estrutura e função dos ecossistemas; e
- comprometimento do estoque pesqueiro.

Os efeitos sobre a biodiversidade aquática podem variar conforme o nível trófico e fisiologia dos organismos. O aumento da turbidez impede a entrada de luz solar na água, o que inviabiliza a fotossíntese afetando os organismos aquáticos produtores, à saber: fitoplâncton, perifíton, e macrófitas aquáticas submersas (IBAMA, 2015). As consequências à comunidade aquática podem se agravar ou não dependendo da permanência dos sedimentos no ambiente, da resiliência dos produtores primários afetados e da importância dessa produção endógena na cadeia trófica aquática como um todo. Em relação aos organismos aquáticos consumidores, a quantidade de sólidos em suspensão no corpo d'água provoca o colapamento das brânquias, levando-os à morte por asfixia. É necessário considerar também que muitos organismos foram simplesmente soterrados, em virtude da força que a lama atingiu os rios e da densidade do rejeito.

Por fim, é possível concluir que o nível de impacto foi profundo ao longo de diversos estratos ecológicos, que é impossível estimar um prazo de ressurgimento da fauna local visando o reequilíbrio das espécies na bacia do rio Doce (IBAMA, 2015).

Impactos a recursos hídricos e Impactos à qualidade da água

O principal impacto nos recursos hídricos, devido a passagem da pluma de rejeitos, foi o aumento do nível de turbidez da água em todo o rio Doce. A passagem do pico da pluma de sedimentos durou aproximadamente 5 dias, mas o tempo, durante o qual os níveis de turbidez ficaram acima de 1.000 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) em cada trecho do rio Doce, foi superior a 30 dias.

Diante disso, ocorreu a interrupção total ou parcial do abastecimento de água de 12 cidades que captam água diretamente no rio Doce, entre elas: Alpercata, Governador Valadares, Tumiritinga, Galiléia, Resplendor, Itueta e distrito de Aimorés, em Minas Gerais e; Baixo Guandu, Colatina e distrito de Linhares, no Espírito Santo. Estimativa realizada pelo IBAMA é de que essa interrupção afetou cerca de 424.000 pessoas.

O reabastecimento público aconteceu de forma gradativa após as adaptações nas estações de tratamento de água. Além disso, 143 captações de água outorgadas pela ANA podem ter sido impactadas, sendo 88 para fins industriais, 46 para fins de irrigação, 3 para criação de animais, e 6 para outros usos (ANA, 2016).

Além dos impactos na qualidade da água, o rompimento da Barragem de Fundão provocou:

- prejuízos à agricultura (irrigação);
- impactos na pesca;
- impactos na irrigação e pecuária;
- impactos na balneabilidade;
- prejuízos à indústria e demais atividades econômicas que dependem da qualidade da água dos corpos hídricos atingidos;
- prejuízos à produção de energia nas hidrelétricas;
- comprometimento da pesca em toda a extensão do rio e na transição com o ambiente marinho;
- comprometimento do turismo, sobretudo na região do estuário do Rio Doce;
- destruição de áreas de preservação permanente nos trechos de cabeceira
- assoreamento dos corpos hídricos;
- alterações morfológicas dos corpos hídricos atingidos;
- mortalidade de peixes e de outros organismos aquáticos;
- perturbações do equilíbrio dos ecossistemas aquáticos; e
- impactos na Atividade Industrial.

Possíveis Impactos de Médio e Longo Prazo

Os impactos ambientais causados pelos rejeitos remanescentes na Bacia do Rio Doce não se restringem aos danos avaliados nos dias ou meses subsequentes ao evento.

Os rejeitos de mineração, por se tratarem de material inerte, sem matéria orgânica, podem afetar o solo à longo prazo, causando desestruturação química e afetando seu pH. Essa alteração poderá dificultar a recuperação e o desenvolvimento gradativo de espécies que ali viviam, podendo alterar, a vegetação local, com o estabelecimento de ecossistemas diferentes dos originais. A recuperação dos ecossistemas de cada trecho atingido, irá depender de sua capacidade de resiliência (capacidade que um ecossistema perturbado/degradado possui de retornar,

naturalmente, às suas características originais, ou o mais próximo possível, sem intervenção humana) (IBAMA, 2015).

Em relação à qualidade da água, é importante ressaltar que, apesar da tendência de retorno às condições anteriores dos parâmetros analisados, as perturbações impostas aos ecossistemas aquáticos afetados deixaram um passivo significativo no Rio Doce. Segundo o Encarte Especial sobre a Bacia do Rio Doce Rompimento da Barragem em Mariana/MG, grande parte do material vazado com o rompimento da barragem ainda se encontra depositado nos corpos hídricos, podendo comprometer de maneira real ou potencial diversos usos da água (ANA, 2016).

Conforme mencionado anteriormente, o grande volume de rejeitos acumulados nos corpos hídricos atingidos, afeta o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos, comprometendo fauna, flora e serviços ecológicos como, por exemplo, o processo de autodepuração. Toda a matéria remanescente, tende a se deslocar rio abaixo, acompanhando os eventos hidrológicos (cheias), ou a partir de intervenções destinadas à remoção e contenção dos rejeitos, impactando na qualidade da água ao longo do tempo. Isto explicaria as alterações no aspecto do rio Doce, principalmente em termos de coloração, turbidez e deposição de sedimentos, ainda visíveis em avaliações realizadas meses após o rompimento da barragem.

É difícil prever com precisão e detalhamento os impactos do desastre sobre a qualidade da água do rio Doce em médio e longo prazos. Assim, a coleta de dados a partir do monitoramento de parâmetros específicos e o desenvolvimento de novos estudos, incluindo biomonitoramento e ensaios ecotoxicológicos, são fundamentais para determinar possíveis impactos adicionais do desastre sobre a qualidade da água (ANA, 2016).

Danos à Infraestrutura física

Conforme mencionado anteriormente, seis localidades no município de Mariana apresentaram danos em edificações e elementos de infraestrutura, são elas: Bento Rodrigues, Camargos, Bicas, Gama, Paracatu de Baixo e Pedras. Bento Rodrigues, subdistrito do distrito de Santa Rita Durão, foi soterrado pela avalanche de água, lama e detritos produzida com o rompimento da barragem (ANA, 2016).

CARACTERIZAÇÃO SÓCIO DEMOGRÁFICA

MARIANA

História e localização

O município de Mariana situa-se na vertente sul da Serra do Espinhaço, na Zona Metalúrgica de Minas Gerais, conhecida como Quadrilátero Ferrífero, a 697 metros de altitude. Faz limite com os municípios de Ouro Preto, Barra Longa, Diogo de Vasconcelos, Acaiaca, Piranga, Catas Altas e Alvinópolis. Dista cerca de 12 km de Ouro Preto e 110 km de Belo Horizonte. Situa-se na Bacia do Rio Doce (Figura 4), banhada pelo Rio do Carmo, que possui dois afluentes: Gualaxo do Norte e Gualaxo do Sul. A altitude máxima chega a 1.772 m no Pico do Itacolomi.

Mariana, primitivamente Ribeirão do Carmo, foi a primeira entre as cidades surgidas por efeito das expedições de bandeirantes paulistas, que a partir da última década do século XVII, rumaram à Minas Gerais em busca de ouro. A fundação de Mariana data do final do século 17 em 16 de julho de 1696. Atualmente possui área total de 1.194,208 km². A Figura 4 mostra uma vista geral do município.

Em 1945, o presidente Getúlio Vargas concedeu ao município o título de Monumento Nacional, por seu “significativo patrimônio histórico, religioso e cultural” e pela ativa participação na vida cívica e política do País. Além de ser um dos municípios mais importantes do Circuito do Ouro, parte integrante da Trilha dos Inconfidentes e da Estrada Real, Mariana tem a economia fundamentada na extração de minérios (ouro e ferro) e um pouco no turismo (UNICAMP, 2018).

Além de guardar relíquias e casarios coloniais que contam parte da história do país, em Mariana nasceram personagens representativos da cultura brasileira. Entre eles estão o poeta e inconfidente Cláudio Manuel da Costa, o pintor sacro Manuel da Costa Ataíde e Frei Santa Rita Durão, autor do poema “Caramuru”.

A cidade lidera o ranking da preservação do patrimônio histórico e cultural em meio a 788 municípios com 66,28 pontos, divulgado pelo ICMS Cultural de 2018, do Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico (Iepha-MG), vinculado à Secretaria da Cultura do Governo do Estado.

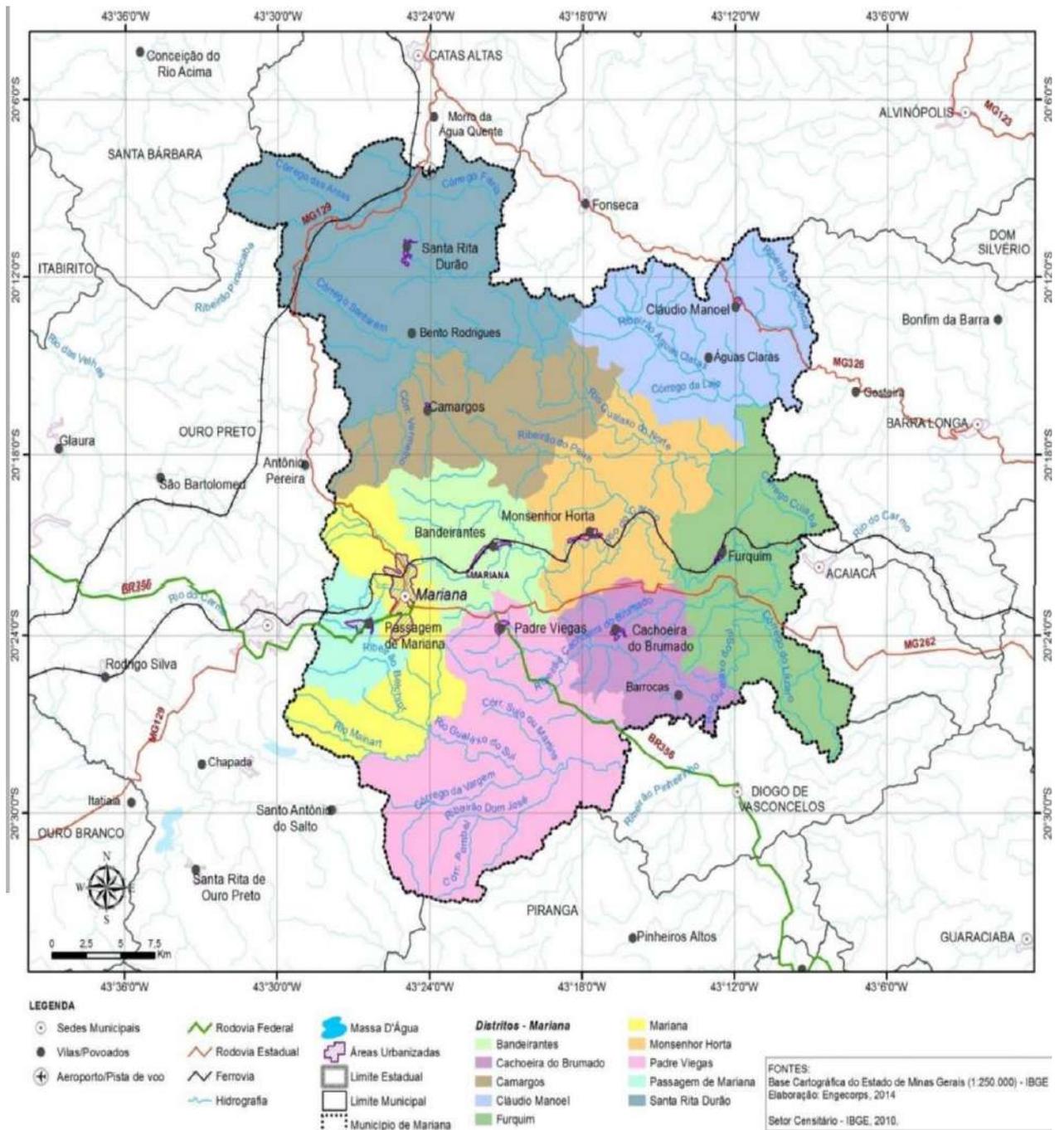


Figura 4: Distribuição dos distritos de Mariana

Fonte: Bases Cartográficas do Estado de Minas Gerais (IBGE);
 Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010). Elaboração ENGECORPS, 2014.

O município de Mariana possui nove distritos que desenvolvem atividades econômicas e manifestações culturais: Santa Rita Durão, Monsenhor Horta, Camargos, Bandeirantes (Ribeirão do Carmo), Padre Viegas (Sumidouro), Claudio Manoel, Furquim, Passagem da Mariana e Cachoeira do Brumado (UNICAMP, 2018). Suas principais características sócio-culturais são apresentadas abaixo.

Santa Rita Durão

Possui 2 subdistritos: Alegria e Bento Rodrigues. Este distrito possui como atrativos naturais e culturais a Matriz de Nossa senhora de Nazaré (Tombamento: Processo nº356 – T, Inscrição nº 240, Livro Histórico, Folhas 40, e Inscrição nº 306, Livro Belas Artes, folhas 64. Data: 05/07/1945) (IPHAN, 2018).

Também sob o processo de tombamento nº 357 – 1, Inscrição nº 307, Livro de Belas-Artes, Fis, 64, e inscrição nº 241, Livro Histórico, Fis, 40. Data: 05/11/1945, tem-se a Igreja de Nossa Senhora do Rosário.

Também patrimônio tombado, a Casa com Rótulas, na Rua do Rosário, em Santa Rita Durão foi presumivelmente construída em fins do século XVIII ou início do XIX, constituindo-se em um dos raros exemplares remanescentes de casa urbana. O imóvel foi doado pelos seus proprietários à União, por escritura datada de 14 de maio de 1947. Trata-se de um imóvel residencial, tendo como divisas o córrego Catavela de um lado, uma propriedade particular do outro e, aos fundos, o rio Piracicaba. É uma construção de madeira e taipa, com cobertura em telha canal quatro águas, beiral em cachorros. A fachada é simples, com porta de entrada e três janelas com rótulas. Tombamento: Processo nº 348-T, Inscrição nº 438, Livro Belas-Artes, Fls, 76. Data: 02/12/1950.

Bento Rodrigues, subdistrito que foi importante centro de mineração do século XVIII foi completamente destruído no rompimento da barragem, em 2015. Seu nome foi dado em homenagem ao bandeirante português que esteve na região por volta de 1798 e que deu origem ao povoado. Havia uma população de 600 pessoas que habitavam aproximadamente 200 casas.

Um dos principais pontos turísticos da região era a Cachoeira do Ouro Fino – uma queda d’água de 15 metros, com lago de 5m x 3m e profundidade máxima de 1,5m –, no

Rio Gualaxo do Norte. Tinha ainda duas igrejinhas: Nossa Senhora das Mercês e São Bento, construídas no século 18, e que abrigavam importante acervo de arte sacra.

A população de Bento Rodrigues costumava festejar sempre no último final de semana de julho, a Festa de São Bento, padroeiro do subdistrito, além da Festa de Nossa Senhora das Mercês. Havia ainda o Coral do Bento, que se apresentava nas festividades locais e regionais (UNICAMP, 2018).

Até 2015, a mineração era responsável por movimentar sua economia, além da agricultura familiar e de subsistência realizada às margens de seu principal rio, o Gualaxo do Norte – com destaque para a produção da geleia de pimenta biquinho, que se tornou um símbolo da região após a abertura de uma cooperativa empreendida por um grupo de mulheres locais (RENOVA, 2019a).

Em maio de 2016, representantes das 226 famílias do subdistrito desabrigadas escolheram, por unanimidade, o terreno na localidade Lavoura para a reconstrução de Bento Rodrigues. A área que vai abrigar o novo subdistrito de Bento Rodrigues tem 350 hectares e está localizada na rota da Estrada Real, a cerca de 8 quilômetros de Mariana e a 9 quilômetros do antigo distrito de Bento Rodrigues.

Monsenhor Horta

Um dos tesouros do distrito é a igreja matriz de São Caetano, construção do século XVIII (1742). Com estilo colonial, é ricamente decorada. Seu primeiro vigário foi o padre Caetano Lopes Pereira. Ao então distrito de São Caetano, em 31 de dezembro de 1943, foi dado o nome de Monsenhor Horta, em homenagem ao Monsenhor José Silvério Horta. A igreja foi tombada em 1953 e, em seu interior, está sepultado o bandeirante Salvador Fernandes Furtado de Mendonça, fundador da cidade de Mariana (PREFEITURA, 2015).

Dados do IBGE mostraram que sua população no ano de 2010 era de 1.740 habitantes, sendo 851 homens e 889 mulheres, possuindo um total de 615 domicílios particulares. Foi criado pela lei provincial nº 50, de 8 de abril de 1836, então com o nome de São Caetano. Pelo Decreto-lei estadual nº 1058, de 31 de dezembro de 1943, passou a ter sua denominação atual Subdistritos: Paracatu de Baixo, Paracatu de Cima e Ponte do Gama.

Atrativos culturais e naturais, listados na página web de Mariana – MG: (PREFEITURA, 2018a)

- Igreja Matriz de São Caetano (século XVIII);
- Capela de Nosso Senhor dos Passos;
- Estação Ferroviária; e
- Casario colonial.

Ensaios da Sociedade Musical São Caetano eram realizados todos os sábados à tarde em sua sede, Rua Raimundo Assis Ventura. No carnaval, era costume encontrar pelas ruas do local um ‘Borreiro’, tradição local na qual o folião faz uma rústica máscara de papel e, irreconhecível, sai pelas ruas para assustar os moradores.

Ponte das Crioulas: distante 7 km de Monsenhor Horta, na estrada que liga ao subdistrito de Ponte do Gama. Muito frequentada no verão para atividades recreativas (nadar e pescar).

No subdistrito de Paracatu de Baixo, a casa da Folia de Reis do Menino Jesus foi identificada como uma das mais atuantes do município, pela recepção de todos os que os procuram com manifestações de fé. Anualmente, em datas móveis, se reuniam em um grande almoço de confraternização, em que a comunidade era mobilizada a receber os visitantes.

Manifestações culturais realizadas em Monsenhor Horta (PREFEITURA, 2018a):

- Festa do Padroeiro;
- Semana Santa;
- Festa do Divino;
- Festa de São Vicente;
- Festa de São Francisco;
- Festa de Nossa Senhora Aparecida;
- Festa de Nossa Senhora da Conceição; e
- Ensaio da Orquestra Mirim de Flautas.

Após o desastre ocorrido em 2015, houve a destruição parcial dos subdistritos de Monsenhor Horta. Em Paracatu de Baixo apenas dez casas, localizadas no alto do distrito, resistiram à tragédia. Segundo o Ministério Público Estadual (MPE), cerca de 90 pessoas continuam nas comunidades afetadas pela lama da barragem rompida. As famílias já foram notificadas pelo órgão e assinaram um termo sobre o risco que correm.

Com 65% dos votos válidos, os representantes de 103 famílias de Paracatu de Baixo (distrito de Mariana) elegeram, em setembro de 2016, o terreno “Lucila” para a reconstrução do distrito impactado pelo rompimento da barragem de Fundão (SAMARCO, 2018).

Camargos

Em 1711, os irmãos Tomáz Lopes de Camargos, João Lopes de Camargos e Fernando Lopes de Camargos encontraram um ribeirão aurífero, onde se estabeleceram originando-se assim o povoado de Camargos. O distrito está situado ao norte, perto da Serra do Caraça e a 19 km de sua sede, Mariana. Possui como subdistritos Bicas, distante a 15 km; e também Fundão, a 14 km.

De acordo com o Censo de 2010, sua população era de 83 habitantes, sendo 39 homens e 44 mulheres, possuindo um total de 76 domicílios particulares. Como atrativos culturais e naturais, são listados:

- Igreja de Nossa Senhora da Conceição: sua construção é datada da primeira metade do século XVIII, Tombamento: Processo nº 410 - T, Inscrição nº34 1, Livro Belas-Artes, folhas 70 - data: 06/12/1949. Cruzeiro e Casas de estilo Colonial.
- Cachoeira de Camargos: queda de 3 metros e pequenos lagos propícios a banhos, com profundidade máxima de 1,5 metro. Localiza-se a cerca de 1km do centro de Camargos, seguindo sempre pelo acesso principal, em direção a Bento Rodrigues.

Como manifestações culturais, seu povoado realiza a Festa da Padroeira Nossa Senhora da Conceição e a Festa de Santa Cruz. O rompimento da barragem do fundão arrastou uma ponte sobre o Rio Gualaxo do Norte que fazia a ligação da comunidade de Camargos com Bento Rodrigues. Esta ponte era parte da Estrada Real e percurso tradicional de ciclistas, motociclistas, jipeiros e turistas, que tiveram de mudar de rota.

Bandeirantes

De acordo com o IBGE, sua população no ano de 2010 era de 764 habitantes, sendo 390 homens e 374 mulheres, possuindo um total de 418 domicílios particulares. Como atrativos culturais e turísticos, são listados:

- Igreja de São Sebastião (século XVIII);
- Capela de Santa Teresa de Ávila (século XVIII);
- Centro Presidente Pedro Aleixo; Prédio da Estação Ferroviária;
- Estufas da Horta Orgânica Comunitária;
- Cachoeira dos Rolas: queda d'água de 15 metros; e
- Casa da Tia Marta: pesque e pague e venda de licor artesanal.

Manifestações culturais:

- Festa do Padroeiro São Sebastião em 20 de janeiro;
- Festa de Santa Teresa de Ávila em 15 de outubro; e
- Cavalgada de Bandeirantes: no mês de outubro.

Padre Viégas

Distrito criado pelo Decreto-lei estadual nº 148, de 17 de dezembro de 1938, então com o nome de Mainart. Pela lei estadual nº 336, de 27 de dezembro de 1948, passou a ter sua denominação atual. Sua população no ano de 2010 era de 2.002 habitantes, sendo 1.009 homens e 993 mulheres, possuindo um total de 751 domicílios particulares.

Possui como subdistritos: Vargem, Engenho, Serra do Lico, Serra do Carmo, Mainart e Barro Branco.

Atrativos Culturais e Naturais:

- Igreja Nossa Senhora do Rosário (século XVIII);
- Capela de Nossa Senhora do Rosário dos Pretos (século XVIII);
- Alambique Duas Gotas: localizado no Sítio Terra Nostra, a 2 km de Padre Viegas;
- Cachoeira das Gaivotas: distante 17 km de Passagem de Mariana. Cercada por mata nativa tem queda de 4,5 metros; e
- Castelinho: conjunto de rochas de hematita que dão a impressão de um castelo.

Os paredões de pedras medem de 5 a 55 metros de altura.

Manifestações Culturais

- Festa da Padroeira Nossa Senhora do Rosário, no mês de outubro; e
- Festa da Corporação Musical Sagrado Coração de Jesus, no mês de julho ou agosto, com novena, missas, procissão da bandeira do Sagrado Coração, repiques de sinos, fogos, bingos, show popular e barraquinhas de comidas e

bebidas, retreta com a corporação aniversariante e outras bandas convidadas. Há ainda eleição da Rainha da Banda e o desfile do Bandão (formado por todas as bandas presentes) pelas ruas da comunidade e almoço festivo para mais de 300 pessoas. (PREFEITURA, 2018b)

Claudio Manoel

Sua população no ano de 2010 era de 1.161 habitantes, sendo 591 homens e 570 mulheres, possuindo um total de 612 domicílios particulares. Sub-distritos: Águas Claras; Campinas; Padre Ribas e Caldereiro.

Atrativos Culturais e Naturais:

- Igreja Matriz de São Sebastião
- Igreja Nossa Senhora das Neves;
- Casa Paroquial;
- Casario colonial;
- Grutas de Furnas - localizadas dentro da propriedade do Sr. Nilo Ferreira, a primeira gruta tem 120 metros de extensão e estalactites em processo de formação, a segunda é um complemento da primeira, com dois salões unidos por um pequeno túnel de cerca de 1 metro de diâmetro. É muito escura - a visita só é possível com lanternas especiais;
- Complexo de Cachoeiras do Dico Saninha;
- Cachoeira do O: localizada no subdistrito de Águas Claras, tem queda d'água de 6 metros e a maior praia da região com 50 metros de comprimento e 20 metros de largura; e
- Serra do Côco: belo mirante utilizado para piqueniques com atividades variadas, sob orientação do grupo de jovens local.

Manifestações Culturais:

- Festa do padroeiro São Sebastião;
- Festa de São José;
- Semana Santa;
- Mês de Maria;
- Festa do Santo Cruzeiro;
- Festa do Divino;

- Sagrado Coração de Jesus;
 - Santo Antônio de Catigerá;
 - Festa de Nossa Senhora das Neves;
 - São Vicente de Paulo;
 - Festa de Nossa Senhora do Rosário;
 - Festa de Nossa Senhora da Conceição;
 - Natal, e data de fundação do Distrito; e
 - Festas Populares: Carnaval, Festa Junina;
- (PREFEITURA, 2018b)

Furquim

Sua população, de acordo com o último censo populacional no ano de 2010 era de 1.656 habitantes, sendo 833 homens e 823 mulheres, possuindo um total de 729 domicílios particulares. Foi criado pela Lei-provisão de 16 de fevereiro de 1718. O distrito se localiza à 23km do centro de Mariana e é conhecido pela arte de pedra sabão.

Possui como subdistritos: Cuiabá, Pedras, Margarida-Viana, Paraíso, Constantino, Goiabeiras, Crasto (PREFEITURA, 2018b).

Atrativos culturais e naturais:

- Igreja Matriz de Bom Jesus do Monte (século XVIII);
- Capela de Nossa Senhora do Carmo (século XVIII);
- Cruzeiro de pedra datado de 1755, em frente à Igreja Matriz;
- Casario colonial;
- Estação Ferroviária;
- Encontro das águas dos rios Ribeirão do Carmo e Gualaxo do Sul;
- Fonte da Gameleira;
- Pedra do Urubu;
- Cachoeira de Rosa, queda de 27 metros localizada no subdistrito de Pedras, a 6 km de Furquim, na estrada de terra batida que liga Cuiabá a Pedras; e
- Cachoeira do Jadir e Cachoeira do Pedro, ambas localizadas no subdistrito de Cuiabá.

Manifestações culturais:

- Festa de 1º de janeiro, reúne três comemorações: Dia do Padroeiro, festa do furquinhense ausente e a tradicional festa de virada de ano. Há uma programação religiosa com novena, missa solene e uma programação popular com shows, barraquinhas de comidas e bebidas, espetáculos pirotécnicos e leilão;

- Festa do Divino: ritual em que o provedor da festa é o imperador e desfila coroado pelas ruas, cercado de pajens e acompanhado pela banda de música e pelos moradores; e

- Festa da Virgem do Carmelo, em 16 de julho, quando as famílias vão até a capela de Nossa Senhora do Carmo e recebem um pó brilhante em suas roupas e as levam para casa, como se fosse uma chuva de graças e bênçãos (PREFEITURA, 2018b).

Passagem de Mariana

Distrito mais próximo à Mariana – 5km. Sua população no ano de 2010 era de 3.627 habitantes, sendo 1.768 homens e 1.859 mulheres, possuindo um total de 1 186 domicílios particulares (IBGE,2010). Foi criado pelo decreto estadual nº 155, de 26 de julho de 1890, então com o nome de Passagem. A partir do Decreto-lei estadual nº 148, de 17 de dezembro de 1938, passou a ter sua denominação atual (PREFEITURA, 2018).

Atrativos Culturais e Naturais:

- Igreja de Nossa Senhora da Glória;
- Capela de Santa Gertrudes (construída com pedras retiradas das minas de ouro);
- Passos da Crucificação;
- Mina da Passagem: maior mina de ouro aberta à visitação no mundo. A descida para as galerias subterrâneas é feita através de um trolley. A área da mina possui restaurante, loja de artesanato, arborismo e museu com peças do ciclo do ouro;
- Cachoeira da Serrinha: área dentro do parque estadual do Itacolomi com várias lagoas rasas, médias e profundas;

- Cachoeira do Matadouro: pela Rua da Praia atinge-se esta cachoeira que tem três quedas d'água;
- Complexo de Cachoeiras do Pocinho: quatro cachoeiras com quedas de tamanhos variados; e
- Complexo de Cachoeiras do Véu de Noiva: três cachoeiras cujo acesso passa por uma ponte metálica, sem corrimão, de 80 metros de comprimento.

Manifestações culturais:

- Festa da Padroeira Nossa Senhora da Glória, no dia 15 de agosto; e
- Festa de São Sebastião, no mês de janeiro.

(PREFEITURA, 2018b)

Cachoeira do Brumado

Sua população no ano de 2010 era de 2.261 habitantes, sendo 1.110 homens e 1.151 mulheres, possuindo um total de 824 domicílios particulares (IBGE,2010).

Subdistritos: Barroca, Borges, Engenho Queimado, Mundinho.

Atrativos culturais e naturais:

- Igreja de Nossa Senhora da Conceição;
- Casas em estilo colonial;
- Capela; e
- Cachoeira de 14 metros de altura.

Manifestações culturais

- Festa da Padroeira;
- Semana Santa;
- Festa de Corpus Christi;
- Festa da Panela de Pedra;
- Sagrado Coração de Jesus; e
- Nossa Senhora da Conceição;

Dados Sócio Demográficos

Caracterização da População

De acordo com o último censo populacional, a estimativa da população de Mariana no ano de 2010 era de 54.219 habitantes, com densidade demográfica de 45,4 habitantes por km². No ano de 2018, a população foi estimada para 60.142 pessoas, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2018). Importante ressaltar que as estimativas do IBGE não levaram em consideração a migração de moradores de outros distritos afetados pelo desastre em 2015 para Mariana até que seja concluída a reconstrução de suas localidades, uma vez que após o referido desastre, o município de Mariana acolheu a população do subdistrito de Bento Rodrigues, que foi destruído pela lama. Até o momento não se sabe de nenhum estudo ou censo que demonstre o aumento do número de moradores após o desastre.

Bases salariais

No que concerne a bases salariais, no ano de 2016, o salário médio mensal era de 2,5 salários mínimos. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 24,0%. Comparando-se com os outros municípios do estado, Mariana ocupava as posições 37 de 853 e 94 de 853, respectivamente (INESC, 2017).

Já em relação a cidades do país todo, ficava na posição 502 de 5570 e 864 de 5570, respectivamente. Considerando domicílios com rendimentos mensais de até meio salário mínimo por pessoa, tinha 36,7% da população nessas condições, o que o colocava na posição 448 de 853 dentre as cidades do estado e na posição 3230 de 5570 dentre as cidades do Brasil (INESC, 2017).

Economia

As receitas dos municípios onde estão instalados os projetos minerais têm como principal fonte a arrecadação a atividade das mineradoras. A principal fonte de recursos para o Município de Mariana – MG, por exemplo, é efetivamente a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM). No ano de 2015, Mariana foi o Município que mais recebeu repasses da CFEM em Minas Gerais, 106 milhões de reais, correspondentes à arrecadação proveniente de todas as empresas mineradoras com atividades de extração do município. O valor representou, no entanto 3,7% do lucro líquido da Samarco em 2014 de R\$ 2,8 bilhões (MILANEZ & LOZEKAN, 2016).

A extração do minério de ferro é a principal atividade industrial do município, forte geradora de empregos e receita pública. Mariana é uma das cidades que integram o Quadrilátero Ferrífero, região responsável por 60% de toda a produção nacional de minério de ferro. Dados de arrecadação de royalties, de pesquisa realizada pelo DNPM em 2013, mostraram que dos 7 municípios de Minas Gerais, que concentravam o total de 78,39% no ano de 2012 e 78,27% para 2013 de recursos arrecadados, Mariana foi responsável por 15% dessa arrecadação em 2013 (INESC, 2014). Dados mais recentes encontrados mostram que a arrecadação de CFEM de Mariana, em 2016, caiu para 9%, apesar de ainda permanecer entre os 10 maiores municípios arrecadadores da CFEM (INESC, 2017).

Os distritos de Mariana desenvolvem atividades agropecuárias e apresentam artesanato variado, expressando a diversidade cultural de Minas Gerais. O PIB per capita de Mariana no ano de 2015 foi de R\$ 52.705,53, enquanto o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) era de 0.742, para o ano de 2010.

Estudo produzido pelo Núcleo de Estudos em Modelagem Econômica e Ambiental Aplicada (Nemea) da UFMG, em 2017, concluiu que após o desastre do rompimento da barragem em 2015, para cada R\$ 1 de queda na produção de minério de ferro em Mariana, o PIB total do município cai R\$ 1,37, e o do estado de Minas Gerais, R\$ 1,44 (SIMONATO, 2017).

Segundo Freitas, Silva e Menezes (2016) dados da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana sobre o desastre aponta que diversos serviços essenciais foram impactados economicamente mediante a ocorrência do evento. Como exemplo, tem-se a geração e distribuição de energia (40% dos prejuízos econômicos totais), e serviços de tratamento de esgotos, saúde pública, limpeza urbana e destinação dos resíduos, transporte e educação, entre outros. Impactos e prejuízos econômicos no setor privado também foram listados, na ordem de R\$253 milhões, concentrados principalmente nas atividades industriais (84%) e no município de Mariana (88%).

De acordo com um *webjornal* local (EM, 2018), após o desastre e mediante a paralisação das atividades da companhia responsável pela catástrofe, a arrecadação da prefeitura despencou, o desemprego disparou, o turismo diminuiu, a economia está em baixa em um efeito cascata e as relações sociais daqueles que perderam suas casas e

tiveram de se mudar para a cidade continuam abaladas. Ainda nesta reportagem observa-se que:

“De acordo com estimativa do Sistema Nacional de Emprego (Sine), cerca de 9 mil pessoas (70%) perderam o sustento devido à baixa na mineração, gerando um efeito dominó em todo o setor produtivo”.

Bortolon (2018) coloca em seu estudo, que o desemprego aumentou em virtude da inatividade da mineradora. Em junho de 2016, iniciou-se então um Programa de Demissão Voluntária (PDV). Este programa foi implementado após a realização de um estudo que demonstrou que a Samarco, quando retornar as atividades, terá sua capacidade total reduzida para 60%.

Como mencionado anteriormente, a mineração é a principal atividade produtiva, sendo responsável por 95% das atividades econômicas de Mariana. Devido a interrupção na produção de minério, houve um importante impacto socioeconômico, agravando-se em detrimento de um sistema econômico pouco diversificado (MINAS GERAIS, 2016). Neste sentido, o desemprego, que nunca havia ultrapassado 6%, passou para 23,5% da população (EXAME, 2017). Por exemplo, no período de 2015 a 2016 em Bento Rodrigues e Paracatu, subdistritos afetados pelo desastre, o número de pessoas desempregadas passou de 183 para 210, o de autônomos caiu de 34 para 22 e o trabalho informal caiu de 51 para 29 (SMS, 2018).

Escolaridade

Dados do Atlas de desenvolvimento Urbano de Mariana (PNUD, 2018), publicado em 2013, mostram que as proporções de crianças e jovens frequentando ou tendo completado determinados ciclos indica a situação da educação entre a população em idade escolar do estado e compõe o IDHM Educação.

No município, a proporção de crianças de 5 a 6 anos na escola é de 97,28%, em 2010. No mesmo ano, a proporção de crianças de 11 a 13 anos frequentando os anos finais do ensino fundamental é de 87,76%; a proporção de jovens de 15 a 17 anos com ensino fundamental completo é de 57,32%; e a proporção de jovens de 18 a 20 anos com ensino médio completo é de 38,41%. Entre 1991 e 2010, essas proporções aumentaram, respectivamente, em 40,01 pontos percentuais, 51,56 pontos percentuais, 43,40 pontos percentuais e 30,12 pontos percentuais.

Em 2010, 80,68% da população de 6 a 17 anos do município estavam cursando o ensino básico regular com até dois anos de defasagem idade-série. Em 2000 eram 77,37% e, em 1991, 71,96%. Dos jovens adultos de 18 a 24 anos, 13,59% estavam cursando o ensino superior em 2010. Em 2000 eram 3,64% e, em 1991, 0,87% (PNUD, 2018).

Expectativa de Anos de Estudo

O indicador Expectativa de Anos de Estudo também sintetiza a frequência escolar da população em idade escolar. Mais precisamente, indica o número de anos de estudo que uma criança que inicia a vida escolar no ano de referência deverá completar ao atingir a idade de 18 anos. Entre 2000 e 2010, ela passou de 9,22 anos para 9,74 anos, no município, enquanto na UF passou de 9,16 anos para 9,38 anos. Em 1991, a expectativa de anos de estudo era de 8,03 anos, no município, e de 8,36 anos, na UF.

Também compõe o IDHM Educação um indicador de escolaridade da população adulta, o percentual da população de 18 anos ou mais com o ensino fundamental completo. Esse indicador carrega uma grande inércia, em função do peso das gerações mais antigas, de menor escolaridade. Entre 2000 e 2010, esse percentual passou de 37,46% para 59,47% no município, e de 39,76% para 54,92%, na UF. Em 1991, os percentuais eram de 25,85%, no município, e 30,09%, na UF. Em 2010, considerando-se a população municipal de 25 anos ou mais de idade, 8,32% eram analfabetos, 54,69% tinham o ensino fundamental completo, 38,83% possuíam o ensino médio completo e 11,82%, o superior completo. No Brasil, esses percentuais são, respectivamente, 11,82%, 50,75%, 35,83% e 11,27%.

Não foram encontrados dados atualizados nas fontes oficiais de informação sobre as taxas de escolaridade após o período de 2010, mas apenas dados de número de matrículas no ano de 2017. Dados escolares contidos no IBGE do ano de 2017 mostram que nas 37 escolas de ensino fundamental do município foram realizadas 8.162 matrículas. Para o ensino médio, nas 10 escolas, foram contabilizadas 2.415 matrículas.

Dados de saúde da população de Mariana, de acordo com a Secretaria Municipal de Saúde, em 2018.

Devido ao derramamento de 34 milhões de m³ de lama de rejeito, muitas famílias foram vitimadas no município de Mariana e em suas adjacências, a saber os distritos de

Bento Rodrigues, Paracatu, Águas Claras e Cláudio Manoel e os subdistritos de Pedras, Camargos, Ponte do Gama, Bicas e Campinas. Ficaram desabrigadas mais de 1200 pessoas e foram registrados 18 óbitos e 1 desaparecimento (considerado óbito). Destes, 13 eram trabalhadores terceirizados e apenas uma vítima era funcionária da Samarco; quanto aos demais, dois eram crianças com idade de 5 e 7 anos e três eram adultos entre 60 e 73 anos de idade (MINAS GERAIS, 2016; LACAZ et al., 2018).

Após o desastre, a Secretaria Municipal de Saúde de Mariana (SMS) elaborou o Plano Norteador de Planejamento e Ações em Saúde (SMS, 2015). Este Plano foi preparado pelo setor saúde envolvendo os níveis nacional, estadual e municipal. As principais áreas foram: Vigilância em Saúde (Ambiental, Epidemiológica, Saúde do Trabalhador, Sanitária, Promoção a Saúde), Atenção Primária, Atenção Secundária, Atenção em Saúde Mental, Assistência Farmacêutica e Assistência Laboratorial (SMS, 2015).

É importante destacar também que as Unidades Básicas de Saúde (UBS) de Bento Rodrigues e Paracatu foram totalmente destruídas junto com prontuários e histórico das condições de saúde. O suporte de urgência/emergência ficou a cargo da UPA e do Hospital Monsenhor Horta, e alguns casos foram encaminhados para Belo Horizonte (Hospital João XXIII) e Santa Bárbara. Diante disto, houve o deslocamento de equipe para avaliação de saúde, realização de cadastro, reconstrução de histórico clínico e distribuição de medicamentos, além da demanda de construção da UBS Bento Rodrigues/Paracatu (SMS, 2018a).

Após a construção, a UBS de Bento/Paracatu atende 220 famílias/770 pessoas que corresponde a três microáreas: microárea 01 (65 famílias e 234 pessoas), microárea 02 (71 famílias e 285 pessoas) e microárea 03 (84 famílias e 251 pessoas). Em 2018, foram registrados pelo PSF Bento/Paracatu 21 usuários com demanda de atenção domiciliar, e através da busca ativa realizada em 2016 verificou-se que 26 pessoas tiveram contato com a lama, sendo que uma delas foi a óbito por outras causas (SMS, 2018a).

Ressalta-se também que as famílias deslocadas e/ou que continuam residindo em áreas rurais, são acompanhadas por equipes de saúde da família de outros distritos.

Os quadros abaixo apresentam a cobertura dos atendimentos em saúde antes (**Quadro 3**) e depois (**Quadro 4**) do desastre em Mariana.

Quadro 3: Cobertura dos atendimentos em saúde antes do desastre

Unidade Sede	Subdistritos Atingidos
Santa Rita Durão	Bento Rodrigues, Camargos
Águas Claras	Paracatu de Cima, Paracatu de Baixo, Pedras, Borba e Campinas
Monsenhor Horta	Ponte do Gama

Fonte: Secretaria Municipal de Saúde 2018

Quadro 4: Cobertura dos atendimentos em saúde depois do Desastre

Unidade Sede	Subdistritos Atingidos
Santa Rita Durão	Camargos
Águas Claras	Paracatu de Cima, Paracatu de Baixo, Pedras, Borba e Campinas
Monsenhor Horta	Ponte do Gama
UBS Bento/Paracatu (temporária)	Famílias deslocadas que estão residindo em área urbana

Fonte: Secretaria Municipal de Saúde 2018a

De modo geral, as estratégias e ações realizadas pela Secretaria Municipal de Saúde de Mariana, após o Rompimento da Barragem de Fundão foram (SMS, 2015):

- Instituir um Comitê Operativo de Desastres;
- Elaborar plano de contingência e protocolos;
- Preencher, enviar e alimentar os Formulários do SUS inerentes a desastres;
- Garantir a continuidade dos programas assistenciais e assistência à população geral;
- Mobilizar e direcionar suas equipes de acordo com as necessidades e demandas;
- Organizar e garantir assistência à população afetada pelo desastre;
- Adotar medidas de Vigilância em Saúde para acompanhamento das populações desabrigadas/desalojadas (item 6 da Portaria 104 do MS);
- Solicitar e monitorar a análise físico-química e microbiológica das amostras de água coletadas; e
- Garantir água potável em quantidade suficiente para ingestão.
-

Do ponto de vista da vigilância em saúde, as ações realizadas pelo município foram (SMS, 2018):

- Inspeção, orientações e monitoramento pela vigilância sanitária nos estabelecimentos em que as famílias foram abrigadas;
- Inspeção para avaliar e orientar sobre o possível aparecimento de animais peçonhentos e arboviroses;
- Monitoramento larvário para identificação da presença de vetor no local do desastre;
- Acolhimento temporário dos animais no Centro de Recolhimento de Animais;
- Identificação de trabalhadores formais e informais em situação de trabalho no momento do rompimento da Barragem; e
- Monitoramento e controle de surtos de doenças e agravos.

As principais questões de saúde identificadas na incursão em Mariana, bem como em reuniões com a SMS, são relacionadas à saúde mental e a arboviroses como dengue e febre amarela.

Saúde Mental

As ações desenvolvidas pela Secretaria Municipal de Mariana em relação a saúde mental (SMS, 2018a) são:

- CONVIVER: Dispositivo atento às demandas em saúde mental apresentadas pela população atingida, a fim de reduzir os impactos dos determinantes sociais dos processos de saúde e doença aos quais estão submetidos nesse novo contexto;
- Atendimento ambulatorial das famílias atingidas;
- Criação e condução de grupos terapêuticos e oficinas em espaços intersetoriais;
- Acompanhamento domiciliar para pacientes e/ou familiares com essa demanda;
- Acompanhamento Terapêutico;
- Suporte às equipes dos dispositivos de referência da RAPS;
- Apoio matricial às equipes de saúde da família; e
- Intervenções e suporte psicossocial no contexto escolar.

Perfil Geral dos agravos em Saúde notificados em Mariana no período de 2015 a 2017

A Secretaria Municipal de Saúde de Mariana disponibilizou os dados do perfil epidemiológico para os anos de 2015 a 2017. Diante da avaliação desses dados, verificou-se que em 2015 os cinco agravos mais frequentes em Mariana foram,

diarreia/gastroenterite (n=1542); atendimento antirrábico (n=227); violência interpessoal/autoprovocada (n=127); conjuntivite (n= 139); e acidentes por animais peçonhentos (n= 103). Para o ano de 2016 foram: diarreia/gastroenterite (n=2084); dengue (n=468); violência interpessoal/autoprovocada (n=259); atendimento antirrábico (n=228) e acidentes por animais peçonhentos (n= 132). Por fim em 2017 os mais frequentes são diarreia/gastroenterite (n=2557); violência interpessoal/autoprovocada (n=232); conjuntivite (n=222); atendimento antirrábico (n=220) e doença sexualmente transmissível (n= 203). Vale ressaltar que em 2018 foram notificados 49 casos de febre amarela, sendo destes 38 confirmados. Os demais agravos notificados pelo município constam nos Quadros 5, 6 e 7, que apresentam a frequência de casos mensais de agravos, com predominância para as diarreias e gastroenterites nos três anos de referência. É visível também no Quadro 6, referente ao ano de 2016, o aumento no número de casos de dengue no primeiro semestre do ano (SMS, 2018a).

Quadro 5: Perfil Epidemiológico de Mariana em 2015 (frequência de casos mensais).

AGRAVOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
Diarreia e gastroenterites	26	191	293	173	121	7	156	77	61	84	175	103	1547
Aids	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	6
Acidentes por animais peçonhentos	8	11	9	10	8	5	4	6	10	9	12	11	103
Varicela	2	3	0	0	2	3	3	1	7	4	1	1	27
Atendimento Antirrábico	15	11	13	22	14	26	23	26	27	26	20	44	267
Hanseníase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doença Sexualmente transmissível	15	4	8	7	9	7	6	9	5	4	9	14	97
Violência Interpessoal/Autoprovocada	5	6	7	12	10	13	19	12	13	14	8	8	127
Sífilis em gestante	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	4
Gestante HIV	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Dengue*		0	2	5	9	3	2	0	2	0	1	0	24
Tuberculose	0	1	2	1	0	0	1	0	1	2	0	0	8
Acidente de trabalho grave	0	4	0	0	2	1	1	2	0	4	10	8	32
istossomose										65	4	7	76
Sífilis Congênita	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
Sífilis não especificada	0	1	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	7
Intoxicação exógena	10	6	15	3	4	0	13	4	9	11	13	7	95
Acidente de trabalho com material biológico	0	2	2	1	1	1	1	1	2	2	4	1	18
Leishmaniose Tegumentar Americana	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	3
Toxoplasmose							3	1	2	1	0	0	3
Doença exantemática	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Hepatites Virais	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	3
Síndrome do corrimento uretral em homem	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	4
Pneumonia não especificada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meningite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transtorno mental relacionado ao trabalho											3	0	3
Conjuntivite		9	17	7	2	0	21	14	14	17	22	16	139
Surto de diarreia											1	1	2
Eventos adversos pós vacinação	1	0	0	1	0	0	1		0	0	0	0	3
Caxumba (Parotidite Epidêmica)	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	3
Doença causada por protozoário na gravidez	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Toxoplasmose Congênita	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
TOTAL	82	251	369	246	185	151	259	158	157	243	258	25	2607

Fonte: Secretaria Municipal de Saúde de Mariana, 2018a.

Quadro 6: Perfil Epidemiológico de Mariana em 2016 (frequência de casos mensais).

PERFIL EPIDEMIOLÓGICO MARIANA/MG 2016													
AGRAVOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
Diarreia e gastroenterites	106	121	148	64	198	220	106	190	326	249	162	194	2084
Dengue	19	24	66	181	158	20	0	0	0	0	0	0	468
Violência Interpessoal/Autoprovocada	17	19	26	17	16	14	20	28	21	35	24	22	259
Atendimento Antirrábico	14	21	23	35	25	17	16	20	14	22	9	12	228
Acidentes por animais peçonhentos	11	13	13	16	13	3	3	7	21	13	9	10	132
Doença sexualmente transmissível	10	13	13	16	12	4	3	7	21	13	8	11	131
Intoxicação exógena	14	10	11	9	10	12	11	7	9	12	14	10	129
Conjuntivite	13	10	11	9	8	12	11	7	8	12	11	9	121
Esquistossomose - Casos não graves	9	12	17	16	10	6	5	5	6	9	3	3	101
Varicela	2	1	1	0	2	2	2	4	1	5	2	1	23
Aids	0	1	0	2	0	1	1	4	1	3	1	2	16
Corrimento uretral em homem	0	1	0	2	0	1	1	4	1	3	2	0	15
Sífilis não especificada	0	0	0	0	0	3	2	1	2	2	3	2	15
Acidente de trabalho com material biológico	0	1	0	2	0	0	1	1	4	1	3	1	14
Síndrome Respiratória Aguda Grave	0	0	0	4	5	1	0	0	0	0	0	0	10
Acidente de trabalho grave	0	1	5	3	7	5	6	8	0	1	0	1	37
Tuberculose	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	6
Meningite	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	3
Hepatites Virais	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3
Caxumba (Parotidite Epidêmica)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	3
Toxoplasmose	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3
Gestante HIV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Sífilis em gestante	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Sífilis Congênita	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Doença exantemática	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Eventos adversos pós vacinação	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
TOTAL	215	250	336	377	466	322	190	296	435	384	254	281	3806

Fonte: Secretaria Municipal de Saúde de Mariana, 2018a.

Quadro 7: Perfil Epidemiológico de Mariana em 2017 (frequência de casos mensais).

PERFIL EPIDEMIOLÓGICO MARIANA/MG 2017													
AGRAVOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
Diarreia e gastroenterites	240	165	326	236	257	158	159	152	336	262	190	76	2557
Violência Interpessoal/Autoprovoçada	23	16	8	30	20	15	18	19	35	20	16	12	232
Conjuntivite	20	1	7	3	16	21	29	27	28	32	26	12	222
Atendimento Antirrábico	21	8	16	23	24	21	28	21	16	9	14	19	220
Doença Sexualmente transmissível	15	28	10	13	20	18	21	32	14	12	16	4	203
Intoxicação exógena	2	5	7	9	11	3	6	7	13	7	10	6	86
Acidentes por animais peçonhentos	9	9	11	9	8	4	5	5	3	9	6	4	82
Sífilis não especificada	3	2	9	14	6	5	4	8	5	4	0	8	68
Varicela	1	0	0	0	0	3	2	5	15	16	8	1	51
Esquistossomose - Casos não graves	5	2	1	1	1	4	2	1	2	1	2	3	25
Acidente de trabalho com material biológico	1	0	3	1	5	1	0	0	0	2	1	1	15
Acidente de trabalho grave	1	4	0	0	1	2	2	0	3	1	0	0	14
Aids	2	1	1	0	2	1	4	0	0	2	0	1	14
Tuberculose	0	1	0	3	0	3	0	1	0	1	2	0	11
Sífilis em gestante	0	0	0	3	0	1	3	0	0	1	1	2	11
Caxumba	0	0	0	0	0	0	0	4	4	1	1	0	10
Corrimento uretral em homem	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	5
Coqueluche	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5
Dengue	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	5
Leishmaniose Tegumentar Americana	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Hepatites Virais	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Surto de Doença por alimento (DTA)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	3
Sífilis Congênita	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	3
Gestante HIV	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Hanseníase	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Toxoplasmose	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2
Diarreia e gastroenterites de origem infecciosa	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Surto de Varicela	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Meningite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Evento adverso após vacinação	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Criança exposta ao HIV	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	347	246	406	348	372	262	285	284	476	383	295	156	3859

Fonte: Secretaria Municipal de Mariana

Dados ambientais de Mariana e Barra Longa

Os rios do Carmo e Gualaxo do Norte pertencem à sub-bacia Hidrográfica do rio Doce DO1, drenando uma área de 2.277,97 km², com padrões de drenagem em treliça e ocasionalmente dendrítico. O rio Gualaxo do Norte desagua no rio do Carmo no Município de Barra Longa. O rio do Carmo segue seu curso até sua confluência com o rio Piranga formando assim o rio Doce (ECOPLAN – LUME, 2010)

Geologia

Conforme revisto por Costa (2001), a Bacia do rio do Carmo, ao longo de sua extensão, percorre várias unidades geológicas típicas do quadrilátero ferrífero. Enquanto as cabeceiras dos seus principais tributários estão situadas no domínio de rochas supracrustais, principalmente quartzitos, itabiritos e filitos do Supergrupo Minas. O rio Gualaxo do Norte e rio do Carmo afloram os Complexos Metamórficos Santa Bárbara, Acaiaca e Mantiqueira, além de xistos e quartzitos do Supergrupo Rio das Velhas (RODRIGUES, 2012b; COSTA, 2001; CPRM, 1993).

Clima

O clima da região é regionalmente caracterizado como uma área típica de Cwa e Cwb. O Clima Cwa (subtropical de inverno seco) tem temperaturas inferiores a 18°C durante o inverno e verão quente com temperaturas superiores a 22°C, com maior expressão geográfica. Já o Cwb (subtropical de altitude) com inverno seco e verão ameno. A temperatura média do mês mais quente é inferior a 22°C, sendo mais expressivo nas áreas de maior altitude (EMBRAPA, 2018; COSTA, 2001; CPRM, 1993).

Geomorfologia

Localiza-se entre duas formações geomorfológicas bem definidas (RODRIGUES, 2012a), o Quadrilátero Ferrífero (QF) e os Planaltos Dessecados do Centro Sul de Minas (PD) (CPRM, 1993). O setor da bacia é influenciado pela geomorfologia do QF ao seu alto curso, com altitudes médias entre 1400m-1600m, tendo a Serra do Caraça como marco fisiográfico, de topografia de encosta escarpada “hogback” fortemente ravinado e vales encaixados e influenciadas pelo PD. Sua fisiografia é de pontões e morros isolados, em colinas e agrupamentos, com presença de pequenas planícies fluviais encaixadas em vales. O Relevo é marcadamente ondulado alto nos tributários e ondulado e médio-ondulado no curso principal do rio do Carmo, características que potencializam os processos erosivos e

de ravinamento quando ausência de cobertura vegetal. (RODRIGUES, 2012b; COSTA, 2001; CPRM, 1993).

Pedologia

Os solos predominantes são os latossolo - vermelho-amarelo e distrófico; argilosos - profundos a pouco profundos; solos litólicos bem definidos; e cambissolos rasos com texturas arenosas e áreas de afloramento de rochas sã, fraturadas e intemperizadas. (RODRIGUES, 2012a; COSTA, 2001; CPRM, 1993).

Vegetação

A área de drenagem da Bacia do rio do Carmo é marcadamente antropizada com forte presença de pastos, pastos sujos, agricultura e cultura de eucaliptos. A cobertura vegetal não antropizada é marcadamente estacional semidecídua: de mata atlântica; transição mata atlântica e cerrado (área ecotonal); cerrado, nas áreas de várzea e planície fluvial encontra-se vegetação ciliar típica de rios de planalto e vales encaixados (GONÇALVES, 2009; CAMARGOS, 2004).

Barra Longa – MG**Caracterização sociodemográfica**

Barra Longa é um município do estado de Minas Gerais, *situado* na região da Zona da Mata, distante 175 km de Belo Horizonte. Está localizado na microrregião de Ponte Nova e seu território faz divisa com os municípios de Dom Silvério, Alvinópolis, Mariana, Acaiaca, Ponte Nova e Rio Doce. Vale ressaltar que Barra Longa foi o único município do estado que teve a área urbana atingida pelo rompimento da Barragem de Fundão em 2015. Pode-se atribuir à essa questão o fato de que o centro da cidade é próximo às margens do Rio Gualaxo do Norte, afluente do Rio Doce. Em termos percentuais, 62,4% da população reside na área urbana e 37,6% reside em áreas rurais (IBGE, 2018; INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2017).

Sua população no último censo demográfico, realizado em 2010, era de 6.143 pessoas e em 2018 passou para 5.250 pessoas, com área territorial de 383,628 km². Em relação à razão de sexo, verificou-se que a população é composta predominantemente por mulheres (50,8%), quando comparada aos homens, que representam 49,2%. A densidade demográfica é de 16,01 habitantes por km² e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal de 0,624 (considerado médio), com índice de Gini de 0,48. Por sua vez, o PIB *per capita* em 2015 foi de R\$ 8.957,54 (IBGE 2018).

Em relação à educação, em 2017 foram contabilizadas no município 12 escolas de nível fundamental e 1 de nível médio, e, com base no último censo, a taxa de alfabetização das pessoas com 10 anos ou mais de idade foi de 85,4% (IBGE, 2018).

Quanto à infra-estrutura de saúde, Barra Longa mantém no Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) 4 estabelecimentos de saúde em funcionamento (2 Centros de Saúde / Unidades Básicas de Saúde; 1 Farmácia e 1 Secretaria de Saúde) (CNES, 2018).

Dados de saúde da população de Barra Longa, de acordo com a Secretaria Municipal de Saúde, em 2018.

Descrição da estrutura de saúde do município de Barra Longa

PSF 001 ZONA URBANA

- 01 Enfermeiro
- 01 Técnico em enfermagem
- 05 Agentes comunitários de saúde
- 01 Dentista
- 01 Auxiliar de saúde bucal
- 01 Técnico em saúde bucal
- Este PSF atende toda a área Central e Volta da Capela

PSF 002 ZONA RURAL BONSUCESSO

- 01 Enfermeiro
 - 01 Técnico em enfermagem
 - 05 Agentes comunitários de saúde
 - 01 Dentista
 - 01 Auxiliar de saúde bucal
- Este PSF atende a zona rural São Gonçalo.

PSF 003 ZONA RURAL GESTEIRA

- 01 Enfermeiro
- 01 Técnico em enfermagem
- 05 Agentes Comunitários de Saúde
- 01 Dentista
- 01 Auxiliar de Saúde Bucal
- Este PSF atende a zona rural Barreto, Mandioca, Gesteira e Tanque.

Fonte: (SMS, 2018b).

Ações de Saúde que foram realizadas em Barra Longa desde a ocorrência do desastre do rompimento da barragem de rejeito de Fundão.

- Dia da Cidadania, ano 2017;
- Pré-Conferência de Saúde nas comunidades, ano 2017;
- Conferência Municipal de Saúde, ano 2017;
- Campanha de Vacinação com 100% de cobertura até o primeiro quadrimestre, ano 2018;
- Grupos operativos com NASF (Núcleo de Apoio às Equipes de Saúde) e ESF (Equipe de Saúde da Família);
- Atividade física com o NASF e população em geral, principalmente em idosos;
- Saúde na Escola (Medidas Antropométricas e Saúde Ocular; Palestra com Dentista, com Agentes de Endemias e com o NASF);
- Grupos de gestantes com enfermeiros e NASF;

- Administração de vitamina A nas crianças menores de 5 anos em todas as comunidades;
- Orientações sobre câncer de mama/Outubro rosa;
- Grupos operativos em todas as ESF com determinadas patologias;
- Grupo operativo, atendimento individualizado com o internato rural;
- Grupo de apoio com participação do NASF e ESF;
- Realização de prevenções pela equipe de endemias no controle da Dengue e da Febre Amarela com palestras em escolas, desentulhos de Terrenos Baldios e visitas domiciliares para o tratamento focal;
- O município recebeu no período de 02 a 11 de maio de 2018, o caminhão Mamógrafo do Programa Estadual de controle do câncer de mama, parceria entre o Departamento Municipal de Saúde e Secretaria Estadual de Saúde de Minas Gerais. Foram realizados 313 exames;
- Equipe da vigilância e ESF intensificam as ações no combate à Febre Amarela com busca ativa casa a casa e aplicação de Bomba Costal em alguns locais;
- Departamento Municipal de Saúde, realizou em abril de 2018, evento voltado à saúde dos Barralenguenses com o tema "Promovendo Saúde e Bem-estar", foram ofertados teste de glicemia, aferição de pressão arterial, medidas antropométricas, palestras, entregas de repelentes e panfletos entre outros;
- Grupos de Hipertensão;
- Realização do Dia da Cidadania em 2018; e
- Realização de exames de ultrassonografia na Sede do município.

Fonte: (SMS, 2018b).

Cobertura da Estratégia de Saúde da Família

Em Barra Longa, há 100% de cobertura da ESF (SMS, 2018b).

Percentual de uso do SUS e planos privados (estimado)

Em Barra Longa, 80% da população é atendida exclusivamente pelo Sistema Único de Saúde – SUS, e 20% faz uso de planos privados (SMS, 2018b).

Principais agravos e doenças do município relatados pelos profissionais de saúde e população atingida

- Agravos relacionados à saúde mental;
- Agravos dermatológicos;
- Agravos respiratórios;
- Aumento no número de casos de dengue;
- Ocorrência de 2 óbitos por febre amarela; e
- Aumento nos casos de DDA.

Fonte: (SMS, 2018b).

Em Barra Longa, no período de 2015 a 2017, as três principais causas de morte foram por doenças do aparelho circulatório (n=48); neoplasias (n=23) e doenças do aparelho respiratório (n=20) (Quadro 8).

Quadro 8: Perfil de Mortalidade segundo grupos de causa em Barra Longa/MG no Período de 2015 a 2017.

Grupos de Causas	2015	2016	2017	Total
IX. Doenças do aparelho circulatório	13	22	13	48
II. Neoplasias (tumores)	6	10	7	23
X. Doenças do aparelho respiratório	6	9	5	20
XI. Doenças do aparelho digestivo	3	0	5	8
XVIII. Sint sinais e achad anorm ex clín e laborat	4	2	2	8
XX. Causas externas de morbidade e mortalidade	4	1	3	8
V. Transtornos mentais e comportamentais	3	2	2	7
VI. Doenças do sistema nervoso	0	2	5	7
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	2	3	2	7
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	1	4	1	6
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	0	2	1	3
XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo	0	0	1	1
XVI. Algumas afec originadas no período perinatal	0	0	1	1
III. Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár	0	0	0	0
VII. Doenças do olho e anexos	0	0	0	0
VIII. Doenças do ouvido e da apófise mastóide	0	0	0	0
XIII. Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	0	0	0	0
XV. Gravidez parto e puerpério	0	0	0	0
XVII. Malf cong deformid e anomalias cromossômicas	0	0	0	0
XIX. Lesões enven e alg out conseq causas externas	0	0	0	0
XXI. Contatos com serviços de saúde	0	0	0	0
XXII. Códigos para propósitos especiais	0	0	0	0
Campo da causa básica em branco	0	0	0	0
Total	42	57	48	147

Fonte: SIM, 2018.

Em relação às internações, verificou-se que em Barra Longa, no período de 2015 a 2017, as causas com maiores frequências de internação foram: gravidez parto e puerpério (n=123); lesões, envenenamento e algumas outras consequências de causas externas (n=107); doenças do aparelho circulatório (n=97) e doenças do aparelho respiratório (n=95) (Quadro 9).

Quadro 9: Perfil de Internação segundo grupos de causas em Barra Longa no Período de 2015 a 2017.

Grupos de Causas	2015	2016	2017	Total
XV. Gravidez parto e puerpério	36	38	49	123
XIX. Lesões enven e alg out conseq causas externas	32	38	37	107
IX. Doenças do aparelho circulatório	28	38	31	97
X. Doenças do aparelho respiratório	35	35	25	95
II. Neoplasias (tumores)	28	27	28	83
XI. Doenças do aparelho digestivo	22	21	29	72
XVIII. Sint sinais e achad anorm ex clín e laborat	24	12	22	58
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	17	18	17	52
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	19	12	8	39
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	8	8	7	23
VI. Doenças do sistema nervoso	7	7	4	18
XIII. Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	5	4	7	16
III. Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár	10	0	5	15
XVI. Algumas afec originadas no período perinatal	3	1	7	11
XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo	3	3	3	9
V. Transtornos mentais e comportamentais	2	0	6	8
XXI. Contatos com serviços de saúde	1	1	5	7
XVII. Malf cong deformid e anomalias cromossômicas	2	3	1	6
VII. Doenças do olho e anexos	2	2	0	4
VIII. Doenças do ouvido e da apófise mastóide	0	0	1	1
Total	284	268	292	844

Fonte: SIH/SUS, 2018.

Avaliação dos dados existentes disponibilizados pela Fundação Renova

CAMPANHAS DE CADASTRAMENTO

A primeira campanha de cadastramento foi realizada entre setembro de 2016 e fevereiro de 2017 e compreende um universo de 13.908 cadastros e 44.180 pessoas distribuídas em 62 municípios, dentre os quais figuram 38 municípios dos 40 considerados pelo Termo de Transação de Ajustamento de Conduta (TTAC).

Os municípios de Mariana e Barra Longa não compõem essa análise devido à configuração particular dos impactos nessas localidades; eles serão objeto de outras análises. A segunda campanha de cadastramento teve início em maio de 2017 e encontra-se em andamento. Abaixo serão realizadas análises dos dados fornecidos pela Fundação Renova, sob a ótica da ARSH.

Relatório executivo da 1ª

Campanha do Cadastro Integrado Socioeconômico – Agricultura e Pecuária (RENOVA, 2017b)

Segundo esse Relatório, os cadastros que declararam perdas nas atividades de agricultura e pecuária representam 14,3% do total da campanha de cadastramento. Dos 1.988 cadastros considerados, 1.201 são de famílias residentes. O Cadastro Integrado teve como base o formulário elaborado para levantar informações relevantes para reparação das perdas e danos dos impactados. A partir desses formulários, observou-se que 4.060 pessoas declararam perdas relacionadas.

A fim de averiguar a coerência da informação repassada pelo cadastrado e de forma a assegurar a legitimidade do próprio cadastro, que, além de subsidiar a elaboração das políticas de atendimento, objetiva também definir o universo de famílias impactadas pelo evento, buscou-se, sempre que possível, comparar a análise dos dados levantados pelo Cadastro Integrado, campanha 1, com dados de fontes secundárias.

O Documento assinala que na distribuição territorial desses cadastros em 45 municípios, Tumiritinga (MG) e Linhares (ES) são os que concentram a maior parte dos

cadastros com impacto na agricultura e pecuária. Em Tumiritinga, dos 397 cadastros integrantes do segmento aqui analisado, 184 exerciam apenas agricultura, enquanto 144 exerciam agricultura e pecuária. No caso de Linhares, 194 exerciam apenas agricultura, dentre os 280 que integram o segmento. O único cadastro referente a agroindústria está localizado no município de Aimorés (MG).

A análise dos dados de produção agrícola e destinação da produção, desse Documento, mostra a importância da atividade para o consumo local, seja para autossustentação seja para fins comerciais como o abastecimento do mercado local: feiras, bares e restaurantes, mercearias, quitandas e mercados.

Quanto à pecuária, segundo levantado nesse Documento, as criações mais expressivas eram as de aves e bovinos de leite, seguidas de suínos e bovinos de corte. A categoria “outros animais” inclui, principalmente, equinos (cavalos, éguas, potros, mulas, jegues e burros). O Documento também assinala a variação do tamanho dos rebanhos de grande, médio e pequeno porte.

Em relação aos aspectos demográficos, o Documento apresenta dados sobre a composição de sexo e idade dos grupos de famílias que sofreram impactos na agricultura e pecuária.

Além disso, de grande importância para a ARSH, o Documento assinala, quanto ao acesso e uso da água. Na data do evento, 427 propriedades possuíam sistema de irrigação, dos quais 87% foram comprometidos. O Rio Doce era a principal fonte de captação de água, sendo utilizado por 94% das propriedades que captavam água de rio para irrigação. A água de rio também era utilizada para dessedentação animal. O Rio Doce representava 96% da fonte de captação e também era utilizado para abastecimento de tanques, representando 85% da fonte de água para esse fim.

Além do Rio Doce, também existe a percepção de impacto em outros corpos d'água, como o Rio Corrente e Monsarás, que também são tidos como fontes importantes de captação de água para a agricultura e pecuária.

O Documento também levantou e apresenta dados sobre serviços públicos (água, eletricidade, coleta de lixo) e acesso à internet.

Como principais conclusões, o Documento assinala:

- A atividade agropecuária exercida no território impactado é, predominantemente, de agricultura familiar – tanto pelo tamanho da propriedade (até 4 módulos fiscais) quanto do envolvimento de familiares no trabalho;
- A maior parte da produção e criação de animais é destinada ao consumo próprio e comercialização no mercado local;
- Há baixa formalização das atividades, o que impacta diretamente o acesso a financiamento, crédito rural, assistência técnica e insumos. Os cadastros ligados à atividade pecuária apresentam maior formalização em função das particularidades da atividade (ex. vacinação contra febre aftosa);
- O conjunto das famílias envolvidas na atividade agropecuária apresenta uma população concentrada nas faixas de até 20 e com mais de 45 anos de idade. Homens representam 52% dessa população;
- A renda familiar *per capita* mostra uma população de baixa renda, inferior a 1 salário mínimo. No mês da entrevista, 55% das famílias que declararam renda estavam abaixo da linha da pobreza (até meio salário mínimo); e
- A relação predominante de vínculo com a área produtiva é de produção própria.

Relevância desses dados e informações para os estudos de ARSH

Desde o ponto de vista dos estudos de ARSH, este relatório foi importante para a etapa “Preocupações da comunidade com sua saúde” pois, além de indicar as principais comunidades com atividades agrícolas e de pecuária, indicou também a composição social quanto à renda e benefícios, as composições de sexo e idade e forneceu dados sobre a produção de alimentos na área. As informações do Documento serviram também de auxílio na avaliação dos resultados da campanha de amostragem, bem como de base para o planejamento da amostragem nas próximas localidades a serem avaliadas nos estudos de ARSH. Há de se ressaltar, que o documento não aborda o percentil de famílias que viviam das atividades pesqueiras, uma vez que na etapa de preocupações da comunidade, foram identificados pescadores que não podem exercer sua profissão devido a uma suposta proibição de utilização dos rios para pesca em Linhares-ES. Essas questões serão melhor detalhadas na apresentação do relatório final de Linhares –ES.

Relatório Executivo da 1ª. Campanha do Cadastro Integrado Socioeconômico – Comércio e Serviços. Edição 1 – Setembro 2017 (RENOVA, 2017c)

O Relatório apresenta uma visão geral do setor e da contribuição das atividades de comércio e serviços para a dinâmica econômica da região, além da contextualização da análise das perdas declaradas. O capítulo 1 apresenta uma caracterização dos 472 cadastros com impactos no setor e suas particularidades, incluindo a atividade de turismo, cuja importância para a economia regional é significativa. A caracterização traz informações sobre tipologia, formalização, número de empregados, entre outros dados relevantes ao entendimento do universo analisado.

Relevância desses dados e informações para os estudos de ARSH

Desde o ponto de vista dos estudos de ARSH, esta fonte foi considerada para a etapa “Preocupações da comunidade com sua saúde”, principalmente quando aborda os aspectos das atividades de turismo.

Relatório Executivo da 1ª. Campanha do Cadastro Integrado Socioeconômico – Extrativismo - Edição 1 – Setembro 2017 (RENOVA, 2017d)

O Documento assinala as principais atividades de extração mineral nas áreas atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão. Assim, são apresentados dados sobre atividades como garimpeiros e fiscadores e extração de areia em povoamentos próximos a corpos hídricos.

A definição para os grupos dos extrativistas minerais foi feita correlacionando informações sobre o enquadramento jurídico (CNPJ) dos empreendimentos envolvidos com o extrativismo com o tipo de minério extraído. Os 6 cadastros relativos a extrativismo vegetal foram agrupados num grupo específico, devido à baixa representatividade dentro do universo analisado.

No Documento, além de uma visão geral da atividade extrativista mineral e suas particularidades, se apresenta uma caracterização de 268 cadastros. Quanto ao perfil socioeconômico das famílias envolvidas, o Documento apresenta dados sobre demografia, renda e condições de moradia das 788 pessoas relacionadas à atividade.

Apresenta também uma análise de vulnerabilidades a partir do cálculo do Índice de Desenvolvimento Familiar (IDF) das famílias, além de levantamento e apresentação

de dados sobre serviços públicos (água, eletricidade, coleta de lixo) e acesso à internet. Como principais resultados dos levantamentos cadastrais, assinala:

- O principal produto extraído é areia (78%) , seguido do ouro (18%) e pedras preciosas ou semipreciosas (4%), sendo que a comercialização é realizada principalmente para consumidores finais (72,9%);

- A maioria dos extrativistas minerais é composta por pessoas físicas (77,2%) com baixa regularização profissional, visto que apenas 33,6% possuem algum tipo de licença e 21,6% possuem registro de venda do produto;

- A atividade de extração mineral ocorre, em sua maioria, ao longo de todo o ano, variando temporalmente dependendo do tipo de minério extraído;

- Observa-se a predominância do sexo masculino;

- Onze famílias (4%) se autodeclararam quilombolas; e

- Quanto aos programas de transferência de renda, o número de beneficiários é baixo, não passando de 8%.

O documento apresenta que os extrativistas minerais declararam impactos derivados da interrupção da atividade. A análise dos cadastros demonstrou que 84% das famílias não realizam mais a atividade extrativista no território; 15,3% das famílias indicaram que houve diminuição da quantidade de minério extraído, e apenas 0,4% das famílias abrangidas nesse cadastro foram direcionadas a outras áreas produtivas não impactadas ou não tiveram a atividade extrativista interrompida.

Em mais de 50% dos cadastrados houve quem declarasse ter tido comprometimento de até 100% das áreas de extração devido ao rompimento da barragem de Fundão, sendo que as áreas mais comprometidas são aquelas direcionadas à extração de areia e ouro, 87,3% e 94,6%, respectivamente. Em 92% dos cadastros há a indicação de que os extrativistas minerais, até o dia da entrevista, não tiveram qualquer tipo de mitigação do dano sofrido.

O referido documento chama a atenção para o fato que a análise realizada não trata dos danos imateriais. Impactos nas atividades econômicas representam, além das perdas materiais, alterações nos modos de vida que, no caso de pequenas comunidades, impõem uma série de desafios com desdobramentos complexos, que exigem outras abordagens.

Relevância desses dados e informações para os estudos de ARSH

Desde o ponto de vista dos estudos de ARSH, esta fonte foi considerada para a etapa “Preocupações da comunidade com sua saúde”, principalmente aos aspectos demográficos e sociais das populações envolvidas que possam influir na sua vulnerabilidade ante às implicações de saúde que venham a ser determinadas por rotas de exposição aos contaminantes químicos.

Relatório Executivo da 1ª. Campanha do Cadastro Integrado Socioeconômico – Pescadores - Edição 1 – Setembro 2017 (RENOVA, 2017e)

O Documento assinala que do total de cadastros aplicados (13.908), em 10.284 foram declaradas perdas relacionadas a atividade de pesca, cadastros estes que envolvem 13.736 pessoas que afirmaram exercer tal atividade na época em que ocorreu o rompimento da barragem. Vale ressaltar que a segunda campanha foi iniciada em maio/2017 e segue em curso no momento de conclusão desse relatório.

Os municípios que apresentaram maior número de cadastros de famílias que declararam impacto na atividade pesqueira estão distribuídos em 07 municípios sendo eles Linhares (17,3%), Aimorés (14,5%), Baixo Guandu (11,1%), Aracruz (8,7%), Belo Oriente (6,78%), Colatina (5,3%) e Periquito (5,2%).

Para a definição de pessoas a serem incluídas na atividade “pescadores” os relatores desse Documento correlacionaram os dados coletados no CI, tais como: nível de formalização da atividade, ofícios praticados na cadeia de produção da pesca, produção de pescados, renda mensal das famílias envolvidas e outros que permitiram o estabelecimento de grupos de pescadores com características similares e garantiram uma visão sobre a situação da população que exercem esta atividade nos territórios impactados, visando estratégias de atendimento.

O território no qual estão inseridos os cadastrados avaliados nesse Documento abrange uma extensão de 670 km e se estende desde o alto curso da Bacia do Rio Doce até a região marinha na área compreendida entre os municípios de Aracruz e Linhares, considerando-se os 20 (vinte) metros de profundidade dos corpos hídricos.

O curso principal da Bacia do Rio Doce possui uma extensão de 879 km, contendo uma área de drenagem de aproximadamente 86.715 km², dos quais 86% pertencem ao

Estado de Minas Gerais e o restante ao Espírito Santo, envolvendo um total de 230 municípios.

Considerando sua ampla dimensão, existem dois rios de domínio federal na Bacia: o rio Doce e o rio José Pedro, afluente do rio Manhuaçu. Esta Bacia encontra-se subdividida em três seções: alto, médio e baixo curso.

As áreas pertencentes ao alto curso vão da cabeceira até a foz do rio Matipó, abrangendo os rios Piranga, Carmo, Gualaxo do Sul, Gualaxo do Norte, Casca, Matipó e rio Doce. As áreas pertencentes ao médio curso vão da confluência do rio Matipó até a divisa dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo onde correm os rios Piracicaba, Santa Bárbara, Santo Antônio, Corrente Grande, Manhuaçu e a Calha do Rio Doce. E as áreas pertencentes ao baixo curso, vão da divisa dos dois Estados até a foz, estando inclusos os rios Pancas, São José, Guandu, Santa Júlia e a Lagoa Juparanã.

O Documento assinala a predominância da pesca artesanal e de pequena escala na região impactada. Consta-se que a pesca desembarcada é a que mais se destaca, com 51,2% das respostas. Também conhecida como pescaria de barranco, a pesca desembarcada é muito tradicional na região e ocorre ao longo da calha do Rio Doce e seus afluentes, praticada nas beiras dos rios, lagos ou barragens. A pesca embarcada também alcançou um percentual expressivo (48,8%), porém, metade dessas embarcações não possui motor, indicador de baixa autonomia.

A pesca embarcada predomina em Aimorés, Bom Jesus do Galho, Itueta, Rio Doce, Dionísio, Itaguaçu, São Domingos do Prata, Coronel Fabriciano, Engenheiro Caldas, Ibirapu e Joanésia. A pesca desembarcada predomina em Linhares, Sooretama, Marilândia, Alpercata, Serra, São Matheus, Fundão, Conceição da Barra, Jaguaré, João Monlevade, São Geral da Piedade, São Pedro dos Ferros, Vila Pavão e Vila Velha.

O Documento assinala os peixes mais pescados em ordem de captura nas áreas avaliadas como: tilápia, traíra, curimatá, dourado, pacamã, tucunaré, piau, robalo, lambari, bagre, cascudo, tainha, mandiaçu, pescada, bagre africano. Entre os outros pescados capturados nessas áreas, também por ordem de captura, se assinala: carapeba, cará, camarão, corvina, piranha, manjuba, mandi, baiacu, roncadour, tambaqui, lagosta, carpa, cação, pintado, peroá e sarda.

Dos municípios mais citados como locais de captura de peixes, acima de 25% de citação, são assinalados: Sobrália, Fernandes Tourinho, Dionísio, Timóteo São Pedro dos Ferros.

A produção mensal pesqueira declarada variou entre 1 e 351 kg, o que sugere uma diversidade das modalidades de pesca exercidas dentro do território. Entretanto, mais de 50% das citações demonstram que a produção do pescado, por mês, não ultrapassava 100 kg, caracterizando uma pesca de pequena escala, coerente com as fontes secundárias levantadas.

Apenas 27,2% dos municípios afetados pelo rompimento da barragem de Fundão apresentaram produções medianas mensais maiores do que 200 kg, entre os quais Linhares e Aracruz.

Segundo o Documento, verifica-se em todo território afetado pelo evento que a maior parte da comercialização do pescado ocorre de forma direta, ou seja, entre os pescadores e o consumidor final, sobretudo das seguintes formas: nas ruas; utilizando carrinhos de mão e isopor; de porta em porta na própria comunidade ou na sede dos municípios; junto aos restaurantes existentes nas localidades turísticas; diretamente aos turistas e amigos; para atender encomendas, e nas feiras e mercados públicos.

A proibição da pesca em decorrência do evento, todavia, desarticulou esse sistema, afetando grupos mais amplos do que os que capturam os recursos pesqueiros apenas. Portanto, é importante considerar que aqueles que compõe a rede de profissionais que se beneficiam e atrelam sua renda à atividade pesqueira também podem ser indiretamente impactados pelo evento.

A participação dos pescadores em entidades representativas da pesca mostrou-se muito baixa – apenas 20,4% dos cadastrados que se declararam pescadores afirmaram participar de alguma forma de entidade da categoria. Tal informação mostra a baixa representatividade das organizações existentes na região afetada.

Considerando o universo de cadastros com impactos na pesca (10.284), 4,5% das famílias de pescadores se declararam quilombolas. No que tange ao universo de pescadores (13.736), 16,2% se declaram indígena.

O Documento também apresenta um grande número de dados sobre a caracterização socioeconômica das comunidades de pescadores avaliadas.

Relevância desses dados e informações para os estudos de ARSH

Desde o ponto de vista dos estudos de ARSH, esta fonte foi utilizada para a etapa “Preocupações da comunidade com sua saúde”, principalmente quanto aos aspectos demográficos e sociais das populações envolvidas que possam influir na sua vulnerabilidade ante às implicações de saúde que venham a ser determinadas por rotas de exposição aos contaminantes químicos. Os dados aqui apresentados também são de relevância para a avaliação de viabilidade e planejamento de amostragem de organismos marinhos comestíveis nas 3 Fases dos Estudos de ARSH.

1ª. Campanha do Cadastro Integrado Socioeconômico – Relatório Temático Saúde e Assistência Social, Emprego e Renda, Educação. Edição 1 - Agosto/2017 (RENOVA, 2017f)

O Documento constata que no universo de famílias analisadas na primeira campanha (13.908 cadastros), o IDF médio é de 0,65, isso revela que as dimensões acesso ao trabalho (0,19) e disponibilidade de recursos (0,55) concentram as maiores necessidades básicas insatisfeitas.

A base de dados extraída do CI permitiu organizar três formas de leitura analítica: a Visão Global do conjunto das famílias e indivíduos cadastrados, a Visão Regionalizada, que respeita os recortes territoriais definidos pela gestão pública, e a Visão Local/Municipal, que apresenta as avaliações no nível municipal, demonstrando que é possível chegar à unidade mínima de análise que é a família e seus componentes.

As informações colhidas no CI são referentes às declarações fornecidas pelas famílias e indivíduos, para questões específicas de saúde e de proteção social, com o objetivo de traçar um perfil populacional capaz de indicar possíveis situações agravadas ou instaladas em decorrência do rompimento da barragem.

Esse tipo de levantamento, denominado Inquérito Populacional, é importante para suprir lacunas no conhecimento de determinada realidade, na identificação das iniquidades sociais que impactam diferentemente as populações, na orientação, priorização e integração das ações, e no estabelecimento de uma linha de base para realização de acompanhamentos e monitoramentos da população focada.

Segundo esse Documento, integrar a análise da Saúde à Assistência Social apresenta as seguintes possibilidades:

- Disponibilizar informações sobre o perfil da saúde e da proteção social para a totalidade da população cadastrada nos recortes de interesse (regional e local);
- Indicar as famílias em situação de maior risco e vulnerabilidade utilizando as variáveis do Índice de Desenvolvimento Familiar - IDF, pobreza e extrema pobreza, como essenciais para a priorização das ações sociais da saúde e da assistência social;
- Analisar o perfil de saúde auto referido para as doenças crônicas utilizando a prevalência e a comparação com os inquéritos realizados pelo Ministério da Saúde e os das doenças de interesse epidemiológico;
- Identificar deficiência na oferta dos Benefícios Sociais;
- Identificar fragilidades para o acesso ao trabalho da população economicamente ativa; e
- Analisar a situação de cobertura da atenção básica da saúde e da assistência social nos municípios para o atendimento às demandas e necessidades da população impactada.

O Documento afirma que a incidência de desastres agrava as situações de vulnerabilidade e risco das comunidades, amplia as dificuldades já enfrentadas pelas famílias e comunidades, perpetua situações de pobreza e amplifica desigualdades.

Para além das condições materiais concretas, essas populações são afetadas emocionalmente pelas inseguranças, perda de confiança nos gestores e nas instituições responsáveis pela segurança coletiva.

Vivenciam situações extremas de insegurança sem recursos suficientes para agir nas emergências e posteriormente retornar à vida normal, ficando assim, em maior situação de dependência de terceiros.

Tais situações transbordam a capacidade de enfrentamento das pessoas e comunidades em especial das famílias em situação de pobreza. Segundo Valêncio (2009), em casos de desastres, “há cicatrizes emocionais que impedem que pessoas ou grupos inteiros tornem a desempenhar seus papéis sociais de forma plena o que depõe, portanto, contra a sua autoestima, identidade, sobrevivência e modo de vida”.

Os dados do IDF familiar e municipal com base no CI permitem a realização de uma leitura semelhante aos padrões da literatura, pois, do total de 13.908 cadastros, 4.331 (31%) apresentaram IDF menor que a média do município em que se inserem.

Entretanto, ao se isolar os dois componentes que avaliam a pobreza dessas mesmas famílias encontramos 9.956 (72%) em situação de pobreza e extrema pobreza, sendo que esta última condição afeta 6.742 cadastrados. Ao se aplicar a média de componentes por família (3,2 pessoas) chega-se a um universo de quase 32 mil indivíduos com insuficiência de renda mínima. Esse padrão se mantém tanto em Minas Gerais quanto no Espírito Santo.

As famílias que apresentam o IDF menor que o do município merecem um recorte para averiguação de quais variáveis têm impacto para que estejam nessas condições, permitindo que sejam evidenciados em que pontos as ações podem se concentrar para que tenham maior efetividade e tenham parâmetro de monitoramento em séries históricas. Ao se proceder tal recorte, constata-se, por exemplo, que o número de pessoas que se encontram em extrema pobreza é maior se comparado ao das famílias com IDF menor ou mesmo com as famílias que possuem uma renda mensal entre R\$ 85,01 e R\$170,00.

Esse dado indica uma complexidade maior e, em caso de necessidade de priorização de atendimento, as famílias em situação de extrema pobreza podem representar alta prioridade de atenção por parte dos projetos e programas não só da área de proteção social, mas de todas as áreas.

O impacto de um desastre na questão de sobrevivência é muito forte para essas famílias, pois atinge seus arranjos de subsistência, os quais se encontram na comunidade, nos recursos naturais e nas redes e interações que mantém, tendo em vista a impossibilidade de uma pessoa satisfazer as necessidades básicas com pouco mais de R\$ 2,00 ao dia.

Na averiguação com dados secundários do Ministério do Desenvolvimento Social (MDS), os números de extrema pobreza, famílias com renda per capita entre R\$ 0,00 a R\$ 85,00 reais, é maior do que o de famílias com renda de R\$ 85,00 a R\$ 170,00 reais (perfil Programa Bolsa Família), o que confirma a realidade das famílias de grande parte dos municípios aqui tratados.

O Documento apresenta uma detalhada caracterização da população atingida em aspectos como distribuição por faixa etária, comunidade tradicional (indígenas e quilombolas), presença de deficiências físicas, distribuição das gestantes em faixas etárias e gravidez na adolescência, desenvolvimento familiar e situação de pobreza e extrema pobreza, cadastro e benefícios sociais, bem como dados sobre a proteção básica e essencial.

Enfatiza também, avaliando aspectos de saúde das comunidades atingidas que, além da ruptura de redes comunitárias de sobrevivência, eventos como o rompimento da barragem de Fundão podem ainda resultar em outras sequelas, tais como “distúrbios de estresse pós-traumáticos, depressão, risco de suicídio, adição, HIV/AIDS e violência familiar e comunitária.

O acompanhamento comunitário se faz necessário não só pelos recursos concretos de sobrevivência, mas pelo monitoramento de situações de aumento de violência doméstica, uso e abuso de substâncias químicas como álcool e outras drogas, bem como os cuidados com pessoas, grupos e comunidades que podem ter seus laços territoriais afetados.

Na sua avaliação sobre os impactos à saúde humana, o Documento assinala as diversas ocorrências adversas que podem ser registradas em diferentes períodos após o desastre. Assinala também as enfermidades crônicas auto referidas pelas comunidades inqueridas no levantamento.

As projeções de impactos à saúde assinaladas no Documento, entretanto, não levam em conta outras enfermidades como aquelas associadas a rotas de exposição e a contaminantes químicos que somente são identificadas e classificadas com a realização de estudos de ARSH.

Relevância desses dados e informações para os estudos de ARSH

Desde o ponto de vista dos estudos de ARSH, esta fonte foi considerada para a etapa “Preocupações da comunidade com sua saúde”, principalmente no tocante aos aspectos demográficos e sociais das populações envolvidas que possam influir na sua vulnerabilidade ante às implicações de saúde que venham a ser determinadas por rotas de exposição aos contaminantes químicos.

DADOS DE SAÚDE**Relatório Final “Estudo sobre o Perfil Epidemiológico da População de Barra Longa – MG, Pós-Desastre, 2016”. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. (EPISUS, 2016)**

Trata-se de um estudo com delineamento descritivo e seccional, cujo objetivo foi estimar a prevalência de atendimentos ambulatoriais por demanda espontânea da população de Barra Longa, no período de janeiro de 2014 a junho de 2016. Neste período, foram registradas 7.511 fichas de atendimento, sendo em 2014 n=2.583; em 2015 n=2.983 e em 2016 n=1.945 (EPISUS, 2016).

Dentre os resultados deste estudo, verificou-se que dos diagnósticos ou manifestações clínicas registrados nas fichas de atendimento, as infecções de vias aéreas superiores (IVAS) (n= 766) apresentaram a maior prevalência em relação aos demais atendimentos, sendo de 18,4% em 2014 (n= 92) 15,3% em 2015 (n=331) e 24,3% em 2016 (n=343) (EPISUS, 2016). O período de atendimento referente à 2016 é de 6 meses (janeiro a junho). Mesmo levando-se em consideração uma possível subnotificação ocorrida nos anos anteriores e o elevado percentual de fichas sem diagnóstico ou ilegível como referido no Relatório, é digno de nota que o percentual de atendimentos por IVAS registrado em 6 meses de 2016 é 60% superior ao registrado em todo o ano de 2015. O período destes atendimentos corresponde ao processo de remoção da lama depositada nas ruas e residências de Barra Longa, o que gerou uma grande quantidade de poeira decorrente do trajeto dos caminhões pela cidade. Informações colhidas junto a representantes da comunidade e do município referem que a poeira se espalhou por toda a cidade e que a atividade de remoção da lama foi realizada por mais de 1 ano.

A poluição do ar é caracterizada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um fator de risco para diversas doenças e agravos, como infecções respiratórias agudas, doenças pulmonares obstrutivas crônicas, asma e infecções respiratórias das vias aéreas superiores (PHILIPPI *et al.*, 2004). O estudo realizado pelo EPISUS (2016) aponta que esses atendimentos podem ter aumentado devido à presença de poeira proveniente da lama de rejeito da barragem que secou, influenciando no aumento da poluição atmosférica, e conseqüente risco para doenças respiratórias.

Esta equipe responsável pelo estudo de avaliação de risco concorda com as considerações feitas no Relatório do EPISUS de 2016, e considera que, embora ao longo dos anos seja provável que tenha havido uma diminuição na quantidade de poeira decorrente da lama depositada à qual a população

está exposta, ainda existe rota de exposição completa no presente à poeira, conforme estabelecido no relatório de contaminantes de interesse e rotas de exposição, o que será discutido de forma mais detalhada no subitem 3 - Estabelecimento das Implicações sobre a saúde, deste relatório.

No inquérito populacional realizado no estudo do EPISUS (2016), a maioria da população de estudo sorteada, segundo amostragem probabilística aleatória simples, residia na zona rural, 59,4%, e 40,6% na zona urbana. Esta população foi dividida em residente em área afetada e em área não afetada, segundo critérios definidos pelo estudo. A exposição da população classificada como residente em área afetada foi 2 e 3 vezes maior, através do contato com a lama e com a água contaminada, respectivamente, do que a exposição da população residente em área não afetada (Tabela 9, Relatório EPISUS, 2016). No entanto, é importante assinalar que, embora a exposição à poeira também seja maior nos residentes da área afetada (50%) em comparação aos residentes da área não afetada, a magnitude desta diferença é menor, o que pode ser devido à capacidade de dispersão aérea deste meio ambiental que pode contaminar residências não diretamente atingidas pela lama, ou que não foram consideradas como localizadas em áreas próximas das áreas afetadas pela lama e rejeitos.

A observação acima pode levar à consideração de que, pelo menos em relação à rota de exposição à poeira domiciliar, um maior número de pessoas pode ter sido (e estar sendo) exposta, para além de residirem em áreas consideradas afetadas pelo estudo do EPISUS (2016). São dignos de nota os resultados observados na Tabela 15 do mesmo estudo. Observa-se uma razão de prevalência com significância estatística de sintomas associados com estresse emocional (insônia, irritabilidade) nos residentes da área afetada. No entanto, em relação aos sintomas e sinais geralmente associados com uma exposição por via respiratória ou ocular, como coriza, irritação nos olhos, tosse, embora encontre-se uma razão de prevalência maior nos residentes da área afetada, esta não apresenta significância estatística em relação aos residentes da área não afetada (coriza _ RP: 1,26, IC: 0,89 – 1,78, p=0,20; irritação nos olhos _ RP: 1,37, IC: 0,83 – 2,25, p=0,23; tosse _ RP: 1,17, IC: 0,88 – 1,55, p=0,29).

Outra observação interessante na Tabela 15 pode ser feita em relação ao sintoma coceira, o qual pode estar associado não só ao contato direto com a lama e resíduos, mas, também, com a poeira contaminada. Também se observa razão de prevalência superior (1,48) nos residentes na área afetada, porém, sem significância estatística (IC: 0,98 – 2,23; p=0,09).

Estes resultados parecem indicar que, em relação à exposição através da inalação ou contato com a poeira contaminada, não é possível classificar a população como residente em área afetada e

não afetada. Para fins de ações de atenção à saúde, toda a população de Barra Longa deve ser considerada exposta.

Relatório Final “Dois anos pós-desastre da barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG, 2018”. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. (EPISUS, 2018)

Este relatório abordou os resultados de dois estudos realizados pela equipe do EPISUS no período de maio a julho de 2018: i) estudo descritivo dos atendimentos ambulatoriais e ii) inquérito populacional.

O período do estudo descritivo foi relativo aos atendimentos ocorridos nas unidades de saúde do município de Barra Longa no período de julho de 2016 a maio de 2018. Este estudo identificou um aumento de 23% nos atendimentos no período de 2016 para 2017. O maior número de registros foi por Infecções de vias aéreas superiores (IVAS), 1.060 (14,2%). Registrou-se um aumento superior a 1000% nos atendimentos referentes à parasitose, hipertensão, dermatite, diabetes, depressão, transtorno mental e asma. A manifestação clínica mais registrada nas fichas de atendimento ao longo do período foi tosse, 609 (8,1%), seguida de dor de garganta 359 (4,8%), febre 316 (4,2%) e cefaleia 300 (4%).

O inquérito populacional foi realizado no período de maio a julho de 2018 tendo como população de estudo residentes do município há pelo menos um ano antes do rompimento da Barragem do Fundão ou filhos desses residentes nascidos após o desastre, selecionados através de amostragem probabilística do tipo aleatória simples, estratificada por zona de residência. Foram realizadas 356 entrevistas.

Embora o estudo tenha sido realizado 2 anos e 7 meses após o rompimento da barragem, a maioria dos entrevistados 317 (89%) informou ter contato com poeira, 185 (52%) com a lama e 104 (29,2%) com água contaminada com a lama. Houve um aumento na frequência dos diagnósticos médicos de infecção de vias aéreas superiores de 30,5% e de alergia de 24,4%, após o desastre. A piora dessas doenças esteve associada, estatisticamente, à exposição aos produtos do rejeito da barragem.

O estudo realizou uma abordagem sindrômica para intoxicação por metais pesados cuja caracterização clínica (agrupamento de sinais e sintomas) é inespecífica na avaliação desta equipe de

avaliação de risco não sendo possível estabelecer qualquer inferência. Os resultados referentes às análises laboratoriais de metais pesados não estavam disponíveis.

Avaliação dos riscos à saúde da população de Barra longa / MG afetada pelo desastre – Março 2017

- Instituto Saúde e Sustentabilidade e Greenpeace.

Pesquisa Avaliação de Saúde da População de Barra Longa afetada pelo Desastre de Mariana, Brasil. (INSTITUTO SAUDE E SUSTENTABILIDADE, 2017)

Esta pesquisa, realizada pelo Instituto Saúde e Sustentabilidade em parceria com a Organização Não-Governamental Greenpeace, teve como objetivo identificar as percepções dos entrevistados quanto aos efeitos à saúde, e ao atendimento às suas necessidades que lhes garantissem saúde e bem-estar. Esta pesquisa foi realizada no período de outubro de 2016 a janeiro de 2017, através de questionários de auto avaliação em saúde aplicados a 223 famílias, em um total de 507 indivíduos moradores na área urbana da cidade e nas comunidades rurais de Gesteira e Barretos. Os três principais grupos de problemas de saúde relatados espontaneamente pelos entrevistados como tendo ocorrido após o desastre são de origem respiratória (40%), afecções de pele (15,8%) e transtornos mentais e comportamentais (11%).

Os resultados observados no Estudo acima descrito se coadunam com os resultados encontrados no Estudo do EPISUS (2016) em relação aos principais agravos à saúde observados na população a partir do desastre ocorrido em novembro de 2015.

Relatório Instituto Saúde e Sustentabilidade. Município de Barra Longa. Resultados de Exames Toxicológicos. Proposta de Novos Estudos. Contextualização sobre os Metais encontrados., (Vormittag, E).

Este estudo é nominado pelos autores como “segunda pesquisa”. Ele é decorrente da “primeira pesquisa” discutida acima e tem como escopo a realização de análise laboratorial em amostras biológicas de sangue e cabelo colhidos de 11 moradores de Barra Longa que haviam referido alguma queixa de saúde durante a realização da “primeira pesquisa”. Foram pesquisados 13 metais: Alumínio, Arsênio, Bário, Cádmiio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Ferro, Manganês, Níquel, Selênio, Urânio e Zinco. Os

resultados nas amostras de cabelo não estavam disponíveis até o momento da elaboração deste relatório. Os resultados das análises de sangue foram: 11 participantes apresentaram aumento dos níveis de níquel no sangue; 10 participantes apresentaram diminuição dos níveis de zinco; 3 participantes apresentaram aumento dos níveis de arsênio no sangue e 5 participantes apresentaram níveis no limite superior da normalidade. Os autores não informaram as concentrações encontradas para cada metal, os valores mínimos, médios e máximos, e nem os limites de segurança utilizados, assim como a metodologia de realização do mesmo.

Não é possível qualquer tipo de conclusão em relação ao significado destes resultados para o estabelecimento das implicações sobre a saúde da população exposta decorrentes do desastre de Mariana. É importante observar, no entanto, a presença de níquel no sangue de todos os participantes, embora em níveis não relatados. Da mesma forma, o relato de níveis diminuídos de zinco em uma população referida pelos autores como tendo uma ingestão dietética adequada, pode estar associado a mecanismos de interação entre os metais no processo de absorção intestinal.

Em relação aos resultados encontrados para arsênio, a mensuração dos níveis sanguíneos não são em geral considerados indicadores confiáveis para monitoramento humano da exposição crônica a baixos níveis de arsênio (ATSDR, 2007). A mensuração das concentrações urinárias é considerada o indicador mais confiável para exposição recente. Como o arsênio tende a se acumular no cabelo e unhas, a mensuração dos seus níveis nestes tecidos pode ser um indicador útil de exposição passada. Como não foram realizadas análises em urina e os resultados em cabelo não estão disponíveis não é possível fazer considerações sobre os achados deste Estudo. Assinalamos, no entanto, que as análises das amostras ambientais realizadas no Estudo de Avaliação de risco não encontraram concentrações de arsênio acima, ou limítrofe, aos valores de segurança utilizados, em nenhum meio ambiental pesquisado.

Doenças transmitidas por vetores - Relatório Final. TETRA TECH – 2018. (TETRA TECH, 2018)

O documento apresenta como objetivo fornecer dados epidemiológicos secundários sobre as chamadas “doenças vectoriais”: arboviroses, malária, doença de Chagas, leishmanioses (tegumentar americana e visceral) e peste.

Foi realizada revisão bibliográfica para analisar em que medida o aparecimento e a disseminação das doenças vetoriais no território estão associadas ao rompimento da Barragem. Foi realizado levantamento de dados secundários relacionados às doenças causadas por vírus (arboviroses), bactérias (peste bubônica), protozoários (malária, leishmanioses e doença de Chagas) e helmintos (filariose linfática e oncocercose). As bases utilizadas para a realização desse levantamento de dados foram DATASUS, boletins epidemiológicos do Ministério da Saúde, publicações indexadas em bases de dados e análise de mídia.

Esses agravos são doenças de notificação compulsória definidas conforme Portaria Nº 24 do Ministério da Saúde no ano de 2016, a fonte dos dados é o Sistema de Informações de Agravos de Notificação(SINAN - net).

Relevância dos dados e informações para os estudos de ARSH

Metodologia válida para levantamento de dados epidemiológicos secundários sobre as “doenças vetoriais” bem como para a revisão bibliográfica. Entretanto, a consulta realizada no DATASUS para os dados do Sinan abrangeu apenas o período de 2007 a 2014. Outro aspecto é que embora a revisão bibliográfica tenha sido realizada para analisar em que medida o aparecimento e a disseminação das doenças vetoriais no território estejam associadas ao rompimento da Barragem, o estudo de ARSH não estabelece nexos de causalidade.

Perfil de morbimortalidade dos agravos e doenças, dos últimos 10 anos, antes da ocorrência do rompimento da barragem de fundão. Fundação Renova, 2017. (RENOVA, 2017a).

O documento apresenta como objetivo a descrição do perfil de morbimortalidade dos agravos e doenças, considerando os últimos 10 anos, antes da ocorrência do rompimento da Barragem, ou seja, do ano de 2005 a 2015.

O documento apresenta a análise descritiva de dados disponibilizados pelo DATASUS, realizada para 35 municípios do estado de Minas Gerais e 05 municípios do estado de Espírito Santo. Para a pirâmide etária dos municípios, utilizaram-se os dados do Censo de 2010 por apresentar maior fidedignidade em relação à distribuição populacional entre as faixas etárias.

Relevância dos dados e informações para os estudos de ARSH

Metodologia válida para caracterização de perfil de morbimortalidade dos agravos e doenças, e também atende aos critérios previstos na metodologia do estudo de Avaliação de Risco à Saúde

Humana - ARSH. Entretanto, os dados relacionados aos óbitos, embora extraídos de fontes oficiais, foram agrupados por capítulos de mortalidade, o que dificulta um maior detalhamento e descrição das informações relacionadas aos óbitos.

Perfil dos serviços de saúde nos municípios da área impactada pelo rompimento da barragem de fundão. Fundação Renova, 2017 (RENOVA, 2017g)

O documento apresenta como objetivo a caracterização da estrutura e os serviços de saúde existentes nos municípios da área impactada pelo rompimento da barragem de Fundão.

Apresenta análise descritiva de dados consultados em sistemas de informação em saúde, principalmente o Cadastro de Estabelecimentos de Saúde (CNES), além de dados socioeconômicos e informações disponíveis no IBGE. Caracterização realizada para 35 municípios do estado de Minas Gerais e 05 municípios do estado de Espírito Santo.

Relevância dos dados e informações para os estudos de ARSH

Metodologia válida para descrição dos serviços de saúde no tocante a estrutura física, equipamentos e recursos humanos. Os dados foram extraídos de fontes oficiais. Deste modo, este estudo atende aos critérios previstos na metodologia do estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana - ARSH.

Estudo bibliográfico e dos dados do DATASUS sobre a saúde mental nos municípios afetados pelo rompimento da barragem de fundão em Mariana, Minas Gerais. (INSTITUTO SAUDE E SUSTENTABILIDADE, 2018)

Objetivos do estudo A:

1. Revisar bibliografia existente sobre os efeitos em saúde mental em situações de desastres em geral, tecnológicos e naturais;
2. Desenvolver revisão sistemática sobre artigos científicos selecionados sobre o tema Desastres e efeitos à saúde mental; e
3. Elaborar uma narrativa desenvolvida como “Introdução”, a partir de revisões de narrativas, revisões sistemáticas e metanálises que tratam do tema Desastres e efeitos à saúde mental;

Objetivos estudo B:

1. Identificar e levantar os indicadores da situação de saúde mental, disponibilizados pelo DataSUS para os 40 municípios envolvidos no estudo; e

2. Analisar os dados e elaborar conclusões para cada um dos quarenta municípios afetados.

Metodologia do estudo A: revisão sistemática. Para relatar os achados dessa revisão será empregado o PRISMA.

Metodologia estudo B: analisados três tipos de informações para cada um dos municípios incluídos no estudo – 1) dados de produção para os procedimentos e indicadores relacionados à Saúde Mental, no período de 2005 a 2017, ou seja, a caracterização da produção da rede assistencial em saúde mental; 2) o número de ocorrências relacionadas a tentativas de suicídio e; 3) dados de consumo de medicamentos psicotrópicos.

O estudo utiliza linguagem e perspectivas ideológicas distintas nas diferentes partes da pesquisa. No eixo A, a linguagem e o recorte estão voltados para uma perspectiva organicista, medicalocêntrica e centrado na patologização dos sintomas. Já o recorte B, aponta para sintomas que indicam sofrimento, e não patologia, focando nos aspectos da rede de atenção psicossocial como potencial de cuidado. A análise das informações não permite concluir sobre o impacto do rompimento da barragem na saúde mental da população atingida, conforme aponta o próprio estudo, mas as discussões levantadas sobre a rede e os atendimentos podem servir de subsídio para melhoria da oferta de cuidado em saúde mental dos municípios analisados.

A revisão bibliográfica não inclui documentos importantes de instituições como a OPAS, OMS e IASC. As pesquisas analisadas têm um viés quantitativo, e ignoraram a importância dos estudos qualitativos para entendimento dos aspectos psicossociais relacionados aos desastres, com foco apenas em transtornos mentais, e não para as causas.

O olhar qualificado para as causas e peculiaridades do sofrimento gerado pelas situações de crise poderia trazer informações mais relevantes para pensar o cuidado a essas pessoas.

A literatura nacional sobre o tema foi pouco considerada. Há diversos documentos importantes de conselhos regionais de psicologias publicados, e trabalhos com pesquisadores nacionais atuantes em situação de desastre publicados no Brasil, que não foram citados. Cabe ainda ressaltar que existe uma Portaria Interministerial que trata de ações de atenção psicossocial a grupos vulneráveis em situações de desastres, que também poderia ser inserida. Os trabalhos nacionais são muito

importantes por estarem em maior consonância com os preceitos do SUS e da RAPS do que apenas a literatura internacional.

Relevância dos dados e informações para os estudos de ARSH

Metodologia não válida para a utilização na ARSH.

PRISMMA - Pesquisa sobre a Saúde Mental das Famílias Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão em Mariana (PRISMMA, 2018)

O objetivo primário desta pesquisa foi avaliar a situação atual de saúde dos indivíduos diretamente afetados pelo desastre do rompimento da barragem de Fundão em Mariana, com ênfase em saúde mental. Os objetivos secundários foram:

1. Descrever as características sociodemográficas da população de pessoas atingidas;
2. Identificar, mapear e analisar o território onde vive atualmente a população de atingidos;
3. Quantificar a prevalência declarada de doenças clínicas;
4. Quantificar a prevalência dos diagnósticos de transtornos mentais relacionados ao estresse (transtorno depressivo maior, transtorno de estresse pós-traumático, transtorno de ansiedade generalizada, risco de suicídio);
5. Avaliar os fatores relacionados ao desastre que podem estar associados ao aumento do risco de transtornos mentais associados a estresse;
6. Verificar o acesso e o uso dos serviços de assistência social, jurídica e de saúde, disponíveis para a população de atingidos; e
7. Mensurar a prevalência de sintomas cardiovasculares na população diretamente atingida e a possível exacerbação de tais sintomas pelo desastre.

Sua metodologia propõe um estudo epidemiológico de base domiciliar, com delineamento transversal. Por meio de entrevistas estruturadas, foi avaliada a saúde dos indivíduos atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão em Mariana, com ênfase em saúde mental.

Relevância dos dados e informações para os estudos de ARSH

No que concerne à sua utilização para este estudo de ARSH, o referido estudo está validado para parte de avaliação sociodemográfica - Parte: 3. Descrição da amostra, demografia e saúde geral.

No entanto, o aspecto de saúde mental não se aplica à metodologia de ARSH. Isto porque a metodologia utilizada apenas diagnosticou, por meio de rastreamento com testes validados, os casos de transtornos mentais relacionados ao estresse (transtorno depressivo maior, transtorno de estresse pós-traumático, transtorno de ansiedade generalizada e risco de suicídio). Sua metodologia não se baseou em um levantamento para quantificar os diagnósticos, e sabe-se que o uso de testes de rastreio em saúde mental, de forma rápida, generalizada pode implicar em aumento da taxa de falsos positivos, para alterações psíquicas.

Embora os instrumentos utilizados para rastreamento de transtornos mentais fossem validados, os questionários para diagnosticar os transtornos mentais foram aplicados junto com uma série de outras perguntas por pessoas que não conheciam aquela população entrevistada, o que indica condições pouco favoráveis para um diagnóstico qualificado em Saúde Mental. Diagnósticos realizados de forma rápida, sem levar em consideração fatores como vínculo entre profissional e paciente, histórico de outras consultas, aplicação de um questionário longo, com diversas perguntas não relacionadas ao diagnóstico, entre outros podem causar prejuízos como estigmas e aumento da medicalização da população.

Os resultados obtidos podem, inclusive, ser contraproducentes em relação ao objetivo inicial de “Avaliar os fatores relacionados ao desastre que podem estar associados ao aumento do risco de transtornos mentais associados a estresse”. O que foi avaliado não foram os fatores “relacionados ao desastre”, mas sim as pessoas. Assim, as questões de ordem social, política, cultural ficaram como pano de fundo, sobrepostas pelos diagnósticos de “distúrbios”, “transtornos”, atribuindo ao indivíduo uma série de dificuldades que o inserem no campo das patologias e dos rótulos, das classificações psiquiátricas

Ao codificar os sofrimentos em patologias, as orientações, recomendações e intervenções que podem se desdobrar a partir dessa informação estão no campo da área médica, organicista, escondendo as informações importantes sobre as causas que levam ao sofrimento.

Antes fosse mais leve a carga: uma avaliação dos aspectos econômicos, institucionais e sociais do desastre da Vale/BHP/Samarco em Mariana (MG) (ZONTA, M.; TROCATE, 2016)

A pesquisa tem como principal objetivo subsidiar os movimentos sociais e as organizações não governamentais que reivindicam a garantia dos direitos humanos das pessoas atingidas pelo rompimento da barragem, bem como a remediação dos impactos socioambientais

O relatório foi motivado pela necessidade de uma sistematização das informações que vinham sendo produzidas sobre o rompimento da barragem do Fundão. Esse esforço foi associado ao levantamento de informações complementares, que pudessem ampliar o entendimento sobre a empresa, o contexto operacional/institucional no qual ela atua e algumas das possíveis consequências do rompimento da barragem. Dentro desse contexto, o relatório analisado se propôs, por meio da sistematização e divulgação da informação, a contribuir para o aprimoramento do debate sobre a atividade mineral no país.

Os autores acreditam que o acesso à informação por parte dos movimentos e organizações envolvidos com questões de proteção aos direitos humanos e de preservação ambiental poderá aprimorar sua capacidade de atuação. Dessa forma, espera-se que o reconhecimento do Brasil como um país minerador, bem como dos riscos e impactos gerados por essas atividades para a sociedade e para o meio ambiente, aumente a pressão social sobre agentes do Estado e sobre as empresas e, dessa forma, colabore para a construção de novos sistemas, democráticos e participativos, de controle sobre a forma como se exploram os bens minerais do país.

No que concerne à sua utilização para a ARSH, o estudo está validado. O conteúdo está bem articulado com objetivo, atinge o objetivo, e utilizou-se de grande quantidade de referências bibliográficas de origens distintas. O texto aponta para falta de disponibilização de dados sobre o conteúdo do rejeito pela Samarco. Cita estudos que mostram quantidades elevadas de metais e outros químicos, e fala sobre a necessidade de realização de novos estudos. O texto levanta a discussão sobre o racismo ambiental que deve ser levado em consideração na ARSH.

DADOS AMBIENTAIS

Estudos na zona costeira e no meio marinho

Qualidade da Água e do Sedimento na Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas - Atualização de Maio/2017, Relatório técnico. (GOLDER, 2017a).

Esse Relatório apresenta uma atualização dos resultados em fevereiro de 2017 (Golder, 2017), contemplando, além dos dados de qualidade da água e sedimentos já abordados num relatório anterior, aqueles disponibilizados pela Fundação Renova para o período entre dezembro de 2016 e fevereiro de 2017.

Vale ressaltar que para a coleta das amostras de água, foram utilizadas diferentes profundidades. No período de 26 a 27 de fevereiro de 2016 as amostras foram coletadas em 2 profundidades distintas, depois passaram a adotar 4 profundidades diferentes para coleta de água, metodologia que se estendeu até o fim do Relatório. Quanto à amostragem de sedimentos, desde 17 de novembro de 2015, a Samarco coletou amostras de sedimentos num ponto (Seção IV) próximo à foz do rio Doce, e, desde 27 de fevereiro de 2016, iniciou as coletas semanais de sedimento nos mesmos pontos de amostragem de água.

O documento assinala que a dispersão da pluma CDs (“contínua densa”), possivelmente forte fator para a deposição dos rejeitos provenientes do rompimento da barragem da Samarco de Fundão, se desloca preferencialmente para sul, em função dos ventos prevalecentes de nordeste. Ao seguir para o sul, a pluma se afasta da costa. Nos períodos de atuação dos ventos de quadrante sul, a pluma se desloca para norte e permanece mais próxima à costa. A intensidade dos ventos não parece ter uma relevância tão grande para o deslocamento da pluma quanto a direção.

O Relatório assinala que a pluma CDg (contínua degradê) é mais confinada à costa, não apresentando grande alcance em direção ao oceano aberto. Apesar disso, sua extensão ao longo da costa é comumente muito maior que a pluma CDs. Em função das características da pluma CDg, há maior incerteza quanto ao teor de rejeitos do que para a pluma CDs.

Análise Integrada dos Contornos do Deslocamento das Plumas de Turbidez no Meio Marinho. Relatório Técnico – RT ECV 138/17 – Revisão 00 – Junho/17 (ECONSERVATION, 2017).

Neste Relatório Técnico, que assinala o histórico da evolução das plumas de turbidez no meio marinho, destaca-se as adaptações das metodologias de avaliação utilizadas em três fases: de 25/11/2015 a 07/03/2016, entre 09/03/2016 e 29/07/2016, e a partir do dia 02/08/2016 até o período final de abrangência do Relatório.

O importante, como registro e de relevância para os estudos de ARSH, é a parte das conclusões onde se constata a “maior influência da pluma num raio de 15 Km a partir da Foz”. Isto indica a área a ser avaliada como maior influência das águas marinhas/estuarinas sobre os sedimentos gerados e possibilidade de mobilização dos contaminantes para os meios bióticos e possíveis formação de rotas de exposição humana.

Relevância desses estudos para ARSH

Em função das contribuições dessas plumas na formação dos sedimentos na zona costeira, as características de composição das plumas quanto aos rejeitos e suas mobilidades são de relevância para se avaliar a possibilidade de mobilização dos contaminantes para os meios bióticos e possíveis formação de rotas de exposição humana, principalmente nos pontos mais próximos à costa. Essas informações são relevantes para estudos específicos futuros de ARSH.

No entanto, levando em consideração a área de abrangência deste Estudo de ARSH sob a estratégia de realização do estudo de pior cenário, limitando a avaliação de dados ambientais na área entre a localidade de Bento Rodrigues, em Mariana/MG, até a zona estuarina do Rio Doce em Regência, localidade de Linhares/ES, esses dados não serão considerados no presente Estudo.

Estudos sobre os rejeitos

Rompimento da barragem de rejeitos de fundão: Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos. Outubro, 2017-Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. (GOLDER, 2017b)

Este relatório consiste em uma revisão do conteúdo da Seção 4 (Avaliação dos Resultados de Investigação Geoquímica e Aspectos Biogeoquímicos) do relatório RT-023_159-515-2282_00-J (Avaliação dos Impactos do Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão), emitido em Julho de 2016.

Foram coletadas 311 amostras para testes geoquímicos com o intuito de servir como subsídio para a tomada de decisões relativas ao manejo dos rejeitos liberados. A coleta de amostras ocorreu durante as investigações de campo, entre 23 de janeiro e 12 de abril de 2016. Adicionalmente, duas amostras de solo não afetado foram coletadas no Espírito Santo entre 11 e 12 de abril de 2017, em função de uma solicitação do Instituto Estadual do Meio Ambiente do Espírito Santo (IEMA-ES).

Foram amostrados rejeitos (4 amostras compostas), detritos coletados nas pilhas erguidas em Barra Longa (2 amostras), solo de áreas não afetadas (35 amostras), sedimento de áreas não afetadas (18 amostras) e sedimentos e solos de áreas afetadas (252 amostras). Os pontos de coleta de amostras incluíram a Barragem de Rejeitos de Germano (para representar o material fonte, uma vez que questões de segurança impediam a coleta de amostras na Barragem de Rejeitos de Fundão) e as áreas afetadas a jusante da barragem de Fundão. A deposição de rejeitos se estendeu desde a barragem de Fundão até o litoral do ES. Listados em ordem de localização a partir da barragem de Fundão, os principais pontos de amostragem compreenderam o reservatório de Santarém, Córrego Santarém, Rio Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce, Reservatório de Candonga (usina hidroelétrica Risoleta Neves), Reservatório de Baguari e a foz do Rio Doce no Oceânico Atlântico. Além disto, foram coletadas amostras de vários tributários.

O programa de testes geoquímicos foi executado em duas fases. Os objetivos das análises realizadas na Fase I do Programa de Caracterização Geoquímica foram: 1) caracterizar os rejeitos-fonte; 2) determinar a composição química das misturas de solo e sedimentos depositadas nas redes de drenagem a jusante da barragem de Fundão; e 3) avaliar os rejeitos, solos e sedimentos com relação as normas regulatórias aplicáveis a solos e sedimentos. O programa de análises da Fase I incluiu a análise de todas as amostras quanto a composição química, distribuição granulométrica, e contagem ácido-base, para determinar as características químicas e físicas dos materiais coletados.

O programa analítico desenvolvido na Fase II visou determinar a estabilidade química (isto é, o potencial de mobilização de metais a partir da fase sólida para a fase aquosa) dos rejeitos, dos solos e sedimentos afetados. Os resultados do programa Fase II foram utilizados para avaliar o potencial de mobilização de metais que resultassem em excedentes quanto aos padrões brasileiros de qualidade de água aplicáveis, no curto prazo (meses a anos) e no longo prazo (anos a décadas). Foram realizados testes geoquímicos em um subconjunto de 50 amostras, selecionadas com base nas características composicionais e espaciais, verificadas a partir dos resultados das análises da Fase I. O programa de

análise compreendeu vários testes de lixiviação de curto prazo, incluindo testes relevantes em termos regulatórios (ABNT NBR 10.005/2004)

Lixiviação e ABNT NBR 10.006/2004 – (Solubilização), testes para avaliar o potencial de mobilização de metais na água do rio e água do mar (elutriação), e testes para avaliar o potencial de mobilização de metais sob diferentes condições de pH (pH dependente). Análises mineralógicas foram executadas para identificar os hospedeiros mineralógicos de metais em cada amostra, sendo os resultados de teste de extração sequencial usados para confirmar a associação de metais com frações mineralógicas definidas operacionalmente, e o potencial de mobilização de metais a partir destas frações. Por fim, foram realizados testes cinéticos (teste de coluna e teste de célula úmida) como parte do programa Fase II visando determinar o potencial de mobilização de metais no longo prazo, sob condições inundadas e atmosféricas, respectivamente.

O Programa de Caracterização Geoquímica consistiu dos seguintes componentes:

- Investigação de Campo: amostras representativas da ampla gama de materiais e ambientes deposicionais resultantes da liberação dos rejeitos devido ao rompimento da barragem de Fundão foram coletadas para análise geoquímica;
- Investigação Laboratorial: as seguintes análises geoquímicas para determinar a composição química e a reatividade foram realizadas - composição química, distribuição granulométrica, contagem ácido-base (ABA), testes de lixiviação de curto e longo prazo e análise mineralógica. Foi realizada uma investigação laboratorial escalonada em que os resultados da Fase I foram considerados para a seleção de amostras para ensaios adicionais realizados na Fase II;
- Relatório: Os resultados foram comparados aos critérios regulatórios (diretrizes nacionais e/ou estaduais para solo, sedimento, classificação de resíduos e qualidade da água, conforme aplicável), dados históricos (dados históricos de solo, sedimento e qualidade da água, quando disponíveis), diretrizes internacionais (predição de potencial de drenagem ácida de rocha -ARD) e dados de monitoramento atuais fornecidos pela Fundação Renova. Os resultados dos testes de lixiviação foram usados para avaliar a estabilidade química de curto e longo prazo dos rejeitos, solos e sedimentos, bem como a mobilidade de constituintes liberados por estes materiais. Os resultados de extração sequencial e mineralogia foram usados para confirmar as

fontes potenciais de metais-traço e avaliar em mais detalhes a mobilidade dos elementos constituintes.

Valores de referência

Os valores de referência utilizados nesse Documento foram os seguintes:

Solo

- Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 (COPAM 2011): este regulamento estadual se aplica a solos no estado de Minas Gerais, estabelece valores de referência de qualidade (VRQ) específicos para Minas Gerais (29 de junho de 2011);

- Deliberação Normativa COPAM/CERH nº 02/2010 (COPAM/CERH 2010): este regulamento estadual institui o Programa Estadual de Gestão de Áreas Contaminadas, o qual estabelece as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gestão ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas (08 de setembro de 2010);

- Resolução CONAMA nº 420/2009 (CONAMA 2009): este regulamento federal define critérios para qualidade do solo e estabelece diretrizes para a gestão ambiental de áreas contaminadas por substâncias resultantes de atividades antropogênicas (28 de dezembro de 2009);

O regulamento federal sobre solos (Res. CONAMA 420/2009) define dois tipos de valores orientadores: "Valor de Prevenção" e "Valor de Investigação". Os "Valores de Prevenção" são inferiores aos "Valores de Investigação". Os "Valores de Investigação" são definidos para três tipos de uso do solo: agrícola, residencial e industrial. Para todos os parâmetros, observa-se a seguinte tendência nos valores: agrícola < residencial < industrial. A única diferença entre a norma federal (isto é, Res. CONAMA 420/2009) e a norma do estado de Minas Gerais (isto é, D.N. COPAM/CERH 02/2010) é que esta última não estabelece valores para vanádio (V).

- O regulamento estadual sobre solos (D.N. COPAM nº 166/2011) estabelece valores de referência de qualidade (VRQ) para o solo em Minas Gerais. Além disso, os resultados de composição química das amostras de solo foram comparados com os valores de referência estabelecidos especificamente para o Quadrilátero Ferrífero pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM 2015). Esta comparação não tem significância regulatória, mas representa uma referência relevante para comparação dos resultados das amostras de solo; e

- A Res. CONAMA 420/2009 especifica que as concentrações de metais (com exceção do mercúrio) sejam determinadas por meio do Método 3050B da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) ou Método 3051A USEPA. As concentrações de metais devem ser determinadas na fração abaixo de 2 milímetros (mm).

Sedimento

Os resultados de composição química das amostras de sedimentos da Fase I foram comparados com os padrões estabelecidos para sedimentos na Resolução CONAMA 454/2012.

A Resolução CONAMA nº 454/2012 estabelece diretrizes gerais e procedimentos de referência para a gestão de material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional (11 de novembro de 2012). Não existem regulamentos específicos relativos à qualidade de sedimentos no Brasil. No entanto, a Res. CONAMA 454/2012 apresenta limites aplicáveis a sedimentos dragados em água doce e água marinha. De um modo geral, estes limites foram estabelecidos a partir de diretrizes internacionais sobre qualidade de sedimentos. Esta Resolução inclui duas classes de sedimento:

- Classe 1: se os sedimentos dragados forem dispostos em cursos d'água, então os resultados devem ser comparados com os níveis aplicáveis (isto é, Nível 1 e Nível 2) indicados na Res. CONAMA 454/2012; e
- Classe 2: se os sedimentos dragados forem dispostos em terra, então os resultados devem ser comparados com o regulamento de solos Resolução CONAMA 420/2009.

Os níveis 1 e 2 são descritos como se segue:

Nível 1: limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota;

Nível 2: limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

A Res. CONAMA 454/2012 especifica que as concentrações de metais (com exceção do mercúrio) sejam determinadas por meio do Método 3050B ou Método 3051A da USEPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos). As concentrações de metais devem ser determinadas na fração abaixo de 2 mm.

Água

Os resultados de teste de lixiviação (isto é, elutriação usando água do rio e do mar, teste de pH dependente, teste de coluna e de célula úmida) obtidos na Fase II foram comparados com os critérios brasileiros de qualidade da água dispostos em dois documentos:

- Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH/MG nº 01/2008 (COPAM/CERH 2008): este regulamento estadual estabelece regras sobre a classificação de corpos d'água, fornece diretrizes para as várias classes, e estabelece condições e padrões para lançamento de efluentes no Estado de Minas Gerais (05 de maio de 2008); e
- Resolução CONAMA nº 357/2005 (CONAMA 2005): este regulamento federal dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências (17 de março de 2005).

Os regulamentos relativos às águas superficiais estabelecem classes para as águas de acordo com os possíveis usos. Os resultados de testes de lixiviação foram comparados com limites aplicáveis para água doce "Classe 2" ou água salinas "Classe 1". A única diferença entre a Res. CONAMA 357/2005 e a DN COPAM CERH 01/2008 é que a última estabelece limite para mais um parâmetro (i.e., sólidos suspensos). Os limites definidos nessas normas são para metais totais, exceto para alumínio (Al), cobre (Cu), e ferro (Fe), para os quais se aplicam limites de metais dissolvidos. A comparação dos resultados de metais dissolvidos com limites para parâmetros totais constitui uma abordagem conservadora, de acordo com a qual o excesso de concentrações dissolvidas implica também em excesso das concentrações totais.

A comparação dos resultados de teste de lixiviação com os critérios de qualidade da água é de natureza qualitativa, uma vez que os resultados do teste de lixiviação não visam uma comparação direta aos critérios regulatórios. Portanto, esta comparação não tem significância regulatória, objetivando apenas identificar os parâmetros de potencial interesse ambiental.

Observações gerais

Segundo esse Documento, os resultados da avaliação estatística confirmaram que o conjunto de dados representa a gama de composições dos solos e sedimentos afetados. Portanto, segundo os redatores desse Documento, o conjunto de dados geoquímicos é apropriado para subsidiar o processo de tomada de decisão quanto às medidas de remediação.

As amostras de rejeito coletadas na Barragem de Rejeitos de Germano consistiam, principalmente, do silicato mineral quartzo, com menores quantidades dos (hidr)óxidos de ferro hematita e goethita. Os rejeitos não continham minerais sulfetados e, por conseguinte, foram classificados como não geradores de ácido.

Os principais elementos detectados nas amostras de rejeito foram sílica e óxido de ferro. No conjunto de dados geoquímicos, os rejeitos apresentaram as menores concentrações para muitos metais-traço (arsênio, bário, cobalto, cobre, chumbo, níquel, prata, vanádio e zinco). Os resultados da análise de fase sólida não excederam os padrões de prevenção ou de investigação estabelecidos na Resolução CONAMA 420/2009.

Além disto, a composição de fase sólida das amostras de rejeito estava dentro dos Valores de Referência de Qualidade de solo de Minas Gerais, e das concentrações de referência determinadas para o Quadrilátero Ferrífero. Das quatro amostras de rejeito submetidas a testes de classificação de resíduos (ABNT NBR 10.004/2004), duas foram classificadas como não inertes) devido às elevadas concentrações de ferro obtidas nos testes de solubilização (ABNT NBR 10.006/2004). Além disto, o ferro lixiviado apresentou concentrações acima do limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 (Classe II) para água doce em testes de lixiviação usando água do rio (elutriação); o alumínio e o fósforo também ocorreram em concentrações elevadas em uma amostra de lixiviado.

Os resultados do teste de extração sequencial confirmaram que os principais hospedeiros mineralógicos de ferro nos rejeitos são a hematita e a goethita. Estes minerais cristalinos de ferro são estáveis e sofrem intemperismo lento em condições não ácidas. Portanto, os rejeitos têm um baixo potencial de mobilização de metais, inclusive ferro, nas condições de pH circum-neutrais existentes nos rios a jusante da barragem do Fundão (como discutido abaixo).

A composição mineralógica das amostras de solo não afetado era mais complexa do que a das amostras de rejeitos. A maioria das amostras de solo não afetado era constituída de solos ferruginosos típicos de terrenos de formação de ferro bandada (BIF) do Quadrilátero Ferrífero. Os minerais presentes nos solos incluíram quartzo, hematita, goethita e gibbsita. A presença de gibbsita (10% a 12%) é a principal diferença mineralógica em relação aos rejeitos de Germano. Os solos não afetados também foram classificados como não geradores de ácido, uma vez que não foram identificados minerais sulfetados nas amostras submetidas aos testes mineralógicos e de contagem ácido-base.

Diferentemente das amostras de rejeitos, os solos não afetados continham elevadas concentrações de vários metais referentes aos valores de prevenção (arsênio, bário, antimônio, cromo, cobalto, níquel e cobre) e valores de investigação para agricultura (arsênio, cobalto, bário e cromo) estabelecidos na Resolução CONAMA 420/2009. Além disto, vários metais foram detectados em concentração elevada em relação aos Valores de Referência de Qualidade de solo Minas Gerais

(antimônio, arsênio, bário, chumbo, cobalto, cobre, cromo, níquel, vanádio e zinco), e às concentrações de referência para o Quadrilátero Ferrífero (chumbo, cobalto, bário, vanádio, arsênio, cobre, zinco, cromo e níquel). Assim, segundo os dados desse Estudo, as amostras de solo não afetado apresentaram as maiores concentrações de vários parâmetros no conjunto de dados geoquímicos, incluindo cobalto, cobre, cromo, chumbo, manganês, níquel, titânio, vanádio e zinco.

Todas as seis amostras de solo não afetado submetidas aos testes de classificação de resíduos foram classificadas como não inertes por excederem os limites de solubilização para manganês. Uma amostra excedeu os limites para alumínio e ferro. Amostras de solos não afetados lixiviaram alumínio, ferro e manganês sob todas as condições de teste de lixiviação de curto prazo. Entretanto, os resultados do teste de extração sequencial confirmaram que alumínio e ferro estão significativamente contidos na fração mineral insolúvel (isto é, minerais cristalinos de alumínio e ferro, detectados por análise mineralógica).

Em contraste com as amostras de rejeitos, até 10% do ferro extraível em amostras de solo não afetado encontravam-se associados à fração Fe/Mn redutível, que são Fe-Mn amorfos (hidróxidos). O manganês também ocorre na fração de óxido Fe/Mn redutível. Estes minerais amorfos representam um reservatório mineralógico que efetivamente retém metais-traço, e restringe sua liberação no ambiente aquoso, não obstante eles sejam tipicamente mais solúveis do que seus equivalentes cristalinos.

Da mesma forma que ocorre com o solo não afetado, as amostras de sedimentos não afetados consistem de quartzo e minerais de ferro, incluindo hematita, goethita e magnetita. Não havia presença de minerais sulfetados e, por conseguinte, as amostras de sedimentos não afetados também foram classificadas como não geradoras de ácido. Amostras de sedimentos não afetados coletadas em ambientes de água doce, isto é, das calhas dos rios e reservatórios, excederam os critérios de sedimento estabelecidos na Resolução CONAMA 454/2012 para arsênio, cromo e níquel, enquanto as amostras de sedimentos coletadas no oceano excederam os critérios para arsênio e níquel.

Amostras de sedimentos não afetados também foram classificadas como materiais não inertes, em função das elevadas concentrações de manganês, ferro e alumínio detectadas nos lixiviados dos testes de solubilização. As amostras de sedimentos não afetados demonstraram um potencial para a lixiviação de alumínio, bário, manganês, ferro e níquel. Os resultados do teste de extração sequencial sugerem que alumínio e ferro estão associados a minerais de ferro e alumínio cristalinos insolúveis,

enquanto bário, manganês e níquel estão associados à fração Fe/Mn redutível. Entretanto, como mencionado anteriormente, a solubilidade destas fases minerais é baixa nas condições encontradas na água do rio e, portanto, o potencial para sua mobilização é também considerado como baixo.

De modo similar ao que ocorre com sedimentos e solos não afetados, os materiais afetados excederam os padrões para solo e sedimento para vários metais (isto é, chumbo, cobalto, bário, vanádio, arsênio, cobre, zinco, cromo e níquel). As concentrações de metais-traço são similares às concentrações de amostras de sedimentos e solos não afetados.

Esse Estudo constata que a composição química de amostras coletadas nos distritos e reservatórios é geralmente menos variável do que a composição química de amostras coletadas nas planícies de inundação e nos canais fluviais. Também propõe como explicação para este achado a maior mistura dos rejeitos com os sedimentos e solos não afetados nas amostras de planícies de inundação e dos canais fluviais, quando comparadas com as amostras coletadas nos distritos e reservatórios. Estas amostras também foram classificadas como materiais não inertes, em função da presença de alumínio, ferro, manganês e fósforo nos lixiviados do teste de solubilização. As concentrações de alumínio, ferro, manganês estavam elevadas na maioria das condições representadas por testes de lixiviação de curto prazo. De forma semelhante aos sedimentos e solos não afetados, as amostras afetadas contêm alumínio e ferro em minerais cristalinos, com uma fração do ferro presente em (hidr) óxidos de Fe/Mn redutíveis.

Ao contrário do proposto pelos autores desse Estudo, a equipe de ARSH considera como possibilidade razoável que esse material possa ser constituído por componentes fracionários e granulométricos mais leves da lama de rejeito como os oxi-hidróxidos amorfos de ferro e manganês, mais finos e reconhecidos captadores de metais traços, inclusive os metais pesados tóxicos.

Com base nos resultados do programa de testes da Fase II, os autores desse Estudo, consideram que todos os materiais, incluindo os rejeitos e sedimentos e solos não afetados e afetados, possuem, em geral, um baixo potencial de mobilização de metais. Para isto, se baseiam nos resultados tanto de inúmeros testes de lixiviação de curto prazo como cinéticos realizados em escala laboratorial, além de dados de monitoramento da qualidade da água dos rios. Segundo esse Estudo, os rejeitos apresentam alguns dos menores potenciais de mobilização de metais observados no estudo, enquanto os sedimentos e solos não afetados podem apresentar um potencial, significativamente, mais elevado de mobilização de metais. Na sua interpretação dos resultados, os autores desse Estudo consideram que

o potencial de mobilização de metais dos sedimentos e solos afetados é regido pelos sedimentos e solos naturais presentes em quaisquer misturas de rejeitos/solo/sedimento.

Adiante, nesse Estudo, os autores confirmam que a baixa mobilidade dos metais é controlada pelos hospedeiros mineralógicos de metais-traço nas amostras. Com base nos seus resultados, afirmam que a maioria dos metais-traço foi sequestrada em minerais de (hidr) óxido de Fe e/ou Al cristalinos insolúveis (por exemplo, hematita, goethita e gibbsita). Adicionalmente, asseguram que a presença de ferrihidrita, fator de imobilização de metais-traço, foi confirmada através dos resultados dos testes.

Os autores desse Estudo reconhecem que a dissolução redutora de minerais contendo ferro poderia resultar na liberação de ferro ferroso ou divalente, no ambiente aquático liberando os metais-traço nele contidos. Mas ressaltam que os resultados do Programa de Caracterização Geoquímica confirmaram que, praticamente, todo o ferro nos rejeitos ocorre na forma de minerais cristalinos de ferro, com os (hidr) óxidos de Fe amorfos representando uma proporção desprezível.

Ressaltam que, em contraste, os sedimentos e solos não afetados contêm mais ferro na forma de minerais de Fe redutíveis, e representam um reservatório muito maior de ferro lábil, e de metais-traço associados. Reafirmam sua convicção na imobilidade dos metais tóxicos ao acrescentar que o pH da água do rio (entre aproximadamente 6,5 e 7,9, com um valor mediano de 7,3) limita a solubilidade de ferrihidrita, que é muito baixa em condições de pH circum-neutral, como confirmado pelos testes de lixiviação de curto prazo e cinéticos.

Concluindo, os autores desse Estudo afirmam que, devido ao baixo teor de ferrihidrita dos rejeitos e à estabilidade da ferrihidrita nas condições de pH do rio, é improvável que a presença de rejeitos no rio resulte em concentrações elevadas de ferro ferroso. Ressaltam que os resultados do monitoramento das águas superficiais confirmam que as concentrações de ferro dissolvido no rio retornaram aos níveis anteriores ao rompimento, não representando um impacto devido aos rejeitos.

Quanto ao manganês, reconhecem ser um metal que ocorre em associação com minerais de Mn redutíveis sensível à oxirredução e que poderia afetar negativamente os organismos aquáticos. Aqui, os autores esqueceram de citar o fato que, como o ferro, sua dissolução liberaria os metais pesados nele contido. Mas salientam que, como no caso do ferro, as concentrações de manganês retornaram aos níveis anteriores ao rompimento. Finalmente, os autores concluem que, com base em todos os dados alcançados nos seus Estudos, a mobilização de ferro e manganês a partir dos rejeitos presentes no sistema fluvial não é considerada como uma preocupação do ponto de vista biogeoquímico.

A equipe de ARSH discorda dessas conclusões, primeiramente pela presença de concentrações traço de metais pesados na lama de rejeito que, como sabido, diferente do que pode ocorrer com contaminantes orgânicos, “não desaparecem” após sua emissão para os compartimentos ambientais.

Em segundo lugar, em função da dinâmica ambiental determinada pelos mecanismos de transporte, que podem se apresentar de forma diversificada nos diversos segmentos ao longo da bacia do Rio Doce e, em decorrência também de fenômenos naturais sazonais com capacidade de remobilização dos componentes da lama de rejeito, podem originar locais e momentos de enriquecimento e biodisponibilização de metais pesados.

Em terceiro lugar, a grande quantidade de material mais leve carregado pela lama de rejeito, com participação expressiva de óxi-hidróxidos de ferro e manganês que se depositaram nas áreas de várzeas e além das margens, se constituirá em fonte quase perene de emissão dos contaminantes metálicos tanto para os ambientes hídricos como para outros compartimentos ambientais.

Em quarto lugar, principalmente quando se pensa em termos de longo prazo, não se pode deixar sem consideração a participação da atividade microbiana nos solos e sedimentos contaminados. A desconsideração do fator representado pela atividade microbiana seria tanto mais incompreensível quando consideramos o amplo ambiente estuarino na região de Linhares/ES.

Além disso, o ambiente estuarino, possível local de deposição final dos componentes da lama de rejeito, principalmente de suas frações mais finas, inclusive a coloidal, reconhecida absorvedora de contaminantes metálicos, apresenta formações momentâneas de situações redutoras quando ocorre as situações de revolvimento do seu fundo, constantes nas cheias e enxurradas.

Resultados específicos desse Estudo

Segundo relatado, quimicamente, os rejeitos arenosos são caracterizados por um teor de sílica (SiO₂) maior do que os rejeitos finos (isto é, aproximadamente 80% e 20% em peso para rejeitos arenosos e finos, respectivamente). O teor de ferro dos rejeitos finos (aproximadamente 50% em peso) é maior do que o teor de ferro dos rejeitos arenosos (aproximadamente 14% em peso).

Determinações em amostras nos rejeitos da Represa de Germano (considerados similares aos de Fundão) constataram que:

- Os rejeitos grossos/arenosos são caracterizados por concentrações mais elevadas de sílica e concentrações mais baixas de ferro, do que os rejeitos finos. É observada a segregação dos tipos de rejeitos arenosos e finos na Barragem de Rejeitos de Germano; e

- Os rejeitos finos têm um teor de ferro mais elevado do que os rejeitos grosseiros/arenosos. Os seguintes metais demonstram uma tendência geral de incremento na concentração em função do aumento do teor de ferro: As, Mn, molibdênio (Mo), Pb e Zn.

Observação da equipe de ARSH da Ambios

Possivelmente buscando tecer avaliações sobre onexo causal do rompimento da barragem de Fundão da Samarco com os impactos sobre a qualidade de água e sedimentos das áreas afetadas, o Documento assinala estudos anteriores relacionados ao evento, publicados antes do rompimento da barragem de Fundão, com ênfase aos trabalhos que abordam as sub bacias dos rios Carmo e Gualaxo do Norte, onde se inserem diversas barragens de rejeitos da mineração ferro. Esses estudos indicam que anomalias naturais dos elementos-traço no solo, águas e sedimentos foram antropicamente incrementadas pela atividade minerária na região, incluindo as sub bacias dos rios Gualaxo do Norte e do Carmo. De um modo geral, contaminações de As, e metais como Hg, Pb, Cd, e Cu foram relacionadas à extração secular e recente do ouro, incluindo a atividade garimpeira neste último caso. Anomalias de Fe, Mn, Na, e Ba, por outro lado, foram geralmente relacionadas à mineração do ferro e do manganês.

DADOS DE MONITORAMENTO DO RIO DOCE**Qualidade da água, qualidade do sedimento, e resultados dos testes de ecotoxicologia no rio Doce, referente aos dados reportados até 2016. Golder Associates Ltda. (GOLDER, 2016a).**

Esse Documento apresenta um resumo dos dados de qualidade de água, qualidade de sedimentos e de ecotoxicologia coletados no rio Doce e em alguns tributários no período que vai de novembro de 2015 a janeiro de 2016. Também inclui um resumo da qualidade da água na zona costeira próximo à foz do rio Doce até dezembro de 2015.

O Documento aponta que a qualidade da água no rio Doce segue alterada no caso de alguns parâmetros específicos: turbidez, sólidos em suspensão totais, cor, fósforo total, ferro dissolvido e manganês total. E, indica que as elevadas concentrações observadas nestes parâmetros parecem estar relacionadas aos sólidos em suspensão. Portanto, o controle da liberação de sólidos em suspensão na área da barragem e de áreas perturbadas inicialmente com o rompimento da barragem é uma medida de mitigação fundamental que deverá levar a uma melhora na qualidade da água no rio Doce. Em termos do monitoramento em execução, o desenvolvimento de testes alternativos para medição de metais dissolvidos seria útil para evitar a influência por sólidos em suspensão de pequena granulometria.

Relevância desse estudo para ARSH

Além do reconhecimento da influência fundamental do particulado mais fino nas concentrações dos metais dissolvidos, o Documento não apresenta maior relevância para os estudos de ARSH.

Avaliação dos resultados de qualidade de água e sedimento do Rio Doce – Atualização de julho de 1017 (RT-046_159-515-2282_00) (GOLDER, 2017c)

Trata-se de documento muito rico em informações, apresentando e avaliando os resultados de qualidade de água e sedimento obtidos durante o monitoramento realizado nos cursos de água afetados e não afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão, no período de 6 de novembro de 2015 a 31 de março de 2017.

Os resultados incluem, além dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, os obtidos nos testes de ecotoxicidade. Nesse Relatório, incluiu-se também nas avaliações, os principais afluentes do Rio Doce e as lagoas localizadas em Linhares (ES). No total foram estabelecidos 181 pontos de amostragem.

As áreas de amostragem foram agrupadas em quatro trechos de acordo com a distância dos pontos de monitoramento para a barragem de Fundão e com a localização das principais usinas hidrelétricas (UHEs) localizadas ao longo do rio Doce. Esse agrupamento é compatível com a abordagem estabelecida para o Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo da Água e dos Sedimentos do Rio Doce, deliberado pelo CIF em 4 de novembro de 2016. São eles:

- Segmento 1 (S1): trechos dos rios Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce compreendidos entre a mina da Samarco e UHE Risoleta Neves (barragem de Condonga);
- Segmento 2 (S2): trecho do rio Doce compreendido entre a UHE Risoleta Neves e a UHE Baguari; e
- Segmento 3 (S3): trecho do rio Doce compreendido entre a UHE Baguari e a UHE Mascarenhas e a foz do rio Doce.

Dessa forma, segundo esse Relatório Técnico da Fundação Renova, foram compilados e avaliados os resultados obtidos em pontos de amostragem localizados no rio Gualaxo do Norte, no rio do Carmo e ao longo de toda a extensão do rio Doce, em seus principais afluentes e nas lagoas marginais de Linhares (ES). Os afluentes avaliados foram os seguintes: rio Gualaxo do Norte (à montante da área atingida pelos rejeitos), rio do Carmo (à montante da área atingida pelos rejeitos), rio Ipiranga, rio Guandu, rio Santa Maria do Doce, rio Santa Joana e rio Pancas.

As lagoas situadas no município de Linhares (ES) e incluídas na presente análise consistem em: Lagoa Nova, Lagoa do Areal, Lagoa do Pandolfi e Lagoa do Monsarás, identificadas pelo IEMA como aquelas que foram atingidas pelos rejeitos durante a cheia do rio ocorrida em janeiro de 2016.

Com o objetivo de determinar a temporalidade da intensidade dos impactos ambientais decorrentes do rompimento da barragem, a Fundação Renova nesse Relatório dividiu o período de monitoramento avaliado em quatro períodos de forma a distinguir as principais causas de alteração da qualidade das águas e dos sedimentos:

- Período 1 (T1) de 06/11 a 31/12 2015 (55 dias) correspondendo ao pico de vazão decorrente da passagem da onda de rejeitos e, ao mesmo tempo, a fase inicial da estação chuvosa 2015/2016;
- Período 2 (T2): de 01/01 a 31/03 2016 (90 dias), período que inclui o restante da estação chuvosa de 2015/2016;
- Período 3 (T3): de 01/04 a 30/09 de 2016 (182 dias), período que corresponde a estação seca de 2016; e
- Período 4 (T4): de 01/10 a 31/03 2017 (181 dias), período correspondente a estação chuvosa de 2016/2017.

Objetivando selecionar os “parâmetros de relevância”, desde o ponto de vista da avaliação ambiental, o Relatório usou como critério de relevância os parâmetros que apresentaram alterações atribuíveis ao rompimento da barragem de Fundão em T1 e/ou T2 e que persistiram ou voltaram a se alterar ao longo de T3 e/ou T4. Ressalta-se que, reconhecendo o papel do material de granulometria mais fina como forte concentrador dos contaminantes (metálicos) avaliados, o Relatório considerou também os teores de sedimentos finos (argila e silte).

Usando os critérios acima assinalados, o Relatório avalia como base nos resultados analíticos obtidos que durante o período T1 (6 de novembro de 2015 a 31 de dezembro de 2016), foram observados casos de não conformidade com os padrões aplicáveis para 38 parâmetros. Como regra geral há maior frequência de resultados de não-conformidade com os limites estabelecidos nas áreas mais à jusante na bacia do rio Doce (desde a mina até a área de amostragem de Governador Valadares), fato observado em diversos parâmetros, como cádmio, cromo total, chumbo total e níquel total. No entanto há parâmetros em que as não-conformidades são encontradas com elevada frequência ao longo de todo rio, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, sólidos suspensos totais e turbidez. Para urânio total e mercúrio total, por exemplo, dentre os poucos resultados disponíveis, a maioria não foi quantificável, sendo o limite de quantificação do método empregado acima do padrão de qualidade aplicável. Isso também acontece para resultados de sulfeto (H₂S não dissociado) e cloreto residual total.

Segundo o referido documento, durante o período de T2 (01/01 a 31/03 de 2016) foram observados casos de não conformidade com os padrões aplicáveis para 33 parâmetros no total, sendo

11 parâmetros iguais ao período T1 e uma nova ocorrência, de mercúrio total. Parâmetros como arsênio total, chumbo total, vanádio total e zinco total apresentaram resultados em não conformidade principalmente na área mais à montante da bacia do rio Doce. Além disso, os parâmetros alumínio dissolvido, cor verdadeira, ferro dissolvido, coliformes termotolerantes, SST e turbidez apresentaram elevadas frequências de resultados acima dos padrões em todas as áreas de amostragem consideradas.

Durante o período de T3 (de 01/04 a 30/09 de 2016) foram observados casos de inconformidade para 26 parâmetros. Apenas os parâmetros alumínio dissolvido e coliformes termotolerantes apresentaram resultados de não conformidade em todas as áreas amostragem analisadas. De forma geral, as frequências de não conformidade foram menores em T3 quando comparadas a T1 e T2, bem como parâmetros que haviam apresentado resultados não conforme anteriormente não tiveram ou tiveram poucos valores acima dos padrões, como, por exemplo, arsênio total, bário total, chumbo total, cromo total, mercúrio total e vanádio total. Tal redução da frequência de não conformidade para grande parte dos parâmetros durante o período seco sugere influência da redução dos níveis pluviométricos na bacia do rio Doce e das obras de contenção (construção de diques, por exemplo). Entretanto, as maiores frequências de não conformidade em T3 foram para alumínio dissolvido, cor verdadeira, ferro dissolvido, fósforo total, manganês total, oxigênio dissolvido, SST e turbidez. Estes resultados sugerem influência do rompimento da barragem mesmo em T3.

Durante o período T4 (01/10/2016 a 31/03/2017), foram observados casos de não conformidade com os padrões aplicáveis para 21 parâmetros, dentre os quais, cinco apresentaram resultados em não conformidade em todas as áreas de amostragem analisadas, são eles alumínio dissolvido, cádmio total, ferro dissolvido, manganês total e coliformes termotolerantes. Chama a atenção a presença de cádmio total nesta lista uma vez que este parâmetro surge pela primeira vez como não conforme somente em T4. Além disso houve aumento nos percentuais de não conformidade se comparados a T1. Outros fatores com elevadas frequências de não conformidade em T4 são cor verdadeira, fósforo total, SST e turbidez. Menores frequências de não conformidade foram observadas para chumbo total, arsênio total, cobre dissolvido, oxigênio dissolvido, SDT, sulfetos (H₂S não dissociado) e zinco total. De maneira geral as não conformidades no alto da bacia do rio Doce foram mais frequentes, sobretudo para SST, manganês total e turbidez.

Segundo as conclusões do estudo, “O rompimento da barragem de Fundão influenciou a qualidade da água no rio Doce, particularmente no período imediatamente após o rompimento (i.e., em T1 e T2).

Nas suas “Considerações Finais”, o Relatório assinala que o rompimento da Barragem de Fundão pode ter afetado as concentrações de até 59 dos 112 parâmetros de qualidade de água e até 16 dos 39 parâmetros de sedimentos do rio Doce avaliados. Esses parâmetros apresentaram elevação das concentrações coincidente com a chegada da onda de rejeitos liberada pelo rompimento da barragem e, em grande parte, excederam níveis pré-evento e regulatório.

Dentre os parâmetros de qualidade da água que apresentaram evidências de alteração, 30 foram definidos como de relevância por terem apresentado alterações mais persistentes e/ou recorrentes, com destaque para alumínio dissolvido, arsênio total, cor verdadeira, cromo total, DQO, ferro dissolvido, fósforo total, manganês total, sólidos suspensos totais, turbidez e zinco total.

Dentre os parâmetros de qualidade de sedimentos que apresentaram evidências de alteração, 12 foram definidos como de relevância por terem apresentado as alterações mais persistentes e/ou recorrentes, com destaque para arsênio total, cromo total, ferro total e manganês total.

Perguntas que o documento se propõe a responder.

A seguir, as perguntas com as respectivas respostas e ponderações levantadas no documento:

Pergunta P1: o rompimento da barragem afetou a qualidade de água e sedimentos de maneira mais intensa em áreas mais próximas à barragem de Fundão e no período imediatamente após a chegada da pluma de rejeitos ao mar? Esta pergunta inclui, adicionalmente, a comparação da qualidade de água e sedimentos entre o período chuvoso de 2015-2016 e o de 2016-2017. A qualidade no período chuvoso de 2016-2017 melhorou em comparação com período chuvoso de 2015-2016?

Segundo o Relatório, o rompimento da barragem afetou a qualidade de água de maneira mais intensa em áreas mais próximas à barragem de Fundão e no período imediatamente após a chegada da pluma de rejeitos no mar, respondendo positivamente à Pergunta 1. Na estação chuvosa de 2016-2017 as alterações tenderam a ser menos acentuadas do que em 2015-2016, com excedências menos frequentes aos níveis regulatórios e pré-evento.

Para a qualidade de sedimentos, os resultados não corroboram o padrão de variação espaço-temporal apontado na pergunta P1. Embora o rompimento da barragem tenha resultado em distúrbios

nos sedimentos e na deposição de materiais ao longo do rio Doce, alterações na qualidade de sedimentos não foram tão claras quanto as observadas para a qualidade de água.

Em termos espaciais, há uma tendência a maiores concentrações no curso intermediário do rio Doce, especialmente em Ipatinga e Governador Valadares.

Em termos temporais, três padrões de variação foram verificados após a elevação inicial observada logo após a passagem da onda de rejeitos e o período chuvoso subsequente: (1) manutenção ou elevação dos níveis de concentração nos períodos seguintes; (2) Redução gradativa ao longo do tempo; e (3) redução durante a estação seca de 2016, seguida de nova elevação na estação chuvosa de 2016-2017, quando as concentrações tendem a ser mais baixas ou similares às observadas na estação chuvosa de 2015-2016.

Pergunta (P2): “a qualidade de água no rio Doce é dependente da vazão?”

Tomando como base a Turbidez como parâmetro indicador, a qualidade de água se mostrou dependente da vazão do rio Doce, apresentando tendência de piora em função do aumento da vazão. Em particular, a relação de dependência da qualidade de água na vazão do rio Doce tornou-se menos acentuada no período chuvoso de 2016-2017 em comparação ao período chuvoso de 2015-2016.

Pergunta 3 (P3): “a concentração de metais nos sedimentos é mais elevada em áreas onde a concentração de sedimentos finos é maior?”

Os parâmetros de qualidade de sedimentos apresentaram, de forma geral, correlação positiva com os teores de sedimentos finos (silte e argila), que tendem a se enquadrar nos mesmos padrões de variação temporal descritos acima.

Relevância dos dados e informações para os estudos de ARSH

Para os estudos de ARSH, quando considerados de relevância na realização da etapa “Contaminantes de Interesse”, serão avaliados principalmente os pontos de amostragem próximos às áreas de maior impactação, preferencialmente aqueles correlacionáveis com pontos amostrados pela equipe de ARSH da Ambios.

No entanto, apesar da riqueza de dados e informações, em função dos diferentes procedimentos de amostragem entre a amostragem ambiental dos estudos de ARSH (água superficial em pontos de menor velocidade de fluxo das águas; e dos sedimento em pontos com as mesmas características, ou seja, onde ocorre preferencialmente o material particulado suspenso mais fino, com maior adsorvidade dos contaminantes metálicos) e os empregados por estudos visando a dimensão

do impacto ambiental, os dados e informações contidos nesses Relatórios poderão – à critério da equipe de ARSH – ser usados (ou não) de forma orientativa de tendências qualitativas, desde que ajudem a caracterizar rotas de exposição humana aos contaminantes. A avaliação dessas informações pela equipe de ARSH ocorre sempre sob o conceito de pior cenário levando em consideração as maiores concentrações dos contaminantes encontrados em cada ponto de amostragem.

Com relação aos valores de referência utilizados, no caso dos sedimentos, a equipe de ARSH também utilizará os parâmetros inorgânicos listados na Resolução CONAMA 454/212, apesar de sua limitação de aplicação na avaliação de sedimentos a serem dragados de corpos de água. Por outro lado, em relação aos valores de referência das águas, a equipe de ARSH utilizará sempre o padrão de qualidade de água para consumo humano da Portaria de consolidação nº 05 de 2017 – Ministério da Saúde.

Por outro lado, mesmo levando em consideração que os estudos de ARSH não têm como objetivo a determinação do “nexo causal”, os resultados desse Estudo (RT-046_159-515-2282_00) assinalam claramente o aumento extraordinário nas concentrações de contaminantes metálicos nos compartimentos hídricos após a passagem e deposição no rio, margens e áreas de várzea da lama de rejeito provocada pelo rompimento da barragem da Samarco em Mariana.

Os resultados também demonstram que a afirmativa sobre a inércia na mobilização dos metais pesados contidos na lama de rejeito estava equivocada.

Por outro lado, o que não se assinala nesse Estudo e que a equipe de ARSH obrigatoriamente tem que considerar, principalmente quando avalia possíveis rotas de exposição humana futura aos contaminantes, são os seguintes fatores:

- Os metais pesados tóxicos contidos na lama de rejeito, diferente dos contaminantes orgânicos, “não somem” após sua emissão para o ambiente;

- Não se considerou nesse Estudo (RT-046_159-515-2282_00) a dinâmica ambiental determinada pelos mecanismos de transporte que podem se apresentar de forma diversificada nos diversos segmentos ao longo da bacia do Rio Doce e, em decorrência também de fenômenos naturais sazonais com capacidade de remobilização dos componentes da lama de rejeito, podem originar locais e momentos de enriquecimento e biodisponibilização de metais pesados, originando potenciais rotas;

- Não se considerou nesse Estudo, principalmente se for levado em consideração o médio e longo prazo, fatores como a atividade microbiana, com ênfase na sua ocorrência, como exemplo, no ambiente estuarino; e

- Não se considerou a relevância de mudanças nas condições de oxirredução na liberação dos metais-traço (inclusive os metais pesados, tóxicos), passível de ocorrência em determinadas áreas de acúmulo de matéria orgânica, como em áreas de remanso ao longo da bacia do Rio Doce e, principalmente, na região estuarina quando da ocorrência de forte revolvimento do seu fundo durante cheias e enxurradas.

METAIS EM ORGANISMOS AQUÁTICOS**Quantificação de metais e arsênio nos organismos coletados durante o programa de monitoramento da ictiofauna do Rio Doce nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo – relatório 1/revisão 1, Março/2018. (RENOVA, 2018).**

O Relatório assinala a coleta de 96 peixes durante a 6ª e 7ª campanhas (outubro e novembro de 2017) do Programa de monitoramento da ictiofauna do rio Doce nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. As amostras coletadas foram analisadas para a determinação de arsênio (As), ferro (Fe), alumínio (Al), cádmio (Cd), cromo (Cr), chumbo (Pb), cobre (Cu), manganês (Mn), mercúrio (Hg), níquel (Ni), prata (Ag) e zinco (Zn) em tecido muscular dos peixes. As amostras foram obtidas tanto de peixes coletados em locais afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão (calha do rio Doce) quanto de peixes coletados em locais não-afetados (afluentes do rio Doce).

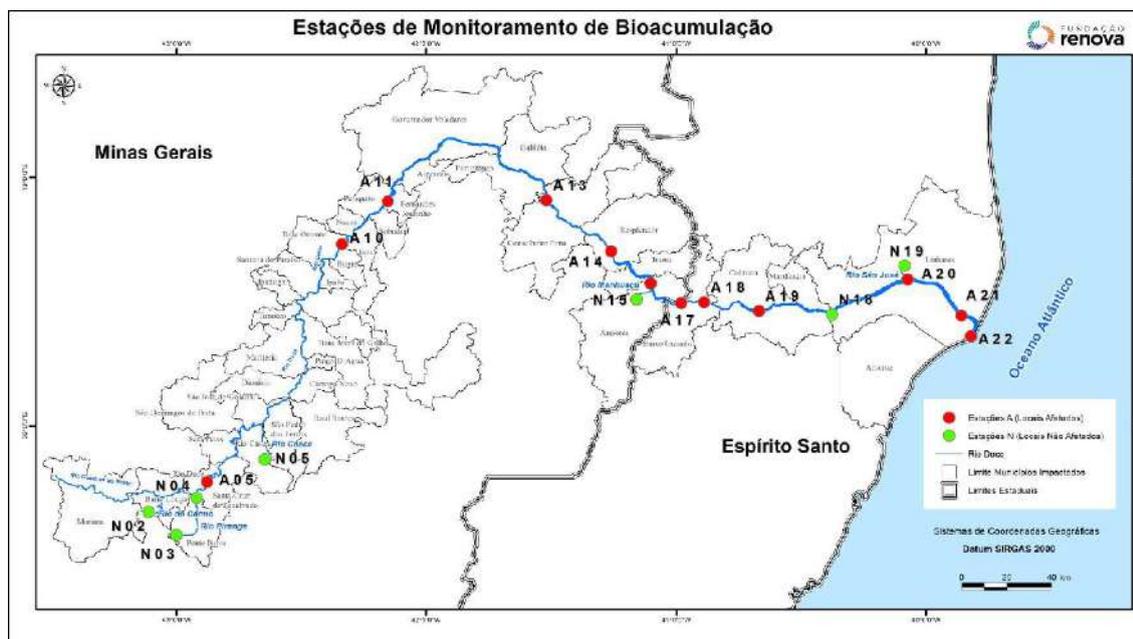
Os elementos As, Cd, Pb, Ag e Cr se apresentavam, abaixo do Limite de Quantificação (LQP) do método aplicado, em todos os pontos, durante as campanhas amostradas. O Ni, o Hg e o Mn foram raros, enquanto o Fe, Al e Cu foram pouco frequentes nas amostras. Somente o Zn foi abundante ao se revelar presente em todas as amostras. Para Zn, Al, Mn e Cu, os maiores valores foram encontrados em amostras oriundas de estações classificadas como “não-afetadas”; para Hg, Ni e Fe, os maiores valores foram de amostras oriundas de estações “afetadas”.

Os 96 indivíduos amostrados pertencem a 26 espécies diferentes. O Relatório assinala a distribuição destas amostras por espécie ao longo das 19 estações de amostragem para as quais foram capturados exemplares em condições de análise (íntegros, de segura identificação taxonômica e de tamanho igual ou superior a 15 cm).

Nenhuma amostra ultrapassou os limites impostos pela Resolução RDC nº 42/2013 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para os elementos As, Cd, Pb e Hg. Assim, o consumo deste pescado, em tese, não ofereceria risco à saúde humana.

Contudo, enfatizam os autores do estudo, “se mostra necessário a ampliação do número amostral de forma a possibilitar análises mais representativas em termos de abrangência geográfica, quantidade por espécie e quantidade por estação de amostragem, além de estender a avaliação de risco para analitos não legislados pela referida Resolução, para dirimir a questão da segurança de consumo do pescado oriundo do rio Doce.”

O mapa abaixo assinala os pontos de amostragem.



Fonte: Fundação Renova

Como maior destaque em relação à concentração de metal encontrada em amostras de peixes, esse Relatório destaca o zinco, encontrado em todas as 96 amostras das 19 estações de amostragem. Os dois maiores valores de concentração de Zn foram encontrados em estações não-afetadas: a N19, com 8,99 mg/kg em um exemplar de *Oreochromis niloticus* (tilápia), o mesmo exemplar que apresentou o maior valor de Cu); e a estação N15, com 8,48 mg/kg em um exemplar de *Leporinus steindachneri* (piauí).

A estação afetada que apresentou maior valor para Zn foi A22, correspondente a um exemplar de *Genidens genidens* (bagre-caçari), com 7,14 mg/kg. Outro exemplar de *G. genidens* foi amostrado em A22 e apresentou concentração de Zn de 5,53 mg/kg.

Maiores valores dos elementos Hg, Ni e Fe foram encontrados em estações classificadas como afetadas. Apesar do encontro de Hg em estação afetada, a concentração quantificada encontra-se abaixo do limite máximo para consumo humano estipulado pela Resolução RDC ANVISA nº 42/2013.

Relevância dos dados e informações para os estudos de ARSH

A avaliação sobre a possibilidade de existência de uma rota de exposição pelo consumo de organismos comestíveis provenientes de ambientes aquáticos com evidências de contaminação por metais tóxicos é de grande importância nos estudos de ARSH.

Em relação aos dados relativos às etapas de Mariana, Barra Longa e Linhares, já tecemos comentários a respeito. Em relação a outras etapas nas fases II e III dos estudos de ARSH, na ocasião devida, avaliaremos a possibilidade de validação dos dados, preferencialmente de amostragens mais recentes considerando a época de nossos estudos. No entanto, esse Relatório apresenta algumas lacunas quando avaliado sob a perspectiva de ARSH. Maiores observações e avaliações sobre os resultados desse Relatório poderão ser revistas durante a Etapa “Contaminantes de Interesse dos estudos de ARSH.

Avaliação de elementos químicos em peixes na área de influência do acidente com o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, Mariana, Mg. Trecho do Rio Doce – ES. Fevereiro 2016. (ACQUA, 2016).

Esse Documento assinala que a bioacumulação é influenciada por diversos fatores, sejam eles físicos, químicos e do próprio desenvolvimento e fisiologia dos organismos expostos. Adicionalmente, afirma que a biodisponibilidade do elemento químico no meio é outro fato determinante para que a transferência para os organismos se processe. De forma geral, elementos traço podem expressar toxicidade de forma aguda (imediate) ou crônica (em longo prazo).

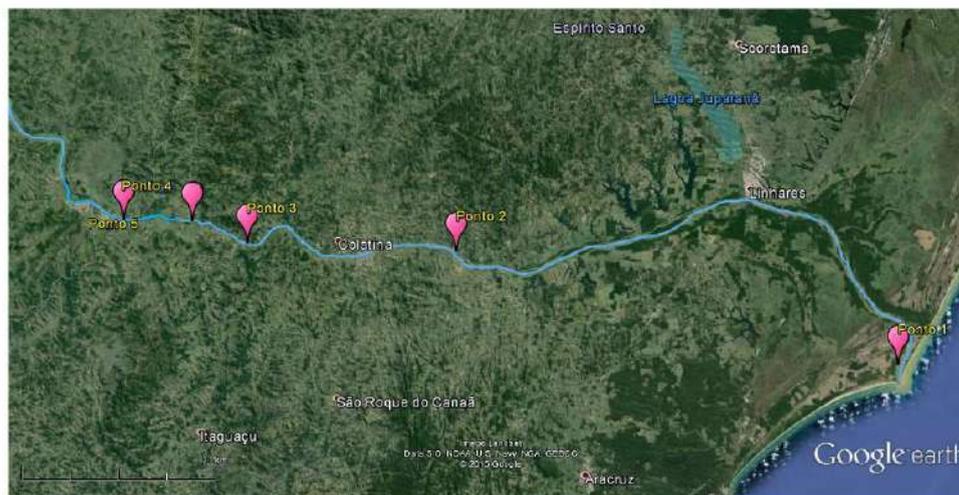
Tendo como base o exposto acima, o programa de avaliação da acumulação de elementos químicos em peixes após o acidente com o rompimento da barragem de rejeitos da Samarco, de Fundão, em Mariana-MG, abrange o trecho do rio Doce no Estado do Espírito Santo. Os exemplares foram obtidos na área diretamente afetada, incluindo os períodos pré e pós-passageira da pluma de sedimentos.

Foram avaliadas espécies diversas de diferentes hábitos alimentares (piscívoro, inertívoro, onívoro, detritívoro). Em relação à obtenção de amostras, foram separados filé, fígado e brânquias que mostram excelentes resultados como partes acumuladoras dos mais variados elementos químicos. Os elementos químicos investigados foram cádmio, zinco, chumbo, arsênio, cromo, ferro, níquel, alumínio, manganês, mercúrio e cobre.

Os resultados analíticos obtidos com base na matéria úmida em mg/kg foram avaliados utilizando os valores de referência para alimentos (ANVISA), quando disponíveis, ou para “outros alimentos” como forma de ter um direcionamento e não como limites restritivos para os elementos em questão.

Nesse Estudo, concentrações em partes não empregadas na alimentação humana, como fígado e brânquias, não possuem valores máximos determinados na legislação, sendo considerados somente como valores orientativos.

O mapa abaixo assinala os pontos de coleta distribuídos ao longo da área de avaliação.



Pontos de coleta distribuídos ao longo da área de avaliação

Relevância desse estudo para ARSH:

A avaliação sobre a possibilidade de existência de uma rota de exposição pelo consumo de organismos comestíveis provenientes de ambientes aquáticos com evidências de contaminação por metais tóxicos é de grande importância nos estudos de ARSH.

No entanto, esse Relatório apresenta algumas lacunas quando avaliado sob a perspectiva de ARSH. Maiores observações e avaliações sobre os resultados desse Relatório poderão ser revistas durante a Etapa “Contaminantes de Interesse dos estudos de ARSH na etapa Linhares da Fase I.

Assim, algumas observações preliminares são as seguintes:

Apesar de conhecido o fato de que as concentrações de metais pesados em peixes dependem de forma decisiva, além de seus hábitos alimentares (carnívoros, omnívoros, etc), do peso, indicativo também da idade (e tempo de permanência e de exposição na área) essas informações não estão disponíveis e, portanto, **não permitem** uma avaliação dos resultados desse Relatório nem sua utilização como base para a definição de rotas de exposição por ingestão de pescados.

Análise de bioacumulação de metais em tecido de moluscos - Relatório técnico nº 274/2017 – revisão 00. (APLYSIA, 2017)

A análise de bioacumulação de metais em tecido de moluscos no rio Doce antes da passagem da pluma de turbidez provocada pelos rejeitos do rompimento da barragem de Fundão da Samarco é um importante dado para comparações futuras. Segundo esse Relatório, a amostra formada por cem moluscos bivalves do gênero *Corbicula* foi coletada no dia 8 de novembro de 2015 em Colatina, num ponto de amostragem da Fundação Renova denominado “Colatina Montante”.

O mapa a seguir assinala o local nas proximidades da cidade de Colatina onde foram coletadas as amostras dos moluscos bivalves.



Mapa com localização do ponto de amostragem dos moluscos

Fonte: Fundação Renova

Como assinalado no Relatório, os moluscos bivalves são organismos filtradores que acumulam em seus tecidos compostos presentes no ambiente, filtram grandes volumes de água e apresentam capacidade de bioacumular poluentes a taxas de mil a dez mil vezes a concentração encontrada na água. Contaminantes que entram nos ecossistemas aquáticos e se acumulam em vários organismos podem ser transferidos a um nível trófico mais elevado através da cadeia alimentar podendo alcançar os humanos.

Os resultados obtidos foram comparados aos padrões estabelecidos pela Resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária 42/2013, do Decreto nº55.871/1965 e critérios internacionais

estabelecidos pela Comunidade Europeia por meio da Comissão Regulamentadora nº 1881/2006. Observa-se que somente os parâmetros ferro e manganês não dispõem de valores de referência.

Segundo dados desse Estudo, os parâmetros arsênio (7,13 mg/Kg), cromo (1,9 mg/Kg) e zinco (54 mg/Kg) apresentavam concentrações acima dos valores de referência antes dos impactos provocados pela lama de rejeitos em decorrência do rompimento da barragem de Fundão da Samarco.

Relevância dos dados e informações para os estudos de ARSH

Esses dados serão avaliados para utilização nos estudos de ARSH, como referência na etapa “Contaminantes de Interesse” dos estudos de ARSH na etapa Linhares. Os dados desse Estudo serão melhor avaliados e validados antes de sua inclusão como dado de referência no Relatório final de ARSH referente à Etapa Linhares da Fase I.

Monitoramento Hidrográfico na Plataforma Adjacente à Foz do Rio Doce, nas Proximidades de Regência, ES. (AMBILEV, 2015).

Este relatório apresenta os resultados das campanhas oceanográficas realizadas na plataforma continental ao largo da desembocadura do Rio Doce no período de 22 de dezembro de 2015 até 2 de fevereiro de 2016, tendo como objetivo rastrear a dispersão da pluma de sedimentos do Rio Doce. O relatório apresenta a descrição geral dos resultados e uma análise preliminar entre as características hidrográficas observadas com as variáveis determinantes locais, como marés, vento, correntes e descarga fluvial.

Os principais resultados apresentados neste relatório são:

- 1) A maioria dos levantamentos foi realizada em condições similares de vento e correntes;
- 2) Os 13 primeiros levantamentos foram realizados em condições de baixa descarga fluvial, enquanto que os 3 últimos foram realizados em condições de descarga fluvial elevada;
- 3) A presença da pluma fluvial do Rio Doce ocorre em uma escala espacial muito próxima da desembocadura, e sua evolução ocorre preferencialmente para o sul, afastando-se da costa;
- 4) A contribuição fluvial do Rio Doce na área de estudo representa cerca de 2% de todo o volume amostral; e

5) As massas de água dominantes, em proporções equivalentes, são a Água Tropical e a Água Central do Atlântico Sul.

Dados hidrográficos (salinidade, temperatura, turbidez, clorofila e oxigênio dissolvido) foram registrados em perfis verticais na coluna de água em estações amostrais ordenadas em três seções orientadas aproximadamente ortogonais à linha de costa, no período de 22 de dezembro de 2015 até 2 de fevereiro de 2016. As seções são denominadas de seção norte (SN), seção central (SC) e seção sul (SS). Na SN foram planejadas 14 estações amostrais, 19 estações na SC e 25 estações na SS. Próximo da costa, a distância entre as estações foi de 500 m, e afastando da costa aumenta a distância entre estações para 1 e 2 km.

Foram realizadas 16 campanhas, sendo campanhas diárias no período de 22 até 29 de dezembro de 2015, e a partir desta data até o dia 11 de janeiro de 2016 as campanhas foram realizadas com intervalos de dois dias (faltando a do dia 5 de janeiro devido ao mau tempo). Houve uma interrupção das campanhas entre os dias 11 e 29 de janeiro, retornando o padrão até o dia 2 de fevereiro de 2016. Destas, 11 campanhas concluíram as três seções. A campanha realizada no dia 23 de dezembro foi realizada seguindo um programa diferente, repetindo a SC quatro vezes durante o dia para verificar a possível variabilidade da maré sobre a hidrografia.

“Levantamento ambiental expedito em Regência/ES” -Relatório de levantamento Hidroceanográfico - Marinha do Brasil - Navio de pesquisa hidroceanográfico “Vital de Oliveira”. Relatório finalLH-035/15. (MARINHA DO BRASIL, 2015).

Em cumprimento à Instrução Especial Simplificada LH 035/15, o navio iniciou o Levantamento Ambiental Expedito (LAE) em Regência, no Estado do Espírito Santo, na condição de navio escoteiro, no período de 26/11 a 05/12/2015, na região litorânea do Estado do Espírito Santo, próximo à foz do Rio Doce, na localidade de Regência.

A missão do navio era efetuar um levantamento das condições hidrobiológicas na região litorânea adjacente à foz do Rio Doce, por meio de coleta diária de dados hidroceanográficos e geológicos, a fim de realizar a caracterização preliminar dos danos causados na área.

As medições realizadas pelo navio, no período entre 26/11 e 05/12/2015, apresentaram grande quantidade de sedimentos de cor laranja em suspensão em toda a coluna d'água e depositando-se no fundo nas áreas próximas da foz, num raio de até 15Km para o norte e para o sul, até a isobatimétrica

de 25 metros. Ressalta-se que não foram feitas medições nas áreas de praia, com profundidades inferiores a 10 metros, onde pode ocorrer a presença de lama além do limite aqui especificado. Observou-se também, lama em suspensão próxima ao fundo, um pouco além do limite citado acima. Por fim, foi observada “lama flutuante” na superfície da água que se estende por vários quilômetros, onde a água por baixo da “lama flutuante” estava normal, com coloração branca, indicando baixa quantidade de sedimentos.

O navio coletou, em várias posições estratégicas, distribuídas em torno da foz do rio, diversas amostras de água em diferentes profundidades e também amostras de sedimentos. Todas as amostras foram encaminhadas aos laboratórios do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) e da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), para realização de análises sofisticadas, destacando-se à referente a presença de metais.

Relevância desse estudo para ARSH:

Os dados apresentados nesse Estudo podem ser relevantes quanto aos aspectos ambientais com influência ou não na formação de rotas de exposição humana aos contaminantes carreados para a zona costeira.

No entanto, conforme já assinalado, os dados apresentados nesse Estudo, tanto na sua natureza como na sua localização, estão fora da abrangência delimitada para os estudos de ARSH.

Processamento, Interpretação e Consolidação de Dados da área Estuarina e Marinha na Foz do Rio Doce-ES. Primeiro Relatório dos Estudos realizados pela UFES contratados pela Samarco. Fevereiro 2016. (UFES, 2016)

Esse Documento tem por finalidade apresentar o relatório com a análise integrada de dados coletados entre os dias 03 e 05 de fevereiro de 2016 como parte do monitoramento da foz do Rio Doce, bem como da região marinha adjacente. O monitoramento foi realizado em resposta à notificação nº16388/série-E, feita pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA em decorrência da chegada da pluma rejeitos de mineração à região da foz do Rio doce, oriundos do desastre ocorrido em Mariana/MG em novembro de 2015. Na notificação, dirigida à Empresa SAMARCO MINERAÇÃO S\A, o IBAMA requer a caracterização sedimentológica, química, física

e biológica dos diferentes níveis da pluma de rejeitos que aporta o ambiente marinho na foz do Rio Doce.

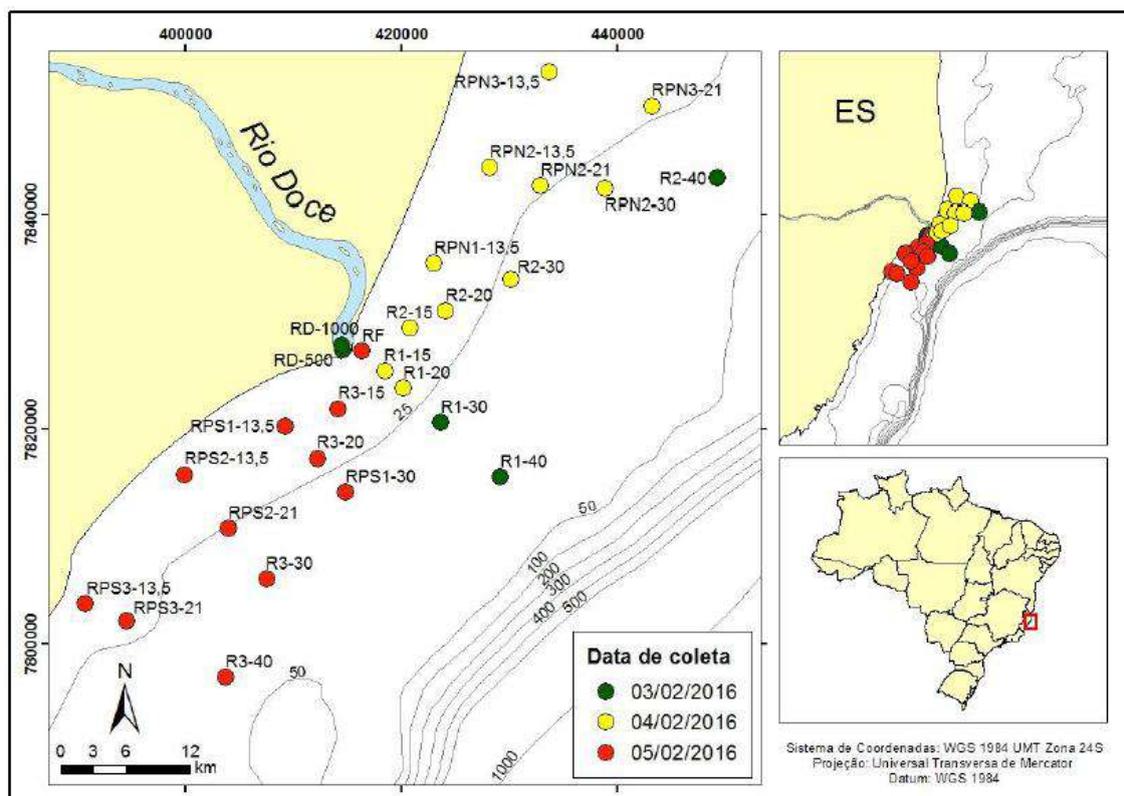
Destaca-se que nesse relatório foi feito um diagnóstico integrado a partir das análises das amostras das estações: RF- Foz do Rio Doce, RD_500 - à 500 metros da foz para o interior do Rio Doce, RD_1000 - à 1000 metros da foz para o interior do Rio Doce, R1 - 15, R1 - 20, R1 - 30, R1 - 40. Foram mostradas quais estações serão abordadas em cada um dos três relatórios mensais. O terceiro relatório apresentará uma análise completa de todas as estações coletadas nesta notificação.

Dados sedimentológicos, físicos, químicos e de comunidade biológica (fitoplâncton, zooplâncton e ictioplâncton) foram coletados ao longo de três dias dentro do canal do Rio Doce e em pontos amostrais que compõem uma radial transversal a desembocadura do rio (03 a 05 de fevereiro de 2016 - Figura 1). Os parâmetros analisados neste relatório e nos subsequentes são

- **Sedimentos** - granulometria, densidade, mineralogia e composição química de metais; e
- **Coluna de água:** material particulado em suspensão, granulometria e Mineralogia, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura, salinidade, pH, nutrientes, metais, concentração de clorofila e feofitina, além de análises qualitativa e quantitativa de Fitoplâncton, Zooplâncton e Ictioplâncton.

O Documento ressalta que não houve tempo hábil para processar os dados geoquímicos de água e sedimento. Estes resultados serão incorporados no segundo relatório.

O mapa com todas as estações de coletas dos dados analisados neste relatório e nos subsequentes é apresentado na Figura abaixo:



Localização das estações de coletas dos dados analisados neste relatório e nos relatórios subsequentes.

Principais resultados e avaliações

A análise integrada dos dados de nutrientes, material particulado em suspensão (MPS) e das comunidades biológicas mostrou uma forte influência dos nutrientes na comunidade biológica, e esta por sua vez contribuindo fortemente na distribuição de MPS.

Observou-se que dentre as estações analisadas neste relatório, as maiores concentrações de nutrientes foram encontradas nas duas estações localizadas no interior do Rio Doce (RD_500 e RD_1000), com os maiores valores sendo de ortofosfato, nitrato e silício. Para ortofosfato e silício as amostras junto ao fundo apresentaram maiores concentrações que as amostras em sub superfície, e para nitrato, nitrogênio amoniacal e nitrito, as amostras junto ao fundo apresentaram menores concentrações que as amostras em sub superfície.

A elevada concentração de nutriente junto ao fundo na estação RD_500 foi acompanhada pelo pico de fitoplâncton (2145 organismos•mL⁻¹) junto ao fundo nesta estação, que por sua vez também contribuiu para a elevada concentração de MPS junto ao fundo.

Além do aporte de nutrientes, a maior densidade numérica de fitoplâncton junto ao fundo pode também ter sido devido à maior mistura entre as camadas de água e à baixa profundidade que permitiu que a luz alcançasse o fundo. Nesta estação, também é observado um elevado valor de MPS em superfície, o qual tem sido atribuído majoritariamente ao sedimento, visto que baixos valores de densidade numérica de fitoplâncton e de abundância de zooplâncton foram encontrados.

As altas concentrações de nutrientes e a consequente resposta biológica dentro do estuário devem estar associadas ao aumento de vazão do Rio Doce que antecedeu o período de coleta. A maior vazão do rio propiciou o carreamento de uma carga maior de nutrientes provenientes das porções a montante da foz do rio, além de ter favorecido o aumento da ressuspensão de nutrientes que estavam no leito do rio. Os parâmetros analisados neste relatório e nos subsequentes são:

- Sedimentos: granulometria, densidade e mineralogia, composição química de metais; e
- Coluna de água: material particulado em suspensão, granulometria e mineralogia, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura, salinidade, pH, nutrientes, metais, concentração de clorofila a e feofitina, e análises qualitativa e quantitativa de Fitoplâncton, Zooplâncton e Ictioplâncton.

Relevância desses estudos para ARSH:

Apesar de ser um estudo de caracterização eco-ambiental, o estudo apresenta alguns dados sobre água e sedimentos na foz do rio Doce que poderão ser considerados durante a etapa “Contaminantes de Interesse” dos estudos de ARSH em Linhares na Fase I.

Há de se salientar, entretanto, a confirmação sobre eventos de ressuspensão ocasional do material de fundo na zona estuarina.

Concentrações de arsênio, zinco e selênio na costa próximas à foz do rio Doce. Golder Associates Ltda, Maio 2016. (GOLDER, 2016b)

Qualidade de água e do sedimento na zona costeira próxima à foz do rio Doce e na APA Costa das Algas. Relatório Técnico, Golder Associates Ltda. (GOLDER, 2016a)

Esse Documento assinala como objetivo principal avaliar os possíveis impactos do rompimento da barragem de Fundão na qualidade de águas e sedimentos na zona costeira na região próxima à foz

do rio Doce, incluindo dentro dos limites da APA Costa das Algas, com base em dados do programa de monitoramento realizado pela Samarco. Esse Documento apresenta ainda os seguintes objetivos específicos:

- Identificar e avaliara as variações temporais e espaciais dos parâmetros de qualidade que mais excederam os limites definidos na Resolução CONAMA 454/2012; e
- Identificar e avaliara as variações temporais e espaciais dos parâmetros de qualidade que mais excederam os limites definidos na Resolução CONAMA e daqueles que poderão ser utilizados como indicadores de movimentação da pluma de sedimentos contendo rejeitos.

Resumo sobre qualidade da água e sedimentos relativos aos limites das Resoluções CONAMA na zona costeira após rompimento da barragem de rejeitos de Fundão. Relatório Técnico. Golder Associates Ltda. Julho 2016. (GOLDER, 2016c)

Relevância desses estudos para ARSH:

Esses Documentos não apresentam maior relevância para os estudos de ARSH. Há de se salientar, como já comentado para Estudos similares sobre a caracterização ambiental, principalmente quanto à avaliação da qualidade de água e sedimento, que os preceitos usados na amostragem desses compartimentos ambientais diferem daqueles utilizados nos estudos de ARSH e, desta forma, não são de utilização naqueles estudos.

Atualização da qualidade da água e sedimento na zona costeira após o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão. Golder Associates Ltda, Maio, 2016. (GOLDER, 2016d)

O relatório inclui um resumo da qualidade da água na zona costeira próximo à foz do rio Doce após o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão tendo como base informações disponíveis a partir de amostras coletadas em novembro e dezembro de 2015.

Relevância desse estudo para ARSH:

Esse Documento não apresenta maior relevância para os estudos de ARSH.

Relatório do cruzeiro de avaliação de efeitos da pluma de sedimentos oriunda da foz do rio doce sobre a biota marinha, a partir do norte do Espírito Santo ao sul da Bahia. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio17/02/2016. (ICMBIO, 2016a)

Relatório da segunda expedição para avaliação dos efeitos da pluma de sedimentos oriunda da foz do Rio Doces sobre o ambiente marinho no Estado do Espírito Santo ao sul da Bahia. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. Maio 2016 (ICMBIO, 2016b).

Esses Documentos apresentam relatos sobre o cruzeiro de pesquisa e monitoramento realizado a bordo do Navio de Pesquisa Soloncy Moura - CEPSUL/ICMBio para avaliação de possíveis impactos negativos sobre a biodiversidade marinha, gerados pelos sedimentos oriundos do desastre ambiental ocasionado pelo rompimento de barragens de contenção de rejeitos de extração de ferro da empresa SAMARCO. Foram estudadas as áreas de Unidades de Conservação e seu entorno e áreas foco de planos de ação, entre o norte do Espírito Santo e o sul da Bahia, Mariana - MG.

Relevância desses estudos para ARSH:

Esse Documento não apresenta maior relevância para os estudos de ARSH.

Monitoramento ambiental dos efeitos da pluma de turbidez sobre o ecossistema de praia (REBIO COMBOIOS). 3ª CAMPANHA. Relatório Técnico 1763/2016. Realizado pela empresa APLYSIA Soluções Ambientais sob contratação da Samarco. (APLYSIA, 2016)

O Documento assinala o emprego de uma técnica muito difundida em estudos estuarinos para indicar processos e comportamento de mistura não conservativos, como é o caso do deslocamento ao longo do Rio Doce de uma pluma de turbidez gerada pela disposição de rejeitos de mineração.

O texto refere-se ao terceiro relatório, em que são descritas as metodologias de coleta e análise dos dados, bem como apresentados os resultados da terceira campanha de monitoramento, considerando o período retroativo (primeira e segunda campanhas).

O estudo teve por objetivos avaliar se a pluma dos rejeitos da Samarco penetrou no sedimento da praia na região da REBIO Comboios e se alterou as características físicas, químicas e biológicas.

Relevância desse estudo para ARSH: Esse Documento não apresenta maior relevância para os estudos de ARSH.

Estudos contratados pela Samarco e realizados pela FAURG – Fundação de Apoio à Universidade do Rio Grande

Relatório Técnico-Científico. Etapa 1. Análise de Contaminantes (Metais) - Contrato 105/2016 (FAURG, 2016a)

Nesse estudo foram coletadas e analisadas amostras ambientais e biológicas visando a avaliação e monitoramento dos possíveis impactos negativos sobre a biodiversidade marinha, com especial referência a áreas de Unidades de Conservação e seu entorno e áreas foco de planos de ação entre o Norte do Espírito Santo e o Sul da Bahia, gerados pelos sedimentos oriundos do desastre ambiental ocasionado pelo rompimento de barragens de contenção de rejeitos de extração de ferro da empresa Samarco, em Mariana (MG).

As áreas de amostragem compreenderam pontos de coleta ao longo do litoral do norte do Espírito Santo até o sul da Bahia, incluindo ambientes recifais coralíneos e algais.

As distintas áreas de amostragens compreenderam: Vitória/ES (2 estações de coleta); BarraNova - São Mateus/ES (2 estações de coleta); Região de Abrolhos (3 estações de coleta); Ituanas – Conceição da Barra/ES (2 estações de coleta); Degredo – Linhares/ES (2 estações de coleta); Foz do Rio Doce – Linhares/ES (6 estações de coleta); APA Costa das Algas e REVIS de Santa Cruz – Aracruz/ES: (2 estações de coleta); APA de Setiba -Guarapari/ES (2 estações de coleta). As amostragens foram realizadas no período de 19 a 27/04/2016 com o apoio do Navio de Pesquisa Soloncy Moura do ICMBio.

Relevância desse Estudo para ARSH.

De natureza eminentemente eco ambiental, esse Estudo não apresenta relevância para a ARSH.

Relatório Técnico-Científico. Etapa 1. Análise de Contaminantes (Metais) - Contrato 105/2016 (FAURG, 2016a)

Nesse estudo foram coletadas e analisadas amostras ambientais e biológicas visando a avaliação e monitoramento dos possíveis impactos negativos sobre a biodiversidade marinha, com especial referência a áreas de Unidades de Conservação e seu entorno e áreas foco de planos de ação entre o

Norte do Espírito Santo e o Sul da Bahia, gerados pelos sedimentos oriundos do desastre ambiental ocasionado pelo rompimento de barragens de contenção de rejeitos de extração de ferro da empresa Samarco, em Mariana (MG).

Em cada ponto de coleta foram obtidos os dados comuns, utilizados para controlar os lances, tais como coordenadas geográficas (datum WGS 84) e profundidade que foi realizada a amostragem. Em todos os pontos foram coletadas amostras de água (superfície e fundo) para a análise das concentrações de metais (total e dissolvido). Com o objetivo de avaliar possíveis efeitos fisiológicos decorrentes da contaminação da água por metais e consequente acumulação desses metais nos organismos de diferentes níveis tróficos e diferentes habitat, foram realizadas coletas de zooplâncton, crustáceos, peixes e corais. O material biológico coletado foi triado, processado a bordo e armazenado em nitrogênio líquido para posterior análise em laboratório da concentração de metais (corporal ou tecidual), bem como da resposta de biomarcadores selecionados.

As análises das concentrações de metais nas amostras de água e do material biológico (indivíduos inteiros ou músculo) foram realizadas utilizando-se forno de grafite acoplado a espectrômetro de absorção atômica de alta resolução com fonte contínua (HR-CS-AAS; ContrAA 700 Analytik Jena, Alemanha).

As amostras de material biológico foram previamente secas em estufa (45-60°C) até peso seco constante e digeridas em ácido nítrico (HNO₃) ultrapuro (Suprapur, Merck, Darmstadt, Alemanha) na proporção de 1 g de peso seco de material biológico para 2 mL de ácido nítrico. O teor de água nas amostras foi de 84,6 ± 7,6% para o zooplâncton, de 75,1 ± 3,5% para o músculo dos camarões e de 79, ± 4,1% para o músculo dos peixes. As amostras foram então submetidas a digestão ácida em tubos plásticos tipo *Eppendorf* devidamente lacrados e mantidos em estufa incubadora (45-60°C) até sua completa digestão. As amostras de material biológico digerido foram avolumadas a 1 mL com água tipo Milli-Q. Imediatamente antes da análise da concentração dos metais, as amostras foram diluídas utilizando-se água tipo Milli-Q. As concentrações dos metais no material biológico foram expressas em µg/g de peso úmido (mg/kg de peso úmido).

Os resultados indicam que apenas 2 amostras de ovela (5,7%), 1 amostra de pescada (7,1%) e 1 amostra de camarão branco (3,4%) apresentaram níveis de arsênio acima do permitido pela legislação vigente (1,00 mg/kg), representando 0,8% do total de amostras de pescados analisadas. Além disso, apenas 1 amostra de camarão rosa (1,3%) apresentou nível de Chumbo acima do permitido pela

legislação vigente (0,50 mg/kg), representando 0,2% das amostras de pescado analisadas. Todas as demais amostras de peixes e camarões apresentaram níveis de arsênio, cádmio e chumbo **em conformidade** com a legislação vigente.

Relevância desse Estudo para ARSH.

As determinações de metais em organismos marinhos comestíveis poderiam ser de interesse para os estudos de ARSH, mesmo que limitadas pela área de captura desses organismos. No entanto, considerando que não há o peso de cada espécie avaliada no Documento, a sua utilização para os estudos de ARSH fica impossibilitada. Os demais componentes desse Documento são de natureza eminentemente eco ambiental e, como tal, não apresenta relevância para a ARSH.

Etapa 2. Análise sobre as possibilidades de contaminação do Parque Nacional Marinho de Abrolhos e regiões relacionadas. (FAURG, 2016a, p 27)

Esse relatório visa descrever sucintamente a atividade de monitoração oceânica para o parâmetro Sólidos Totais em Suspensão, na região do Parque Nacional dos Abrolhos-BA, considerando sua importância ecológica, diante do desastre ocorrido em Mariana-MG, com graves consequências para os ecossistemas costeiros. É importante ressaltar, que a interpretação da dispersão de plumas de sedimentos em áreas costeiras por sensoriamento remoto muitas vezes não elucida suficientemente a questão da dispersão em si, visto que há carência em estudos voltados para a calibração das imagens e o fato da turbidez ser um parâmetro de alta complexidade regional. O estudo de caso abordado aqui se refere ao evento de 6 de fevereiro 2016 quando ocorreu a predominância de vento sul no litoral do Espírito Santo transportando parte da pluma de sedimentos no sentido norte, em direção ao Parque Nacional dos Abrolhos-BA.

Relevância desse Estudo para ARSH.

De natureza eminentemente eco ambiental, esse Estudo não apresenta relevância para a ARSH.

Etapa 5. Análise comparativa sobre os resultados entre as expedições Soloncy Moura I e II e as amostras coletadas antes do evento. (FAURG, 2016b)

Esse relatório dá continuidade aos resultados apresentados anteriormente relativos às etapas 1, 2, 3 e 4 do contrato 105/2016 entre o FUNBIO e a FAURG. Nesta etapa, o objetivo principal foi realizar uma análise comparativa entre os resultados de contaminação por metais obtidos nas amostras de água e de peixes coletadas antes da chegada da lama oriunda do rompimento da barragem de Fundão em Mariana (MG) e após a chegada desta lama na Foz do Rio Doce na costa do Espírito Santo.

Nesse estudo foram coletadas e analisadas amostras de água e biológicas visando à avaliação e monitoramento dos possíveis impactos negativos sobre a biodiversidade marinha, com especial referência a áreas de Unidades de Conservação e seu entorno e áreas foco de planos de ação entre o Norte do Espírito Santo e o Sul da Bahia, gerados pelos sedimentos oriundos do desastre ambiental ocasionado pelo rompimento de barragens de contenção de rejeitos de extração de ferro da empresa Samarco, em Mariana (MG).

As áreas de amostragem compreenderam pontos de coleta no estuário e foz do Rio Doce. As amostras de água foram realizadas nos dias 20/11/2015, 28/01/2016 e 24/04/2016. As amostras de pescadas foram coletadas em outubro de 2015, 28/01/2016 e 24/04/2016. Por sua vez, as amostras das demais espécies de peixes foram coletadas no período de 19 a 23/11/2015 e de 29 e 20/06/2016.

Antes da chegada da lama no mar, foram coletadas amostras de água para a análise das concentrações totais de metais. Com o objetivo de avaliar a possível acumulação desses metais nos organismos decorrente da contaminação da água, foram realizadas coletas de diversas espécies de peixes, incluindo algumas de interesse comercial.

Foram coletadas e analisadas 113 amostras de pescada, sendo 9 amostras coletadas antes do evento (outubro/2015), 27 amostras coletadas em 28/01/2016 e 77 amostras coletadas em 24/04/2016.

Os resultados desse Estudo indicam diferentes padrões de acumulação dos metais nas amostras de músculo das pescadas analisadas. No que se refere ao Cd e ao Cr, as concentrações destes metais apresentaram um aumento significativo ao longo do tempo de amostragem. Por sua vez, as concentrações de Cu, Fe e Mn apresentaram um aumento significativo na primeira coleta após a ocorrência do evento (28/01/2016), com tendência de redução na segunda coleta após a ocorrência do

evento (24/04/2016), porém ainda apresentando concentrações superiores às aquelas observadas antes da ocorrência do evento (outubro/2015). Por fim, o Pb apresentou um padrão de acumulação diferente dos demais metais. Neste caso, não foram observadas alterações significativas nos níveis de acumulação do Pb no músculo das pescadas analisadas antes e após a ocorrência do evento.

Os resultados indicam que, de forma geral, houve um aumento significativo das concentrações dos metais no músculo e no fígado dos peixes analisados após a ocorrência do evento (29 a 30/06/2016) quando comparadas às aquelas observadas nestes tecidos antes da ocorrência do evento (19 a 23/06/2016), à exceção das concentrações de Cr no músculo e fígado e de chumbo no fígado.

Relevância desse Estudo para ARSH.

Apesar de não apresentar os critérios de avaliação requeridos para os estudos de ARSH, base para a determinação de rota de exposição pela comparação com os valores de referência, os dados assinalados nesse Estudo apresentam relevância para os estudos de ARSH e serão melhor avaliados quando da realização da etapa “Contaminantes de Interesse” em Linhares.

ESTUDOS REALIZADOS PELO ICMBIO**Avaliação do impacto da lama/pluma Samarco sobre os ambientes costeiros e marinhos (ES e BA) com ênfase nas Unidades de Conservação - 1a Expedição do Navio de Pesquisa Soloncy Moura do CEP Sul/ICMBio. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio (ICMBIO, 2016c)**

Ao enfatizar os problemas de poluição das zonas costeiras, o Documento assinala diversas técnicas para avaliação e monitoramento ambiental que vêm sendo empregadas, levando em consideração os aspectos físicos, químicos e biológicos dos três principais compartimentos dos ambientes aquáticos: água, sedimento e biota. Para tal, diversos grupos de organismos, tais como os crustáceos e os peixes, têm sido empregados como modelos em estudos ecotoxicológicos. Neste contexto, vale lembrar que a resposta biológica às agressões ambientais pode ser evidenciada em qualquer nível de organização, desde ecossistemas até os menores compartimentos biológicos, tais como tecidos, células e estruturas subcelulares, incluindo reações bioquímicas intracelulares (Zagatto, 2006). Se parâmetros bioquímicos forem correlacionados de forma significativa aos níveis maiores de organização, as detecções de perturbações preliminares poderão então servir como ferramenta preventiva para evitar respostas irreversíveis ao ecossistema. Desta forma, a utilização de ferramentas alternativas, como os biomarcadores, no auxílio da avaliação e monitoramento da qualidade e saúde de ambientes aquáticos vem ganhando importância e relevância. Os biomarcadores podem ser considerados como respostas bioquímicas, fisiológicas ou histológicas mensuráveis que indicam a presença de contaminantes no ambiente.

Visando a avaliação e monitoramento dos possíveis impactos negativos sobre a biodiversidade marinha, com especial referência a áreas de Unidades de Conservação e seu entorno e áreas foco de planos de ação entre o Norte do Espírito Santo e o Sul da Bahia, gerados pelos sedimentos oriundos do desastre ambiental ocasionado pelo rompimento de barragens de contenção de rejeitos de extração de ferro da empresa Samarco, em Mariana (MG), foi realizado cruzeiro de pesquisa e monitoramento com o apoio do Navio de Pesquisa Soloncy Moura do CEP Sul/ICMBio.

Relevância desse Estudo para ARSH.

De natureza eminentemente eco ambiental, esse Estudo não apresenta relevância para a ARSH.

ESTUDOS REALIZADO PELA ECONSERVATION**Monitoramento de Bioacumulação (Ictiofauna, Carcinofauna e Malacofauna) por Metais, na Região Marinha Adjacente a Foz do Rio Doce e sob Possível Influência da Lama de Rejeitos Oriunda do Rompimento da Barragem de Fundão. Relatório Técnico - RT ECV 065/16 - Revisão 00 - Abril/16. (ECONSERVATION, 2016a)**

Esse relatório apresenta uma análise preliminar do Monitoramento da Bioacumulação de elementos traço, em peixes, camarões e ostras, presentes na região adjacente a foz do rio Doce, abrangendo os municípios de Linhares, São Mateus e Aracruz-ES. O monitoramento e bioacumulação contemplou a realização de coletas e análises semanais, ao longo de 2 meses (8 semanas). As discussões e considerações apresentadas neste documento fazem referência às 8 semanas de monitoramento.

Nesse Documento se assinala que muitos organismos apresentam um forte potencial para bioconcentrar níveis elevados de vários elementos traço a partir de seu ambiente. Monitorar ambientes aquáticos por meio do uso de monitores biológicos tem sido objeto de considerável interesse nos últimos anos, devido a preocupação de que os níveis de base de vários elementos, a partir das diferentes atividades humanas, podem ter efeitos prejudiciais sobre vários organismos, criar problemas em relação a sua adequação como alimento para seres humanos e gerar desequilíbrios ecológicos de curta a longa duração dependendo da taxa de exposição e da persistência deste elemento no ambiente.

Vários estudos sugerem que a maior fração de elementos traço é imobilizada nos sedimentos sob formas não biodisponíveis, levando a um decréscimo na concentração disponível para a biota. Porém, vários dos elementos traço não são considerados essenciais e, portanto, são tóxicos em baixas concentrações. Existem diferenças na toxidez destes elementos entre os organismos (ex.: vertebrados e invertebrados), assim como nas vias de entrada na cadeia alimentar costeira e um ponto fundamental nos estudos de monitoramento é conhecer a partição geoquímica destes elementos ao longo do seu transporte do continente para o oceano.

A motivação desse monitoramento foi estabelecer os níveis de alguns elementos traços para o consumo de pescados, provenientes das áreas costeiras sob possível influência da pluma de rejeitos, uma vez que a foz do rio Doce e adjacências representam uma das principais áreas de pesca artesanal

tradicional do Estado. Os elementos traço selecionados nesta etapa foram incluídos a partir de relatórios divulgados pelo IBAMA e CPRM.

A estratégia utilizada neste estudo foi avaliar as concentrações de elementos traço ao longo de um período temporal definido, nos 3 grupos mais importantes sob o ponto de vista do consumo pela população: peixes, camarões e ostras.

Primeiramente, os peixes foram escolhidos pelo enorme potencial de consumo, sendo a atividade pesqueira uma das atividades econômicas de grande importância nas regiões monitoradas e também por estarem localizados no final da cadeia alimentar aquática.

Em seguida, diante da dificuldade de obtenção de amostras, os peixes capturados foram selecionados a partir da disponibilidade no local, pois a captura em todos os momentos não foi realizada com facilidade devido a presença da pluma de rejeitos na região.

Desta forma, os peixes podem apresentar diferentes níveis de concentração, representando uma fonte potencial de transferência de elementos traço para os seres humanos por meio da alimentação.

Outros grupos importantes, os moluscos bivalves e crustáceos têm sido amplamente utilizados em estudos ambientais na qualificação e quantificação de contaminantes em seus tecidos moles. Assim como para os peixes, estes invertebrados são consumidos pela população e possuem elevada capacidade de acumulação de elementos traço. Ambos foram considerados neste monitoramento para permitir a avaliação da bioacumulação nos níveis tróficos inferiores da cadeia alimentar.

O termo “elementos traço” é amplamente reconhecido para os elementos analisados em função da sua concentração no ambiente aquático e nos organismos. Elementos traços não essenciais estão associados com poluição e toxicidade (Chumbo, Cádmio, Mercúrio, Prata e Arsênio), mas também incluem alguns elementos biologicamente essenciais em baixas concentrações como Cobalto, Cobre, Ferro, Manganês, Selênio e Zinco, pois em elevadas concentrações também desempenham caráter tóxico em várias atividades enzimáticas a nível celular e sistêmico.

Foram consideradas cinco áreas potencialmente afetadas pela dispersão da pluma de rejeitos, via foz do rio Doce, e, portanto, de interesse para investigação de bioacumulação. O período do monitoramento semanal foi de 18/12/2005 até 05/02/2016. As atividades de campo foram realizadas com a participação de pescadores locais, que indicaram as áreas de pesca normalmente utilizadas em cada uma das 5 regiões monitoradas.

Em águas costeiras de profundidade inferior a 25 metros foram realizados os levantamentos para a coleta de peixes e camarões. As regiões consideradas foram:

- Regência, separado em região costeira e interior da foz;
- Barra Seca;
- Barra Nova;
- Barra do Riacho; e
- Santa Cruz.

Na figura abaixo, encontram-se plotadas as áreas de pesca, bem como a máxima extensão da pluma de rejeitos no ambiente marinho.



Sobreposição das áreas de pesca utilizadas neste monitoramento e a máxima extensão da pluma de rejeitos, no ambiente marinho. **Fonte:** Esse Estudo

Nos estuários de Barra Seca e Santa Cruz foram incluídas as amostragens de ostras, havendo, desta forma o monitoramento de bioacumulação em ambientes estuarinos ao norte e ao sul da foz do rio Doce.

Dentre os indivíduos da ictiofauna, a seleção dos indivíduos direcionados para análise em laboratório se baseou em três critérios:

- Ser uma espécie de interesse para consumo humano;
- Apresentar, preferencialmente, tamanho comercial; e
- Selecionar representantes da ictiofauna de diferentes níveis tróficos (carnívoros, onívoros, microinvertebrados).

Desta maneira, foram selecionados os espécimes de interesse para consumo humano e cuja pesca fosse frequente, como por exemplo: Pescada, Cação, Maria-Luiza, Pescadinha, Sarda, Cavala, Bagre, entre outros.

As coletas da ostra-do-mangue (*Crassostrea rhizophorae*) foram realizadas por meio de coleta manual, diretamente nos manguezais dos estuários dos rios Piraque-açú, em Santa Cruz-ES, e rio Mariricu, em Barra Seca-ES.

Após serem coletados, os organismos triados para análise foram mantidos congelados, até a chegada ao Laboratório de Ciências Ambientais (LCA), Centro de Biociências e Biotecnologia (CBB) da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), em Campos dos Goytacazes, no estado do Rio de Janeiro.

A preparação das amostras de tecido seguiu os procedimentos estabelecidos na USEPA (2000). Todos os materiais de dissecação e homogeneização utilizados foram de aço inoxidável ou teflon. Os técnicos usaram luvas de borracha nitrílica, sem talco, e como suporte, uma placa de corte de polietileno. A placa de corte e facas foram limpas com detergente Extran (Merck), água quente aquecida, seguida por lavagens com ácido nítrico 10% (v/v), e finalmente água deionizada, além de terem sido secas em estufa.

Os tecidos musculares dos peixes foram homogeneizados por indivíduo, até se chegar a uma massa suficiente para as determinações analíticas. Os camarões e ostras seguiram os mesmos cuidados e foram separados em amostras compostas do tecido muscular devidamente homogeneizadas.

Uma fração do material úmido foi usada para a determinação dos elementos arsênio (As), ferro (Fe), alumínio (Al), bário (Ba), cádmio (Cd), cromo (Cr), chumbo (Pb), cobre (Cu), cobalto (Co), manganês (Mn), níquel (Ni), prata (Ag), selênio (Se), zinco (Zn) e mercúrio (Hg). Outra fração foi separada para determinação do teor de umidade. O Documento assinala os conteúdos médios de água e seus intervalos por espécies.

Para a determinação analítica, aproximadamente 10,0 g da amostra úmida homogeneizada foi usada para a determinação dos elementos. Inicialmente, foram adicionados 15 mL de ácido nítrico (65%) em tubos de vidro borosilicato – a temperatura ambiente durante aproximadamente 15 horas (deixado durante a noite); em seguida os tubos com dedo frio foram transferidos para o bloco digestor a temperatura inicial de 60° C, com subsequente elevação de temperatura até 120° C com solubilização total (Baseado na USEPA 1994a; JACK & ROOSE, 2002). Após filtração, as amostras tiveram um volume final aferido ácido nítrico 0,5 N em 25 mL. Os elementos foram determinados por ICP-OES Varian 720ES (USEPA, 1994b).

Para a realização das análises de bioacumulação, esse Estudo organizou as espécies capturadas por ordem filogenética, além de associá-las à distribuição, ao ambiente, habitat, associação ao fundo, grupo trófico e valor de mercado de cada uma das espécies amostradas, de acordo com a literatura especializada.

Todas as espécies possuem como área de ocorrência o ambiente marinho. Além disso, a grande maioria possui hábito demersal, exceto *L. grossidens* e as sardas *S. cavalla* e *S. regalis*, que possuem hábito pelágico, e a *ostrae* o camarão que são bentônicos.

Quanto aos grupos tróficos identificados, 12 espécies são consideradas microinvertívoras, 9 são consideradas carnívoras, 3 são piscívoras, 2 são onívoras, 1 é filtradora e 1 zoobentívora, no entanto uma espécie não foi identificada quanto ao grupo trófico. Por fim, todas possuem algum valor de mercado, mas as de maior valor comercial são pescada, pescadinha e sarda.

De acordo com o padrão de abundância absoluta baseado nas médias e medianas dos elementos determinados nos tecidos musculares, o Documento propõe a distribuição de 3 grupos, a saber:

- Grupo 1: > 1 mg/kg;
- Grupo 2: 0,01 mg/kg < Grupo 2 < 1 mg/kg; e
- Grupo 3: < 0,01 mg/kg.

Dessa forma, de acordo com os resultados obtidos, o Documento assinala a seguinte distribuição dos grupos com a relação dos contaminantes metálicos avaliados:

- **Peixes** : Grupo 1 - Al, Fe, As e Zn;
Grupo 2: Cu, Co, Mn, Ni, Ag e Se; e

Grupo 3: Ba, Cd, Cr, Pb e Hg.

- **Camarões:** Grupo 1 - Al, Fe, As, Zn, e Cu;

Grupo 2: Co, Mn, Ni, Ag e Se; e

Grupo 3: Ba, Cd, Cr, Pb e Hg.

- **Ostras:** Grupo 1 - Al, Fe, As, Cu, Mn e Zn;

Grupo 2: Co, Ni, Ag e Se; e

Grupo 3: Ba, Cd, Cr, Pb e Hg.

Principais observações/conclusões desse Estudo em relação a cada contaminante

- Arsênio

De maneira geral as concentrações de arsênio (As) se destacaram pela alta frequência de valores superiores a 1,0 mg/kg, que representa o limite máximo tolerável para consumo humano, conforme determinado nas Legislações Federais em vigor (DL 55.871/1965 e RDC ANVISA No 42/2013). Esse padrão foi identificado nos três grupos monitorados, porém com destaque nos camarões, cujos valores estiveram superiores aos demais em todas as áreas onde foi monitorado.

Nos peixes os valores de mediana oscilaram entre 0,30 mg/kg (Regência Foz) a 1,76 mg/kg (Barra Nova). Nos camarões entre 3,42 mg/kg (Santa Cruz) e 8,96 mg/kg (Regência Costeiro) e nas ostras, as medianas foram de 1,06 mg/kg e 1,59 mg/kg nas regiões de Santa Cruz e Barra Seca, respectivamente.

Citando a literatura, o Documento assinala que o As possui uma química complexa, principalmente em ambientes marinhos, onde mais de 50 tipos de compostos de As ocorrem naturalmente. Em peixes e frutos do mar o As é biocumulado e está presente na maior parte como arsenobetaína que não é considerado tóxico para o ser humano. Outro composto orgânico muito presente, principalmente em peixes com mais gorduras, é o arsenolipídio. A forma inorgânica do As, que é tóxica, também é encontrada em pescados, porém em quantidades muito pequenas.

A legislação australiana (FSANZ, 2011) e o CODEX Alimentarius (FAO/WHO, 2006) estipularam limites de As para peixes e frutos do mar baseados na fração inorgânica (mais tóxica), sendo os mesmos de 2,0 mg/kg e 0,1mg/kg em peso úmido, respectivamente. Já a legislação brasileira determina o limite de As total sem especificarem orgânico ou inorgânico. Dessa forma o fato da maioria das amostras

apresentarem concentrações acima do limite permitido, não confirma se as mesmas são, de fato, prejudiciais à saúde ou não, porém considerando dados da literatura, fica ressaltada a menor participação da fração inorgânica na concentração total deste elemento.

Outro aspecto a ser destacado são os estudos que indicam níveis de arsênio naturalmente elevados nos sedimentos costeiros do ES, entre 12 a 134 mg.kg⁻¹, nos manguezais de 6 a 49 mg.kg⁻¹ e nas praias de 9 a 43mg.kg⁻¹ (MIRLEAN et al., 2012), o que pode auxiliar no entendimento das variações deste elemento entre peixes e camarões.

No entanto, não se pode negligenciar que a quantidade de rejeitos que entraram na bacia de drenagem a partir do incidente, promoveu um aumento de material que independente das concentrações e mobilidade, promoveram alterações que devem ser acompanhadas ao longo de um período.

No momento, o acúmulo de As nos peixes capturados no interior da Foz do rio Doce exibiu as menores concentrações deste elemento em tecido muscular, ao longo das semanas monitoradas. No entanto, é importante ressaltar que devemos considerar que a transferência para estes organismos não se processa em um curto espaço de tempo, o que suscita a necessidade de um acompanhamento mais prolongado.

- Ferro

Analisando os três grupos monitorados, é possível perceber que a maior capacidade de retenção de Ferro (Fe) ocorre nas ostras, cujos valores de mediana foram de 32,8 mg/kg em Santa Cruz e de 44,8 mg/kg em Barra Seca. Os camarões vieram em seguida, com concentrações entre 13,98 mg/kg (Santa Cruz) e 28,81 mg/kg (Regência – águas costeiras). Nos peixes, a acumulação desse metal foi bem menor, com valores entre 1,09mg/kg (Barra Nova) e 2,15 mg/kg (Regência - Foz).

As Legislações Federais em vigor (DL 55.871/1965 e RDC ANVISA No 42/2013) não estabeleceram níveis máximos de Fe, em pescados, para consumo humano, muito provavelmente em decorrência da dificuldade no estabelecimento de um valor fixo, já que o Fe está presente nas rochas e minerais sendo um dos elementos químicos mais abundantes, e um nutriente essencial para todos os seres vivos.

No entanto, mesmo sendo um elemento essencial estes níveis em algum momento deverão ser estabelecidos, pois em concentrações elevadas, um elemento essencial, também possui toxicidade.

Sobre os valores encontrados em ostras, estudos realizados com mexilhão (*Perna perna*) em áreas costeiras do litoral capixaba livres de contaminação, apontam para concentrações superiores a 100 mg/kg, em peso úmido (ECONSERVATION, 2015, APLYSIA, 2011). Outro estudo realizado por Cavalcanti (2003) destaca que em ostras obtidas do canal de Santa Cruz, Itapissuma, comercializadas em Recife, sem histórico de poluição, o teor médio de Fe foi de 44,21 mg/kg de peso úmido. Desta forma, ainda que não existam limites legais para esse metal, os valores obtidos mostraram-se compatíveis aos descritos em outros estudos.

- Alumínio

O alumínio (Al) pode ser considerado um elemento bastante comum, pois está presente em quase todas as esferas da atividade humana. O alumínio é um elemento não-essencial, porém está presente no organismo humano e sua absorção pode ser através da água, alimentos e medicamentos (CÂMARA, 2011).

Camarões e ostras apresentaram as maiores concentrações de alumínio. Nos peixes os valores estiveram extremamente baixos, estando a variação mediana entre 0,37 mg/kg (Santa Cruz) a 0,79 mg/kg de peso úmido (Barra Seca). A escassez de dados na literatura sobre concentrações desse elemento em peixes costeiros dificultou uma análise mais aprofundada dos resultados.

Nos camarões, as maiores concentrações (medianas) ocorreram em Barra Seca (41 mg/kg de Peso Úmido) e em Barra do Riacho (32,8 mg/kg de Peso Úmido). Nas ostras coletadas em Santa Cruz foram encontrados os maiores valores deste elemento, com 52 mg/kg (mediana), com máximo de 146 mg/kg de Peso Úmido.

- Cádmio

O Cádmio (Cd) é um metal altamente tóxico para organismos que vivem no ambiente aquático e para todos os seres vivos, em geral. Porém, pode substituir isomorficamente o Cálcio (Ca) devido as suas características físico-químicas, mas não possuem a mesma função e, portanto, criam sérios problemas fisiológicos. Ele existe na crosta terrestre em baixas concentrações, associado geralmente ao zinco, na forma de depósito de sulfato. Nos peixes se acumula especialmente nas brânquias e no fígado e rins. Concentrações particularmente elevadas de cádmio, 2-30g/kg de peso úmido são encontradas em moluscos e crustáceos (FAWELL et al., 1992).

O padrão temporal, verificado nos três grupos monitorados (ostras, peixes e camarões), indicou a ausência de bioacumulação para este metal. Nas ostras, foi possível observar valores medianos de

0,027mg/kg de peso úmido (Santa Cruz) e de 0,025 mg/kg de peso úmido (Barra Seca). Os valores de peixes obtidos ao longo deste período também estiveram abaixo dos descritos por Morgano et al. (2011) e Sanches Filho et al. (2013).

Todas as amostras de tecido muscular analisadas estiveram adequadas perante o limite máximo recomendado para consumo de peixes e frutos do mar, de 0,5 mg/kg de peso úmido em crustáceos, 2,0 mg/kg de peso úmido em moluscos bivalves e de 0,05 mg/kg de peso úmido em peixes (RDC ANVISA No 42/2013).

- Cromo

Cromo é um metal de transição que pode assumir diversos estados de oxidação, sendo as formas mais comuns e estáveis a trivalente Cr (III) e a hexavalente (VI), que apresentam propriedades químicas diferentes, sendo que Cr (VI) é considerada a forma mais tóxica. O Cr (VI) é a espécie predominante em águas marinhas por ser geralmente estável devido as condições elevadas de oxidação do meio, sendo acumulado nas espécies aquáticas por difusão passiva.

Os resultados apresentados neste monitoramento fazem referência à concentração total. As concentrações medianas de cromo nos peixes variaram entre 0,01 e 0,017 mg/kg de peso úmido. Ao longo do monitoramento surgiram alguns valores anômalos, que, após tratamento estatístico, foram considerados *outliers* ou extremos, como por exemplo, o valor de 1,16 mg/kg registrado em uma das amostras de ostra, coletada em Santa Cruz (6ª semana).

Nos camarões, as maiores concentrações foram observadas nos organismos coletados em Barra Seca (0,063mg/kg de peso úmido), seguido por Regência (águas costeiras), cuja mediana foi de 0,059 mg/kg de peso úmido (Figura 3.2-6). Nas ostras as concentrações em Santa Cruz estiveram entre 0,019 a 0,129 mg/kg de peso úmido, enquanto em Barra Seca entre 0,029 e 0,084 mg/kg de peso úmido.

- Chumbo

O chumbo é um elemento natural na crosta terrestre e geralmente se apresenta combinado a outros elementos. Em muitos países o chumbo faz parte de lista de substâncias tóxicas e nocivas à saúde e de listas Prioritárias de Substâncias Perigosas, sendo considerado um dos elementos de maior toxicidade na natureza. As concentrações em peixes em todas as áreas monitoradas variaram de 0,009 a 0,015 mg/kg de peso úmido; em Camarões de 0,010 a 0,019 mg/kg de peso úmido e Ostras de 0,010 a 0,015 mg/kg de peso úmido.

Estes valores, quando comparados aos peixes de outras regiões, foram uma ordem de grandeza abaixo das concentrações descritas por Morgano *et al.* (2011) e Sanchez Filho *et al.* (2013).

Conforme apresentado no Estudo, as concentrações de chumbo encontradas nos peixes, ostras e camarões, estiveram baixas. Até o momento as amostras de tecido muscular não indicaram possibilidade de riscos à saúde associada a este metal, uma vez que o padrão verificado foi de concentrações inferiores a 0,01mg/kg, sendo o limite máximo permissível de até 0,5 mg/kg de peso úmido para crustáceos, 1,5 mg/kg de peso úmido para moluscos bivalves e de 0,3 mg/kg de peso úmido para peixes em geral (RDC ANVISA No 42/2013).

- Cobre

O Cobre (Cu) é amplamente distribuído na natureza em estado livre e em sulfitos, arsenitos, cloretos e carbonatos. Em ambientes aquáticos o cobre ocorre nas formas solúvel, particulada e coloidal, sendo as últimas mais frequentes. Segundo Masutti (2004), os resíduos de mineração e a poeira são as principais fontes sólidas de Cu, seguida pela produção de fertilizantes e esgotos domésticos e industriais, que constituem a principal via de entrada do Cu nos sistemas aquáticos. Importante ressaltar que em águas marinhas, onde o pH assume caráter básico, o cobre é complexado com hidrogênio e carbonato e sua absorção pela biota é menor que em peixes de água doce (EMBRAPA, 2013).

Assim como comentado para o chumbo, as concentrações registradas para o cobre estiveram abaixo da concentração máxima permitida de 30 mg/kg em peixes e frutos do mar, estabelecido para consumo humano (DL 55.871/1965). Nas amostras de peixe, as concentrações medianas de cobre oscilaram entre 0,08 mg/kg de peso úmido (Barra Nova) e 0,12 mg/kg mg/kg de peso úmido (Regência – Águas Costeiras). Nas ostras a mediana esteve entre 1,7 mg/kg mg/kg de peso úmido (Santa Cruz) e 4,0 mg/kg mg/kg de peso úmido (Barra Seca) e nos camarões entre 2,7 mg/kg mg/kg de peso úmido (Santa Cruz) e 4,3 mg/kg mg/kg de peso úmido (Barra Seca). Para efeitos de comparação, em estudo elaborado por Sanches Filho *et al.* (2013), as concentrações médias de cobre analisadas em amostras de bagres, corvinas e tainhas variaram entre 3,59 e 4,08 mg/kg mg/kg de peso úmido.

- Manganês

O manganês (Mn) é abundante nas rochas ígneas, sedimentares e metamórficas (CÂMARA, 2011), sendo amplamente distribuído na crosta Terrestre. O manganês no ambiente aquático apresenta-se em dois estados principais de valência: Mn 2+ e Mn 4+. No estado de Mn2+, o manganês

forma compostos solúveis e pode ser transportado em solução, entretanto no estado de Mn 4+, mais estável termodinamicamente, os compostos formados são insolúveis e se precipitam.

O Estudo assinala que as ostras foram os organismos com maior acúmulo deste metal, com mediana variando entre 2,07 mg/kg de peso úmido (Santa Cruz) e 2,53 mg/kg de peso úmido (Barra Seca). Nos camarões, as concentrações medianas estiveram entre 0,30 mg/kg de peso úmido (Santa Cruz) e 0,64 mg/kg de peso úmido (Barra Seca). Nos peixes a bioacumulação foi ainda menor, com concentrações entre 0,04 mg/kg de peso úmido (Barra Nova) e 0,09 mg/kg de peso úmido (Regência – águas costeiras).

As concentrações de Mn encontradas nos peixes deste monitoramento estiveram abaixo das concentrações determinadas por Sanches Filho *et al.* (2013), cujas concentrações de manganês em pescados da região costeira do RS, variaram entre 0,62 mg/kg e 0,70 mg/kg de peso úmido (Figura 3.2-7). O manganês não está referenciado nas legislações brasileiras sobre riscos ao consumo humano, provenientes da ingestão de pescados em geral.

Mercúrio

O mercúrio, o único metal no estado líquido à temperatura ambiente, está presente em diversas formas (metálico, orgânico, inorgânico) e pode ser encontrado em três estados de oxidação (0, +1, +2), facilmente convertíveis na natureza. Tanto o ser humano, quanto os animais estão expostos a todas as formas de mercúrio através do ambiente.

Este elemento na forma inorgânica atinge a atmosfera através dos resíduos formados a partir das atividades de mineração, industriais e queima de carvão. Já nos ambientes aquáticos e terrestres, este elemento participa dos ciclos biogeoquímicos através de depósitos naturais, disposição de resíduos, atividade vulcânica e das atividades antropogênicas descritas anteriormente (KUNIYOSHI, 2011).

O mercúrio (Hg) é um metal de relevância na área de alimentos em função da alta toxicidade, dos altos níveis de absorção e baixas taxas de excreção, sendo acumulado na cadeia alimentar, atingindo o homem, a partir do consumo de pescado, podendo representar risco a saúde humana.

Neste monitoramento, as concentrações de mercúrio total foram maiores nos peixes, nas amostras coletadas em Barra Seca (0,099 mg/kg de peso úmido) e Barra Nova (0,070 mg/kg de peso úmido). Os menores valores de mediana, para o mercúrio, foram encontrados em Regência - águas costeiras (0,024 mg/kg de peso úmido), onde a presença da pluma de rejeitos foi constante.

Sobre as concentrações de mercúrio encontradas nos camarões, as concentrações medianas entre 0,009 e 0,016 mg/kg de peso úmido estiveram ligeiramente inferiores aos achados de Matos & Carvalho (2011) em estudo de acumulação de mercúrio (Hg) em *Xiphopenaeuskroyeri* em São Joao da Barra, litoral norte do estado do Rio de Janeiro, cuja média foi de 0,03 mg/kg de peso úmido.

Finalmente, as amostras analisadas apresentaram concentrações de mercúrio adequadas para consumo humano (máximo permitido de 0,5 mg/kg para peixes em geral, podendo chegar a 1,0 mg/kg de peso úmido em peixes predadores, conforme RDC ANVISA No 42/2013), exceto um único valor registrado em Regência (no interior da foz do rio Doce), o qual se mostrou um outlier no banco de dados gerado.

- Níquel

O Ni é o 24º metal em abundância na crosta terrestre. As fontes mais importantes de níquel são os minérios na forma de sulfeto de níquel. Embora o níquel não seja considerado altamente tóxico como outros metais, ele tem a capacidade de ser bioacumulativo e é, portanto, potencialmente perigoso para os peixes. Por outro lado, o níquel é mais tóxico em água doce do que em ambientes salinos, provavelmente por causa da presença de outros cátions na água salgada, como Na⁺, Ca⁺², Mg⁺², que competem com os íons níquel por sítios de ligação.

Para o níquel, o limite de concentração em peixes e frutos do mar, nas legislações federais em vigor (DL55.871/1965) é de 5,0 mg/kg, o que aponta a ausência de contaminação por este metal nos bioindicadores monitorados.

As concentrações medianas, obtidas nas amostras analisadas, foram de 0,01 mg/kg nos peixes, entre 0,07 e 0,13 mg/kg nas ostras e entre 0,01 mg/kg e 0,03 mg/kg nos camarões. As concentrações aqui registradas estiveram inferiores ao observado por Sanches Filho *et al.* (2013).

Selênio

O selênio (Se) é conhecido como um micronutriente essencial para a maioria dos animais, porém em concentrações elevadas é considerado tóxico. Há grande interesse em entender o comportamento do Se nos organismos marinhos devido a sua importância fisiológica e toxicológica, porém são poucos os estudos sobre o Se em peixes de origem brasileira, tanto marinhos quanto de água doce.

Sobre os resultados encontrados neste monitoramento, a mediana das concentrações de selênio verificadas nos peixes variou entre 0,31 mg/kg de peso úmido (Santa Cruz) e 0,4 mg/kg de peso

úmido (Barra Nova). Nos camarões entre 0,36 mg/kg de peso úmido (Santa Cruz) e 0,81 mg/kg de peso úmido (Barra Seca) e nas ostras entre 0,20 e 0,29 mg/kg de v, para as amostras de Santa Cruz e Barra Seca, respectivamente.

Nas últimas décadas maior atenção tem sido dada aos estudos de interação selênio/mercúrio.

As pesquisas indicam que este elemento também desempenha uma importante função protetora e antagonica contra a ação tóxica do Hg. Desta forma, a relação atômica entre Se/Hg nos organismos tem sido utilizada como um parâmetro auxiliar para a inferência dos danos celulares e fisiológicos em diferentes organismos. Kerigh *et al.* (2013) estudando a região costeira do estuário do rio Paraíba do Sul encontrou a razão atômica para Se: Hg de 1,2 para mamífero marinho; 14 em peixes; 31 em camarões. Na região monitorada a mesma razão atômica apresentou a seguinte distribuição, a saber: Peixe = 19; Camarões= 128 e Ostras= 116. Considerando que a menor razão indica maior suscetibilidade como foi dito acima, estes organismos precisam de um acompanhamento e ampliação da avaliação para um maior número de espécies.

Para o Selênio, o limite de concentração nos alimentos em geral (não existe limite específico para pescados), na legislação federal (DL 55.871/1965) é de 0,3 mg/kg. Desta forma, a grande maioria das amostras analisadas (66%) apresentaram elevadas concentrações desse elemento. Com isso, os resultados obtidos vão ao encontro de diversos estudos que apontam concentrações superiores ao limite em vigor (ENVIRONMENT CANADA, 2015; TENUTA-FILHO, 2010; KEHRIG ET AL., 2009, AFONSO, 2009).

Por isso é importante salientar que os valores encontrados neste monitoramento são plenamente compatíveis aos níveis já registrados em pescados de regiões costeiras, existentes na literatura científica, e encontram-se bem inferiores ao limite de 1,5 mg/kg recomendado pela OMS (KEHRIG *et al.*, 2009) e aos limites de 4,0 mg/kg estabelecido pelo Ministério do Meio Ambiente de Columbia (Environment Canada, 2015) de 2,5 mg/kg estabelecido pela USEPA (2000).

Zinco

_O zinco é um micronutriente constituinte de metaloproteínas, em particular as metaloenzimas, que são essenciais para diversos organismos uma vez que estão envolvidas em uma série de processos metabólicos fundamentais. Embora seja essencial, em altas concentrações é tóxico, pois atua no sistema nervoso, provocando mutagênese e carcinogênese (MARECEK, 1986).

O zinco está normalmente presente no ambiente marinho no estágio oxidado, ocorrendo nas formas Zn^{2+} , $Zn(OH)^+$, $ZnCO_3$ e $ZnCl^+$. Estudos indicam que as concentrações de zinco em peixes marinhos mostram-se maiores no fígado e no rim e, não parecem apresentar efeitos acumulativos, porém podem ter correlação positiva com os teores de cádmio (FURNESS & RAINBOW, 1990).

As ostras foram os organismos com maior acúmulo deste metal, com mediana variando entre 58 mg/kg e 60mg/kg. Nos camarões, as concentrações medianas estiveram entre 8,8 mg/kg (Santa Cruz) e 10,25 mg/kg (Barra Seca) e nos peixes ainda menores, entre 1,9 mg/kg (Regência – Águas Costeiras) e 3,55mg/kg (Regência – Interior da Foz).

Conforme apontado por Kuniyoshi (2011), espécies de peixes demersais da costa sudeste do Brasil apresentaram concentrações médias com a mesma ordem de grandeza dos valores encontrados nesse monitoramento, variando de 3,91 até 9,66 mg/kg, em peso úmido, sendo que os autores encontraram concentrações individuais entre 2,99 e 12,0 mg/kg em peso úmido (ALMEIDA *et al.*, 2008).

Um aspecto da bioacumulação de zinco nos bivalves em geral é que nestes, as concentrações podem atingir valores elevados (REBELO *et al.*, 2003), sem que o organismo indique sinal de toxicidade aparente, pois são capazes de criar pequenas estruturas granulares enriquecidas deste e de outros elementos. Isso se deve ao fato de que o zinco é um dos elementos essenciais para estes organismos, na constituição de proteínas e enzimas (carbopeptidase A e B e anidrase carbônica).

Os resultados encontrados neste estudo, para zinco em ostras (*Crassostrearhizophorae*), são inferiores aos achados por Câmara (2011) em estudos realizados com o mesmo bioindicador, cujas concentrações no manguezal da APA de Guadalupe, em Pernambuco, oscilaram entre 148 e 533 mg/kg. Por outro lado, merecem atenção por estarem superiores ao limite permitido por lei para consumo humano de frutos do mar, uma vez que o limite de zinco, na legislação federal (DL 55.871/1965) é de 50 mg/kg, para alimentos em geral.

Conclusões e recomendações do Estudo

Dos elementos analisados, mereceram atenção as concentrações de arsênio e selênio (segundo as Legislações Brasileiras), que estiveram elevadas para consumo humano na maioria das amostras analisadas. Este padrão foi verificado nos três grupos monitorados, porém, com destaque para os camarões.

A avaliação temporal do banco de dados obtidos em 8 amostragens, realizadas a cada semana, não evidenciou tendências claras de bioacumulação dos elementos analisados nos grupos monitorados (peixes, camarões e ostras) ao longo do tempo. Alguns picos de concentração surgiram para alguns dos elementos monitorados, porém de forma isolada, sendo considerados, após tratamento estatístico, como *outliers*. Somente para o Arsênio e Selênio, o padrão verificado foi considerado uniforme, sem distinção significativa entre as áreas monitoradas.

Apesar da existência de valor máximo para consumo humano para o Selênio, é importante ressaltar que o valor fixado de 0,3 mg/kg (DL 55.871/1965) não faz referência especificamente aos peixes marinhos. Por isso é importante salientar que os valores encontrados neste monitoramento são plenamente compatíveis aos níveis já registrados em pescados de regiões costeiras, existentes na literatura científica, e encontram-se bem inferiores ao limite de 1,5 mg/kg recomendado pela OMS.

Em 25 amostras de ostras, da espécie *Crassostrearhizophorae*, os teores de zinco acumulados ultrapassaram o limite de 50 mg/kg estabelecido na Legislação, porém, vale ressaltar o caráter metabólico do zinco em inúmeros processos metabólicos nestes organismos. Outro aspecto é que os sistemas estuarinos monitorados são relativamente preservados. Diante desse cenário, apesar de não estarem localizadas nas áreas de maiores concentrações/frequência de ocorrência da pluma de rejeitos, a continuidade dos monitoramentos permitirá avaliar se os teores de zinco sofrerão incrementos ou se manterão relativamente constantes ao longo dos próximos meses.

De maneira geral, não foi possível estabelecer relações diretas de causa e efeito entre os resultados de bioacumulação e a presença da pluma de rejeitos no ambiente marinho, visto a ausência de dados pretéritos, e de incrementos ao longo do tempo para a maioria dos elementos monitorados. A tendência observada, de ausência de bioacumulação ao término desta fase de monitoramento, poderá ser confirmada com a continuidade desse programa.

Para dirimir as dúvidas sobre os riscos reais dos níveis de arsênio encontrados, recomenda-se numa nova etapa de monitoramento e a realização de análises laboratoriais específicas para estimar a fração orgânica deste metal, cuja toxicidade é baixa, não representando riscos para o consumo.

Sobre o mercúrio, ficou claro que os peixes são os bioindicadores onde o acúmulo deste elemento se dá de maneira mais significativa que nos demais grupos monitorados. Ainda que os valores encontrados não indiquem qualquer risco de consumo para a população, a continuidade do

monitoramento permitirá uma análise temporal mais apurada deste elemento, cuja importância em termos toxicológicos é extremamente elevada.

Cabe ressaltar que a região próxima ao estuário ainda continua sendo afetada pela elevada turbidez e espera-se que, com a redução da mesma, haja aumento lento e gradativo na recomposição e diversidade de espécies principalmente no interior da foz do rio.

Outro aspecto é que a transferência dos elementos determinados para o tecido muscular não é imediata e, portanto, os resultados encontrados até o momento devem ser considerados com cautela e o monitoramento ser estendido, com coletas mensais por, ao menos, um ano, quando poderão ser avaliadas as espécies que não foram encontradas no período de realização deste monitoramento (dezembro/2015 a fevereiro/2016). Finalizada a análise anual, a continuidade do monitoramento deverá ser reavaliada com base nos resultados.

Relevância desse estudo para ARSH:

Documento de muita importância para se referenciar durante a etapa de “Contaminantes de Interesse” na etapa Linhares dos estudos de ARSH. Além da completa caracterização do objeto dos estudos, organismos marinhos, o Documento oferece também uma boa base para a discussão dos resultados, seja na comparação com os valores de referência normativos como também na comparação relativa a outros estudos.

Infelizmente, somente alguns poucos dados de crustáceos da área estuarina interna poderão ser utilizados na comparação com os resultados da amostragem ambiental realizada pela equipe de ARSH da Ambios na Etapa Linhares.

Remoção, Identificação, Contabilidade e Destinação de Peixes do Rio Doce - Relatório Final. Realizado pela empresa Ecoconservation sob contratação da Samarco. Relatório Técnico – RT ECV 060-17. Revisão 01 – Abril/17 (ECONSERVATION, 2017b)

O Documento assinala como objetivo a realização de serviços de Remoção, Identificação, Contabilidade e Destinação final de peixes do Rio Doce em atendimento ao OF020009.000614/2016-11 NQA/ES/IBAMA.

Relevância desse estudo para ARSH:

Esse Documento não apresenta maior relevância para os estudos de ARSH.

Levantamentos de Dados de Turbidez, Fito plâncton e Qualidade de Água entre Abrolhos e Vitória. Realizado pela empresa Ecoconservation sob contratação da Samarco. Relatório Técnico – RT ECV 073/16. Revisão 00 – Abril/16. (ECONSERVATION, 2016b.)

Esse Documento assinala os resultados do levantamento da qualidade d'água do mar realizado entre a região de Abrolhos, na Bahia, e Vitória, no Espírito Santo. Esse levantamento foi realizado entre os dias 19 e 25/01/2016.

Relevância desse estudo para ARSH:

Esse Documento não apresenta maior relevância para os estudos de ARSH.

Análise Integrada dos Contornos do Deslocamento das Plumias de Turbidez no Meio Marinho. Relatório Técnico – RT ECV 138/17. Revisão 00 – Junho/17. Realizado pela empresa Ecoconservation sob contratação da Samarco. (RT ECV 138/17, 2017)

Esse Documento assinala o Programa de Monitoramento por meio de sobrevôos às áreas de estudo. Desde a chegada no mar da pluma de turbidez, decorrente do acidente com a sua barragem de rejeitos em Mariana-MG, o que se deu no dia 21/11/2015 por volta das 17h, a SAMARCO vem implementando um intenso programa de monitoramento da dispersão da pluma através de levantamentos aéreos, com o objetivo de observar e acompanhar a dispersão da pluma do Rio Doce, além de observar a abrangência da mesma na região marinha do litoral do Espírito Santo. O monitoramento realizado através de sobrevôos com helicóptero, vem sendo realizado desde o dia 22/11/2015, ou seja, no dia seguinte à chegada da pluma no mar. Todavia, a delimitação do alcance das plumas através de metodologia consensuada entre os órgãos ambientais e os técnicos da Econservation que realizavam os sobrevôos, só foi efetuada a partir do dia 25/11/2015.

Relevância desse estudo para ARSH: Esse Documento não apresenta maior relevância para os estudos de ARSH.

Capítulo II: Preocupações da Comunidade com sua Saúde

ETAPAS DE LEVANTAMENTO DAS PREOCUPAÇÕES DA POPULAÇÃO COM A SUA SAÚDE EM MARIANA E BARRA LONGA

Nesta fase do estudo de avaliação de risco à saúde humana buscou-se identificar junto à população afetada e aos profissionais de saúde que atuaram no atendimento a essas pessoas, as preocupações da comunidade com a sua saúde acerca de questões relacionadas ao desastre e à exposição aos rejeitos. Essa atividade permitiu entender o impacto do desastre no cotidiano e na percepção de risco à saúde da população atingida. Assim, foram realizadas entrevistas com profissionais de saúde responsáveis pelo atendimento da população e entrevistas/rodas de conversa com a população atingida.

Quando necessário, profissionais da equipe AMBIOS, realizavam entrevistas domiciliares (principalmente em residências habitadas, previamente identificadas para coleta de poeira, água de consumo e alimentos).

Importante salientar que antes de iniciar qualquer atividade, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (ANEXO 1) era apresentado e lido em voz alta. Uma cópia do termo era entregue ao entrevistado (a), e outra cópia assinada e datada recolhida pela AMBIOS. Após o consentimento, o objetivo do estudo era explicado e as entrevistas ou rodas de conversa iniciadas. As perguntas realizadas no questionário individual e questionário para profissionais de saúde, estão apresentadas nos Anexos 2 e 3.

As rodas de conversa foram realizadas em Unidades Básicas de Saúde, ou em locais de ponto de encontro de fácil acesso à população. Cabe ressaltar que toda a articulação com a população, foi inicialmente realizada pelos Agentes Comunitários de Saúde das regiões trabalhadas e profissionais da equipe da AMBIOS.

Em todas as etapas de Levantamento das preocupações da população com sua saúde, a equipe da AMBIOS sempre esteve acompanhada de profissionais das Secretarias Estaduais e/ou Municipais de Saúde.

Preocupações da população com a sua saúde em Mariana

Para a coleta de informações referentes às preocupações da comunidade com sua saúde em Mariana-MG, foram realizadas entrevistas com moradores das áreas atingidas e com profissionais de saúde responsáveis pelo atendimento da população atingida. As entrevistas foram realizadas nas Unidades Básicas de Saúde de Mariana (com moradores de Bento Rodrigues, Paracatu de cima e Paracatu de Baixo) e Águas Claras (com moradores de Bento Rodrigues, Paracatu de Cima, Paracatu de Baixo e Pedras).

Após a realização das entrevistas, os dados foram trabalhados por meio da metodologia de Análise de Conteúdo, tendo sido agrupados fragmentos dos relatos que continham determinadas características em comum entre falas dos indivíduos (CAREGNATO & MUTTI, 2006). A partir dos relatos dos profissionais e dos moradores entrevistados foram identificadas e criadas as seguintes categorias:

- Preocupações relacionadas à saúde da população atingida
- Preocupações relacionadas ao consumo de água e alimentos
- Preocupações relacionadas ao meio ambiente e à saúde
- Preocupações relacionadas às condições e à qualidade de vida da população atingida.

Entrevistas com profissionais de saúde nas Unidades de Mariana e Águas Claras.

Os profissionais de saúde entrevistados foram basicamente aqueles que deram assistência à população logo após o desastre e/ou aqueles que prestam atualmente assistência à população de Mariana. São eles: gestores, médicos, enfermeiros e agentes comunitários de saúde.

O número estimado de pessoas atingidas, segundo estes entrevistados, é cerca de mil. O que enquadra alguém como atingido, para fins de critério da organização do atendimento, é ter sido deslocado de sua moradia.

Sobre o estado geral de saúde da população, os principais relatos pontuados são:

- Número importante de casos de depressão, ansiedade, pânico, facilidade de acesso e aumento do consumo de substâncias psicotrópicas como álcool e drogas. Relatam também em seus atendimentos, manifestações como angústia, desânimo, irritabilidade, estresse e choro frequente;

- Crianças com problemas de depressão e com dificuldades na escola; e
- Relatam o sofrimento da população devido a mudanças estruturais (perda de locais de referência, mudança de casa e/ou localidade), bem como o sofrimento decorrente da separação geográfica de integrantes familiares, amigos e animais de estimação das famílias, além de brigas e preocupações com o futuro.

Sobre o consumo de água e alimentos:

- De modo geral os profissionais relataram que algumas pessoas têm receio de que as frutas, legumes e verduras provenientes de plantações em áreas atingidas pela lama possam estar contaminadas. Um profissional entrevistado relatou preocupação por não saber da procedência do que está sendo vendido na feira de Mariana, e da possível contaminação dos alimentos, afirma que prefere fazer suas compras em Juiz de Fora ou em Belo Horizonte/MG; e
- Afirmam que a população continua plantando frutas e legumes em áreas atingidas pela lama, ou em áreas próximas, e além de consumirem essa produção, distribuem, trocam entre si e vendem os produtos na feira da cidade. A preocupação com a contaminação do solo e da água que abastece as casas foi frequente na fala dos entrevistados.

Sobre o meio ambiente e saúde:

- Preocupações em relação a lama. Relataram que, no dia do desastre, a lama tinha um cheiro forte, cheiro de “podre”. Os profissionais se perguntam sobre o que seria esse cheiro e que mal essa lama poderia fazer à saúde das pessoas;
- Afirmam ter preocupações com a exposição das pessoas no contato com a lama de rejeitos. Algumas pessoas retornam periodicamente às áreas atingidas que estão desocupadas, ou mantêm criações de gado, cavalos e etc. nesses locais; e
- Perceberam o aumento do número de pessoas com problemas dermatológicos e respiratórios, provavelmente decorrentes do aumento da poeira no ambiente.

Sobre as condições e a qualidade de vida da população atingida.

Inúmeras queixas que foram pontuadas pelos profissionais se referem às mudanças de vida da população após o desastre, isto é, o deslocamento de uma população rural e periurbana para a cidade e as consequências para o cotidiano deles.

De maneira geral, mencionam que grande parte da população rural, que vive nos subdistritos de Mariana, perdeu uma condição valiosa que era a de subsistência por meio das atividades produtivas de plantio e criação de animais, passando a depender exclusivamente do benefício oferecido pela Fundação Renova.

“Frutas e Legumes cada um plantava na sua casa, agora tem que comprar”.

Fala de um morador atingido

Complementam ainda que além de não poderem mais exercer as atividades que lhes conferiam o sustento, perderam sua ocupação diária e estão ociosos em casa, alegando não terem nada para fazer. Afirmam que quem foi realocado de sua propriedade rural para Mariana, por exemplo, estranha a organização urbana, que eles têm a “sensação de não pertencimento” àquela localidade.

Outro relato presente é de que a forma como as pessoas foram realocadas na cidade também afetou a população. Vizinhos próximos e parentes foram separados. Assim, a relação de confiança que tinham antes foi afetada. São novas pessoas, um novo mundo para eles. Além disso, essa separação também interferiu na logística e organização da vida das pessoas como demonstrado abaixo.

“Minha sogra morava perto e eu deixava meus filhos com ela para ir trabalhar, e agora não tenho mais com quem deixar”.

Fala de moradora atingida

Entrevistas com moradores de Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo e Paracatu de Cima

Contextualização do desastre a partir dos relatos da população.

A população conta que o dia do desastre foi um momento bastante dramático para todos. Foram avisados que a barragem havia se rompido e alguns contam que sentiram um tremor pouco antes da chegada da lama. Em algumas localidades, os próprios moradores saíram de moto gritando e alertando aos demais sobre o rompimento.

A passagem da lama, na descrição dos entrevistados, veio acompanhada de um estrondo enorme e um mal cheiro, causando destruição por onde passou. Na entrevista feita pela AMBIOS, detectou-se que um número importante de entrevistados teve suas casas completamente destruídas ou invadidas pela lama de rejeitos.

A população toda correu para os morros, e nesse processo, muitas pessoas se machucaram, se apavoraram, e muitos assistiram desses locais toda a destruição. Lá, ficaram ilhados durante a noite até chegar ajuda da Defesa Civil pela manhã. No dia do desastre e nos dias subsequentes, a maioria dos entrevistados afirmou ter tido contato intenso com a lama, principalmente para ajudar outras pessoas a saírem dos locais em que se abrigaram no momento do desastre, para resgatar animais, santos e monumentos das igrejas, além de seus pertences pessoais. Muitos saíram apenas com a roupa do corpo e “encharcados de lama”.

Parte da população que teve suas casas destruídas foi realocada em residências alugadas ou está hospedada em casas de parentes no centro, ou nos distritos/subdistritos de Mariana. Famílias que não tiveram suas casas totalmente destruídas já retornaram às suas moradias (exceto em Bento Rodrigues e uma Parcela de Paracatu de Baixo), e continuam plantando e criando animais em áreas atingidas pela lama (Paracatu de Cima, Paracatu de Baixo, Pedras e Borba).

De maneira geral, a produção de ovos, leite, frutas e verduras é destinada ao consumo próprio. Há de se destacar, no entanto, que venda ou troca entre familiares e amigos também ocorrem. Moradores das Localidades de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo, apesar de terem sido retirados de suas residências, retornam a estas localidades rotineiramente. Durante a visita da equipe da AMBIOS, principalmente em Paracatu de Baixo, onde o acesso é livre, foi possível verificar a presença de pessoas de fora da cidade tirando fotos e explorando locais desabitados.

As principais queixas e preocupações de saúde listadas pela população entrevistada foram:

- Insônia, dificuldade para dormir e sonhos frequentes com o desastre;
- Depressão, início de uso de medicamentos psicotrópicos, choro frequente;
- Cansaço, desânimo, tristeza, medo e insegurança;
- Preocupação com sua saúde mental;
- Preocupação com problemas cardíacos decorrentes do intenso nervosismo;
- Preocupação constante com um novo desastre;
- Aparecimento de “dores de cabeças muito fortes”, agravo em quadro já existente de epilepsia e mudança de comportamento (comportamentos agressivos);
- Falta de espaço para os filhos brincarem;
- Preocupações com aumento de casos de tentativa de suicídio;
- Queixas de problemas respiratórios e alérgicos, sinusites e resfriados;
- Pigarro, tosse, coriza, rouquidão, coceira na garganta, congestão, “coceira muito intensa no nariz” também foram efusivamente colocados;
- Além da alergia respiratória, a população comentou sentir coceiras na pele após o contato com a lama; e
- Dependência de uso de medicamentos para dormir ou “para ficar bem”, ganho de peso, perda de peso, falta de ânimo e esquecimento.

Abaixo seguem algumas falas dos entrevistados:

“O pouco que eu consigo dormir eu acordo pensando na lama”.

“Eu não dependia de remédio, agora eu dependo e a quantidade de remédio só aumenta. Engordei 10kg depois do desastre”.

“Só descobriu que estava com depressão por que chorava muito e tinha “apagões/ esquecimento”.

“Tenho problema de esquecimento (estou conversando e em seguida esqueço o que estava falando) e muita dificuldade para dormir”

“Nunca tive problema de saúde. Agora tomo remédio para depressão”. “Tenho problema de esquecimento e muita dificuldade para dormir”.

“A poeira pode causar problemas de pele?”

“Coça até sangrar”

Acerca das preocupações com meio ambiente e saúde, podem ser destacados os seguintes tópicos:

- Aumento expressivo da poeira na região que, segundo eles, tem cor avermelhada, (mesma cor da lama) e é bem fina, o que dificulta a limpeza das casas, suja a roupa e o sapato. Afirmam que houve um aumento considerável do fluxo de carros na região, o que facilita a dispersão da poeira para dentro de suas casas. Preocupam-se com as alergias que essa poeira tem causado; e
- Preocupações com a exposição à poeira, pois acreditam que o fato de respirar a poeira pode, à longo prazo, causar câncer e outras doenças. Outro relato apontou para preocupação com presença de metais pesados na poeira e os riscos para saúde.

Sobre as preocupações e queixas relacionadas às condições e qualidade de vida da população atingida:

- Algumas pessoas relatam sofrer com a discriminação em Mariana e que seus filhos, além de terem dificuldades para adaptação em uma nova escola, sofrem *bullying*;
- Algumas pessoas que não foram diretamente afetadas, passaram a dizer, segundo os relatos, “os atingidos agora estão bem de situação”; “recebem dinheiro sem precisar trabalhar”; “não pagam aluguel”; “compram tudo com o dinheiro que a Renova fornece”, dentre outras falas;
- As crianças dos distritos de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo tiveram que começar a frequentar a escola de Mariana/MG. As crianças, que costumavam estudar juntas e eram amigas, foram separadas na mudança de escola, o que gerou mais dificuldades de adaptação, conforme demonstrado no quadro abaixo com o relato de uma pessoa cuja família foi atingida; e

“Ela (filha) foi para uma escola onde as crianças de Bento sofriam muito bullying (os atingidos pelo desastre eram chamados de “meninos da lama; pé sujo”) e outras chacotas. Com isso não queria mais ir para escola, chorava demais quando ia chegando a hora de ir para a escola. Antes quando ela estudava no Bento e ficava o dia inteiro na escola, ela adorava”.

- Grande parte dos entrevistados relatou as diferenças impostas no modo de vida. Pessoas do campo, acostumadas a plantar, ter animais, produzir leite, não têm mais o terreno, os animais, ou o modo de vida que tinham antes. Abaixo seguem alguns relatos que explicitam essas preocupações:

“Quem está acostumado na roça, não consegue viver na cidade. A cidade é horrível”

“O contato com a terra que a gente tinha; os amigos e vizinhos foram tudo para longe (sente muita falta); perdemos a história da gente, perdemos as fotos da minha mãe e dos meus filhos de quando eram pequenos”

“A convivência com os amigos e parentes. Por conta do desastre todos estão longe, não tenho mais contato com eles. Tem mais de 3 anos que não vejo mais meus amigos”.

“Minha maior preocupação é resgatar o modo de vida de novo”

- Importância das festas tradicionais nas localidades e afetação do bem-estar social.

Segundo relatos, os espaços de socialização das comunidades foram completamente alterados e destruídos. As atividades e práticas desenvolvidas nas regiões, que representam as formas de expressão, de viver, de saber e afazeres das populações que ali viviam, foram diretamente impactadas e interrompidas e aparecem nos relatos das pessoas com grande pesar.

As festas religiosas eram tradicionais e reuniam toda a comunidade para celebrações históricas comemoradas nos arredores das Capelas. Com a destruição das capelas e das comunidades, as festas deixaram de ocorrer, ou, quando ocorrem, não conseguem a adesão de toda a comunidade por gerar muito sofrimento para alguns.

- Preocupações com brigas na população.

Os entrevistados relatam ter aumentado o número de brigas e discórdias entre amigos e familiares, brigas entre casais por questões econômicas, entre amigos e parentes em decorrência dos benefícios pagos pela Renova, ou simplesmente pela dificuldade de manter contato pessoal dada as novas distâncias decorrentes da reorganização das moradias.

- Impactos relacionados a trabalho e renda das pessoas.

Os entrevistados comunicaram que, além do estrago de suas propriedades, muitos perderam animais de criação, o que era fonte de renda ou de subsistência para muito deles. Alguns relataram que os animais que sobreviveram estão sob a guarda da Fundação Renova até que eles possam reestabelecer suas terras. Outros disseram que precisaram vender animais e propriedade para poder arcar com compromissos financeiros adquiridos. As plantações de frutas e verduras eram utilizadas tanto para consumo próprio quanto como fonte de renda para a população. Alguns entrevistados relataram que faziam parte do programa de financiamento do PRONAF e com o desastre tiveram todo seu planejamento comprometido.

“Criava porco, gado, galinha, legumes, verduras, frutas etc. Não dependia de nada. Hoje aqui em Mariana temos que comprar tudo, se a gente não tiver dinheiro a gente não come”.

“Lá no Bento a gente comia tudo que a gente plantava e produzia. Agora aqui em Mariana a gente precisa comprar tudo. Todos os nossos alimentos são comprados no sacolão e mercado”.

“Eu tentei trabalhar com carreto, mas não deu certo”.

“Eu plantava mais, mas agora não tem mão de obra por que as pessoas não estão mais morando aqui, estou sozinho para plantar”

Relatos de pessoas atingidas

Um dos entrevistados relatou que antes do desastre era operador de motosserra (para fazer carvão), mas desde que saiu de sua residência, não está mais trabalhando. Outros entrevistados também relataram que estão sem atividades atualmente, pois o que gostam de fazer, o que sabem fazer e o que fizeram a vida inteira foi trabalhar na roça “trabalhar na terra”.

Um ponto retratado pelos entrevistados, como gerador de muita angústia, ansiedade e sofrimento, é a espera e incerteza quanto ao processo de indenização. Eles relatam estarem “cansados” da espera, da falta de resposta e de terem que ficar “brigando” pelos seus direitos.

“O que eu vou fazer da minha vida caso a Samarco quebre ou declare falência. Onde vou morar caso a Samarco pare de pagar o aluguel. Já se passaram 3 anos e nada foi feito, não tivemos a indenização. Será que eu vou estar vivo até minha casa ser reconstruída?”

“O que adocece a gente é a forma que a Renova conduz o processo. Eles falam que dinheiro não é problema, mas na hora de indenizar eles dificultam o processo”.

“Quando essa situação irá se resolver: a espera por uma solução é muito ruim”.

“Minha preocupação é quando vai ser resolvida as coisas, quando vamos poder voltar para nossa casa, pois já se passaram 3 anos e até agora não deram nenhuma solução”.

“Quando essa situação irá se resolver, a Samarco não dá nenhuma perspectiva de quando irão construir nossa casa”.

Relatos de pessoas atingidas

Preocupações da população com a sua saúde em Barra Longa

A equipe de ARSH, em articulação com representantes da SMS de Barra Longa, identificou as localidades e propriedades diretamente afetadas em que ainda havia pessoas residindo. As localidades identificadas foram: Barreto, Gesteira, Mandioca, Jurumirim, Nova Barra, Tanque, São Gonçalo, Volta da Capela, Rua Primeiro de Janeiro, Rua Capitão Manoel Carneiro, Morro Batalha, Bairro do Rosário, Praça Manoel Lino Mol (PRACINHA), Rua Matias Barbosa, Morro Vermelho e Morro Cemitério. Assim, foram abertas 3 frentes de rodas de conversa por intermédio dos Agentes Comunitários de Saúde e da população dessas localidades. As rodas de conversa foram realizadas nos seguintes locais: Unidade Básica de Saúde de Barra Longa (com a população de todo o centro); na Unidade Básica de Saúde de Gesteira (população de Gesteira e Mandioca) e no Ponto de Encontro de Barreto, com a população que ali residia.

Entrevistas com profissionais de saúde

Preocupações relacionadas à saúde da população atingida

Após o desastre, a população vive sofrimento intenso. Houve aumento da procura por psicólogos e psiquiatras em todas as faixas e etárias. Para estes profissionais, o sofrimento é decorrente principalmente do impacto que o desastre teve no modo de vida da população.

Citam o medo que a população vive da ocorrência de um novo desastre, a impossibilidade das pessoas que trabalhavam no campo de continuarem com suas atividades por terem sido removidas de suas casas ou por terem perdido suas plantações e produções com a passagem da lama. Além disso, citam a perda da tranquilidade da cidade com a chegada de turistas, trabalhadores, pesquisadores entre outros. Outro ponto destacado foi o aumento do uso de álcool e outras drogas em decorrência do sofrimento vivido pela população.

Trazem no conteúdo de sua fala, um conceito ampliado de saúde, entendendo que muitos agravos e processos de adoecimento estão relacionados ao impacto que o desastre teve na vida das pessoas. Os profissionais afirmam que a população está adoecendo e que, a situação de

vulnerabilidade e tristeza na qual a população se encontra contribui para isso. Essa constatação aparece em algumas falas:

“Agora ela descobriu um câncer em metástase acelerada. É uma comunidade desassistida (Barretos). Isso fez com que isso possa ter agravado mais o problema dela né. A comunidade se pergunta como faz para ajudá-la, mas estamos em uma situação complicada. As pessoas da comunidade ficam apavoradas. Se ela era tão saudável e teve um tumor de forma tão rápida...”

“O adoecimento é muito mais do que doença de pele. A doença para um trabalhador rural é tirar a força de trabalho dele né”

A seguir serão listados alguns agravos, doenças e sintomas elencados pelos profissionais de saúde, cujas frequências têm aumentado após o desastre:

- *Labirintite;*
- *Uso de medicamentos para dores, além do aumento de quantidade de pessoas que se automedicam;*
- *Consumo de álcool e medicamentos de controle especial;*
- *Muitos pacientes com tristeza, desânimo, irritação, insegurança e medo;*
- *Depressão, dores de cabeça, cansaço e desânimo;*
- *Reações alérgicas dermatológicas;*
- *Reações alérgicas respiratórias;*
- *Número de casos de dengue;*
- *Número de casos de diarreia;*
- *Impactos nos hábitos de vida da população; e*
- *Nervoso e agitação das pessoas que tiveram suas criações perdidas e terrenos invadidos pela lama.*

Além do que foi posto acima, as pessoas relatam sobre a necessidade de contratar otorrinolaringologista para Barra Longa e sobre as pesquisas que já foram realizadas na população de Barra longa, e todas as demais que estão sendo feitas. E nesse contexto expõem questões que surgem como preocupações.

“A população fica observando as coletas de água, ar, alimentos, sangue, urina e não tem uma resposta concreta. O que de fato alterou nas pessoas de forma química e toxicológica? Se eles receberam resultados alterados dos exames toxicológicos, de onde está vindo essa alteração, da água, dos alimentos? Do ar? O que eu posso ou não consumir dos alimentos aqui produzidos? Precisamos falar de segurança alimentar com a população. Não temos uma resposta segura ainda. E em longo prazo, o que pode ser do modo de vida dessas pessoas? Podemos ter um aumento no número de casos de câncer? Alzheimer? As crianças nascerão com má formação? As respostas precisam vir de forma mais certa, mais definidas. Até o momento só temos perguntas, nenhuma orientação. Até o momento esses estudos só são amostrais. A população pergunta se eles têm de fazer exame de metais pesados, olha a preocupação que foi instalada!”

Preocupações relacionados ao meio ambiente e à saúde

- Preocupações com a composição da lama de rejeitos.

Sobre os impactos ambientais e preocupações com a saúde, os profissionais descrevem o rejeito como algo “diferente”, afirmando que em algumas áreas onde tem lama, a água que empoça fica com aspecto oleoso, “como se tivesse um óleo na água”.

- Preocupações com peixes do rio e a saúde.

Também relataram que existem pesquisas que mostram peixes com má formação, o que os deixa preocupados com o conteúdo da lama e os possíveis efeitos que podem gerar à saúde, em caso de ingestão desses.

- Preocupações com o consumo de água e alimentos.

Afirmam ainda, que as pesquisas realizadas na região oferecem resultados contraditórios fazendo com que, tanto os profissionais quanto a população fiquem inseguros quanto à segurança do consumo. O resultado de presença de metais pesados no sangue faz com que os profissionais se perguntem qual é a fonte de exposição, se é da água de consumo, dos alimentos ou do ar. Precisam dar uma resposta mais concreta à população.

- Preocupações relacionadas às condições e à qualidade de vida da população atingida.

Relatam que o desastre provocou diversas alterações na dinâmica da cidade e dos distritos de Barra Longa, impactando no modo de vida, no cenário e nos hábitos da população. Segundo eles, após o acidente, muitas pessoas vêm de fora da cidade, causando muita estranheza e principalmente para os idosos, que receosos, reduziram suas atividades físicas com medo de assaltos (uma vez que relataram que houve um aumento considerável na quantidade de furtos e roubos), adquirindo o hábito de ficarem apenas dentro de suas casas.

Descrevem sobre o nervosismo e agitação de agricultores que perderam o financiamento por crédito no PRONAF, em decorrência da falta de dinheiro para o pagamento do crédito, consequência da perda dos animais e de suas produções. Alguns tiveram que pegar dinheiro com agiota, venderam máquinas, objetos e animais restantes para pagar as dívidas. Além da perda dos animais, os profissionais relatam que muitos perderam grande parte de seus terrenos.

Entrevistas com moradores de Barreto, Gesteira, Mandioca, Jurumirim, Nova Barra, Tanque, São Gonçalo, Volta da Capela, Rua Primeiro de Janeiro, Rua Capitão Manoel Carneiro, Morro Batalha, Bairro do Rosário, Praça Manoel Lino Mol, Rua Matias Barbosa, Morro Vermelho e Morro Cemitério

Contextualização

Em Barra Longa, os entrevistados consideram que a totalidade da população do município é afetada. As pessoas entrevistadas relataram que no dia do desastre a população foi avisada que a barragem havia se rompido, e a passagem da lama veio acompanhada de um enorme estrondo, além do mal cheiro em toda a cidade. A lama atingiu aproximadamente 3 metros de altura nas margens do Rio. Casas que ficavam na beira do rio foram as mais afetadas.

Segundo os relatos, a população, que já está acostumada com enchentes frequentes, correu para auxiliar as pessoas que moram nas casas mais próximas do rio. Quando chegaram perto e tiveram contato com a lama perceberam que o rejeito não continha apenas água como imaginavam. Dessa forma muitas pessoas tiveram contato intenso, de corpo todo com a lama.

Em cada parte da cidade a lama chegou com intensidade e altura distintas invadindo e danificando as casas, comércio e instalações de diferentes maneiras. A praça da cidade e o campinho de futebol são exemplos citados pela população como localidades que foram completamente destruídas.

Os dias subsequentes são retratados pela população como um momento de muito sofrimento, perturbação, transtornos, cansaço e angústia. Muitas pessoas tiveram que se deslocar de suas casas tendo prejuízos financeiros e de saúde por conta disso. Os entrevistados contam que o trânsito de caminhões e de máquinas que circulavam para a retirada da lama da cidade, era atormentador e levantavam uma quantidade enorme de poeira.

Muitas casas e construções em Barra Longa e em Gesteira tiveram sua estrutura comprometida, ou pela lama, ou por conta de rachaduras ocasionadas pelo aumento do fluxo de máquinas e caminhões na região. Algumas casas foram classificadas pela Defesa Civil em situação de risco, tendo sido interditadas. Muitas das pessoas que estão nessa situação continuam esperando as indenizações e reparação dos danos. A equipe de ARSH percebeu a revolta de grande parte dos moradores com a Fundação Renova, por não prestarem informações à população acerca dos processos como um todo.

Na zona rural, algumas casas foram completamente destruídas, outras foram parcialmente danificadas ou tiveram seus terrenos invadidos pela lama. As famílias residentes nessas casas, viviam de atividades ligadas ao plantio e cultivo de animais. Algumas tinham essa atividade como fonte de renda, outras apenas como forma de subsistência. Em ambos os casos, essas pessoas foram severamente prejudicadas. Alguns pararam com as plantações e cultivos, outros mantiveram as atividades e continuam se alimentando, vendendo e trocando os produtos oriundos das terras atingidas pela lama.

Cabe ressaltar que em todas as rodas de conversa realizadas, a população se referiu a pesquisas progressas realizadas no município após o desastre, sem a devolutiva de resultados para a população. Isso inclui as análises que a Fundação Renova realiza periodicamente nas localidades, e não informa se a água pode ser consumida, ou como está a qualidade do ar, dentre outras queixas, o que gera grande revolta na população.

Destaca-se ainda que, foi realizada pesquisa em que exames toxicológicos de sangue e urina da população detectou a presença de metais pesados nessas matrizes, entretanto, a entrega dos resultados não previu um plano de acompanhamento ou estratégia a ser tomada. Isso gerou muita preocupação na população estudada, ainda sem saber como proceder com os resultados desses exames.

Preocupações relacionadas à saúde:

- Coceira intensa no corpo, problemas alérgicos, dermatites, manchas vermelhas ou pretas, inchaços ao longo do corpo, ressecamento da pele, lesões e bolhas na pele, escamação, eczema alérgico e dermatites;
- Piora nos quadros de asma e bronquite com o aumento da quantidade de poeira;
- Coceira nos olhos, manchas vermelhas, inchaço e piora na visão.

Cabe ressaltar que as reações alérgicas dermatológicas também foram muito citadas pela população, seja em decorrência do contato com a poeira, seja pelo contato com a lama. Alguns relataram terem sentido essas reações no contato mais intenso com a lama. No entanto, alguns afirmam que mesmo o contato com a poeira ou com a terra misturada à lama no quintal é suficiente para iniciar o quadro.

- Mencionam o aumento de casos de dengue na região. Alguns entrevistados afirmaram que isso pode ser consequência da diminuição de sapos e outros animais que comem os insetos e que morreram com o desastre, outros mencionam também a falta de canalização completa do esgoto que foi entupido pela lama;
- Ocorrências de derrame cerebral foram mencionadas durante as rodas de conversa, e que atribuem ao aumento do estresse gerado pelo desastre;
- Algumas pessoas afirmaram que houve um aumento de casos de Alzheimer na região;
- Também foi relatado aumento de casos de diarreia, febre e vômito após o contato com a lama, havendo inclusive, casos de internação.
- Dores de cabeça, enxaquecas, depressão, medo e insegurança; e
- Atribuem casos de morte de familiares em decorrência do desastre.

“Muitas mulheres estão sendo diagnosticadas com Alzheimer. Não sabemos se tem relação, mas é uma preocupação. Nem ouvíamos falar disso antes, mas é outra coisa que chama a atenção”

Fala de morador atingido

Importante frisar que a população citou, por diversos momentos, as pesquisas toxicológicas realizadas em Barra Longa, mostrando a presença de metais pesados nos exames de sangue. A partir desses resultados a população se mostra preocupada com os problemas que esses metais no sangue podem causar à saúde em curto, médio e longo prazo. Se colocam também preocupados com o futuro das próximas gerações diante da exposição a esses metais.

Uma pessoa afirma que a família dela foi escolhida para participar do referido estudo toxicológico, tendo sido identificados níveis elevados de metal no sangue do marido e do filho (cita o

“E essas pesquisas que saíram, que tem muito metal, que não gera um problema imediato né?! Não temos informação. Nós nos preocupamos muito com as crianças, quem está chegando agora. Pelo pouco que sabemos é que metal pesado pode gerar o agravo de algum problema.”

Fala de morador atingido

arsênio como exemplo). Pelo que foi informado pela responsável do estudo, parece se tratar de um caso de ingestão de metais pesados.

Relata que a médica do estudo informou que “os dois estão contaminados” e se questiona: “O que pode ocasionar futuramente? Diante disso, afirma que quer algum acompanhamento desses resultados para poder fazer algum tratamento.

Sobre a saúde mental da população, nos relatos, afirmam que ainda sentem recorrente sentimento de tristeza, fácil irritabilidade, ansiedade, agitação das crianças, falta de prazer na realização das tarefas, depressão, dificuldade para dormir e preocupação com a possibilidade de um novo desastre decorrente do rompimento da outra barragem que é ainda maior que a primeira. Abaixo são mostradas algumas falas da população:

“A vida aqui não é mais igual, eles estão acabando com a gente aos poucos. Não quero mais ficar aqui, quero ir embora para outro lugar”

“A sirene toca toda hora, é um horror. A gente fica assustado” Quando chove, o rio sobe, faz barulho e a gente fica com medo de que seja a próxima barragem rompendo”

“O povo fica com medo o tempo todo. Acabou nosso sossego”.

“Depois a gente ficou mais estressada, comecei a tomar remédio para ansiedade e pressão. Nunca tinha tido hipertensão passei a ter. Tem dias que fica só querendo chorar”.

“Me preocupo com meus filhos que depois da lama ficaram mais tristes”.

“Eu deixo minhas roupas todas dentro de um saco preparado por que eles deram tudo inferior ao que a gente já tinha. Não quero perder tudo de novo”.

“As incertezas é que matam”

“O emocional está muito atingido. As pessoas estão com medo da outra barragem. Não consigo dormir direito. Isso é muito sério. No momento do rompimento tratei de forma muito tranquila. Quando falaram que a outra iria estourar, que é muito maior, adquiri o pavor. Na hora que você fala, o pânico é um dos maiores problemas. Concordo quando “Fulano” (nome foi preservado) que disse que muitas pessoas morreram de diversas causas após o desastre”

Sobre a amplitude do entendimento da população quanto aos efeitos à saúde, abaixo tem-se o trecho de um relato de uma pessoa da comunidade, que demonstrou o sentimento de todos que estavam presentes.

“Estamos tendo todos os tipos de mal e as pessoas estão morrendo. Morrem de depressão, alcoolismo, derrame. O maior mal dessa lama não é a lama propriamente dita, é o que ela causa dentro da gente. Ela faz a gente se sentir triste, nós produzimos toxinas dentro de nós com efeitos adversos. Não poder voltar para sua casa, ter seus direitos negados, ver seu gado morrendo, ter seu nome sujo porque o gado parou de dar leite e não conseguir pagar as contas, ter toxinas dentro da gente, metais pesados, tudo isso...toda cidade adoeceu ou está adoecendo. Perdemos as áreas de convivência, de práticas de esporte, os rios que eram utilizados para lazer, o garimpo para ajudar no sustento, o dinheiro faz falta. São vários os fatores que causam o adoecimento. Você não enxerga uma luz no fim do túnel, isso causa desespero.

Qualquer coisa vem abalar a saúde da gente. Uma negativa de direito pela Samarco gera um problema de saúde, o medo que uma casa pode desabar, a negação de direito, o medo de não ter dinheiro para pagar as contas, tudo isso nos leva a uma contrariedade, um medo, uma ansiedade, nos causa um problema de saúde. Tem gente aqui que não é a mesma pessoa. As pessoas brincavam, riam... hoje em dia, você conversa com as mesmas pessoas e elas começam a chorar... e muitas pessoas dessas pessoas morreram.

Conheço um casal que os dois estão ficando cegos (estou acompanhando eles). Eles não têm dinheiro para fazer a cirurgia, a RENOVA deve e não quer pagá-los. Eles cozinhavam com a lenha que cortavam, que a lama levou e/ou sujou. Quando cozinham com a lenha, a fumaça solta um cheiro horrível.

Tem locais que os peixes estão sendo criados em poços onde passou a lama. Alimentos sendo plantados em locais onde passou a lama.

Um senhor saía de casa todo dia cedo para a Roça, a esposa de 87 anos ficava em casa, cozinhava tinha uma vida ativa. Hoje, após a perda da sua roça, eles não têm o que fazer, estão tristes em casa”

Preocupações com o meio ambiente e a saúde.

Quanto aos fatores ambientais e efeitos à saúde, o aumento da poeira na região foi uma das principais queixas da população, tendo sido relatado pela totalidade dos entrevistados, tanto da área urbana quanto das áreas rurais. Após o desastre, as pessoas entrevistadas afirmaram que, principalmente no período em que a lama estava sendo retirada das ruas por máquinas e caminhões, a quantidade de poeira que subia formava uma “nuvem”, que entrava nas casas, colava no corpo e causava diversos problemas respiratórios. O aumento do fluxo de carros na região, decorrente do desastre, também foi citado como um fator facilitador de dispersão da poeira aumentando a quantidade dentro das casas. Mesmo depois da retirada de toda a lama da cidade de Barra Longa, a população afirma que o problema com a poeira ainda permanece. Dentre as principais preocupações com a poeira, destaca-se:

- Receio de que a poeira possa estar contaminada e que faça mal à saúde, receio de que a poeira contamine os legumes e verduras das hortas, ou a água que bebem;
- Afirmam que com o aumento da poeira houve aumento de problemas respiratórios e alérgicos. Relatam sintomas e problemas tais como: tosse, coriza, rouquidão, coceira na garganta, congestão, “coceira nariz”, piora no quadro de bronquite, ou de alergias já existentes e aumento da frequência de gripe;

“Deveriam distribuir umidificador para a população por causa da poeira. Se não tem como resolver a questão da poluição do ar, tem que entregar soluções para a população”

Fala de morador atingido

- Sentem coceiras no corpo e sensação de “pinicar” por causa da poeira, além de sensação de que a pele fica mais seca. Um dos entrevistados afirmou que já tinha dermatite, mas que com o aumento da poeira o quadro piorou;
- Grande parte das pessoas mencionou sobre a possibilidade da lama estar contaminada e se preocupa com o contato das pessoas e dos animais com a terra. Segundo eles, a Fundação Renova mexeu na terra, plantou capim sobre ela, mas não

retirou todo o rejeito. Partes desse rejeito ainda permanecem nos terrenos das casas das pessoas e outras partes estão sendo depositadas em localidades próximas. Alguns se preocupam especificamente com a presença de metais pesados na lama e com a possibilidade de que essa exposição, a longo prazo, possa fazer mal à saúde. Os bloquetes construídos a partir da lama e utilizados nas obras públicas de reconstrução da cidade foram citados com preocupação: “Fizeram bloquetes da lama, mas e se tiver produto químico? E se isso fizer mal para a saúde? Se pisar descalço o que acontece? ”;

- Sobre a vegetação, algumas pessoas desconfiam que a Fundação Renova tenha jogado “adubo”, pois cresceu muito rápido e com bom aspecto. Em contrapartida, as hortas e plantações, segundo entrevistados, ficaram amareladas e morreram. Alguns relatam que desistiram de plantar pois “morre tudo”. Citam também que o capim que nasce sobre a lama tem ficado mais amarelado e que as árvores têm morrido.
- Apontaram preocupações com os animais. Uma pessoa afirmou que a égua estava prenha, tomava água do rio e abortou (há uns 2 anos). E outra disse que aumentou a ocorrência de Gabarro no gado: *“As vacas, que pastam onde passou a lama, estão ficando com problema no casco. A unha inflama e elas não conseguem andar”*; e
- Afirmam que as vacas leiteiras, ao pastarem, entram em contato com a poeira e as infecções em suas tetas, ou mastites ocorrem com grande frequência. Nesse caso, não podem mais ordenhar o leite para venda e além disso gastam muito mais dinheiro com antibióticos para o animal. Afirmam que a Renova não faz esse ressarcimento dos problemas secundários provenientes do desastre.

Preocupações com o consumo de água e alimentos

- A água para consumo humano também foi uma preocupação que apareceu na fala dos entrevistados;
- Relataram também que não consomem mais alimentos provenientes da produção local, por não saberem se foram cultivados em locais que a lama passou;

“O gosto da água fica ruim e com cheiro. A água vem da distribuidora. A água das casas vem do poço (a lama passou por cima dos encanamentos). Eles colocam o remédio na água que é retirada do poço. Duas a três vezes por semana vem um carro fazer análise de água, eles colocam luva, máscara e touca, colocam o produto na água. A lama passou por cima do poço. Se esses produtos são tão tóxicos, pela precaução deles ao lidar com os produtos, por que tomamos da água? Eles vêm e fazem uma análise e nunca divulgam os resultados dos estudos com a água”.

“Antes do desastre muitos se abasteciam da Água do “bicão” de mariana (perto da garagem de UNIVALE em mariana – Mina Del Rei). Muita gente vai lá. Os caminhões pipa vão lá, pegam a água no bicão e distribuem. A renova não informa onde pegam a água. As pessoas querem acompanhar os caminhoneiros e eles não deixam”.

“A Renova falou que quando tiver dando raio, não é para ficar perto da lama por que é perigoso. Agora, quando chove, a gente fica tudo dentro de casa e tira tudo da tomada”.

Relatos de moradores

- Querem respostas quanto ao consumo de alimentos de forma segura e se a água de suas casas não contém contaminação por metais; e
- A população da área rural de Barra longa diz que evitam consumir alimentos como peixe, leite, ovos, carnes, frutas, verduras e tubérculos) produzidos na região, optando por comprar mantimentos no centro de Barra Longa, onde são vendidas mercadorias vindas de outras localidades, ou ainda, optam por produtos industrializados, conforme explicações abaixo:

“Nós compramos comida em Barra Longa. Não tenho coragem de comer o peixe do rio. Não como mais manga do pé de manga que a lama passou e nem nenhuma outra fruta. Tem muita gente que não come com medo das consequências a longo prazo. (...) O peixe não morre, mas se a gente comer o peixe falaram que o tempo que vai demorar para fazer mal é de 6 a 8 anos”.

“O médico disse que a lama pode fazer mal. Que comer o peixe do rio pode fazer mal”

“Não tomo leite das vacas que pastam nessa lama por que acho que está contaminada”.

“Gostaria de saber se posso comer a mandioca que planto no meu quintal, se não vai me fazer mal”.

“Tinha um mini poço, mas não sei se posso usar essa água. Eu vou ter uma horta, vou usar a água para aguar, eu posso fazer isso? Não sei porque nunca me devolveram o resultado das análises.”

Preocupações relacionadas às condições e à qualidade de vida da população atingida

Sobre trabalho e renda, alguns revelaram que tiveram que parar temporariamente ou permanentemente suas ocupações por diversos motivos. Uma das entrevistadas contou que antes do desastre trabalhava fazendo unha e cabelo, mas que depois do ocorrido teve que parar pois entrou em um processo depressivo e por que precisou cuidar do marido que já tinha problemas de saúde mental, e após o desastre piorou seu estado de saúde.

Uma outra pessoa também afirma que deixou de trabalhar, pois a filha ficou doente após o desastre e ela teve que se dedicar a ela. Uma das pessoas tinha como fonte de renda a produção e venda de queijo, e quando teve que sair de casa, após o desastre, parou de fazer queijo, por não ter mais seus animais para produção de leite e teve que ficar só com o “benefício” da Renova. Outro relato se refere a uma pessoa que teve que parar de trabalhar, pois teve que ceder espaço que utilizava para o filho que perdeu a oficina mecânica por causa da lama.

Sobre os impactos no modo de vida da população Barralonguense, moradores mencionam que após o desastre, a cidade foi “invadida” por trabalhadores, curiosos, estudiosos, imprensa e pessoas de fora, o que gerou uma perturbação do modo de vida com o qual estavam acostumados.

Nas áreas rurais as pessoas apontam para a perda do sossego, do silêncio e da paz que tinham antes de tudo acontecer, devido ao aumento do fluxo de carros e trabalhadores na região.

Além disso, devido à poluição e ao cercamento do rio, as crianças já não podem mais utilizá-lo para brincar, tomar banho e pescar. O Rio para eles, era um espaço de lazer, diversão e sociabilidade que eles perderam com o desastre. Alguns moradores, tanto das áreas urbanas quanto das áreas rurais, afirmam que deixaram de plantar ou criar animais no terreno, por receio da contaminação do solo ou por que a plantação morre antes do tempo.

A mudança provisória de casa no momento da reparação dos danos também foi relatada como um momento de muita perturbação e geração de sofrimento. Muitos tiveram que sair com a roupa do corpo e ficaram dias sem poder retornar para casa. Narram que até seus animais de estimação foram perdidos.

No centro de Barra Longa, afirmam sobre o aumento da criminalidade, além de casos de assédio devido ao grande contingente de homens que chegou na cidade. Uma das entrevistadas afirma que os homens ficam olhando e “mexendo” com as mulheres e que por conta da entrada de pessoas estranhas na cidade já não dá mais para deixar a janela aberta.

Algumas pessoas ainda não foram devidamente indenizadas, segundo os relatos, e não tiveram suas casas reparadas. Sentem-se angustiados e ansiosos e sofrem muito devido à incerteza quanto ao processo de indenização.

“Essa Samarco é ruim demais. A Samarco é louca! Tinham duas casas, uma do lado da outra, no caso de uma eles tiraram os moradores e indenizaram, e para a casa do lado não indenizaram nada. (...) São 9 casas que estão em área de risco. Das 9 casas apenas 2 tiveram direito ao reassentamento e algumas casas que estão mais para cima do morro, longe do rio, tiveram direito, e nós que moramos na beira do rio não tivemos”.

Relato de morador

Capítulo III: Contaminantes de Interesse

CONTEXTUALIZAÇÃO

Os contaminantes de interesse são os compostos ou elementos químicos específicos do local de risco, que a equipe de ARSH seleciona para uma avaliação posterior sobre seus efeitos potenciais na saúde. A identificação dos contaminantes de interesse é um processo interativo que se baseia na análise das concentrações dos contaminantes no local, na qualidade e suficiência dos dados da amostragem ambiental, na produção de dados ambientais próprios pela equipe de ARSH, quando necessário, e no potencial de exposição humana. Assim, são duas as etapas do processo de determinação dos contaminantes de interesse, à saber: validação dos dados ambientais existentes e avaliação dos dados analíticos, detalhadas abaixo:

- **Validação dos dados ambientais existentes**

Caso os dados ambientais existentes sejam insuficientes ou inadequados, segundo os critérios da metodologia, a equipe de ARSH relatará a insuficiência ou inadequação dos dados ou produzirá novos dados, para que todos os compartimentos ambientais e todos os potenciais contaminantes de interesse estejam devidamente avaliados. Na necessidade de produção de novos dados, devem ser observadas as seguintes etapas:

- 1- Planejamento da amostragem, incluindo: Premissas para a amostragem; Definição dos compartimentos ambientais e contaminantes a serem avaliados; Definição dos procedimentos de amostragem; Definição dos valores de referência; Definição dos métodos analíticos.
- 2- Realização da amostragem ambiental, incluindo: Elaboração de pré-planejamento da amostragem ambiental; Visita à área para confirmação das premissas do pré-planejamento; Realização da amostragem ambiental. Essa etapa será melhor detalhada adiante, para realização da ARSH em Mariana e Barra Longa.

Cabe destacar que sempre que necessária a produção de novos dados, as premissas que forem estabelecidas para a ARSH devem ser observadas para o planejamento de amostragem.

- **Avaliação dos resultados analíticos**

Ocorre através da comparação com os valores de referência utilizados, determinação dos contaminantes de interesse em cada compartimento ambiental.

Etapas da amostragem ambiental

As etapas da amostragem ambiental para a realização da ASRH em Mariana e Barra Longa foram seguidas conforme as diretrizes da metodologia de ARSH do Ministério da Saúde, que preconizaram:

- Validação das informações ambientais existentes
- Pré-planejamento da amostragem ambiental
 - Seleção dos contaminantes de potencial interesse
 - Seleção dos compartimentos ambientais para a amostragem
 - Especificação dos métodos e procedimentos de amostragem
 - Especificação dos métodos analíticos
 - Determinação dos valores de referência a serem utilizados
- Visita às áreas de amostragem
 - Confirmação dos pontos de amostragem
- Realização da amostragem ambiental
 - Realização de coleta e análises laboratoriais
- Comparação dos resultados laboratoriais com os valores de referência para determinação dos contaminantes de interesse.

O plano de amostragem contendo todo o planejamento da realização da amostragem ambiental para Mariana e Barra Longa estão apresentados nos Anexos 4 e 5.

Critérios de amostragem

Na amostragem de solo superficial buscou-se as áreas de deposição da lama de rejeitos, que formaram um “novo solo” superficial, priorizando as áreas com presença de pessoas (residentes e/ou pessoas com atividades no local), bem como áreas caracterizadas pela produção de alimentos e pela presença de animais ou indícios de sua presença (fezes ou pisoteamento). Esse “novo solo” superficial, após a secagem dos

rejeitos, passa a ser um emissor de poeira, podendo gerar potenciais novas rotas de exposição.

A água de consumo humano, em suas diferentes formas de captação (superficial e subterrânea), foi amostrada no seu ponto de consumo. A seleção desse compartimento deu-se a partir dos relatos de preocupação da comunidade com o consumo de água nas várias localidades atingidas, mesmo considerando que já havia realização de outros estudos prévios na área. As localidades visitadas, de maneira geral, durante a etapa de levantamento das preocupações, expressaram grande preocupação com a água de consumo humano.

A amostragem dos alimentos foi realizada em áreas onde ocorreu a deposição da lama de rejeitos e se observou indícios de utilização do solo tanto para cultivo como para pastagem.

Na etapa de preocupações da comunidade, os levantamentos apontaram que a população residente nos dois municípios em questão, apontaram que o consumo de leite de vaca e ovo de galinha é uma preocupação frequente, principalmente por serem localidades rurais com produção de leite, e criação de galinhas.

Realização da amostragem sob a estratégia de pior cenário

Considerando a estratégia de **pior cenário**, o plano de amostragem para cada compartimento ambiental buscou o levantamento de dados para todos os potenciais contaminantes de interesse nas áreas imediatamente próximas ao leito das drenagens afetadas pela lama de rejeitos, bem como no seu entorno. A estratégia deu-se principalmente em áreas povoadas, e incluiu os seguintes compartimentos ambientais: solo superficial, água subterrânea, água superficial, água de abastecimento público, sedimentos, leite de vaca, ovo, poeira domiciliar e vegetais comestíveis.

Abaixo são detalhados os compartimentos considerados como **pior cenário** pela equipe de ARSH, na amostragem durante as visitas às localidades de Mariana e Barra Longa.

- **Sedimentos**

Independente dos condicionantes na definição da estratégia de “pior cenário”, adotada nos estudos de ARSH, os pontos de amostragem de sedimentos foram localizados preferencialmente em áreas de menor velocidade de fluxo das drenagens, onde ocorre uma deposição de material particulado mais leve e de menor granulometria, e caracterizam-se por serem os principais carreadores dos contaminantes orgânicos ou metálicos. Adicionalmente, numa perspectiva de pior cenário, buscou-se a coleta do sedimento dos 5 cm mais superficiais, representativos do “novo sedimento” formado pela lama de rejeito.

- **Água superficial**

Na ARSH, independente da estratégia de sua realização, os pontos de amostragem de água superficial serão localizados em áreas de menor velocidade de fluxo das drenagens, chamados pontos de remanso. Esses são caracterizam-se por conter maior densidade de particulado mais fino, incluindo colóides, os principais carreadores dos contaminantes, orgânicos ou metálicos. Na perspectiva de pior cenário, buscou-se a coleta de amostras de água superficial em áreas onde foi observada a presença da lama de rejeitos nas margens.

- **Solo superficial**

Conforme já assinalado, nos estudos de ARSH, considera-se na amostragem do solo superficial àquele coletado em uma profundidade não superior à 10 cm. Este solo superficial (ver “considerações iniciais”), além de representar o material de contato direto, é também da camada mais superficial do solo onde se concentram a maioria dos contaminantes, orgânicos ou inorgânicos por apresentarem baixa mobilidade vertical. É desta camada de solo de onde se mobilizam os gases e particulados mais finos (poeira) que propiciarão a exposição humana pela ingestão involuntária, e pela inalação.

Na perspectiva de pior cenário, buscou-se a coleta de amostras de solo superficial somente em áreas onde a deposição da lama de rejeitos formou o “novo solo” superficial nas áreas de várzea das drenagens. Adicionalmente a esta condição, a coleta foi realizada somente em áreas onde foram observados cultivos de alimentos

(principalmente frutas e tubérculos) ou onde havia claros indícios de ocorrência de pastagens.

- **Águas para consumo humano**

Usualmente, nos estudos de ARSH, a amostragem de água para consumo humano é realizada em áreas com suspeita de contaminação, principalmente nas áreas urbanas, visando avaliar a possibilidade de contaminação da rede de abastecimento pelos efeitos de “pane seca”. Em outras ocasiões, a coleta ocorre também em áreas suspeitas de contaminação onde a água para consumo humano seja de captação subterrânea.

Nas localidades de Mariana, em função dos resultados do monitoramento realizado pela Fundação Renova, inicialmente, a equipe de ARSH não previa realizar a amostragem da água para consumo humano. No entanto, em vista das preocupações apontadas pela comunidade, a equipe decidiu por realizá-la.

Na perspectiva de pior cenário, buscou-se a coleta da água para consumo humano em localidades onde a (precária) rede de distribuição encontrava-se soterrada pela lama de rejeitos. Desta forma, foram amostradas água para consumo humano provenientes tanto dos sistemas públicos de abastecimento como das captações subterrâneas.

- **Alimentos (frutas e tubérculos)**

Numa perspectiva de pior cenário, buscou-se a coleta de amostras de alimentos (principalmente frutas e tubérculos) somente em áreas onde se constatou a presença da lama de rejeitos formando o “novo solo”.

- **Leite e ovos de galinha**

Numa perspectiva de pior cenário, coletou-se amostras de leite de vaca em áreas onde o animal pastava em locais atingidos pela lama e ovos de galinha, onde os animais ciscavam preferencialmente em áreas com solo superficial sob influência direta ou

indireta da deposição de material particulado suspenso (poeira) procedente de solo superficial suspeito de contaminação.

- **Poeira domiciliar**

A coleta de amostras de poeira domiciliar tornou-se uma prática usual nos estudos de ARSH, em áreas suspeitas de contaminação, principalmente onde predominam as vias públicas de solo batido.

Na lógica de pior cenário, coletou-se amostras da poeira nas residências sob impacto direto do “novo solo” representado pela deposição (e posterior secagem favorecendo a emissão como particulado suspenso pelos ventos) da lama de rejeitos. A emissão da poeira proveniente da lama de rejeitos foi incrementada pela movimentação do transporte dessa lama nas intervenções remediadoras da Fundação Renova.

Definição dos Métodos Analíticos

De acordo com o plano de amostragem (anexos 04 e 05), foram seguidos os procedimentos operacionais padrão (POP) de rotina para coleta e envio das amostras para análise.

Os métodos analíticos selecionados tiveram como premissas:

a) serem normas estabelecidas nacional e/ou internacionalmente; e

b) apresentarem limites de quantificação abaixo dos valores de referência definidos pela equipe de ARSH.

Os métodos analíticos utilizados, bem como seus respectivos limites de quantificação são apresentados de forma específica para cada compartimento ambiental e para cada contaminante analisado nos respectivos laudos analíticos (Anexo 06 Laudos Analíticos Mariana e Anexo 7: Laudos Analíticos Barra Longa).

Definição dos valores de referência

A equipe da Ambios utilizou os seguintes valores de referência para todas fases dos estudos de ARSH em localidades atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão:

Águas para consumo humano e água superficial

- ✓ Padrão de potabilidade da [Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde](#)

Alimentos

- ✓ ANVISA - [RDC Nº 42/2013](#) e FAO - [CODEX ALIMENTARIUM](#)

Sedimentos

- ✓ Resolução [CONAMA No 454/2012](#)

Solo

- ✓ Resolução [CONAMA No 420/2009](#) – Valor de Prevenção de acordo com seu Artigo 3, Parágrafo III.

Poeira Domiciliar

- ✓ Resolução [CONAMA No 420/2009](#) – Valor de Prevenção de acordo com seu Artigo 3, Parágrafo III.

Condicionantes para a realização da ARSH: Localidades dos municípios atingidos de Mariana e Barra Longa

A avaliação dos dados obtidos nas etapas de planejamento para a realização da amostragem ambiental nas localidades de Mariana e Barra Longa permitem à equipe de ARSH da Ambios a avaliação sobre as diferenças marcantes entre as localidades dos dois municípios mineiros, tanto nas características ambientais, como nos impactos gerados pela lama de rejeitos e sua potencial geração de rotas de exposição humana aos possíveis contaminantes.

As diferenças são acentuadas mesmo em localidades do mesmo município, impondo uma avaliação de risco diferenciada para cada localidade, em cada um dos municípios. Os condicionantes locais específicos encontrados, na realidade, são como se impusessem a realização de vários estudos de ARSH.

Isto poderia indicar que, numa visão momentânea e de curto prazo, os contaminantes de interesse e as correspondentes rotas de exposição encontradas em cada localidade, somente seriam válidas (com as conseqüentes recomendações de saúde pública) para aquela localidade. Assim, em uma perspectiva de médio e longo prazo e considerando que:

- ✓ Os complexos mecanismos de transporte dos contaminantes, diferenciados em cada localidade, mas com efeitos em médio e longo prazo ao longo de toda a bacia hidrográfica atingida pela lama de rejeito;
- ✓ A grande massa de rejeito da mineração depositada nas drenagens, suas margens e áreas de várzea, que atuam de forma perene, até sua completa remoção, como fonte de emissão secundária dos contaminantes;
- ✓ Que após a emissão para o ambiente os contaminantes metálicos permanecem no local, por sua característica de persistência;

Esses contaminantes poderão, local e ocasionalmente, passar por processos de enriquecimento, mobilização e biodisponibilização originando rotas de exposição humana.

Diante disso, cabe ressaltar, que a hipótese de “inércia” ambiental da lama de rejeito e dos contaminantes nela contidos não é compartilhada pela equipe de ARSH da Ambios, conforme já explicitado no item “Considerações iniciais”.

Assim, levando em consideração o acima exposto, restam as seguintes questões:

- *Qual a quantidade de metais pesados contida na lama de rejeito?*
- *Quando esses metais tóxicos serão remobilizados e biodisponibilizados para os compartimentos ambientais, gerando rotas de exposição humana?*
- *Sob que circunstâncias esses metais tóxicos serão remobilizados e biodisponibilizados para os compartimentos ambientais, gerando rotas de exposição humana?*
- *Com qual dimensão esses metais tóxicos serão remobilizados e biodisponibilizados para os compartimentos ambientais, gerando rotas de exposição humana?*
- *Quais são os compartimentos ambientais já impactados e quais poderão sê-lo no futuro?*

Na presente ARSH, apenas parte dessas questões poderão ser respondidas. Assim sendo, e pelo período de tempo que perdurar os efeitos contaminantes da lama de rejeito, será necessário o monitoramento constante dos compartimentos ambientais afetados.

Na realização da ARSH nas localidades nos municípios de Mariana e Barra Longa foram considerados os seguintes aspectos:

 **Qualidade e adequação à metodologia ARSH dos dados ambientais existentes**

Conforme previamente exposto, a atividade inicial da equipe de ARSH da Ambios, foi a de organizar, avaliar e validar as informações e dados de todos os estudos disponibilizados pela Fundação Renova de produção própria ou produzidos pela Samarco, pela Vale ou por terceiros, contratados por essas entidades. Além disso, foram revistos os informes disponíveis do Setor Saúde, estudos e relatos de outras fontes (ONGs, academia e mídia), bem como os relatos sobre casos semelhantes envolvendo a emissão de contaminantes metálicos pelas atividades de mineração.

Há de se ressaltar, que esta avaliação inicial cobriu os dados dos estudos sobre os ambientes atingidos desde o local do rompimento da barragem de rejeitos em Bento Rodrigues, até a foz do rio Doce em Linhares/ES, e áreas da costa do Espírito Santo.

Pela estratégia metodológica selecionada, a seguir apresentada e justificada, não foram considerados os dados dos estudos produzidos no ambiente marinho da costa capixaba.

Para o processo de determinação dos contaminantes de interesse, a equipe de ARSH avaliou dados levantados pela própria equipe, dados fornecidos pelo Setor Saúde das três esferas de gestão do SUS e os dados ambientais disponibilizados pela Fundação Renova. O conteúdo integral da avaliação desses dados foi apresentado no Capítulo I – Avaliação dos dados existentes deste Relatório.

Nesta avaliação, a equipe de ARSH da Ambios constatou lacunas nos dados disponibilizados pela Fundação Renova em relação a alguns dos compartimentos ambientais de interesse, pela possibilidade de representarem potenciais rotas de exposição humana aos contaminantes metálicos da lama de rejeitos. Outros compartimentos, onde a experiência da equipe não indicava a possibilidade de rotas de

exposição humana, mas onde havia a preocupação externada pela população, foram considerados necessários na investigação.

Acerca das lacunas mencionadas acima, pode-se mencionar que nos materiais disponibilizados pela Fundação Renova, não haviam dados sobre a contaminação dos alimentos (frutas, legumes, leite bovino, ovo de galinha e, principalmente, tubérculos). Ainda, apesar da existência de informações sobre a qualidade da água para consumo humano, mas em função da manifestação de preocupação da população, ou com a falta de divulgação dos resultados de suas coletas, ou com a preocupação dos dados apresentados pela Fundação Renova, a equipe decidiu coletar e analisar amostras de água, em busca de respostas para a população.

Por outro lado, dados existentes sobre outros compartimentos ambientais (solo, água superficial, sedimentos) não atendiam aos requisitos da metodologia de ARSH empregada (localização, procedimentos de coleta, dentre outros).

Desta forma, todas as informações ambientais utilizadas na definição de contaminantes de interesse nas localidades de Mariana/MG e Barra Longa foram produzidas pela equipe de ARSH da Ambios.

Prazo (urgência)

A maioria dos estudos de ARSH já realizados pela equipe da Ambios tratava-se de “passivos ambientais” com histórico de décadas e farta documentação sobre muitos aspectos. Conforme previamente assinalado, nesses estudos, relativamente menos urgentes quanto aos resultados para as ações de acompanhamento de saúde das populações potencialmente expostas, tiveram prazo de cerca de 12 meses para sua realização (ver “Considerações iniciais”).

No caso dos impactos gerados pelo rompimento da barragem da Samarco em Mariana, cuja lama de rejeitos percorreu mais de 500 km atingindo localidades em dezenas de municípios e com influências sobre centenas de comunidades de características diversas, a urgência nas respostas para as ações de saúde de acompanhamento às populações expostas passou a ser fundamental.

Além disso, os estudos de ARSH somente foram iniciados decorridos quase 3 anos do evento emissor e agravando a urgência quanto aos resultados para a realização de acompanhamento de saúde dessas comunidades.

Observando todas as possibilidades para a realização dos estudos, desde que preservados seus objetivos centrais, quais sejam, fundamentar as ações de saúde para acompanhamento das populações potencialmente expostas aos contaminantes, a equipe de ARSH da Ambios elaborou uma estratégia para a realização dos estudos em 3 fases com duração de 8 meses para cada fase. A estratégia proposta para a realização dos estudos enfatizou as populações mais diretamente atingidas pela lama de rejeitos e seus contaminantes metálicos.

Há de se ressaltar, neste contexto que, de forma amostral, cada fase proposta pela equipe de ARSH da Ambios é composta por 3 municípios com várias localidades, de 5 a 8 em cada município, com características diversas em quase todos seus aspectos (ambientais e de saúde). O condicionante prazo de realização dos estudos tornou-se a questão fundamental a ser considerada na estratégia para a realização dos estudos.

Desta forma, procurando alcançar resultados no menor espaço de tempo possível, a equipe propôs a realização dos estudos numa estratégia de pior cenário, aceita pelo contratante (Fundação Renova) e com aval da CT-Saúde (Câmara Técnica de Saúde) e do CIF (Comitê Interfederativo), formados para acompanhar as ações de recuperação do desastre. A realização dos estudos numa estratégia de pior cenário afeta também o processo de definição dos “contaminantes de interesse” como será relatado adiante.

Condicionantes ambientais

A preocupação central da amostragem ambiental nos estudos de ARSH recai sobre os compartimentos ambientais que possam representar rotas de exposição humana.

Além dos impactos diretos sobre o curso natural dos componentes da bacia hidrográfica do Rio Doce, a inundação das margens e áreas de várzea desses corpos hídricos resultou na deposição de grandes quantidades de resíduos nas margens e áreas de várzea, alterando totalmente o ambiente físico dessas áreas.

O percurso da principal drenagem impactada pela lama de rejeitos, o rio Gualaxo do Norte, é caracterizado por sinuosidade e muitos meandros. Alternando áreas de estreitamento do curso, com grande velocidade de fluxo, com áreas de alargamento com fluxo mais lento e áreas de várzea mais acentuadas. A visita prévia às áreas após

um pré-planejamento foi uma atividade fundamental na definição dos pontos de amostragem.

O material mais fino, componente da lama de rejeito vai se depositar em áreas de menor velocidade de fluxo do rio e, após a enxurrada de lama, se espriar além das margens e várzeas do rio, formando no “novo solo” nas margens e o “novo sedimento” ao longo das drenagens afetadas. Este material mais fino, com participação de óxido de ferro e manganês hidratados, amorfo, é também um forte hospedeiro de metais traço, muitos deles metais pesados de alta toxicidade.

A presença de metais pesados tóxicos, como o cádmio, e seu enriquecimento nessas frações mais finas dos sedimentos já tem sido relatada nos estudos realizados ou contratados pela Fundação Renova que foram disponibilizados.

Assim, por exemplo, dados de estudos sobre os sedimentos (GOLDER, 2017c) indicam que após a avalanche da lama de rejeitos o contaminante cádmio apresentou picos de alteração de maior magnitude onde as concentrações chegam a atingir valores até cerca de uma ordem de grandeza mais elevados que os máximos históricos e/ou o nível regulatório. Desta forma, o cádmio nos sedimentos coletados em Barra Longa estaria incluído entre os parâmetros que apresentaram picos de concentração após a chegada da pluma de rejeitos (Momento T1) ou durante o pulso de precipitação da estação chuvosa de 2015/2016. Assim, em março de 2017 foi registrada uma concentração máxima de cádmio de 1,199 mg/kg.

Segundo o Relatório citado (GOLDER, 2017c), em momentos posteriores (T3 e T4), o cádmio não voltaria a apresentar pulso de elevação consistente e tenderia a apresentar concentrações mais baixas e a permanecer dentro da faixa de variação anterior ao evento. O mesmo padrão foi observado para os parâmetros arsênio, cromo, chumbo, níquel, zinco, ferro e manganês total sendo que, para o cromo, alcançou uma concentração máxima de 78,5 mg/kg em novembro de 2015.

No entanto, conforme já assinalado, mesmo quando momentaneamente imobilizado nos sedimentos, os contaminantes podem ser remobilizados em diversos eventos, como nas cheias e enxurradas, sendo biodisponibilizados para a cadeia trófica aquática, inclusive peixes e outros organismos aquáticos comestíveis, podendo gerar rota de exposição humana pelo consumo.

Há de se considerar, neste contexto, que os estudos até o momento realizados não contemplam a atividade microbiana no solo e nos sedimentos, reconhecida como importante fator de mobilização e biodisponibilização dos contaminantes.

A gradação granulométrica do material mais leve, depositado além do leito natural desses rios, após secagem, gerou uma importante fonte secundária de emissão de particulado fino (poeira) iniciando, possivelmente, um processo de contaminação de outros compartimentos ambientais. Assim, por exemplo, deve-se considerar a alteração do solo superficial pela deposição desse particulado fino, originando dúvidas sobre a inocuidade de áreas de produção de alimentos.

Nas áreas urbanas e pequenas localidades, principalmente nas proximidades de locais com maior mobilização de poeira, é provável a ocorrência de novas fontes secundárias de emissão, seja pela emissão dos resíduos ressecados seja pelo transporte dos resíduos para outras disposições finais. Nelas se incluem, por exemplo, a água de abastecimento público que, dependendo das condições de armazenamento residencial, pode ter sofrido contaminação atmosférica ou contaminação por sua tubulação soterrada pela lama de rejeito.

Também deve ser considerada a possibilidade da percolação das áreas de deposição dos resíduos pelas águas das chuvas gerando, a depender do perfil litológico dos solos, a contaminação dos aquíferos cuja captação se destina ao consumo humano, irrigação ou consumo dos animais.

Por outro lado, apesar de inicialmente programada, a coleta de organismos aquáticos foi descartada nos dois municípios. Em Mariana, as informações indicaram que após o desastre houve uma eliminação total momentânea da vida aquática, inclusive dos peixes e outros organismos aquáticos comestíveis nesses corpos hídricos. Além disso, em levantamento preliminar dos hábitos alimentares da população de Mariana não há relatos de consumo frequente de pescados oriundos dos rios da região após o rompimento da barragem da Samarco.

LOCALIDADES AVALIADAS DURANTE OS ESTUDOS DE ARSH**Localidades no município de Mariana**

Os pontos de amostragem estavam inseridos nos Distritos de Bento Rodrigues, Camargos, Ponte do Gama, Paracatu de Baixo, Paracatu de Cima, Pedras, Borba e Campinas. Estes Distritos/subdistritos estão localizados ao longo do Rio Gualaxo do Norte e foram atingidos pelo desastre da Samarco de forma direta ou indireta pelo refluxo dos afluentes. Em linha reta, seriam pouco mais de 20 quilômetros separando as localidades mais distantes na área avaliada. No entanto, as características do percurso das drenagens, e as dificuldades de acesso em muitos pontos, fez com que a amostragem ambiental, desde seu planejamento até sua realização, representasse dificuldades a serem consideradas.

Localidades no município de Barra Longa

Os pontos de amostragem no município de Barra Longa abrangeram as localidades de Barretos, Mandioca, Gesteira, Volta da Capela e Centro, localizados ao longo dos Rios Gualaxo do Norte e Rio do Carmo.

Esse município apresentou duas áreas com características marcadamente distintas, sendo uma predominantemente urbana e outra rural, dispersa ao longo da drenagem dos rios Gualaxo do Norte e Carmo.

As áreas foram visitadas entre os dias 26 e 28 de setembro, com o objetivo de observação e análise dos melhores locais de amostragem de cada um dos compartimentos ambientais previstos inicialmente: solo superficial, sedimentos, água superficial, água subterrânea, água de sistema de abastecimento (SAA e SAC), poeira e alimentos.

Vale ressaltar que, que seja pelas interferências da Fundação Renova nas margens através do controle dos processos erosivos e a recuperação de calhas e margens, ou seja pela remoção de grande quantidade da lama de rejeitos, ou ainda pela velocidade de fluxo das águas em leito rochoso e pouco tortuoso, todos esses fatores resultam em

ambientes muito distintos daqueles observados nas localidades do município de Mariana.

Afora suas características hidrogeológicas, principalmente no rio Gualaxo do Norte, encaixado e com grande velocidade de fluxos de suas águas, poucos pontos de amostragem apresentavam condições mais adequadas para a coleta de sedimentos e água superficial nas áreas da sede de Barra Longa e nas suas imediações, tanto a montante quanto a jusante. Por isso, os pontos inicialmente previstos no planejamento para a coleta de água superficial e de sedimentos foram realocados. Sob esta constatação, ressalta-se os dois momentos desse processo, ou seja, situação anterior e posterior aos procedimentos de remediação e limpeza.

No momento anterior à remediação e limpeza em Barra Longa, além da própria presença dos rejeitos, houve uma geração contínua de material particulado fino no ambiente aquático, gerando turbidez e transformação na composição e forma dos sedimentos.

A cidade de Barra Longa, na sua área urbana, sede do município, foi atingida diretamente pela lama de rejeitos tendo uma área considerável da sede submersa pela lama. Coordenados pela Fundação Renova, boa parte dos resíduos dispostos na área urbana foram removidos e diversos outros procedimentos de remediação e limpeza das vias públicas, residências e logradouros atingidos foram realizados. As atividades de remoção e transporte da lama de rejeito aumentou drasticamente a geração de poeira em todas as áreas onde foram realizadas.

Dessa forma, o objeto da amostragem ambiental no município de Barra Longa concentrou-se na área urbana e de algumas localidades como Barreto, Mandioca, Gesteira e Volta da Capela, que concentram a maior parte da população atingida desse município.

DETERMINAÇÃO DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE**Mariana**

A determinação dos contaminantes de interesse é realizada pela comparação dos dados analíticos obtidos nas amostras ambientais, com os valores de referência utilizados para cada compartimento ambiental.

As tabelas a seguir apresentam os dados analíticos e os valores de referência utilizados para cada compartimento ambiental avaliado. Os limites de quantificação dos métodos analíticos e outras informações sobre os procedimentos analíticos estão apresentados nos respectivos laudos laboratoriais (anexo 06, laudos Mariana).

Dessa forma, com base nos valores de referência utilizados, pode-se concluir que:

- Não foram encontrados contaminantes de interesse nas amostras de frutas (Tabela 2)
- Não foram encontrados contaminantes de interesse nas amostras de tubérculos/raízes (Tabela 3)
- Não foram encontrados contaminantes de interesse nas amostras de leite de vaca (Tabela 4).
- Não foram encontrados contaminantes de interesse nas amostras de ovo de galinha (Tabela 5).

Frutas

Tabela 2: Resultados analíticos das amostras de frutas coletadas nos distritos de Mariana-MG.

Frutas

Local	Tipo	Matriz	Nº	ID	Horário	Data	Coordenadas		Resultados em mg.kg ⁻¹										
							LAT	LONG	Fe	Mn	Pb	Cd	As	Hg	Cu	Ni	Zn	Sb	
Limite de quantificação								5,0	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,50	
Bento Rodrigues	Fruta	Cana	1	21713	12:08	28/08/2018	20148834	432511288	8,82	16,84	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,630	<0,50	4,20	<0,50	
Ponte do Gama	Fruta	Cana	2	21714	11:35	29/08/2018	201629956	431756743	11,80	5,17	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,260	<0,50	1,82	<0,50	
Ponte do Gama	Fruta	Laranja	3	21715	11:50	29/08/2018	201630195	431756776	5,23	<0,50	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,342	<0,50	<0,50	<0,50	
Paracatu de Cima	Fruta	Banana	4	21716	11:50	30/08/2018	20184394	43153295	6,76	11,95	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	1,381	<0,50	2,49	<0,50	
Paracatu de Cima	Fruta	Cana	5	21717	14:40	30/08/2018	201722452	431554635	7,58	3,94	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,251	<0,50	<0,50	<0,50	
Paracatu de Baixo	Fruta	Cana	6	21718	16:50	30/08/2018	201757807	431237486	9,51	43,08	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,358	<0,50	2,55	<0,50	
Paracatu de Baixo	Fruta	Cana	7	21719	12:10	30/08/2018	201810936	43141096	6,42	13,35	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,165	<0,50	0,59	<0,50	
Paracatu de Baixo	Fruta	Cana	8	21720	13:00	31/08/2018	201812613	431439964	6,54	22,14	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,243	<0,50	0,51	<0,50	
Pedras	Fruta	Cana	9	21721	15:00	31/08/2018	201754829	431153046	9,76	26,36	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,677	<0,50	3,29	<0,50	
Valores de referência1 (mg.kg-1)								N/A	N/A	0,1	0,05	0,3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Valores de referência2 (mg.kg-1)								N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

1 ANVISA RDC 42;
2 Codex alimentarius

N/A: sem valor de referência determinado pelas fontes avaliadas

Tubérculos/ Raízes

Tabela 3: Resultados analíticos das amostras de tubérculos coletadas nos distritos de Mariana-MG

Tubérculos/raízes																		
Local	Matriz	Nº	ID	Horário	Data	Coordenadas		Resultados em mg.kg ⁻¹										
						LAT	LONG	Fe	Mn	Pb	Cd	As	Hg	Cu	Ni	Zn	Sb	
Limite de Quantificação								5,0	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,50	
Bento Rodrigues	Inhame	1	21723	12:08	28/08/2018	20149908	43258501	16,94	14,75	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	3,136	<0,50	2,94	<0,50	
Ponte do Gama	Inhame	2	21724	11:35	29/08/2018	201631336	431759546	16,55	60,02	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	2,326	<0,50	13,19	<0,50	
Ponte do Gama	Mandioca	3	21725	12:00	29/08/2018	201630132	431756446	6,47	16,58	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,497	0,63	3,16	<0,50	
Paracatu de Cima	Mandioca	4	21726	15:00	30/08/2018	20183382	43151961	5,60	5,88	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	1,158	<0,50	2,91	<0,50	
Paracatu de Cima	Mandioca	5	21727	14:40	30/08/2018	201722452	431554635	<5,00	3,62	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,592	<0,50	2,14	<0,50	
Paracatu de Baixo	Inhame	6	21728	13:00	30/08/2018	201755014	431241624	24,56	41,45	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	1,170	<0,50	14,83	<0,50	
Paracatu de Baixo	Mandioca	7	21729	12:00	30/08/2018	201810936	43141096	26,89	22,26	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,433	<0,50	4,40	<0,50	
Campinas	Inhame	8	21730	08:00	31/08/2018	201623122	43105725	7,70	3,96	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	1,272	<0,50	6,01	<0,50	
Paracatu de Baixo	Mandioca	9	21731	09:15	31/08/2018	201811948	431437877	5,08	4,69	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,864	<0,50	3,03	<0,50	
Borba	Mandioca	10	21732	15:00	01/09/2018	20187634	43123749	<5,00	5,81	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,688	<0,50	4,36	<0,50	
Valores de referência ¹ (mg.kg ⁻¹)								N/A	N/A	0,1	0,1	0,2	N/A	N/A	N/A	N/A	n/A	
Valores de referência ² (mg.kg ⁻¹)								N/A	N/A	N/A	0,1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

N/A: sem valor de referência determinado pelas fontes avaliadas

1 RDC Anvisa; 2 Codex alimentarius

Leite de vaca

Tabela 4: Resultados analíticos das amostras de leite de vaca coletadas nos distritos de Mariana-MG

Leite

Local	Tipo	Nº	ID	Horário	Data	Coordenadas		Resultados em mg.-kg-1										
						Lat.	Long.	Fe	Mn	Pb	Cd	As	Hg	Cu	Ni	Zn	Sb	
Limite de quantificação								0,010	0,010	0,010	0,001	0,001	0,0001	0,0001	0,010	0,010	0,50	
Ponte do Gama	Leite	1	21733	14:50	29/08/2018	201602312	431711071	<5,00	<0,50	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,255	<0,50	7,33	<0,50	
Paracatu de Cima	Leite	2	21734	09:00	30/08/2018	201721895	431554072	<5,00	<0,50	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,287	<0,50	2,30	<0,50	
Paracatu de Baixo	Leite	3	21735	09:30	30/08/2018	201755014	431241624	<5,00	<0,50	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,853	<0,50	3,71	<0,50	
Pedras	Leite	4	21736	16:00	31/09/2018	201754829	431153046	<5,00	<0,50	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,50	4,23	<0,50	
Borba	Leite	5	21737	16:30	31/09/2018	201811948	431437877	<5,00	<0,50	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,222	<0,50	2,96	<0,50	
Campinas	Leite	6	21740	16:00	01/09/2018	201623122	431037251	<5,00	<0,50	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,298	<0,50	5,79	<0,50	
Valores de referência ¹ (mg.kg-1)								N/A	N/A	0,02	0,05	0,05	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Valores de referência ² (mg.kg-1)								N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

1 RDC Anvisa; 2 Codex alimentarius

N/A: sem valor de referência determinado pelas fontes avaliadas

Ovo de galinha

Tabela 5: Resultados analíticos das amostras de ovo de galinha coletadas nos distritos de Mariana-MG

OVO de galinha

Local	Tipo da Amostra	Nº	ID	Horário	Data	Coordenadas		Resultados em mg.kg-1									
						Latitude	Longitude	Fe	Mn	Pb	Cd	As	Hg	Cu	Ni	Zn	Sb
Limite de quantificação								0,010	0,010	0,010	0,001	0,001	0,0001	0,0001	0,010	0,010	0,50
Ponte do Gama	Ovo	1	21742	12:00	29/08/2018	201631336	431759546	35,58	<0,50	<0,50	<0,050	<0,0010	<0,050	0,992	<0,50	18,83	<0,50
Ponte do Gama	Ovo	2	21743	15:27	29/08/2018	20160231	43171107	44,46	<0,50	<0,50	<0,050	<0,0010	<0,050	1,393	<0,50	26,69	<0,50
Paracatu de Baixo	Ovo	3	21744	14:40	30/08/2018	201759139	43123843	54,83	0,96	<0,50	<0,050	<0,0010	<0,050	1,515	<0,50	25,62	<0,50
Paracatu de Baixo	Ovo	4	21745	14:50	30/08/2018	201812877	43142947	36,88	0,65	<0,50	<0,050	<0,0010	<0,050	0,973	<0,50	20,37	<0,50
Paracatu de Baixo	Ovo	5	21746	09:00	31/08/2018	201824978	431350859	65,68	1,15	<0,50	<0,050	<0,0010	<0,050	2,036	<0,50	37,06	<0,50
Paracatu de Baixo	Ovo	6	21738	09:30	31/08/2018	201810837	431438673	34,21	<0,50	<0,50	<0,050	<0,0010	<0,050	0,677	<0,50	17,53	<0,50
Pedras	Ovo	7	21739	14:00	31/08/2018	201724544	431138648	47,15	0,59	<0,50	<0,050	<0,0010	<0,050	1,319	<0,50	21,89	<0,50
Valores de referência ¹ (mg.kg-1)								N/A	N/A	0,1	N/A	0,5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Referências ¹ RDC nº 42 de 29 de agosto de 2013

OBS1 codex: Iron has been evaluated by JECFA in 1983. The PMTDI is established to 0.8 mg/kg bw as a precaution against storage in the body of excessive iron. (Hydrated) iron oxides have been evaluated by JECFA in 1974, 1978 and 1979 (based on their use as colouring agents). An ADI of 0.5 mg/kg bw was established for these iron forms.

N/A: sem valor de referência determinado pelas fontes avaliadas

Os resultados analíticos assinalaram que nas amostras de água de abastecimento público e superficial os metais **ferro e manganês** foram determinados como contaminantes de interesse por apresentarem concentrações acima dos valores de referência. Já para as amostras de água subterrânea o ferro foi determinado como contaminante de interesse (Tabela 6).

Com base nos valores de referência utilizados (1,3 mg/Kg), nas amostras de **solo** superficial (Tabela 7), o **cádmio**, com concentrações de até 15,87 mg/Kg foi determinado como contaminante de interesse.

Com base nos valores de referência utilizados, nos resultados analíticos das amostras de sedimentos (Tabela 8), o **cádmio** (4,91 mg/Kg) superou o valor de referência utilizado (1,3 mg/Kg); o **níquel**, com concentrações de até 21,93 mg/Kg, superou o valor de referência utilizado (18,0 mg/Kg) e foram classificados como contaminantes de interesse.

Com base nos valores de referência utilizados, nas amostras de poeira domiciliar (Tabela 9), os metais **cádmio**, com concentrações de até 14,32 mg/Kg (Valor de Referência 1,3 mg/Kg); o **chumbo**, com concentrações de até 138,80 mg/Kg (Valor de Referência 72,0 mg/Kg); o **cobre** com concentrações de até 358,70 mg/Kg (Valor de Referência 60 mg/Kg); e o **zinco** com concentrações de até 1.410,00 mg/Kg (Valor de Referência 300,00 mg/Kg), superaram em mais de 4 vezes os respectivos valores de referência e foram determinados como contaminantes de interesse.

Água

Tabela 6: Resultados analíticos das amostras de água coletadas nos distritos de Mariana-MG

Local	Tipo da Amostra	nº	ID	Horário	Data	Coordenadas		Resultados em mg.kg-1									
						LAT	LONG	Sb	As	Cd	Pb	Cu	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
						Limite de quantificação						0,0040	0,00600	0,0005	0,0020	0,002	0,010	0,005	0,0002	0,005000	0,010
Paracatu de Cima	Água de SAA	26	46299	10:12	03/09/2018	20184583	43153379	< 0,004	< 0,006	0,0013	0,0039	0,004	0,066	0,014	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Ponte do Gama	Água de SAA	28	46301	13:07	03/09/2018	20161453	4317451	< 0,004	< 0,006	0,0018	0,0047	< 0,002	1,067	0,178	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Ponte do Gama	Água de Subterrânea	27	46300	12:16	03/09/2018	201630375	43180754	< 0,004	< 0,006	0,0013	0,0051	< 0,002	0,020	< 0,005	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Paracatu de baixo	Água SAA	12	46285	13:00	31/08/2018	201824978	431350859	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,0057	< 0,002	0,514	0,049	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Paracatu de Baixo	Água SAA	13	46286	12:32	31/08/2018	201822177	431347953	< 0,004	< 0,006	0,0009	0,0038	0,019	0,431	0,024	< 0,0002	< 0,005	0,010
Borba	Água SAA	23	46296	16:48	31/08/2018	201813659	43124119	< 0,004	< 0,006	0,0009	0,0045	< 0,002	0,419	0,066	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Ponte do Gama	Água SAC	5	46278	13:55	29/08/2018	201558938	431750983	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,0047	0,002	0,134	0,019	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Paracatu de Baixo	Água SAC	10	46283	10:36	31/08/2018	201812877	43142947	< 0,004	< 0,006	0,0012	0,0041	< 0,002	0,414	0,008	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Pedras	Água SAC	18	46291	15:22	31/08/2018	201724544	431138648	< 0,004	< 0,006	0,0013	0,0036	< 0,002	0,187	< 0,005	< 0,0002	< 0,005	0,072
Pedras	Água SAC	20	46293	17:50	31/08/2018	20214518	43124870	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	< 0,002	0,002	0,217	< 0,005	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Paracatu de baixo	Água SAC	22	46295	15:00	30/08/2018	201810837	431438673	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,0051	< 0,002	0,591	< 0,005	< 0,0002	< 0,005	0,025
Barra Longa	água subterrânea	16	46289	13:00	01/09/2018	201610686	431016352	< 0,004	< 0,006	0,0013	0,0030	0,003	0,119	0,005	< 0,0002	< 0,005	0,017
Pedras	água subterrânea	17	46290	14:00	01/09/2018	201654571	43114062	< 0,004	< 0,006	0,0010	0,0036	0,0036	0,200	0,050	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Pedras	água subterrânea	19	46292	16:45	30/08/2018	20175483	431153045	< 0,004	< 0,006	0,0005	< 0,002	0,005	0,033	0,012	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Borba	água subterrânea	21	46294	14:30	01/09/2018	201759509	431159835	< 0,004	< 0,006	0,0006	0,0035	0,009	0,057	< 0,005	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Borba	água subterrânea	25	46298	14:36	01/09/2018	2018763	43123749	< 0,004	< 0,006	0,0010	0,0041	0,008	0,528	0,045	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Bento Rodrigues	Água superficial	1	46274	12:20	28/08/2018	201349592	43254704	< 0,004	< 0,006	0,0005	< 0,002	< 0,002	0,074	0,029	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Camargos	Água superficial	3	46276	14:50	28/08/2018	201554507	432424658	< 0,004	< 0,006	0,0007	0,0024	0,008	0,572	0,035	< 0,0002	0,0084	< 0,01
Ponte do Gama	Água superficial	4	46277	11:31	29/08/2018	201626876	431745625	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,0069	0,005	0,384	0,21	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Ponte do Gama	Água superficial	6	46279	15:20	29/08/2018	20162381	431810662	< 0,004	< 0,006	0,001	< 0,002	< 0,002	0,231	0,101	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Paracatu de cima	Água superficial	7	46280	11:07	30/08/2018	201810044	431458945	< 0,004	< 0,006	0,0008	0,0023	0,006	0,245	0,09	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Paracatu de cima	Água superficial	8	46281	13:40	30/08/2018	201737081	431511479	< 0,004	< 0,006	0,0005	< 0,002	0,004	0,276	0,079	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Paracatu de baixo	Água superficial	9	46282	16:40	30/08/2018	201758048	431243915	< 0,004	< 0,006	0,0008	0,0027	< 0,002	0,226	0,073	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Paracatu de baixo	Água superficial	11	46284	11:05	30/08/2018	201810971	431356834	< 0,004	< 0,006	0,0007	< 0,002	0,006	0,452	0,799	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Campinas	Água superficial	14	46287	11:56	01/09/2018	201624717	43105688	< 0,004	< 0,006	0,0009	< 0,002	0,002	0,402	0,080	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Borba	Água superficial	15	46288	17:19	31/08/2018	20175358	43115762	< 0,004	< 0,006	0,0011	0,0027	< 0,002	0,404	0,203	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Paracatu de baixo	Água Superficial	Dupl. 1	46282	16:40	30/08/2018	201758048	431243915	< 0,004	< 0,006	0,0008	0,0027	< 0,002	0,226	0,073	< 0,0002	< 0,005	< 0,01

Valores de referência de acordo com a Portaria de potabilidade de água do Ministério da Saúde

0,005 0,01 0,005 0,01 2 0,3 0,1 0,001 0,07 5

Solo Superficial

Tabela 6: Resultados analíticos das amostras de solo coletadas nos distritos de MARIANA-MG

Solo

Local	Amostra	Nº	ID	Horário	Data	Coordenadas		Resultados em mg.kg-1									
						Latitude	Longitude	Sb	As	Cd	Pb	Cu	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
						Limite de quantificação		0,0200	0,0060	0,0010	0,0050	0,002	0,003	0,005	0,0002	0,0050	0,010
Bento Rodrigues	solo	1	46304	10:20	28/08/2018	201410923	432511205	< 0,02	< 0,006	0,0311	0,2503	3,640	952,000	0,292	< 0,0002	0,0096	0,053
Bento Rodrigues	solo	2	46305	11:08	28/08/2018	2014144876	432511882	< 0,02	< 0,006	0,0396	0,1705	2,409	334,000	0,737	< 0,0002	0,0121	0,096
Camargo	solo	3	46306	14:53	28/08/2018	201550393	432520664	0,0678	< 0,006	0,0767	0,4509	3,863	161,200	5,482	< 0,0002	0,8251	4,603
Ponte do gama	solo	4	46307	13:50	29/08/2018	201553452	431749779	0,0413	< 0,006	0,0596	0,2806	3,517	67,760	55,990	< 0,0002	0,7529	4,504
Ponte do gama	solo	5	46308	12:03	03/09/2018	201626025	431755935	< 0,02	< 0,006	9,3160	4,8500	3,970	20750,000	384,600	< 0,0002	3,3360	13,150
Paracatu de cima	solo	6	46309	11:42	30/08/2018	201756969	43151917	0,0225	< 0,006	0,0392	0,2895	6,215	119,900	57,910	< 0,0002	1,7670	9,958
Paracatu de cima	solo	7	46310	13:50	30/08/2018	201741246	431527359	< 0,02	< 0,006	6,1950	5,3620	5,683	17140,000	936,100	< 0,0002	4,1920	10,990
Paracatu de cima	solo	8	46311	14:50	31/08/2018	201722479	431554774	< 0,02	< 0,006	0,0301	0,1157	2,049	110,300	5,286	< 0,0002	0,7208	7,070
Paracatu de baixo	solo	9	46312	11:20	31/08/2018	20185196	4314227	< 0,02	< 0,006	0,1304	1,3650	5,475	614,200	25,060	< 0,0002	0,9469	11,750
Paracatu de baixo	solo	10	46313	11:00	31/08/2018	201810936	43141096	0,0214	< 0,006	12,2800	6,3210	4,754	20350,000	591,700	< 0,0002	4,5980	13,250
Paracatu de baixo	solo	11	46314	12:20	31/08/2018	201822177	431347953	< 0,02	< 0,006	10,5400	5,2200	3,781	19980,000	416,400	< 0,0002	3,4390	3,4390
Paracatu de baixo	solo	12	46315	15:00	30/08/2018	201811613	431439964	0,0214	< 0,006	6,9000	4,6390	4,310	16830,000	444,700	< 0,0002	2,9410	10,480
Borba	solo	13	46316	14:00	01/09/2018	20175959	43123273	0,0274	< 0,006	15,8700	12,6300	8,298	20730,000	1288,000	< 0,0002	5,2250	18,620
Pedras	solo	14	46317	17:30	31/08/2018	201755696	43122639	< 0,02	< 0,006	0,0547	0,3026	3,565	253,600	35,150	< 0,0002	0,5959	4,038
Campinas	solo	15	46318	12:30	01/09/2018	201624148	43945953	< 0,02	< 0,006	0,1146	0,9936	5,033	548,000	30,800	< 0,0002	1,4490	6,662
Valor de Referência CONAMA 420/2009 – Prevenção(mg/kg)								2	15	1,3	72	60	N/A	N/A	0,5	30	300

N/A: sem valor de referência determinado pelas fontes avaliadas

Sedimentos

Tabela 7: Resultados analíticos das amostras de sedimentos coletadas nos distritos de MARIANA-MG

Local	Amostra	Nº	ID	Horário	Data	Coordenadas		Resultados em mg.kg-1									
						Latitude	Longitude	Sb	As	Cd	Pb	Cu	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
								0,0200	0,0060	0,0010	0,0010	0,002	0,003	0,005	0,0002	0,0050	0,010
<i>Bento Rodrigues</i>	sedimento	1	1	12:39	28/08/2018	201349592	43254704	< 0,02	< 0,006	0,0051	0,0954	2,075	2,075	4,309	< 0,0002	0,5011	2,323
<i>Camargo</i>	sedimento	2	2	14:28	28/08/2018	201554128	432423729	0,8250	< 0,006	4,9130	3,0240	5,560	13790,000	191,300	< 0,0002	5,0270	7,279
<i>ponte do gama</i>	sedimento	3	3	11:32	29/08/2018	201626876	431745625	0,4067	< 0,006	2,3780	1,8940	5,488	8822,000	455,100	< 0,0002	2,5700	8,254
<i>ponte do gama</i>	sedimento	4	4	15:20	29/08/2018	20162381	431810662	0,6362	< 0,006	3,6120	2,8750	6,405	11320,000	1021,000	< 0,0002	3,6100	8,646
<i>Paracatu de cima</i>	sedimento	5	5	11:07	30/08/2018	201810044	431458945	< 0,02	< 0,006	0,0391	0,1059	3,829	132,300	143,300	< 0,0002	< 0,0002	4,953
<i>Paracatu de cima</i>	sedimento	6	6	13:40	30/08/2018	201737081	431511479	< 0,02	< 0,006	0,0114	0,0527	2,743	39,090	18,480	< 0,0002	1,3300	5,588
<i>Paracatu de baixo</i>	sedimento	7	7	16:41	31/08/2018	201758048	431243915	0,0858	< 0,006	0,0586	0,1254	2,607	279,800	105,400	< 0,0002	21,6900	4,834
<i>Paracatu de baixo</i>	sedimento	8	8	11:20	31/08/2018	201810971	431456834	0,7518	< 0,006	3,3710	2,6880	6,324	11770,000	837,100	< 0,0002	3,4500	11,000
<i>Borba</i>	sedimento	9	9	17:50	31/08/2018	20175358	43115762	0,0435	< 0,006	0,7338	2,1040	4,438	3564,000	29,270	< 0,0002	1,0380	4,163
<i>Campinas</i>	sedimento	10	10	11:56	01/08/2018	201624717	43105688	< 0,02	< 0,006	0,0199	0,0855	2,803	25,900	3,004	< 0,0002	1,9050	8,923
Valor de Referência CONAMA 454 – (mg/kg)								N/A	5,9	0,6	35	35,7	N/A	N/A	0,17	18	123

N/A: sem valor de referência determinado pelas fontes avaliadas

Poeira domiciliar

Tabela 8: resultados analíticos das amostras de poeira domiciliar coletadas nos distritos de MARIANA-MG

Local	Tipo da Amostra	Nº	ID	Horário	Data	Coordenadas		Poeira									
						Lat.	Long.	Resultados em mg.kg-1									
								Sb	As	Cd	Pb	Cu	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
Limite de quantificação						0,0200	0,0060	0,0010	0,0050	0,002	0,003	0,005	0,0002	0,0050	0,010		
Bento Rodrigues	poeira	1	1	11:08	28/08/2018	20144676	43254793	0,0250	< 0,006	4,9420	15,9500	35,480	18090,000	590,600	< 0,0002	9,7200	114,000
Bento Rodrigues	poeira	2	2	12:05	28/08/2018	20147409	432510431	0,0435	< 0,006	11,0600	16,8800	20,830	19740,000	1307,000	< 0,0002	19,6500	98,220
Bento Rodrigues	poeira	3	3	12:05	28/08/2018	201359795	432511201	0,0378	< 0,006	7,0870	138,8000	25,750	18080,000	886,900	< 0,0002	11,5500	104,400
Camargos	poeira	4	4	14:35	28/08/2018	201556707	432422336	< 0,02	< 0,006	0,2893	0,2509	2,262	123,500	149,900	< 0,0002	2,2330	13,610
Ponte do Gama	poeira	5	5	11:11	29/08/2018	201630047	431756186	0,1320	< 0,006	4,2800	9,0880	7,885	7,885	299,600	< 0,0002	3,6240	27,170
Ponte do Gama	poeira	6	6	13:45	29/08/2018	201558938	431750983	0,4195	< 0,006	1,4590	4,6680	10,430	10880,000	426,200	< 0,0002	3,2660	65,900
Ponte do Gama	poeira	7	7	15:02	29/08/2018	20160454	43171452	0,2058	< 0,006	1,7900	16,8300	72,520	11560,000	434,100	< 0,0002	10,3900	146,600
Ponte do Gama	poeira	8	8	16:00	29/08/2018	201557298	431721385	< 0,02	< 0,006	3,2380	12,6500	56,080	15830,000	479,400	< 0,0002	17,7800	154,500
Paracatu de Cima	poeira	9	9	11:02	30/08/2018	20184795	43153753	< 0,02	< 0,006	5,2160	8,8020	11,740	18520,000	532,600	< 0,0002	5,0670	68,710
Paracatu de Cima	poeira	10	10	12:20	30/08/2018	20173457	43151689	0,4198	< 0,006	0,6629	7,5550	25,300	5882,000	296,800	< 0,0002	1,5000	38,800
Paracatu de Cima	poeira	11	11	14:33	30/08/2018	201721895	431554072	0,1207	< 0,006	2,7980	8,9200	22,730	14630,000	624,300	< 0,0002	5,6560	50,850
Paracatu de Baixo	poeira	12	12	15:00	30/08/2018	201822955	431348543	0,0247	< 0,006	6,3920	32,2500	25,390	19660,000	510,200	< 0,0002	12,8900	116,900
Paracatu de Baixo	poeira	13	13	17:41	30/08/2018	201758781	431239815	< 0,02	< 0,006	0,2667	1,3570	244,100	244,100	285,600	< 0,0002	4,0810	251,800
Paracatu de Baixo	poeira	14	14	11:00	31/08/2018	20186477	43143384	0,0287	< 0,006	7,0610	16,1300	32,690	20790,000	369,200	< 0,0002	13,4600	253,500
Paracatu de Baixo	poeira	15	15	11:20	31/08/2018	201812877	43142947	0,4393	< 0,006	1,1280	7,7980	24,390	8111,000	291,200	< 0,0002	8,6700	220,300
Paracatu de Baixo	poeira	16	16	12:35	31/08/2018	201820917	43135044	< 0,02	< 0,006	0,1744	1,0420	24,540	621,700	492,300	< 0,0002	19,0500	469,100
Paracatu de Baixo	poeira	17	17	12:50	31/08/2018	201818879	43134896	0,9193	< 0,006	3,4520	5,1700	8,502	17010,000	260,400	< 0,0002	3,0480	17,980
Paracatu de Baixo	poeira	18	18	13:00	31/08/2018	201810837	43148674	0,9827	< 0,006	2,8690	2,8690	17,170	15220,000	522,500	< 0,0002	5,2740	72,110
Paracatu de Baixo	poeira	19	19	12:40	31/08/2018	201818879	43134896	0,1457	< 0,006	1,2400	5,3390	17,180	8749,000	530,600	< 0,0002	3,9140	90,100
Campinas	poeira	20	20	12:30	01/09/2018	201626791	4326791	< 0,02	< 0,006	4,5720	11,7500	17,010	18120,000	382,500	< 0,0002	7,1570	58,150
Borba	poeira	21	21	16:40	01/09/2018	201813659	43124119	0,3606	< 0,006	6,4020	18,7300	39,360	10830,000	361,600	< 0,0002	16,5000	104,300
Pedras	poeira	22	22	15:30:00	31/08/2018	201724544	431138648	< 0,02	< 0,006	14,3200	358,7000	332,400	13700,000	383,400	< 0,0002	11,6600	1410,000
Pedras	poeira	23	23	16:00:00	31/08/2018	20175483	43113045	< 0,02	< 0,006	2,7700	29,9600	78,590	14550,000	331,400	< 0,0002	9,4440	291,200
Pedras	poeira	24	24	17:50	31/08/2018	20214518	43124870	0,8479	< 0,006	2,2300	16,9500	39,060	13400,000	148,900	< 0,0002	8,3100	94,000
Borba	poeira	25	25	14:30	01/09/2018	201759509	431159835	0,4785	< 0,006	1,7480	1,2400	28,510	11450,000	844,100	< 0,0002	6,2510	108,200
Valor de Referência CONAMA 420 – Prevenção (mg/kg)								2	15	1,3	72	60	N/A	N/A	0,5	30	300

N/A: sem valor de referência determinado pelas fontes avaliadas

Barra Longa

As tabelas a seguir apresentam os dados analíticos e os valores de referência utilizados para cada compartimento ambiental avaliado. Os limites de quantificação dos métodos analíticos e outras informações sobre os procedimentos analíticos são apresentados nos respectivos laudos laboratoriais (Anexo 07 laudos de Barra Longa).

Dessa forma, com base nos valores de referência utilizados, pode-se concluir que:

- Não foram encontrados contaminantes de interesse nas amostras de frutas (Tabela 09).
- Não foram encontrados contaminantes de interesse nas amostras de tubérculos/raízes (Tabela 10).
- Não foram encontrados contaminantes de interesse nas amostras de leite de vaca (Tabela 11).
- Não foram encontrados contaminantes de interesse nas amostras de ovos de galinha (Tabela 12).

Frutas

Tabela 9: Resultados analíticos das amostras de frutas coletadas nas localidades de BARRA LONGA-MG

Data do início da coleta: 16/10/2018.

Local	Tipo da Amostra	Matriz	Nº	ID	Horário	Data	Coordenadas		Resultados análises laboratoriais (mg.kg ⁻¹)									
							Latitude	Longitude	Fe	Mn	Pb	Cd	Ar	Hg	Cu	Ni	Zn	Sb
Limite de quantificação								5,00	0,50	0,50	0,050	0,050	0,050	0,050	0,50	0,50	0,50	
Gesteira	Fruta	Morango	1	60400	12:32	16/10/2018	2015857	4306595	91,12	6,45	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	3,271	< 0,50	7,02	< 0,50
Mandioca	Fruta	Tomate	2	60401	13:44	16/10/2018	2015771	4308218	17,22	1,99	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,76	< 0,50	2,33	< 0,50
Barretos	Fruta	Cana	3	60402	15:54	16/10/2018	2016549	4310158	11,21	8,43	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,50	1,17	< 0,50
Barretos	Fruta	Jaboticaba	4	60403	16:00	16/10/2018	2016546	4310032	11,17	2,84	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	1,063	< 0,50	2,38	< 0,50
Fazenda Bueno	Fruta	Mamão	5	60404	10:45	17/10/2018	2015258	4259051	11,23	< 0,50	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,172	< 0,50	1,16	< 0,50
Tanques	Fruta	cana	6	60405	14:00	17/10/2018	2015985	4259803	14,75	4,56	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,229	< 0,50	0,71	< 0,50
Volta da Capela	Fruta	Banana	7	60406	10:59	18/10/2018	2017159	4303505	12,8	3,65	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,902	< 0,50	2,25	< 0,50
Volta Grande	Fruta	Tomate	8	60407	11:35	18/10/2018	2016622	4301032	13,87	1,77	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,989	< 0,50	3,55	< 0,50
Valores de referência1 (mg.kg-1)									N/A	N/A	0,1	0,05	0,3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Valores de referência2 (mg.kg-1)									N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

1 RDC 42/2013 Anvisa;
2 Codex alimentarius

N/A: sem valor de referência determinado pelas fontes avaliadas

Tubérculos/raízes

Tabela 10: Resultados analíticos das amostras de tubérculos coletadas nas localidades de Barra Longa-MG

Local	Matriz	Nº	ID	Horário	Data	Coordenadas		Resultados análises laboratoriais (mg.kg-1)										
						Latitude	Longitude	Fe	Mn	Pb	Cd	As	Hg	Cu	Ni	Zn	Sb	
<i>Limite de quantificação</i>								5	0,5	0,5	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,5	0,5	0,5
Gesteira	Inhame	1,5	60453	12:28	16/10/2018	2015857	4306595	55,7	1,5	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,968	< 0,50	2,31	< 0,50	
Mandioca	Inhame	5,01	60454	13:40	16/10/2018	2015771	4308218	43,13	5,01	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	1,044	< 0,50	13,77	< 0,50	
Mandioca	Mandioca	4,84	60455	14:17	16/10/2018	2015719	4305181	51,92	4,84	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,304	< 0,50	4,39	< 0,50	
Barretos	Inhame	2,19	60456	15:54	16/10/2018	2016549	4310058	23,4	2,19	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	2,284	< 0,50	18,47	< 0,50	
Barretos	Mandioca	1,83	60457	16:00	16/10/2018	2016596	4310032	08:52	1,83	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,897	< 0,50	5,53	< 0,50	
Fazenda Bueno	Mandioca	1,01	60458	11:30	17/10/2018	2015184	4259022	14:38	1,01	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,271	< 0,50	4,41	< 0,50	
Tanque	Inhame	28,94	60459	14:57	17/10/2018	2016158	4301079	02:52	28,94	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,46	< 0,50	2,96	< 0,50	
Centro	Mandioca	1,76	60460	14:48	17/10/2018	2016961	4302635	19:12	1,76	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	1,257	< 0,50	5,21	< 0,50	
Nova Barra	Mandioca	4,68	60461	12:20	18/10/2018	2017158	4303081	12:43	4,68	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	1,053	0,92	8,36	< 0,50	
Volta Grande	Inhame	11,32	60462	11:20	18/10/2018	2016622	43301032	02:52	11,32	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,953	< 0,50	24,84	< 0,50	
Nova Barra	Beterraba	2,18	60463	11:00	18/10/2018	2017068	4303011	19:12	2,18	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	1,051	< 0,50	5,24	< 0,50	
Volta da Capela	Mandioca	< 0,50	60464	13:00	18/10/2018	2017160	4303507	< 5,00	< 0,50	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,50	< 0,50	< 0,50	
Volta da Capela	Mandioca	1,08	60465	13:25	18/10/2018	2017159	4303505	07:26	1,08	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,362	< 0,50	3,22	< 0,50	
<i>Valores de referência1 (mg.kg-1)</i>								N/A	N/A	0,1	0,1	0,2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
<i>Valores de referência2 (mg.kg-1)</i>								N/A	N/A	N/A	0,1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Referências

1 RDC nº 42 de 29 de agosto de 2013

2 Codex alimentarius

N/A: sem valor de referência determinado pelas fontes avaliadas

Leite de Vaca

Tabela 11: Resultados analíticos das amostras de leite de vaca coletadas nas localidades de Barra Longa-MG

Data do início da coleta: 16/10/2018.

Local	Tipo da Amostra	Matriz	Nº	ID	Horário	Data	Coordenadas		Resultados análises laboratoriais (mg.kg ⁻¹)									
							Latitude	Longitude	Fe	Mn	Pb	Cd	As	Hg	Cu	Ni	Zn	Sb
Limite de quantificação									5,00	0,50	0,50	0,050	0,050	0,050	0,050	0,50	0,50	0,50
Gesteria	Leite	Leite	1	60478	11:43	16/10/2018	2015655	4307071	6,6	< 0,50	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,093	< 0,50	2,47	< 0,50
Mandioca	Leite	Leite	2	60479	13:40	16/10/2018	2015781	4308218	7,81	< 0,50	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,50	1,75	< 0,50
Barretos	Leite	Leite	3	60480	15:54	16/10/2018	2016549	4310058	8,17	< 0,50	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,50	2,28	< 0,50
Fazenda Bueno	Leite	Leite	4	60481	11:50	17/10/2018	2015184	4259022	7,35	< 0,50	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,50	2,11	< 0,50
São Gonçalo	Leite	Leite	5	60482	10:30	18/10/2018	2016415	4300422	7,4	< 0,50	< 0,50	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,14	< 0,50	3,61	< 0,50
Valores de referência ¹ (mg.kg ⁻¹)									N/A	N/A	0,02	0,05	0,05	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Valores de referência ² (mg.kg ⁻¹)									N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Referências

¹ RDC nº 42 de 29 de agosto de 2013

² Codex alimentarius

N/A: sem valor de referência determinado pelas fontes avaliadas

Ovo de galinha

Tabela 12: Resultados analíticos das amostras de ovo de galinha coletadas nas localidades de BARRA LONGA-MG

Local	Amostra	Matriz	Nº	ID	Horário	Data	Coordenadas		Resultados análises laboratoriais (mg.kg ⁻¹)									
							Latitude	Longitude	Fe	Mn	Pb	Cd	As	Hg	Cu	Ni	Zn	Sb
Limite de quantificação									5,00	0,50	0,50	0,050	0,0010	0,050	0,050	0,50	0,50	0,50
Gesteira	Ovo	Ovo	1	60488	12:00	16/10/2018	2015824	4306599	34,21	0,53	< 0,50	< 0,050	< 0,0010	< 0,050	0,804	< 0,50	19,59	< 0,50
Mandioca	Ovo	Ovo	2	60489	13:40	16/10/2018	2015781	4308218	30,94	0,54	< 0,50	< 0,050	< 0,0010	< 0,050	0,667	< 0,50	15,79	< 0,50
Barretos	Ovo	Ovo	3	60490	16:00	16/10/2018	2016546	4310032	41,75	0,69	< 0,50	< 0,050	< 0,0010	< 0,050	0,889	< 0,50	20,08	< 0,50
Fazenda Bueno	Ovo	Ovo	4	60491	11:50	17/10/2018	2013184	4259022	41,37	0,67	< 0,50	< 0,050	< 0,0010	< 0,050	0,926	< 0,50	19,35	< 0,50
Volta da Capela	Ovo	Ovo	5	60492	10:00	17/10/2018	2017306	4303466	35,61	0,60	< 0,50	< 0,050	< 0,0010	< 0,050	0,793	< 0,50	17,98	< 0,50
Valores de referência ¹ (mg.kg ⁻¹)									N/A	N/A	0,1	N/A	0,5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

N/A: sem valor de referência determinado pelas fontes avaliadas

Os resultados analíticos relativos às amostras de **águas** (Tabela 13) assinalam que os metais **ferro** e **manganês** apresentaram concentrações acima do padrão de potabilidade para as águas superficiais e águas subterrânea.

A Tabela 14 assinala nos seus resultados das amostras de **solo** superficial que o **cádmio** apresentou concentrações de até 22,47 mg/Kg, sendo superior em mais de 17 vezes a referência utilizada (1,3 mg/Kg).

Os resultados analíticos das amostras de **sedimentos** (Tabela 15) indicaram que o **cádmio**, com concentrações de até 16,63 mg/Kg, supera o valor de referência utilizado (0,6 mg/Kg) em mais de 17 vezes; o **cobre**, apresentando concentrações de até 81,68 mg/Kg, superou o valor de referência (60 mg/Kg); o **níquel**, com concentrações de até 142,60 mg/Kg, superou em quase 5 vezes o valor de referência utilizado (30 mg/Kg). O **chumbo** apresentou concentrações elevadas, de até 58,02 mg/Kg, próximo do limite do valor de referência (75 mg/Kg).

Os resultados de amostras de **poeira domiciliar** (Tabela 16) assinalam que, com base nos valores de referência utilizados, o **cádmio**, com concentrações de até 18,38 mg/Kg (Valor de Referência 1,3 mg/Kg); o **cobre**, com concentrações de até 81,68 mg/Kg (Valor de Referência 60 mg/Kg); e **zinco** com concentrações de até 808,80 mg/Kg (Valor de Referência 300,00 mg/Kg), superaram os respectivos os valores de referência e foram determinados como contaminantes de interesse. Observou-se também concentrações elevadas para **chumbo**, de até 58mg/Kg, próximas ao Valor de Referência (72,0 mg/Kg).

ÁGUA

Tabela 13: RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS DE ÁGUA COLETADAS NAS LOCALIDADES DE BARRA LONGA-MG:

Local	TIPO	Matriz	Nº	ID	Horário	Data	Coordenadas		Resultados análises laboratoriais (mg.kg ⁻¹)									
							lat	long	Sb	As	Cd	Pb	Cu	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
Limite de quantificação									0,0040	0,006000	0,0005	0,0020	0,002	0,010	0,005	0,0002	0,005000	0,010
Gesteira	Água Superficial	Agua	1	51118	09:53	16/10/2018	2015483	4307402	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,006	< 0,002	1,353	0,414	< 0,0002	< 0,005	0,051
Gesteira	SAA	Agua	2	51119	10:25	16/10/2018	2015395	4307432	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,0049	< 0,002	0,026	0,013	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Gesteira	SAA	Agua	3	51120	11:30	16/10/2018	2015824	4306599	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	< 0,002	< 0,002	0,025	< 0,005	< 0,0002	< 0,005	1,544
Gesteira	Água Subterrânea	Agua	4	51121	12:00	16/10/2018	2015833	4306614	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,019	0,008	7,768	0,12	< 0,0002	< 0,005	0,095
Mandioca	Água Subterrânea	Agua	5	51122	13:40	16/10/2018	2015771	4308218	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,004	< 0,002	0,024	< 0,005	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Mandioca	Água Superficial	Agua	6	51123	14:00	16/10/2018	2015855	4308181	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,0049	< 0,002	1,174	0,7	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Barretos	Água Superficial	Agua	7	51124	16:43	16/10/2018	2016515	4310084	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,0036	0,002	1,245	1,34	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Barretos	SAC	Agua	8	51125	16:02	16/10/2018	2016549	4310058	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,003	< 0,002	0,359	0,005	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Barretos	SAC	Agua	9	51126	16:00	16/10/2018	2016546	4310032	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,0047	< 0,002	0,163	0,006	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Fazenda Bueno	Água Superficial	Agua	10	51127	10:45	17/10/2018	2015224	4259034	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,0033	< 0,002	1,326	0,105	< 0,0002	< 0,005	0,033
Tanques	SAC	Agua	11	51128	13:37	17/10/2018	2015730	4259838	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,0037	< 0,002	0,121	0,006	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Jurumirim	Água Superficial	Agua	12	51129	14:45	17/10/2018	2016551	4301057	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,0045	< 0,002	0,953	0,509	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Barretos	Água Superficial	Agua	13	51130	09:11	18/10/2018	2016577	4309364	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,0034	< 0,002	0,417	0,311	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
São Gonçalo	Água Subterrânea	Agua	14	51131	09:54	18/10/2018	2016415	4300422	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,0049	< 0,002	0,025	< 0,005	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Volta da Capela	Água Subterrânea	Agua	15	51132	10:10	17/10/2018	2017430	4303272	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,005	< 0,002	0,316	0,015	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Volta Grande	Água Subterrânea	Agua	16	51133	11:39	18/10/2018	2016638	4301022	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,0058	0,002	0,159	< 0,005	< 0,0002	< 0,005	0,011
Centro	SAA	Agua	17	51134	11:00	17/10/2018	2016948	4302452	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,0035	< 0,002	0,025	< 0,005	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Centro	Água Subterrânea	Agua	18	51135	15:00	17/10/2018	2016998	4302670	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	< 0,002	< 0,002	< 0,01	< 0,005	< 0,0002	< 0,005	< 0,01
Centro	Água Subterrânea	Agua	19	51136	16:00	17/10/2018	2016988	4302595	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,004	< 0,002	0,057	< 0,005	< 0,0002	< 0,005	0,035
Centro	SAA	Agua	20	51137	17:00	17/10/2018	2017033	4302474	< 0,004	< 0,006	< 0,0005	0,0046	0,014	0,036	< 0,005	0,0004	< 0,005	< 0,01
Valores de referência de acordo com a Portaria de potabilidade de água do Ministério da Saúde									0,005	0,01	0,005	0,01	2	0,3	0,1	0,001	0,07	5

Solo

Tabela 14: RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NAS LOCALIDADES DE BARRA LONGA-MG:

Data do início da coleta: 16/10/2018

Local	Tipo	Matriz	Nº	ID	Horário	Data	Coordenadas		Resultados análises laboratoriais (mg.kg ⁻¹)									
							Latitude	Longitude	Sb	As	Cd	Pb	Cu	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
Limite de quantificação									0,0200	0,0060	0,0010	0,0050	0,002	0,003	0,005	0,0002	0,0050	0,010
Gesteira	Solo	Solo	1	51179	10:00	16/10/2018	2015511	4307387	< 0,02	< 0,006	15,6200	7,7680	4,289	20750,000	729,400	< 0,0002	7,5700	26,870
Mandioca	Solo	Solo	2	51180	14:16	16/10/2018	2015719	4308181	< 0,02	< 0,006	10,5400	6,2390	2,808	18670,000	352,300	< 0,0002	4,3680	18,350
Mandioca	Solo	Solo	3	51181	14:26	16/10/2018	2015758	4308191	< 0,02	< 0,006	14,4500	7,5050	5,052	19440,000	389,400	< 0,0002	6,0100	22,140
Barretos	Solo	Solo	4	51182	16:00	16/10/2018	2016577	4309364	< 0,02	< 0,006	7,2830	3,3750	1,915	16630,000	270,600	< 0,0002	6,4250	19,120
Fazenda Bueno	Solo	Solo	5	51183	11:10	17/10/2018	2015212	4259090	< 0,02	< 0,006	19,1000	7,8630	2,178	20820,000	410,500	< 0,0002	6,0720	25,250
Tanques	Solo	Solo	6	51184	13:56	17/10/2018	2015812	4259849	< 0,02	< 0,006	< 0,006	5,0380	1,670	18370,000	293,300	< 0,0002	4,0120	17,090
Jurumirim	Solo	Solo	7	51185	15:09	17/10/2018	2016580	4301074	< 0,02	< 0,006	22,4700	8,0050	0,061	21030,000	335,000	< 0,0002	5,8510	23,620
Volta da Capela	Solo	Solo	8	51186	11:43	18/10/2018	2017165	4303535	< 0,02	< 0,006	0,7000	0,4567	1,611	314,400	11,940	< 0,0002	0,9140	4,196
Volta da Capela	Solo	Solo	9	51187	11:01	18/10/2018	2017373	4303353	< 0,02	< 0,006	16,5000	7,3400	2,932	2,932	381,100	< 0,0002	6,2310	21,650
Nova Barra	Solo	Solo	10	51188	12:33	18/10/2018	2017247	4303241	< 0,02	< 0,006	11,0800	8,4640	10,320	18740,000	1003,000	< 0,0002	13,4900	32,350
Centro	Solo	Solo	11	51189	13:30	18/10/2018	2016929	4302581	< 0,02	< 0,006	9,4670	8,4790	7,952	18160,000	146,500	< 0,0002	5,5760	26,900
São Gonçalo	Solo	Solo	12	51190	11:00	18/10/2018	2016176	4259560	< 0,02	< 0,006	3,1830	2,9900	4,325	9854,000	245,600	< 0,0002	3,7420	12,370
<i>Valor de Referência CONAMA 420 – Prevenção (mg/kg)</i>									2	15	1,3	72	60	N/A	N/A	0,5	30	300

N/A: sem valor de referência determinado pelas fontes avaliadas

SEDIMENTO

Tabela 15: RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NAS LOCALIDADES DE BARRA LONGA-MG:

Data do início da coleta: 16/10/2018

Local	Matriz	Nº	Horário	Data	Coordenadas		Resultados análises laboratoriais (mg.kg ⁻¹)									
					LAT	LONG	Sb	As	Cd	Pb	Cu	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
Limite de quantificação							0,0200	0,0060	0,0010	0,0050	0,002	0,003	0,005	0,0002	0,0050	0,010
Gesteria	Sedimento	1	09:53	16/10/2018	2015483	4307402	< 0,02	< 0,006	3,5810	1,8310	1,126	10630,000	203,500	< 0,0002	2,3650	13,980
Mandioca	Sedimento	2	14:00	16/10/2018	2015855	4308181	< 0,02	< 0,006	10,2300	4,4930	1,721	18130,000	560,500	< 0,0002	5,5410	17,210
Barretos	Sedimento	3	15:00	16/10/2018	2016515	4310084	< 0,02	< 0,006	3,1830	1,5240	1,042	10100,000	289,200	< 0,0002	1,7650	10,430
Fazenda Bueno	Sedimento	4	10:45	17/10/2018	2015224	4259034	< 0,02	< 0,006	3,0340	3,9200	5,466	9653,000	245,100	< 0,0002	5,9160	23,550
Tanques	Sedimento	5	14:42	17/10/2018	2016551	4301057	< 0,02	< 0,006	0,0426	0,1651	4,337	66,700	56,600	< 0,0002	5,6980	24,280
Barretos	Sedimento	6	09:13	18/10/2018	2016577	4309364	< 0,02	< 0,006	16,6300	6,1240	0,665	20070,000	501,100	< 0,0002	5,4660	23,310
Valor de Referência CONAMA 454 – (mg/kg)							N/A	5,9	0,6	35	35,7	N/A	N/A	0,17	18	123

N/A: Sem valor de referência

Tabela 16: RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS DE POEIRA COLETADAS NAS LOCALIDADES DE BARRA LONGA-MG:

Local	Matriz	Nº	ID	Horário	Data	Coordenadas		Resultados análises laboratoriais (mg.kg ⁻¹)									
						LAT	LONG	Sb	As	Cd	Pb	Cu	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
Limite de quantificação								0,0200	0,0060	0,0010	0,0050	0,002	0,003	0,005	0,0002	0,0050	0,010
Gesteira	Poeira	1	51139	9:06	16/10/2018	2015646	4307558	<0,02	<0,006	0,8725	<0,005	0,056	1,867	1,391	<0,0002	0,081	0,379
Gesteira	Poeira	2	51140	11:00	16/10/2018	2015439	4307404	<0,02	<0,006	2,754	9,279	20,29	8352	328,2	<0,0002	9,392	180,6
Gesteira	Poeira	3	51141	11:18	16/10/2018	2015444	4307365	<0,02	<0,006	14,56	20,02	24,69	18130	474,9	0,0643	14,64	115,1
Mandioca	Poeira	4	51142	14:08	16/10/2018	2015771	4308218	<0,02	<0,006	8,02	11,61	35,38	16750	577,2	<0,0002	11,05	2139,000
Barretos	Poeira	5	51143	16:00	16/10/2018	2016546	4310032	<0,02	<0,006	5,719	8,623	33,06	12620	646,3	<0,0002	38,03	96,44
Barretos	Poeira	6	51144	16:09	16/10/2018	2016549	4310058	<0,02	<0,006	2,319	4,412	22,74	7793	977	<0,0002	9,861	45,31
Fazenda Bueno	Poeira	7	51145	11:33	17/10/2018	2015184	4259022	<0,02	<0,006	2,956	50,96	13,19	9686	188,3	<0,0002	7,607	189,1
Tanques	Poeira	8	51146	13:07	17/10/2018	2015745	4259826	<0,02	<0,006	3,386	32,08	34,16	9923	348,5	<0,0002	9,39	217,4
Jurumirim	Poeira	9	51147	13:23	17/10/2018	2016630	4302097	<0,02	<0,006	11,53	21,61	32,89	17800	521,2	<0,0002	15,64	110,6
São Gonçalo	Poeira	10	51148	9:54	18/10/2018	2016415	4300422	<0,02	<0,006	8,287	22,52	50,63	16450	454,9	<0,0002	142,6	126,4
Nova Barra	Poeira	11	51149	12:33	18/10/2018	2017068	4303011	<0,02	<0,006	0,9406	0,1807	81,68	2122	157,6	<0,0002	22,54	53,61
Volta da Capela	Poeira	12	51150	10:00	17/10/2018	2017430	4303272	<0,02	<0,006	0,3438	0,1579	2,38	801,9	238,7	0,3734	3,834	101,9
Volta da Capela	Poeira	13	51151	10:10	17/10/2018	2017306	4303466	<0,02	<0,006	131,2	30,68	174	12710	517,3	<0,0002	44,42	1311,000
Volta da Capela	Poeira	14	51152	10:30	17/10/2018	2017287	4303490	<0,02	<0,006	7,322	18,94	54,46	15230	563,5	<0,0002	21,91	192,8
Volta da Capela	Poeira	15	51153	11:00	17/10/2018	2017213	4303531	<0,02	<0,006	0,1977	<0,005	22,23	614,7	226,8	<0,0002	3,103	1260,000
Centro	Poeira	16	51154	11:15	17/10/2018	2016948	4302452	<0,02	<0,006	8,04	19,07	53,19	15520	668,5	<0,0002	14,78	255,1
Centro	Poeira	17	51155	11:27	17/10/2018	2016926	4302453	<0,02	<0,006	18,38	58,02	73,24	18300	1039	<0,0002	26,57	455,5
Centro	Poeira	18	51156	10:31	17/10/2018	2016960	4302453	<0,02	<0,006	4,677	44,9	59,32	11590	417	<0,0002	11,1	808,8
Centro	Poeira	19	51157	10:40	17/10/2018	2017132	4302866	<0,02	<0,006	0,9845	0,8699	30,86	446,3	638,6	<0,0002	12,39	403,9
Centro	Poeira	20	51158	11:00	17/10/2018	2016998	4302670	<0,02	<0,006	6,106	12,1	20,35	12950	471,3	<0,0002	12,82	129,5
Centro	Poeira	21	51159	11:32	17/10/2018	2016998	4302670	<0,02	<0,006	11,8	41,4	62,23	16920	972,1	<0,0002	20,58	305,3
Centro	Poeira	22	51160	16:30	17/10/2018	2016936	4302613	<0,02	<0,006	4,626	14,56	37,18	12490	423,1	<0,0002	11,05	141,8
Centro	Poeira	23	51161	16:00	17/10/2018	2016992	4302629	<0,02	<0,006	10,58	44,5	62,79	16020	728,2	<0,0002	17,68	349,2
Centro	Poeira	24	51162	16:30	17/10/2018	2016899	4302218	<0,02	<0,006	4,589	13,05	33,97	10860	346,5	<0,0002	7,552	457,2
Centro	Poeira	25	51163	16:43	17/10/2018	2013884	4302441	<0,02	<0,006	8,267	20,2	151,7	16350	755,9	0,3849	25,51	2254,000
Valor de Referência CONAMA 420 – Prevenção(mg/kg).								2	15	1,3	72	60	N/A	N/A	0,5	30	300

CONSIDERAÇÕES SOBRE OS CONTAMINANTES DE INTERESSE ENCONTRADOS NAS LOCALIDADES DE MARIANA E BARRA LONGA

Alimentos

Utilizando os valores de referência específicos para cada alimento avaliado, não foram encontradas concentrações superiores a essas referências.

No entanto, outras avaliações sobre a contaminação dos alimentos por metais serão discutidas pela equipe de ARSH na etapa “Rotas de exposição”.

Águas de consumo humano

Utilizando os valores de referência no compartimento água para consumo humano, os contaminantes **ferro** e **manganês** apresentaram concentrações acima dos valores.

As águas amostradas apresentaram concentrações de **ferro** acima do padrão de potabilidade (Portaria de consolidação Nº05/ MS, VMP: 300 µg/L). Nas amostras de água foram detectadas concentração de até 1.067 µg/L (abastecimento público); 528 µg/L (água subterrânea) e 456 µg/L (água superficial).

O padrão de potabilidade para o ferro é determinado por razões organolépticas, ou seja, de aceitabilidade da água devido sua aparência pelo consumidor. A preocupação de saúde é quando o consumidor busque águas de fontes menos confiáveis, devido à não aceitabilidade da água por sua aparência ou sabor, pelo excesso de ferro, principalmente a água do abastecimento público.

O **manganês** foi encontrado em amostras de água superficial em concentrações acima do VMP estabelecido pela Portaria de potabilidade de água/MS (100µg/L), de até 799 µg/L. Similar ao ferro, o estabelecimento do padrão de qualidade para manganês na Portaria de potabilidade de água do MS, se dá por razões organolépticas

A ingestão diária estimada de manganês é de 4,2 mg por pessoa/dia, que ficou próximo dos resultados de outros estudos (4,0 mg/dia). Os cereais são os principais contribuintes (57%) para a ingestão estimada de manganês (LIVSMEDELSVERKET, 2017). Tomando como base uma

concentração média de manganês na água consumida de 10 µg/L e uma suposição de que o adulto médio bebe 2 L de água/dia, pode-se projetar uma ingestão diária de 0,020 mg/dia.

Afora essas avaliações, as maiores concentrações de ferro e manganês, encontradas ambas numa amostra do mesmo sistema de abastecimento público, pode ter como causa uma falha técnica momentânea no tratamento de água da ETA.

Pelas ponderações acima relatadas, os metais ferro e manganês **não serão considerados contaminantes de interesse** para as avaliações posteriores de ARSH para as localidades dos municípios de Mariana e Barra Longa.

Por outro lado, levando-se em consideração a persistência de grandes volumes de lama de rejeitos nas localidades por ela atingidas; como também os mecanismos de transporte e eventos climáticos que possam favorecer o enriquecimento e mobilização dos contaminantes nas fontes de captação de águas para consumo humano, recomenda-se a continuidade do monitoramento.

Solo Superficial

As amostras de solo superficial apresentaram concentrações de cádmio superiores ao valor de referência (1,3 mg/kg) em diversas localidades de Mariana e Barra Longa. Observa-se que as maiores concentrações de cádmio estão correlacionadas com as maiores concentrações de ferro e manganês no “novo solo” formado pela deposição da lama de rejeitos.

Dessa forma, o cádmio será avaliado como contaminante de interesse nas etapas seguintes dos estudos de ARSH.

Sedimentos

O contaminante **cádmio** foi encontrado em concentrações acima dos valores de referência. A adsorção de cádmio por substâncias húmicas e outros agentes orgânicos complexantes desempenha um papel dominante no transporte, particionamento e remobilização de cádmio em ambientes aquáticos. Em períodos chuvosos, com aumento do fluxo e velocidade das águas, quando o sedimento é revolvido, o cádmio adsorvido a

superfícies minerais, como argila ou materiais orgânicos, é mais facilmente bioacumulável ou liberado no estado dissolvido. A partir de sua biodisponibilização a partir dos sedimentos, organismos aquáticos e terrestres bioacumulam o **cádmio**. Em animais de água doce e marinhos, o cádmio pode atingir concentrações centenas a milhares de vezes mais altas do que a concentração da água ambiente (EPA, 1979).

Desta forma, a equipe de ARSH determina o cádmio como contaminante de interesse a ser avaliado nas etapas seguintes da ARSH.

Poeira domiciliar

Nas localidades de Mariana, em residências próximas às áreas de deposição da lama de rejeitos nas margens e várzeas do rio Gualaxo do Norte, a presença do contaminante **cádmio** foi constatada na maioria das amostras de poeira domiciliar, muitas apresentando concentrações de cádmio até 14,32 mg/kg, acima dos valores de referência utilizado (1,3 mg/kg). O contaminante zinco apresentou uma concentração máxima de 1410,000mg/kg, bem acima do valor de referência (300 mg/kg). O contaminante cobre apresentou concentrações acima do valor de referência (60 mg/kg) com máxima de 332 mg/kg.

Situação pior foi constatada nas amostras de poeira coletadas nas localidades de Barra Longa, principalmente na sede do município. Ali, onde a lama de rejeito inundou boa parte da cidade, e a proximidade do foco gerador foi total, a mobilização da poeira foi intensificada pelos trabalhos de remoção dos rejeitos com intenso tráfego de caminhões de transporte da lama.

O contaminante **cádmio** foi detectado em praticamente todas as amostras coletadas nas residências. Em 70% das amostras, as concentrações de cádmio superaram os valores de referência, chegando a apresentar uma concentração máxima de 131 mg/kg, ou seja, 100 vezes o valor de referência utilizado (1,3 mg/kg).

O contaminante **níquel**, com concentrações de até 44 mg/kg, ultrapassou o valor de referência (30 mg/kg). O contaminante **zinco** foi detectado em mais de 30% das amostras com concentrações elevadas, de até 1310,000 mg/kg, acima do valor de referência (300 mg/kg).

CONCLUSÃO SOBRE OS CONTAMINANTES DE INTERESSE NAS LOCALIDADES DE MARIANA E BARRA LONGA

Independentemente de onde foram encontrados, e em que concentrações, pela metodologia de ARSH, principalmente quando os contaminantes de interesse foram determinados em procedimentos de amostragem que sob a premissa do pior cenário, foram realizados em compartimentos ambientais impactados pela lama de rejeitos, deve-se considerar que os contaminantes de interesse devem ser avaliados nas etapas seguintes da ARSH.

Por outro lado, sob esta ótica de avaliação, e considerando também que o enriquecimento, a mobilização e a biodisponibilidade dos contaminantes determinados por múltiplos e complexos mecanismos de transporte, podem ocorrer ocasional e localmente, os contaminantes metálicos considerados de interesse devem nortear as Fases seguintes da ARSH.

Por outro lado, contaminantes metálicos ainda não detectados, como arsênio e mercúrio, podem começar a ser identificados em etapas seguintes nas amostragens ambientais e devem continuar sendo objeto de avaliação nas Fases seguintes dos Estudos de ARSH.

Dessa forma, até o momento, levando em consideração os resultados obtidos nas amostragens ambientais realizadas, a equipe de ARSH da Ambios determina como contaminantes de interesse:

Cádmio

Chumbo

Níquel

Cobre e

Zinco

Capítulo IV: Mecanismos de Transporte

MECANISMOS DE TRANSPORTE DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE

Como características gerais, o destino dos metais pesados nos sistemas aquáticos depende do particionamento entre sólidos solúveis e particulados. As fases de adsorção, precipitação, coprecipitação e complexação são processos que afetam o particionamento. Estes mesmos processos, que são influenciados pelo pH, potencial redox, força iônica da água, concentração de íons complexantes e as espécies e concentração do metal, afetam a adsorção de metais pesados ao solo (RICHTER & THEIS, 1980).

Argilas, siltes, óxidos de ferro, manganês e matéria orgânica do solo podem se ligar eletrostaticamente a metais (troca de cátions), assim como quimicamente (adsorção específica).

Nem sempre é possível separar os processos de destino ambiental relacionados ao transporte e distribuição, daqueles relacionados com a transformação de um metal e seus vários compostos e complexos. Por causa de delimitações analíticas, os pesquisadores raramente identificam a forma de um metal presente no ambiente.

Uma mudança no transporte ou distribuição de um metal pode ser resultado de uma transformação. Por exemplo, complexação pode resultar em maior mobilidade, enquanto a formação de um sulfeto menos solúvel pode diminuir a sua mobilidade na água. A adsorção pode ser o resultado de fortes ou fracas ligações sendo formadas. Separar os dados relativos à adsorção forte ou fraca em diferentes seções é difícil e nem sempre possível.

A seguir são apresentados os mecanismos de transporte dos contaminantes de interesse listados no capítulo III.

Cádmio

A exposição humana ao cádmio pode resultar do consumo de alimentos, água potável ou ingestão acidental de solo ou poeira contaminada; da inalação de partículas contendo cádmio do ar ambiente; da inalação de fumaça de cigarro, que contém cádmio absorvido pelo tabaco; ou de trabalhar em uma ocupação envolvendo a exposição a fumos de cádmio e poeira (ELINDER, 1985). A maior parte da água potável contém níveis muito baixos de cádmio, não sendo, geralmente, uma via importante de exposição.

As concentrações de cádmio no ar ambiente são geralmente inferiores a 5×10^{-6} mg/m³, mas concentrações até 5×10^{-4} mg/m³ foram detectadas em ar próximo de instalações emissoras de cádmio (ELINDER, 1985).

A exposição dietética pode aumentar à medida que a precipitação ácida diminui o pH do solo. Grãos e cereais são os produtos que geralmente contribuem com a maior porcentagem de cádmio na dieta; batatas, vegetais folhosos e verduras também contêm níveis relativamente altos. Carnes de órgãos (fígado e rim) e moluscos também podem contribuir para a ingestão de cádmio em indivíduos que consomem grandes quantidades desses alimentos. Fumar é uma importante fonte de exposição ao cádmio e, tipicamente, duplica a absorção diária total de cádmio (ELINDER, 1985).

Ar

O cádmio e seus compostos têm pressões de vapor insignificantes, mas podem existir no ar como partículas suspensas derivadas, por exemplo, de sua mobilização a partir de solos contaminados. Na atmosfera, o cádmio se apresenta geralmente como componente do material particulado, que pode consistir em partículas muito pequenas. O principal destino do cádmio transportado pelo ar é ser dispersado pelo vento e, subsequentemente, depositado por processos úmidos ou secos (ELINDER, 1985). A principal espécie química no ar é o óxido de cádmio, embora alguns sais de cádmio, como o cloreto de cádmio, possam entrar no ar especialmente quando proveniente de processos de incineração (IARC, 1993).

O cádmio emitido para a atmosfera pode estar associado a particulados muito pequenos que estão na faixa respirável (<10 µm) e estão sujeitos a transporte de longo alcance. Estes poluentes de cádmio podem ser transportados de cem a alguns milhares de quilômetros e têm um tempo de residência atmosférico típico de cerca de 10 dias antes da

deposição. Maiores partículas contendo cádmio são removidas da atmosfera por sedimentação gravitacional, com substancial deposição em áreas a favor do vento da fonte poluente (KEITZ, 1980).

Água

O cádmio pode ser liberado para as águas superficiais por processos naturais de intemperismo, pela descarga de instalações industriais ou estações de tratamento de esgoto, ou pela lixiviação de aterros sanitários ou do solo. As águas subterrâneas podem ser contaminadas por cádmio por drenagem de mina, águas residuais, transbordamento de tanques de rejeitos e escoamento de águas pluviais das áreas de mina (EPA 1981, 1985a; IJC 1989).

Nas águas superficiais e subterrâneas, o cádmio pode existir como íon hidratado ou como complexos iônicos com outras substâncias inorgânicas ou orgânicas. O cádmio é mais móvel em ambientes aquáticos do que a maioria dos outros metais pesados (por exemplo, chumbo). Em águas naturais não poluídas, a maior parte do cádmio transportado na coluna de água existirá no estado dissolvido como o íon hidratado $\text{Cd}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$. (CALLAHAN *et al.*, 1979).

Pequenas quantidades de cádmio são transportadas com as partículas grosseiras e apenas uma pequena fração é transportada com os colóides. Em águas não poluídas o cádmio pode ser removido da solução pela troca de cádmio por cálcio na estrutura reticulada dos minerais carbonatados. Em águas poluídas ou ricas em orgânicos, a adsorção de cádmio por substâncias húmicas e outros agentes orgânicos complexantes desempenha um papel dominante no transporte, particionamento e remobilização de cádmio (CALLAHAN *et al.*, 1979).

A concentração de cádmio na água é inversamente relacionada ao pH e à concentração de material orgânico na água (CALLAHAN *et al.*, 1979). Nos ambientes aquáticos, como o cádmio existe apenas no estado de oxidação 2^+ , o cádmio aquoso não é fortemente influenciado pelo potencial oxidante ou redutor da água. No entanto, sob condições redutoras, o cádmio pode formar sulfeto de cádmio, que é pouco solúvel e tende a precipitar (EPA, 1983; MCCOMISH & ONG, 1988). O cádmio livre (iônico), forma tóxica, se torna muito mais prevalente na baixa salinidade (SPRAGUE, 1986).

Em água doce o cádmio está presente principalmente como íon (+2) ou como complexos de $\text{Cd}(\text{OH})_2$ e CdCO_3 , embora em altas concentrações de matéria orgânica, mais

da metade possa ocorrer em complexos (MCCOMISH & ONG, 1988). Alguns compostos de cádmio, como sulfeto de cádmio, cádmio carbonato e óxido de cádmio, são praticamente insolúveis em água. No entanto, compostos insolúveis em água podem ser alterados para sais solúveis por interação com ácidos ou luz e oxigênio. Por exemplo, suspensões aquosas de sulfeto de cádmio podem gradualmente fotolizar em cádmio solúvel (IARC, 1993).

Em ambientes estuarinos, a complexação de cádmio com íon cloreto aumenta com a salinidade até que em água do mar o cádmio se apresenta quase inteiramente como espécies de cloreto ($\text{CdCl} + \text{CdCl}_2$, CdCl_3^-), com uma pequena porção como Cd^{2+} . Em ambientes reduzidos o cádmio se precipita como sulfeto de cádmio na presença de íons sulfeto (MCCOMISH & ONG, 1988). Fotólise não é um mecanismo importante no destino aquático dos compostos de cádmio (EPA, 1983b), nem é provável a ocorrência de metilação biológica (EPA, 1979).

Thornton (1992) relata que as águas da vizinhança de depósitos minerais contendo cádmio podem ter concentrações de cádmio $\geq 1.000 \mu\text{g/L}$. A concentração de cádmio na água superficial natural e nas águas subterrâneas são geralmente $< 1 \mu\text{g/L}$ (ELINDER, 1985, 1992).

Precipitação e sorção para superfícies minerais, óxidos metálicos hidratados e materiais orgânicos são os processos mais importantes para a remoção de cádmio da água para os sedimentos. O ácido húmico é o principal componente do sedimento responsável pela adsorção. A sorção aumenta à medida que o pH aumenta (CALLAHAN *et al.*, 1979). As bactérias sedimentares também podem auxiliar na partição do cádmio da água para os sedimentos (BURKE & PFISTER, 1988).

O cádmio adsorvido às superfícies minerais, como argila ou materiais orgânicos, é mais facilmente bioacumulável ou liberado no estado dissolvido quando o sedimento é revolvido (CALLAHAN *et al.*, 1979). A remobilização do cádmio a partir de sedimentos pode ocorrer sob variadas condições ambientais de pH, salinidade e potencial redox (CALLAHAN *et al.*, 1979; EISLER, 1985; FEIJTEL *et al.*, 1988; MUNTAU & BAUDO, 1992).

Debus e colaboradores (1996) estudaram a retenção e distribuição de chumbo e cádmio em microcosmos de áreas pantanosas (*wetland*). As diferenças entre as concentrações medidas nas amostras de entrada e saída indicaram que aproximadamente metade do cádmio adicionado foi retido nos microcosmos dessas áreas. Experimentos mostraram que quase todos os vestígios de metais estavam presentes nos sedimentos como sulfetos, limitando sua biodisponibilidade e toxicidade. Os resultados de suas análises e a falta de efeitos biológicos

perceptíveis sugeriram que, em áreas alagadas contendo sedimentos orgânicos, a química dos sedimentos domina o ciclo dos metais traço. Enquanto formas solúveis podem migrar em água, o cádmio é relativamente inerte em complexos insolúveis ou adsorvido a sedimentos.

Solo e sedimentos

Nos solos os fatores importantes que afetam a mobilidade de cádmio são: pH, reações de redução de oxidação e formação de complexos (BERMOND & BOURGEOIS, 1992; HERRERO & MARTIN, 1993). O Cádmio pode participar em reações de troca na superfície negativamente carregada de minerais de argila. Em solos ácidos a reação é reversível. No entanto, a adsorção aumenta com o pH e pode se tornar irreversível (HERRERO & MARTIN 1993). O cádmio também pode precipitar como compostos de cádmio insolúveis, formar complexos ou quelatos por interação com matéria orgânica. Dados disponíveis sugerem que a matéria orgânica é mais eficaz do que os constituintes inorgânicos para manter o cádmio indisponível (MCBRIDE, 1995). Exemplos compostos de cádmio encontrados no solo são $Cd_3(PO_4)_2$, $CdCO_3$ e $Cd(OH)_2$ (HERRERO & MARTIN 1993). Estes compostos são formados à medida que o pH aumenta. Verificou-se que cerca de 90% do cádmio nos solos permanecem nos 15 cm mais superficiais. A mobilidade e disponibilidade do cádmio para as plantas em solos de zonas alagadas (wetland) são substancialmente diferentes daquelas em solos de terras altas. O cádmio tende a ser retido mais fortemente nos solos de zonas alagadas e está mais disponível para as plantas em condições de planalto (GAMBRELL, 1994).

Bioacumulação

Organismos aquáticos e terrestres bioacumulam o cádmio (HANDY, 1992a, 1992b; KUROSHIMA, 1992; NAQVIE HOWELL, 1993; ROSEMAN *et al.*, 1994; SURESH *et al.*, 1993). Em animais de água doce e ambiente marinho, o cádmio atinge concentrações centenas a milhares de vezes mais altas do que a concentração da água ambiente (EPA, 1979). Os fatores de bioconcentração relatados (BCF) variam de <200 a 18.000 para invertebrados (VAN HATTUM *et al.*, 1989), de 3 a 4.190 para organismos aquáticos de água doce (ASTER, 1995), e de 5 a 3.160 para organismos aquáticos de água salgada (ASTER, 1994). A bioconcentração em peixes depende do pH e do conteúdo de húmus da água (JOHN *et al.*, 1987).

Os dados indicam que o cádmio se bioacumula em todos os níveis da cadeia alimentar. A acumulação de cádmio tem sido relatada em gramíneas e culturas alimentares, em minhocas, em aves de capoeira, gado, cavalos e animais selvagens (ALLOWAY *et al.*, 1990; BEYER *et al.*, 1987; GOCHFELD & BURGER, 1982; KALAC *et al.*, 1996; ORNES & SAJWAN, 1993;

RUTZKE *et al.*, 1993; SILEO & BEYER, 1985; VOS *et al.*, 1990). O nível de contaminação de uma cultura depende da absorção pelo sistema radicular, da absorção direta foliar, da translocação dentro da planta e da deposição superficial de material particulado (NWOSU *et al.*, 1995). Em geral, o cádmio se acumula nas folhas e, portanto, apresenta um risco maior em vegetais folhosos cultivados em solo contaminado do que em sementes ou culturas de raiz (ALLOWAY *et al.*, 1990).

Alguns estudos concluíram que o pH do solo é o principal fator que influencia a absorção de cádmio pelas plantas (SMITH, 1994). A alteração do solo com calcário aumenta o pH, aumentando a adsorção de cádmio no solo e reduzindo sua biodisponibilidade (HE & SINGH, 1994; THORNTON, 1992). O tipo de solo também afeta a absorção de cádmio pelas plantas. Para solos com o mesmo teor total de cádmio, o cádmio é mais solúvel e mais disponível em solo arenoso do que em solo argiloso (HE & SINGH, 1994). O potencial de oxirredução também pode ter um grande efeito sobre o transporte de cádmio no solo. Sob condições inundadas, a formação de sulfeto de cádmio aumenta e, assim, o cádmio diminui sua solubilidade (IIMURA, 1981).

A contaminação do solo pelo cádmio é preocupante porque o cádmio é absorvido eficientemente pelas plantas e, portanto, entra na cadeia alimentar para os seres humanos e outros animais. Um solo de pH baixo (comum nos latossolos brasileiros) aumenta a absorção de cádmio pelas plantas (ELINDER, 1992). O cádmio é captado e retido pelas plantas aquáticas e terrestres e concentra-se no fígado e rim dos animais que comem as plantas (ELINDER, 1985).

Embora alguns dados indiquem aumento das concentrações de cádmio em animais no topo da cadeia alimentar, comparações entre animais de diferentes níveis são difíceis e os dados disponíveis sobre a biomagnificação não são conclusivos (BEYER, 1986; GOCHFELDE BURGER, 1982). No entanto, a absorção de cádmio do solo pelas culturas de alimentos pode resultar em altos níveis de cádmio em carne e aves domésticas (especialmente no fígado e nos rins). Este acúmulo de cádmio na cadeia alimentar tem importantes implicações para a exposição humana ao cádmio, ocorrendo ou não a biomagnificação.

Chumbo

Ar

As poeiras transportadas pelo ar assentam-se em alimentos, água, roupas e outros objetos e, posteriormente, podem ser transferidas para a boca. Um fator importante na determinação do transporte atmosférico de chumbo é a distribuição do tamanho das partículas. As partículas grandes, particularmente aquelas com diâmetros maior que 2 µm, precipitam da atmosfera rapidamente e são depositadas relativamente perto das fontes de emissão. Partículas menores podem ser transportadas por milhares de quilômetros (EPA, 1982).

Arrastamento ou suspensão de partículas de solo no ar em movimento é outra via de transporte de chumbo. Esse processo pode ser importante para contribuir com a carga do chumbo em áreas com níveis elevados de chumbo no solo (EPA, 1982).

Na atmosfera o chumbo inorgânico existe principalmente na forma de $PbSO_4$ e $PbCO_3$ que impacta o solo; os compostos inorgânicos de chumbo existem principalmente na forma particulada. Após a liberação para a atmosfera, as partículas de chumbo são dispersas e finalmente removidas da atmosfera por deposição úmida ou seca. A quantidade de chumbo extraída da atmosfera pela deposição úmida é muito variável podendo apresentar de 40 a 70% da deposição de chumbo, dependendo de fatores como a localização geográfica e a quantidade de emissões na área (EPA 1982).

Água

A química do chumbo em solução aquosa é altamente complexa porque este elemento pode ser encontrado em uma multiplicidade de formas. O chumbo tem tendência a formar compostos de baixa solubilidade com os principais ânions encontrados em águas naturais. A quantidade de chumbo nas águas superficiais depende do pH e do teor de sal dissolvido da água. O teor de sal dissolvido, por sua vez, depende do pH e da pressão parcial do CO_2 , bem como da temperatura da água. No ambiente a forma divalente (Pb^{2+}) é a espécie iônica estável do chumbo. Hidróxido, carbonato, sulfeto e, mais raramente, sulfato podem atuar como controles de solubilidade na precipitação de chumbo da água.

Em um pH menor que 5,4, o sulfato de chumbo limita a concentração de chumbo na solução, enquanto em um pH > 5,4, os carbonatos de chumbo limitam as concentrações de

chumbo. Os cálculos de equilíbrio mostram que em pH maior que 5,4, a solubilidade total do chumbo é de aproximadamente 30 µg/L em água dura e aproximadamente 500 µg/L em água macia. Os íons sulfato, se presentes em água macia, limitam a concentração de chumbo na solução através da formação de sulfato de chumbo. Acima de pH 5,4, os carbonatos de chumbo, $PbCO_3$ e $Pb_2(OH)_2CO_3$, limitam a concentração (EPA, 1979).

A concentração de carbonato é, por sua vez, dependente da pressão parcial de dióxido de carbono, pH e temperatura. Na maioria das águas superficiais e subterrâneas, a concentração de chumbo dissolvido é baixa porque o chumbo formará compostos com ânions na água, como hidróxidos, carbonatos, sulfatos e fosfatos, que têm baixa solubilidade em água e se precipitam para fora da coluna d'água (MUNDELL *et al.*, 1989).

Espera-se que uma fração significativa de chumbo transportada pela água do rio esteja em uma forma não dissolvida, que pode consistir de partículas coloidais ou maiores partículas não dissolvidas de carbonato de chumbo, óxido de chumbo, hidróxido de chumbo ou outros compostos de chumbo incorporados em outros componentes de partículas de superfície do escoamento. O chumbo pode ocorrer tanto como íons sorvidos ou revestimentos de superfície em partículas minerais sedimentares, como também pode ser transportado como parte de matéria orgânica suspensa ou não viva na água. A proporção de chumbo em sólidos suspensos para chumbo na forma dissolvida varia de 4:1 em riachos rurais a 27:1 em riachos urbanos (GETZ *et al.*, 1977).

Solo e sedimentos

O solo é considerado um dos depósitos principais de chumbo, pois este contaminante pode ali permanecer indefinidamente. O chumbo no solo pode estar sob diversas formas: relativamente insolúvel (sulfato, carbonato ou óxido), solúvel, adsorvido e coprecipitado como sesquióxido, adsorvido em matérias orgânicas coloidais ou complexado no solo (IPCS,1995).

O destino do chumbo no solo é influenciado pela adsorção específica ou de permuta nas interfaces minerais, a precipitação de formas sólidas pouco solúveis do composto e a formação de complexos ou quelatos organometálicos relativamente estáveis com matéria orgânica do solo. Esses processos dependem de fatores como pH do solo, tipo de solo, tamanho de partícula, conteúdo de matéria orgânica do solo, presença de colóides

inorgânicos e óxidos de ferro, capacidade de troca catiônica (CTC) e quantidade de chumbo no solo (NSF, 1977; REDDY *et al.*, 1995).

O pH do solo influencia a mobilidade do metal no solo, que pode sofrer modificações, formar compostos menos solúveis e tornar-se menos disponível. Em solos cultivados os níveis de chumbo podem variar de 20 a 80 g/g. Em pH próximo ao neutro, os complexos carbono-chumbo orgânicos dissolvidos são as espécies predominantes nos extratos aquosos do solo. Em pH baixo, predomina a forma iônica de chumbo (Pb^{2+}) e os pares de íons (por exemplo, $PbSO_4$). O acúmulo de chumbo na maioria dos solos é principalmente uma função da taxa de deposição da atmosfera. A maior parte do chumbo é retida fortemente no solo e muito pouco é transportado para as águas superficiais ou subterrâneas. As condições que induzem a lixiviação são a presença de chumbo no solo em concentrações que se aproximam ou excedem a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, a presença de materiais no solo que são capazes de formar quelatos solúveis com chumbo e uma diminuição na o pH da solução de lixiviação (EPA, 1986; NSF, 1977).

O chumbo é fortemente ligado à matéria orgânica no solo e, embora não seja sujeito a lixiviação, pode entrar nas águas superficiais como resultado da erosão das partículas do solo contendo chumbo (REED *et al.*, 1995). O chumbo também pode ser imobilizado por troca iônica com óxidos ou argilas hidratadas ou por quelação com ácidos húmicos ou fúlvicos no solo (OLSON & SKOGERBOE, 1975).

Em solos com pH de 6,5 e com pelo menos 5% de teor de matéria orgânica, o chumbo atmosférico é retido nos 2 a 5 cm superiores do solo não perturbado. O chumbo inorgânico pode ser ligado a matrizes cristalinas de rochas e permanecer essencialmente imóvel; também pode ser aprisionado na água imóvel em torno dos macro e microporos do solo (REED *et al.*, 1995).

Complexos de chumbo e precipitados no solo e sua transformação dependem do tipo de solo. Em solos com alto teor de matéria orgânica e pH entre 6 e 8, o chumbo pode formar complexos insolúveis de chumbo orgânico; se o solo tiver menos matéria orgânica no mesmo pH, podem se formar complexos de óxido de chumbo hidratado ou o chumbo pode precipitar-se com íons de carbonato ou fosfato. Em um pH de 4-6, os complexos de chumbo orgânicos tornam-se solúveis e lixiviados ou podem ser absorvidos pelas plantas (EPA, 1986).

Bioacumulação

Plantas e animais podem bioconcentrar o chumbo, mas a biomagnificação não foi detectada. Embora a biodisponibilidade do chumbo no solo para as plantas seja limitada devido à forte absorção do chumbo na matéria orgânica do solo, a biodisponibilidade aumenta à medida que o pH e o teor de matéria orgânica do solo são reduzidos. O chumbo não é biomagnificado nas cadeias alimentares aquáticas ou terrestres. Pode contaminar as plantas terrestres como resultado da deposição e absorção atmosférica do solo, e dos animais como resultado da inalação de ar ambiente contaminado ou ingestão de plantas contaminadas.

Em geral, as maiores concentrações de chumbo são encontradas em organismos aquáticos e terrestres que vivem perto de instalações de mineração, fundição e refino de chumbo; áreas de disposição de resíduos e em locais onde de dragagem. O chumbo pode estar presente nas superfícies das plantas como resultado da deposição atmosférica; sua presença em tecidos vegetais internos indica absorção biológica do solo e superfícies foliares.

Cobre

O cobre e seus compostos estão naturalmente presentes na crosta terrestre. Descargas naturais para o ar e a água, tais como poeira soprada pelo vento, podem ser significativas. Portanto, é importante considerar as concentrações de cobre dentro de um ambiente específico, região geográfica ou local de estudo da população que foi minimamente afetado por fontes antropogênicas de cobre, a fim de se avaliar com precisão a contribuição de uma atividade antrópica para exposições humanas ao cobre.

No ar, as concentrações médias de cobre na atmosfera variam entre 5 e 200 ng/m³ em áreas rurais e urbanas. O cobre transportado pelo ar está associado a partículas que são obtidas de solos, fontes de combustível, fabricação ou processamento de materiais que contenham cobre ou rejeitos de minas.

A concentração mediana de cobre na água natural (por exemplo, rios, lagos e oceanos) é de 4 a 10 ppb, geralmente no estado Cu (II). A maior parte está complexada ou fortemente ligada à matéria orgânica. O cobre pouco é presente na forma livre (hidratada) ou prontamente trocável. Os processos combinados de complexação, adsorção e precipitação

controlam o nível de Cu livre (II). As condições químicas mais naturais da água é tal que, mesmo em concentrações relativamente altas de cobre, esses processos reduzirão a concentração de Cu (II) a valores extremamente baixos.

A concentração média de cobre no solo varia de 5 a 70 mg/kg e é maior em solos próximos a fundições, operações de mineração e fontes de combustão. O sedimento representa um importante sumidouro e reservatório para o cobre. Em sedimentos relativamente limpos, como os encontrados em algumas baías e estuários ao longo da costa, a concentração de cobre é <50 ppm, porém o sedimento poluído pode conter vários milhares de ppm de cobre.

Em sedimentos aeróbicos, o cobre está ligado principalmente a compostos orgânicos (substâncias húmicas) e óxidos de ferro. No entanto, em alguns casos, o cobre é predominantemente associado a carbonatos. Em sedimentos anaeróbicos, Cu (II) será reduzido a Cu (I) e sais de cobre insolúveis serão formados.

Ar

O cobre é emitido para o ar de fontes naturais e antropogênicas. Como o cobre é um componente da crosta terrestre, a crosta terrestre é a principal fonte natural de cobre. O pó trazido pelo vento tem emissão mundial média estimada de 0,9–15x10⁶kg/ano de cobre na atmosfera (OMS, 1998).

O cobre é liberado para a atmosfera na forma de material particulado ou adsorvido ao material particulado, sendo removido por sedimentação gravitacional, deposição seca, eliminação de nuvens (fixação de partículas por gotículas dentro das nuvens) e pelas chuvas (SCHROEDER *et al.*, 1987).

A taxa de remoção e a distância percorrida da fonte dependerão de vários fatores, incluindo características da fonte, tamanho da partícula, turbulência e velocidade do vento.

O assentamento gravitacional governa a remoção de partículas grandes com massa aerodinâmica mediana (MMA) de diâmetros > 5 µm, enquanto partículas menores são removidas pelas outras formas de deposição seca e úmida. A importância da deposição úmida para a seca aumenta geralmente com a diminuição do tamanho das partículas. A relação de eliminação (proporção da concentração de cobre na precipitação [ppm] para a sua concentração no ar [µg/m³]) para partículas grandes exibe uma dependência sazonal que

reflete a eliminação mais eficaz pela neve do que pela chuva (CHAN *et al.*, 1986). O cobre das fontes de combustão está associado a partículas submicrônicas. Estas partículas permanecem na troposfera por um período estimado de 7 a 30 dias. Nesse tempo, algum cobre pode ser transportado para longe de sua fonte de emissão (PERWAK *et al.*, 1980).

Água

Grande parte do cobre descarregado nos cursos de água está em partículas e se acomoda. Na coluna d'água e em sedimentos, o cobre se liga à matéria orgânica, ao ferro hidratado e óxidos de manganês e à argila. Na coluna d'água, uma fração significativa do cobre é adsorvida na primeira hora de introdução e, na maioria dos casos, o equilíbrio é obtido em 24 horas (HARRISON & BISHOP, 1984). De fato, a maioria do contido nos efluentes de estações de tratamento e no escoamento superficial já estão na forma de complexos (SEDLAK *et al.*, 1997).

O cobre liga-se principalmente à matéria orgânica no sedimento estuarino, a menos que o sedimento tenha pouca matéria orgânica.

Solo e sedimentos

A maior parte do cobre depositado no solo a partir da atmosfera, do uso agrícola e de resíduos sólidos será adsorvida com maiores concentrações de cobre medidas nos 5 a 10 centímetros superiores do solo (BRESLIN 1999; GIUSQUIANI *et al.*, 1992; LUNCAN-BOUCHÉ *et al.*, 1997; LEVY *et al.*, 1992; PERWAK *et al.*, 1980).

O movimento do cobre no solo é determinado por uma série de interações físicas e químicas com os componentes do solo. Em geral, o cobre será adsorvido à matéria orgânica, minerais de carbonato, minerais de argila ou óxidos de ferro e manganês hidratados (EPA, 1979; FUHRER, 1986; JANSSEN *et al.*, 1997; PETRUZZELLI, 1997; TYLER & MCBRIDE, 1982).

Solos arenosos com baixo pH tem o maior potencial de lixiviação. Na maioria dos solos temperados, o pH, matéria orgânica, concentrações de oxihidróxidos metálicos e a força iônica das soluções do solo são os principais fatores que afetam a adsorção (ELLIOT *et al.*, 1986; FUHRER 1986; GERRITSE & VAN DRIEL, 1984; JANSSEN *et al.*, 1997; RIEUWERTS *et al.*, 1998; TYLER & MCBRIDE, 1982). A força iônica e o pH da solução do solo afetam a carga superficial dos solos e, assim, influenciam a interação iônica (RIEUWERTS *et al.*, 1998).

Os microrganismos do solo também afetam a absorção de cobre nos solos devido à absorção e assimilação do metal por esses microrganismos (RIEUWERTS *et al.*, 1998). No entanto, não se sabe se a taxa de absorção e a capacidade de absorção dos microrganismos ao cobre é comparável com a capacidade de ligação e afinidades do cobre pela matéria orgânica em solos, como ácidos húmicos e fúlvicos. Quando a quantidade de matéria orgânica é baixa, o conteúdo mineral em óxidos de Fe, Mn e Al tornam-se importantes na determinação da adsorção de cobre. Fuhrer (1986) relatou que no sedimento estuarino oxidado a adsorção de cobre é dominada tanto pelo óxido de ferro amorfo como pelo e material húmico.

O cobre liga-se fortemente a solos com alto conteúdo orgânico (14-34% de matéria orgânica, peso seco) e a distribuição de cobre na solução do solo é menos afetada por mudanças no pH do que em outros metais (GERRITSE & VAN DRIEL, 1984).

Elliot e colaboradores (1986) compararam a adsorção dependente de pH dos cátions de metais de transição divalente Cd, Cu, Pb e Zn em dois solos minerais (franco argilo-siltoso, 0,5g/kg peso seco orgânico e argila arenosa, 1,6g/kg orgânico) e dois solos contendo considerável teor de matéria orgânica (areia argilosa, 20,5 g / kg orgânica e argila siltada, 42,5 g / kg orgânica). A adsorção aumentou com o pH, e Cu e Pb foram muito mais fortemente retidos do que Cd e Zn. A redução na adsorção após a remoção da matéria orgânica demonstrou a importância da matéria orgânica na fixação do cobre. Em um estudo sobre solos argilosos, Wu e colaboradores (1999) observaram ligação preferencial do cobre à matéria orgânica, mas encontraram maior afinidade de ligação às frações de argila finas (<0,2 µm) após a remoção da matéria orgânica.

Ensaio de percolação com lodos de estações de tratamento de esgotos assinalam que o cobre apresenta baixas concentrações no lixiviado. Isto sugere que cobre lixivia lentamente das lamas para a água subterrânea, mesmo dos solos arenosos (PERWAK *et al.*, 1980; RITTER & EASTBURN, 1978). Em outro estudo, perfis de solo retirados de áreas de pastagem após aplicação lodo de esgoto por 4 anos observou-se que entre 74% e 80% de cobre permaneceram no topo de 5 cm de um solo franco arenoso e outro franco-calcário (DAVIS *et al.*, 1988).

Estudos semelhantes também mostraram que o cobre é tipicamente confinado aos 5 a 10 cm superiores de solos agrícolas com lamas (BRESLIN, 1999; GIUSQUIANI *et al.*, 1992). Em solos que recebem aplicações pesadas de lodo a longo prazo, altas concentrações de cobre (471 mg/kgem comparação com 19,1 mg kg em solos controle inalterados) foram relatadas

para profundidades de até 25 cm (RICHARDS *et al.*, 1998). A mobilidade do cobre no solo a partir do lodo foi determinada principalmente pela área superficial e quantidade de carbono orgânico do solo (DOMERGUE & VÉDY 1992; GAO *et al.*, 1997). Além disso, os solos alterados por lodo com baixo teor de metal apresentaram maior sorção para cobre devido ao aumento da capacidade de ligação fornecida pelos compostos orgânicos de “baixo teor de metal” no lodo (PETRUZZELLI *et al.*, 1994).

Da mesma forma, o cobre permanece na camada superficial quando é aplicado ao solo como um líquido. O efluente de esgoto secundário inoculado com 0,83 ppm de cobre foi aplicado semanalmente a quatro solos diferentes. Após 1 ano de tratamento, a concentração de cobre nos horizontes superficiais aumentou muito: entre 50% a 76% da aplicação, o cobre foi encontrado na camada superior de 2,5 cm e 91-138% foi encontrado na camada superior de 12,7 cm (BROWN *et al.*, 1983).

Em um estudo de acumulação e transporte de metais em solos com lodo, parcelas de campo receberam grandes quantidades de esgoto durante um período de 6 anos. Duas lamas (uma contendo resíduos industriais), com teores médios de cobre de 0,29 e 23 ppm foram incorporadas nos 20 cm superiores do solo na primavera. A cevada foi cultivada e, após a colheita, amostras de solo de 1 m de profundidade foram retiradas. Algum movimento de cobre foi observado na camada de solo 22,5 a 25 cm, mas pouco abaixo desta zona. No entanto, nesta profundidade, o cobre ainda está dentro da zona de raiz de muitas culturas alimentares importantes e, portanto, está disponível para absorção nessas plantas. Além disso, a disponibilidade do cobre no solo, determinado pela sua capacidade de extração com ácido dietilenotriaminapentacético (DTPA) e nitrato, permaneceu constante durante um período de 4 anos em todas as profundidades. Dos resultados de outros trabalhos, espera-se que a maior parte do cobre (40-74%) seja associada às frações orgânicas, às de Fe-Mn-óxido e às de carbonato da maioria dos solos (MA & RAO, 1997).

Bioacumulação

O fator de bioconcentração (BCF) do cobre em peixes obtido em estudos de campo é de 10-667, indicando uma baixa potencial para bioconcentração (PERWAK *et al.*, 1980). O BCF é maior em moluscos, como ostras e lula onde pode chegar a 30.000 e 2.1x10⁷, respectivamente, e podem apresentar uma fonte alimentar de cobre que pode ser uma

preocupação para aqueles indivíduos que consomem regularmente ostras, moluscos ou lula (PERWAK *et al.*, 1980).

Esta preocupação é válida já que os moluscos se alimentam pela filtração da água e as concentrações de cobre são maiores no particulado do que na água. Por outro lado, existem dados limitados que sugerem que há pouca biomagnificação do cobre na cadeia alimentar aquática (PERWAK *et al.*, 1980). Por exemplo, o teor de cobre do tecido muscular de peixes de lagos contaminados perto de Sudbury, Ontário, não diferiram significativamente da mesma espécie de peixe em lagos longe dessa fonte (BRADLEY & MORRIS, 1986).

Nenhuma evidência de bioacumulação foi obtida a partir de um estudo das concentrações de poluentes no fígado de 10 espécies de mamíferos no Parque Nacional de Donana, na Espanha (HERNANDEZ *et al.*, 1985). O rio Guadalquivir, que atravessa o parque, flui primeiro através de uma grande região de mineração, além de uma grande área urbana e áreas industriais, carregando contaminantes adquiridos nesses sites. As espécies animais do estudo foram classificadas em três categorias (herbívoros, onívoros e carnívoros) para verificar se os poluentes estavam mostrando biomagnificação em níveis tróficos superiores de animais. Nenhuma evidência de biomagnificação de cobre na cadeia alimentar foi observada.

Da mesma forma, em um estudo de uma cadeia alimentar em uma floresta no norte da Alemanha, não houve evidência de biomagnificação em consumidores terciários (por exemplo, ratazana, musaranhos e camundongos) em comparação com os consumidores secundários (por exemplo, minhoca, caracol, escaravelho e isópodes) (SCHARENBERG & EBELING, 1996).

Um estudo sobre metais pesados em coelhos localizados em áreas de mineração tratadas com lodo de esgoto, mostraram que enquanto a concentração de cobre na superfície do solo foi 130% maior que na área controle, a elevação da concentração do cobre foi relativamente pequena nas amostras foliares e não foi observado aumento significativo de cobre no músculo, fêmur, rim ou fígado dos coelhos. Aparentemente, o cobre não é bioacumulativo na cadeia alimentar do coelho (DRESSLER *et al.*, 1986).

Diks e Allen (1983) adicionaram cobre a quatro sistemas de sedimentos/água e estudaram a distribuição de cobre entre cinco fases geoquímicas, nomeadamente, carbonato absorvido/permutável, facilmente redutível (óxidos de Mn e óxidos de Fe amorfos), orgânicos e moderadamente redutíveis (óxidos de ferro hidratado). Os investigadores buscaram correlacionar a concentração em cada fase geoquímica com a absorção de cobre por vermes

da família *tubicidae*. Somente o cobre extraído da fase de óxido de manganês (facilmente redutível) se correlacionou com o conteúdo de cobre nos vermes ao nível de confiança de 95%. Este resultado sugere que o potencial redox e o pH no intestino do verme é tal que os revestimentos de óxido de manganês são dissolvidos, tornando o cobre disponível para absorção por outros organismos.

Níquel

A avaliação confiável do potencial de exposição humana ao níquel depende, em parte, da confiabilidade dos dados analíticos das amostras ambientais e espécimes biológicos. Concentrações de níquel em atmosferas não poluídas e em águas superficiais naturais são frequentemente tão baixas que estão perto dos limites dos métodos analíticos. Ao revisar os dados sobre os níveis de concentrações de níquel no ambiente, também se deve notar que as concentrações identificadas analiticamente não são necessariamente equivalentes às concentrações biodisponíveis.

Ar

O níquel é liberado para a atmosfera na forma de material particulado ou adsorvido ao material particulado, sendo dispersado pelo vento e removido por decantação gravitacional (sedimentação), deposição a seco, lavagem pela chuva. A taxa de remoção e distância a partir da fonte depende das características da fonte (por exemplo, altura da pilha), tamanho e densidade da partícula e condições meteorológicas (SCHROEDER *et al.*, 1987). Evidência para o transporte de longo alcance de níquel foi descrita na literatura pelo fato de que fontes de emissão na América do Norte, Groenlândia e Europa são responsáveis por concentrações elevadas de níquel atmosférico na região norueguesa do Ártico durante o verão e o inverno (PACYNA & OTTAR, 1985).

As taxas estimadas de deposição de níquel variam de 0,01 a 0,5 kg/hectare/ano (1 a 50 mg/m²/ano) e de 0,1 a 5,95 kg/hectare/ano (10 a 595 mg/m²/ano) em áreas rurais e urbanas, respectivamente (SCHROEDER *et al.*, 1987). As concentrações médias de níquel no ar ambiente variam tipicamente entre 6 e 20 ng/m³ e podem ser tão altas como 150 ng/m³ perto de fontes antrópicas de níquel transportado pelo ar (BARCELOUX, 1999). Com base nos dados de emissão da EPA (NTI, 1996), foi estimada uma concentração média de níquel no ar ambiente nos Estados Unidos em 2,22 ng/m³ (EPA, 2003).

As concentrações médias anuais de níquel no ar ambiente em 11 cidades canadenses, medidas durante o período 1987-1990, variaram de 1 a 20 ng/m³, enquanto na zona rural a concentração média de níquel era de 1 ng/m³ (CEPA, 1994). Em outro estudo canadense, as concentrações médias de exposição ao níquel no ar para residentes que moram perto de fundições de cobre e refinarias de zinco variaram entre 0,005 e 0,151 µg/m³ (5-151 ng/m³) em comparação com níveis de fundo de 0,00069 µg/m³ (0,69 ng/m³) (NEWHOOK *et al.*, 2003).

Graney e colaboradores (2004) mediram o níquel em ar interior como parte de um estudo sobre exposição a metais para residentes em Towson, Maryland. Os participantes do estudo tinham uma idade média de 84 anos, eram todos não-fumantes e não cozinhavam suas próprias refeições. Níveis médios de níquel de 1,02 e 1,71 ng/m³ no ar foram relatados em partículas (PM_{2,5}) das amostras coletadas de ar interno e de exposição pessoal, respectivamente.

Em um estudo com 46 estudantes do ensino médio em Nova York realizado no inverno e verão, as concentrações de níquel nas partículas coletadas (PM_{2,5}) a que esses estudantes estavam expostos foram avaliadas usando dispositivos de monitoramento pessoal e medições estacionárias de níquel dentro e fora de casa. As concentrações médias de níquel no ar obtido dos monitores externos, internos e pessoais foram semelhantes (32,3 ± 22,4, 31,6 ± 54,5 e 49,6 ± 114 ng/m³, respectivamente). Da mesma forma, as concentrações médias de níquel obtidas dos três monitores durante o verão também foram similares (11,7 ± 6,3, 12,6 ± 8,4 e 17,3 ± 24,7 ng/m³, respectivamente), embora um pouco abaixo das concentrações de inverno. Estes resultados sugerem que as concentrações ambientais são determinantes nas exposições internas e pessoais ao níquel (KINNEY *et al.*, 2002).

O assentamento gravitacional governa a remoção de partículas grandes (> 5 µm), enquanto partículas menores são removidas por outras formas de deposição seca e úmida. A importância da deposição úmida em relação à deposição seca geralmente aumenta com a diminuição do tamanho das partículas. A remoção de partículas grossas pode ocorrer em questão de horas. Pequenas partículas dentro da faixa de tamanho de 0,3 a 0,5 µm podem ter uma meia-vida atmosférica de até 30 dias e, portanto, tem o potencial de ser transportado por longas distâncias (SCHROEDER *et al.*, 1987).

Estudos indicam que com base nas propriedades químicas e físicas das partículas atmosféricas, as concentrações de níquel em partículas grandes (> 1 µm de diâmetro), comumente associadas com partículas derivadas de fontes naturais, são menores que as

concentrações em partículas menores (<1 µm de diâmetro), que são tipicamente derivadas de fontes antropogênicas (GIUSTI *et al.*, 1991; SCUDLARK *et al.*, 1994; STOESEL & MICHAELIS, 1986). No entanto, experimentos em Ontário mostraram que o níquel está associado a partículas relativamente grandes, $5,6 \pm 2,4$ µm (CHAN *et al.*, 1986).

Uma análise dos modelos de estabilidade termodinâmica de vários minerais de níquel e espécies em solução indica que a ferrita de níquel é a espécie sólida que provavelmente irá precipitar nos solos (SADIQ & ENFIELD, 1984a). A formação de aluminato, fosfato ou silicato de níquel não foi significativa. Ni^{2+} e $Ni(OH)^+$ são os principais componentes da solução do solo em solos alcalinos. Em solos ácidos as espécies de solução predominantes provavelmente serão $Ni(OH)^+$, $NiSO_4$ e $NiHPO_4$ (SADIQ & ENFIELD, 1984b).

Água

A água de consumo humano é sempre uma preocupação central em estudos de saúde. Em uma pesquisa nacional de água bruta, tratada e distribuída de 71 municípios em todo o Canadá, a concentração de níquel na água potável tratada e distribuída teve uma variação entre 0,6 a 1,3 µg/L para água tratada e 1,8 µg/L para água distribuída (MERANGER *et al.*, 1981). A semelhança entre os valores mediano e máximo para o tratamento e a água distribuída sugere que o níquel não é geralmente recolhido no sistema de distribuição.

O níquel é fortemente adsorvido em superfícies minerais, como óxidos e óxidos hidratados de ferro, manganês e alumínio. Adsorção de níquel em partículas suspensas na água é um dos principais mecanismos de remoção de níquel da coluna de água. Essa adsorção desempenha um papel importante no controle da concentração de níquel em águas naturais (EVANS, 1989; RAI & ZACHARA, 1984).

A adsorção do níquel em partículas está em concorrência com a adsorção em matéria orgânica dissolvida, o que limita a quantidade de níquel que pode ser removida da coluna de água por meio da deposição de partículas suspensas (MARTINO *et al.*, 2003).

Concentrações de níquel foram medidas como parte de um estudo do teor de metais pesados em drenagens impactadas por operações de mineração ativas e abandonadas, na região de Black Hills, Dakota do Sul/EUA (MAY *et al.*, 2001). As concentrações de níquel nestas águas superficiais variaram entre 1,3 e 7,6 µg/L e foram tipicamente mais altas perto de onde receberam água de drenagem de áreas abandonadas ou de operações de mineração. As

concentrações de níquel na água não se correlacionaram com as concentrações de níquel nos sedimentos.

Muito do níquel liberado em cursos de água como escoamento é associado com material particulado; é transportado e se instala em áreas de sedimentação ativa, como a foz de um rio. Além disso, quando um rio alimenta um estuário, as alterações da salinidade podem afetar a capacidade de absorção devido à complexação e competição entre os pontos de ligação (BOWMAN *et al.*, 1981).

Aplicação terrestre de lamas contaminadas com níquel não resultou em aumento dos níveis de níquel nas águas subterrâneas (DEMIRJIAN *et al.*, 1984). O níquel (II) é pouco removido das águas residuais no processo de lodos ativados devido à alta solubilidade (STEPHENSON *et al.*, 1987). Apenas 30 a 40% do níquel foram removidos em uma planta piloto por lodos ativados. A remoção de níquel em plantas de lodos ativados é melhor correlacionada com sólidos suspensos no efluente (KEMPTON *et al.*, 1987). O níquel é predominantemente solúvel no efluente e é encontrado complexado ao ácido húmico, biopolímeros e outros agentes quelantes (SEDLAK *et al.*, 1997). Doses mais altas e repetidas aplicações de lodo de esgoto contendo níquel não resultaram em aumento proporcional na mobilidade do níquel (HARGITAI, 1989).

Em um estudo entre 1977-1979 sobre águas subterrâneas e águas superficiais em toda Nova Jersey, em que mais de 1000 poços e 600 águas superficiais foram amostradas, os níveis médios de níquel nas águas subterrâneas e superficiais foram de 3,0 µg/L (IARC, 1990).

Concentrações de níquel foram medidas em 30 amostras de águas subterrâneas retiradas do aquífero aluvial de South Platte River subjacente a Denver, Colorado (BRUCE & MCMAHON, 1996). As amostras representaram uma variedade de atividades de uso da terra, incluindo comercial, industrial, residencial e agrícola. Foi determinada uma concentração média de níquel de 3 µg/L, com valores máximos e mínimos de concentrações de 20 e 1 µg/L, respectivamente.

Em uma pesquisa sobre metais pesados, concentrações médias de níquel de 872 e 752 ng/L foram medidas nos Lagos Erie e Ontário, respectivamente. As concentrações foram maiores em águas da zona costeira devido à sua proximidade a centros urbanos e a foz de rios poluídos. Uma diminuição na concentração média de níquel de 838 ng/L, medida em junho, para 751 ng/L, obtida em outubro, indica que a sedimentação de partículas suspensas resulta em uma depleção de níquel durante a estratificação de verão (NRIAGU *et al.*, 1996).

Concentrações de níquel nas águas do lago Huron apresentaram média e máxima de 0,54 e 3,8 µg/L, respectivamente (DOLAN *et al.*, 1986). Em outra pesquisa, concentrações de níquel no Porto Hamilton, Lago Ontário, variaram de <1 a 17 µg/L, com uma mediana de 6 µg/L (POULTON, 1987). A mediana da concentração de níquel de um levantamento análogo foi de 4 µg/L.

Solo e sedimentos

O sedimento é um importante sumidouro para o níquel na água. O nível médio de níquel em sedimentos não contaminados variou de 8,5 a 38 ppm, principalmente associado com silte e argila (HEIT *et al.*, 1984; ROSSMANN, 1988; SWEENEY & NAIDU, 1989; USGS, 2000).

Sedimentos suspensos em amostras de água superficial (0,2 m) em Hamilton Harbour, Lago Ontário, continham 17 a 23 ppm de níquel. Amostras de uma profundidade de 20 m continham 67-87 ppm, semelhante às 66 ppm de níquel encontradas em amostras de sedimentos de fundo (POULTON, 1987).

Estes resultados sugerem que a ressuspensão do sedimento do fundo é um dos principais contribuintes para o sedimento em suspensão a 20 m de profundidade.

Sedimentos salinos de estuários frequentemente contêm pirita e outros compostos de enxofre facilmente oxidáveis. Quando estes sedimentos são oxidados, como quando o sedimento dragado é exposto ao oxigênio, o ácido sulfúrico pode ser produzido, o que pode sobrecarregar a capacidade de tamponamento do sedimento, baixar o pH e dissolver os óxidos e hidróxidos férricos que retêm metais pesados (DELAUNE & SMITH, 1985). Como resultado, quantidades significativas de níquel podem ser liberadas. Uma diminuição análoga do pH após a exposição ao oxigênio não foi observada em sedimentos de água doce.

A presença de bissulfetos de ferro em sedimentos de terras húmidas tem sido associada a uma maior mobilização de níquel na água subterrânea durante períodos de seca na Holanda (LUCASSEN *et al.*, 2002). Dessecação dos sedimentos levam à oxidação dos bissulfetos de ferro e subsequente acidificação dos sedimentos. Quando as relações S/ (Ca+ Mg) nestes sedimentos aumentam acima de 2/3, ocorre a mobilização de metais pesados como o níquel, levando a concentrações de níquel na água subterrânea que excediam o nível de alerta holandês de 50 ppb para níquel em 50% dos locais de monitoramento.

Bioacumulação

Foi relatado que o níquel não é acumulado em quantidades significativas pelos organismos aquáticos (BIRGE & BLACK, 1980; ZAROOGIAN & JOHNSON, 1984). A concentração de níquel em grandes peixes carnívoros, como a truta do lago, foi o mais baixo, e a concentração não aumentou sensivelmente com a idade do peixe. O fator médio de bioconcentração (BCF) para três espécies de peixes carnívoros foi 36 (BIRGE & BLACK, 1980).

A concentração de níquel em mexilhões e ostras tratados com 5 µg Ni/kg de água do mar por 12 semanas foi, em média, 9,62 e 12,96 µgNi/g, respectivamente, com base no peso seco (ZAROOGIAN & JOHNSON, 1984). Quando esses dados são ajustados para controle e a concentração de níquel no tecido é expresso em base de peso úmido, o fator de BCF para os mexilhões e ostras é de ≈100 µgNi/g.

Depois de 2 semanas em fluxo de água do mar, observou-se uma diminuição de 58% e 38% do níquel no mexilhão e na ostra, respectivamente. Não ocorreu perda significativa de níquel durante o restante do período de depuração de 28 semanas. O conteúdo de ácido sulfídrico volátil (AVS) no sedimento ajuda a determinar a biodisponibilidade dos metais. Em estudos de níquel e cádmio, os metais eram tóxicos para um anfípode (*Hyallela azteca*) e um Oligocheate (*Lumbriculus variegatus*) quando a relação metais extraídos/AVS era maior que 1 (ANKLEY *et al.*, 1991).

No trabalho de McGeer e colaboradores (2003) para determinar a BCF para níquel em vários organismos aquáticos (algas, artrópodes, moluscos e peixes), observou-se que em concentrações de exposição dentro do intervalo de 5 a 50 µgNi/L na água, valores médios de BCF de 106 ± 53 foram obtidos. Em intervalos de concentrações acima de 5-50 µgNi/L, um valor de BCF de 157 ± 135 foi obtido. Os autores observaram que os valores de BCF estavam inversamente correlacionados às concentrações de exposição, onde os maiores valores de BCF foram obtidos em menores concentrações de exposição. Não houve evidência de que o níquel biomagnifica nas cadeias alimentares aquáticas e, de fato, observou-se a evidência de que as concentrações de níquel nos organismos diminuem com o aumento do nível trófico (MCGEER *et al.*, 2003; SUEDEL *et al.*, 1994).

Dois estudos com ratazanas e coelhos que vivem em terras alteradas pela deposição de lamas contaminadas não indicaram acumulação de níquel nestes animais ou nas plantas que os alimentaram (ALBERICI *et al.*, 1989; DRESSLER *et al.*, 1986). A falta de bioacumulação

significativa de níquel em organismos aquáticos, ratos e coelhos indica que o níquel não é biomagnificado na cadeia alimentar.

Tal como acontece com a maioria das espécies de plantas que hiperacumulam metais, a alfafa ativamente remove e transloca metais pesados, como o níquel, das raízes para a parte aérea. A absorção de níquel em plantas é modulada pela acidez (pH) do solo. Smith (1994) mostrou que as concentrações de níquel no centeio, foram reduzidas por um fator de três quando o pH do solo foi aumentado de 4 para 7. Isto ocorre em função da diminuição na biodisponibilidade do níquel com o aumento do pH. A biodisponibilidade do níquel para as plantas é também influenciada pelo tipo de solo.

Zinco

O zinco é um elemento comumente encontrado na crosta terrestre. Ele é liberado para o meio ambiente de fontes naturais e antropogênicas; entretanto, liberações de fontes antropogênicas são maiores que as de fontes naturais. As principais fontes antropogênicas de zinco no ambiente (ar, água, solo) são relacionadas a operações de mineração e metalurgia envolvendo zinco e uso de produtos comerciais contendo zinco. Em todo o mundo, as emissões no solo são provavelmente a maior fonte de zinco no meio ambiente. A maioria das fontes importantes de zinco antropogênico no solo vêm de descargas de escória de fundição e resíduos, rejeitos, carvão e cinzas volantes de fundo, e o uso de produtos comerciais como fertilizantes e conservantes de madeira que contêm zinco.

O zinco é comumente encontrado na crosta terrestre, e liberações naturais para o meio ambiente podem ser significativas. Além disso, o zinco é um dos metais mais utilizados no mundo. As principais fontes industriais de zinco incluem galvanoplastia, fundição e processamento de minério, e drenagem de mineração com operações ativa e inativa (MIRENDA, 1986). Além disso, o zinco é um componente importante de latão, bronze, fundição de metal, outras ligas, borracha e tintas.

O zinco não se volatiliza do solo. Embora o zinco geralmente permaneça adsorvido ao solo, a lixiviação tem sido relatada em locais de disposição de resíduos. O zinco não volatiliza da água, mas é depositado principalmente em sedimentos por adsorção e precipitação. Contaminação severa de zinco tende a ficar confinada a áreas próximas às fontes de emissão. Grande quantidade de solo contaminado precisaria ser ingerida para atingir o valor do índice

alimentar registrado de 3,3 a 3,8 mg de zinco por dia. É, portanto, improvável que o zinco encontrado no solo contaminado represente um risco para a saúde se ingerido.

O zinco é capaz de formar complexos com uma variedade de grupos orgânicos e inorgânicos (ligantes). A atividade biológica pode afetar a mobilidade do zinco no ambiente aquático, embora a biota contenha relativamente pouco zinco em comparação com os sedimentos. Zinco é moderadamente acumulado em organismos aquáticos; a bioconcentração é maior em espécies de crustáceos e bivalves do que em peixes. O zinco não se concentra em plantas, e não biomagnifica através de cadeias alimentares terrestres.

O zinco ocorre no ambiente principalmente no estado de oxidação +2. A sorção é a dominante reação, resultando no enriquecimento de zinco em sedimentos suspensos e no leito. Em águas aeróbias, o zinco se distribui nos sedimentos através da sorção em óxidos de ferro hidratado e manganês, nos minerais de argila e no material orgânico. A eficiência destes materiais na remoção de zinco da solução varia de acordo com suas concentrações, pH, potencial redox (Eh), salinidade, natureza e concentrações de ligantes complexantes, capacidade de troca catiônica e concentração de zinco.

Precipitação de zinco de compostos solúveis aparenta ser significativa apenas sob condições redutoras em água altamente poluída. Geralmente, em valores de pH mais baixos, o zinco permanece como íon livre. O íon livre (Zn^{+2}) tende a ser adsorvido e transportado por sólidos suspensos em águas não poluídas. Em águas poluídas nas quais a concentração de zinco é alta, a remoção do zinco pela precipitação do hidróxido é possível, particularmente quando o pH é maior que 8 (EPA, 1979). Em ambientes anaeróbicos e na presença de íons sulfeto, a precipitação de sulfeto de zinco limita a mobilidade do zinco. A mobilidade relativa do zinco no solo é determinada pelos mesmos fatores que afetam seu transporte em sistemas aquáticos, isto é, solubilidade do composto, pH e salinidade (CLEMENT, 1985).

O zinco é um nutriente essencial que está presente em todos os organismos. Embora a biota pareça ser um menor reservatório de zinco em relação aos solos e sedimentos, a decomposição microbiana da biota na água pode produzir ligantes, como os ácidos húmicos, que podem afetar a mobilidade do zinco no meio aquático por meio da precipitação e adsorção (EPA, 1979).

As concentrações de zinco no ar são relativamente baixas, exceto perto de fontes industriais, como fundições. Não existe estimativa disponível para o tempo de residência do

zinco na atmosfera, mas o fato de ser transportado a longas distâncias no ar indica que sua vida útil no ar é pelo menos da ordem de dias.

Ar

Na atmosfera, o zinco existe principalmente oxidado, ligado a aerossóis, com o tamanho das partículas determinadas pela fonte de emissão (NRIAGU & DAVIDSON, 1980). A maior proporção de zinco liberado dos processos industriais é adsorvida em particulados que são pequenos o suficiente para estarem na faixa respirável (DORN *et al.*, 1976). A poeira soprada pelo vento transporta o zinco ligado às partículas de solo na atmosfera (EPA, 1980).

Partículas contendo zinco na atmosfera são transportadas para o solo e água por deposição úmida (chuva e neve) e deposição a seco (decantação gravitacional e deposição em superfícies de água e solo). Partículas de zinco com baixas velocidades de deposição seca (isto é, partículas com pequeno diâmetro e baixa densidade) podem ser transportadas de sua fonte de emissão para regiões distantes (PACYNA *et al.*, 1989).

A interação química dos compostos de zinco na atmosfera pode alterar a especiação aniônica do composto. As interações atmosféricas são maiores para partículas com pequenos diâmetros aerodinâmicos (FISHBEIN, 1981). O zinco é encontrado na atmosfera nas maiores concentrações nas menores partículas (FISHBEIN, 1981). Emissões atmosféricas de zinco, consistindo principalmente de zinco sorvido a material particulado sob a forma de óxido de zinco (ZnO) deverá dissipar-se rapidamente como resultado da deposição no solo e em águas superficiais (EPA, 1980).

Água

Na água, o zinco ocorre no ambiente principalmente no estado de oxidação +2. Dissolve-se em ácidos para formar cátions hidratados de Zn^{+2} e em bases fortes para formar ânions zincados, que são complexos hidroxido, por exemplo, $Zn(OH)_3$; $(Zn(OH)_4)^{2-}$ e $(Zn(OH)_4 \cdot 4[H_2O])^{2-}$ (O'NEIL *et al.*, 2001). Na maioria das águas, o zinco existe principalmente na forma hidratada do cátion divalente. No entanto, o metal geralmente forma de complexos com uma variedade de ligantes orgânicos e inorgânicos (EPA, 1979, 1984, 1987).

O zinco pode ocorrer nas formas suspensa e dissolvida em águas superficiais. O zinco dissolvido pode ocorrer como íon livre (hidratado) ou como complexos e compostos

dissolvidos com vários graus de estabilidade. O zinco suspenso (isto é, não dissolvido) pode ser dissolvido com alterações nas condições da água (por exemplo, pH, redoxpotencial, especiação de solução) ou pode ser absorvido em matéria suspensa. Gundersen e Steinnes (2003) relataram que menos de 10% do zinco foi sorvido em partículas ou colóides na água de dois rios com pH de 3.1 e 5.1 (rios próximos a atividade de mineração), enquanto 21% do zinco ocorreu em forma sorvida em seis rios de pH neutro.

No meio aquático, partições de zinco para sedimentos ou sólidos suspensos em águas superficiais ocorre através desorção em óxidos de ferro hidratado e manganês, minerais de argila e material orgânico. Em reservatórios localizados a jusante de mineração de chumbo-zinco e em áreas de beneficiamento mineral foram encontradas concentrações mais elevadas de zinco do que em reservatórios de outras áreas, e o zinco estava mais concentrado nos sedimentos no fundo do reservatório do que nos solos circundantes (PITA & HYNE, 1975). Além disso, o teor de zinco no sedimento estava estreitamente correlacionado com a profundidade, conteúdo orgânico e teor de argila dos sedimentos.

Fosfatos e ferri-hidróxidos afetam a transferência de metais (incluindo zinco) da água do rio para os sedimentos (HOUBA *et al.*, 1983).

O transporte de zinco no ambiente aquático é controlado por espécies aniônicas. Em águas naturais, agentes complexantes, como o ácido húmico, podem ligar-se ao zinco. A estabilidade dos complexos de zinco depende do pH da água e da natureza do complexo. A dissociação do complexo pode determinar a quantidade de íons de zinco livres em solução.

A tendência do zinco a ser sorvido é afetada não apenas pela natureza e concentração do solvente, mas também pelo pH e pela salinidade. O zinco tende a sorver mais rapidamente a um pH alto ($\text{pH} > 7$) (EPA, 1979). A desorção de zinco de sedimentos ocorre à medida que a salinidade aumenta (HELZ *et al.*, 1975), aparentemente por causa do deslocamento dos íons de zinco adsorvidos por cátions alcalinos e alcalino-terrosos, que são abundantes em águas salobras e salgadas (EPA, 1979).

Uma pequena fração de zinco existirá na fase aquática como compostos de zinco inorgânico solúveis (por exemplo, cloreto e sulfato de zinco) que hidrolisam em solução, formando hidróxido de zinco, e precipitará. A hidrólise pode diminuir o pH, mas a ação tampão presente na maioria das águas naturais impede alteração significativa no pH.

O hidróxido de zinco precipita mais rapidamente do que o carbonato de zinco. Zinco carbonato é solúvel em água pura a 25° C, a concentrações de ≤ 107 mg de zinco/L. O

hidróxido é solúvel somente em concentrações de $\leq 0,2$ mg Zn/L. Como resultado, algumas das formas inorgânicas de zinco que se espera estar presente em água são o carbonato básico ($Zn_2 [OH]_2CO_3$), o hidróxido ($Zn[OH]_2$) e o silicato (Zn_2SiO_4) (NAS, 1977; FLORENCE, 1980). Quando o pH é ≥ 8 , a maioria destes compostos irá precipitar, no entanto, à medida que o pH diminui, mais e mais desses compostos se dissolvem e permanecem na água (EPA 1979).

A precipitação do sulfeto de zinco afeta a mobilidade do zinco em ambientes redutores, especialmente quando sulfeto de hidrogênio é formado. A precipitação do hidróxido, carbonato ou sulfato básico pode se tornar mais significativa em altas concentrações de zinco. Os óxidos de zinco (hidratado) e não sulfetos são as espécies dominantes nos sólidos dos aquíferos sob condições redutoras. Os hidróxidos e os óxidos hidratados de ferro e manganês são frequentemente componentes da fração argila de sedimentos e muitas vezes existem como revestimentos nas superfícies de outros minerais (NAS, 1977). O zinco pode co-precipitar com óxidos hidratados quando óxidos de ferro ou manganês reduzidos são oxidados. À medida que os novos sólidos são formados, eles podem capturar vários íons em suas redes cristalinas (EPA, 1979).

Solo

O potencial redox do solo pode alterar o particionamento de zinco. Dissolução redutora de ferro e óxidos de manganês (hidratado) sob condições subóxicas liberam zinco na fase aquosa; a persistência de condições subóxicas podem então levar a um reparticionamento de zinco em sólidos de sulfeto e carbonato. Bostick e colaboradores (2001) descrevem a especiação de zinco em solo úmido contaminado que sofre inundações sazonais. Em solos secos oxidados, o zinco estava associado às fases de oxi-hidróxidos, enquanto em solos alagados o zinco estava associado a sulfetos e carbonatos. Mudança reversível ocorreu com a inundação do solo seco. No entanto, uma pequena fração de zinco tornou-se recalcitrante com a fração de oxi-hidróxidos.

O zinco se liga fortemente às partículas do solo. A mobilidade do zinco no solo depende da solubilidade das formas especiadas do elemento e das propriedades do solo, tais como a capacidade de troca catiônica, pH, potencial redox e espécies químicas presentes no solo. Em condições anaeróbicas, o sulfeto de zinco é a espécie controladora (EPA, 1980; KALBASI *et al.*, 1978). Como o sulfeto de zinco é insolúvel, a mobilidade do zinco em solo anaeróbio é baixa.

Em um estudo do efeito do pH na solubilidade do zinco, Saeed e Fox (1977) mostraram que, quando o pH é <7, existe uma relação inversa entre o pH e a quantidade de zinco em solução. Como as cargas negativas nas superfícies do solo aumentam com o aumento do pH, locais adicionais para adsorção de zinco são ativados e a quantidade de zinco em solução diminui. As espécies ativas de zinco no estado adsorvido são as espécies de hidróxido de zinco carregadas isoladamente, isto é, $Zn[OH]^+$ (SANDERS & KHERBAWY, 1987).

Por outro lado, a quantidade de zinco em solução geralmente aumenta quando o pH é maior que 7 em solos com alto teor de matéria orgânica. Isso é resultado da liberação de zinco organicamente complexado, redução da adsorção de zinco em pH mais alto ou aumento na concentração de agentes quelantes no solo (SAEED & FOX, 1977).

Argila e óxidos de metal são capazes de sorver zinco e tendem a retardar sua mobilidade no solo. O zinco foi mais móvel a pH 4 do que a pH 6,5 como consequência da sorção. Ácido húmico e Goethite (isto é, o oxihidróxido de ferro) causam uma diminuição maior na mobilidade (WARWICK *et al.*, 1988).

O zinco numa forma solúvel (por exemplo, sulfato de zinco) é moderadamente móvel na maioria dos solos. No entanto, é pouco usual o descarte do zinco em aterros na forma solúvel. Assim, a mobilidade é limitada por uma taxa lenta de dissolução. Conseqüentemente, espera-se que o movimento em direção à água subterrânea seja lento, a menos que o zinco seja aplicado a solos sob forma solúvel (como em aplicações agrícolas) ou acompanhados de substâncias corrosivas, tais como nos rejeitos de mina (EPA, 1980).

Conseqüentemente, o zinco permanece principalmente em formas imóveis e recalcitrantes em solos contaminados (CHLOPECKA *et al.*, 1996; KABALA & SINGH, 2001; KAMINISKI & LANDSBERGER, 2000; MA & RAO, 1997). No entanto, condições do solo não adequadas para a sorção de zinco podem levar à lixiviação. Baixo pH (pH <7) e alta força iônica da solução de lixiviação favorecem a dessorção (EPA, 1987; SAEED & FOX, 1977).

Bioacumulação

O zinco é um nutriente essencial e ocorre nos tecidos dos organismos, mesmo em concentrações ambientais normais de água e solo. O zinco pode se acumular em animais de água doce de 51 a 1.130 vezes a concentração presente na água (EPA, 1987). Estudos em microcosmos indicam, em geral, que o zinco não se biomagnifica nas cadeias alimentares

(BIDDINGER & GLOSS, 1984; EPA, 1979; HEGSTROM & WEST, 1989). Além disso, embora o zinco ativamente se bioacumule nos sistemas aquáticos, a biota parece representar um sumidouro em comparação com os sedimentos. Fatores de bioconcentração de zinco no estado estacionário (BCF) para 12 espécies aquáticas variam de 4 a 24.000 (EPA, 1987). Crustáceos e peixes podem acumular zinco da água e da comida. Uma BCF de 1.000 foi relatado para plantas aquáticas e peixes, e um valor de 10.000 foi relatada para invertebrados aquáticos (FISHBEIN, 1981). A ordem de enriquecimento do zinco em diferentes organismos aquáticos foi (concentrações de zinco em $\mu\text{g/g}$ peso seco aparecem entre parênteses): peixe 25, camarão 50, mexilhão 60, perifíton 260, zooplâncton 330 e ostra 3.300 (RAMELOW *et al.*, 1989).

O alto enriquecimento em ostras pode ser devido à ingestão de material particulado contendo maiores concentrações de zinco do que a água ambiente. Outros pesquisadores também indicaram que organismos associados a sedimentos têm maior concentração de zinco que os organismos que vivem na camada aquosa (BIDDINGER & GLOSS, 1984).

Com relação à bioconcentração do solo por plantas terrestres, invertebrados e mamíferos, BCF de 0,4, 8 e 0,6, respectivamente, foram relatadas. A concentração de zinco nas plantas depende das espécies de plantas, o pH do solo e a composição do solo (DUDKA & CHLOPECKA, 1990; RUDD *et al.*, 1988). As plantas não concentram o zinco acima dos níveis presentes no solo (LEVINE *et al.*, 1989).

Capítulo V: Rotas de Exposição

CONTEXTUALIZAÇÃO

Nesta etapa da ARSH, após a determinação dos contaminantes de interesse (cujas concentrações de contaminantes acima dos valores de referência em qualquer dos compartimentos ambientais avaliados, deve-se buscar a compreensão dos mecanismos de transporte). Os mecanismos de transporte assinalam as formas de mobilização, transformação, transporte e acumulação dos contaminantes através dos compartimentos ambientais, desde a fonte de emissão até os pontos onde a exposição humana pode ocorrer.

Por último, concluindo a avaliação dos dados ambientais nos estudos de ARSH, devem ser identificadas as rotas de exposição humana a esses contaminantes, a comprovação da existência dos cinco componentes possíveis de uma rota de exposição, determinando, ainda, se estes elementos estão ligados entre si.

Após a comprovação dos cinco componentes da rota de exposição, será possível categorizar a rota de exposição como completa ou como potencial e definir se a rota deve ser eliminada ou analisada no capítulo de implicações para a saúde.

Uma rota de exposição é um processo que permite o contato dos indivíduos com os contaminantes originados em uma fonte de contaminação. A rota de exposição é composta pelos seguintes cinco elementos:

Fonte de contaminação - É a fonte de emissão do contaminante ao ambiente. Entretanto, no caso em que a fonte original seja desconhecida, esta pode ser representada pelo compartimento ambiental responsável pela contaminação de um ponto de exposição.

Compartimento ambiental - Os compartimentos ambientais são vários, incluindo: materiais ou substâncias de resíduos, água subterrânea, água superficial, água de abastecimento público, alimentos, ar, solo superficial, poeira domiciliar, sedimento e biota.

Ponto de exposição - É o lugar onde pode ocorrer o contato humano com o compartimento ambiental contaminado, por exemplo, uma residência, local de trabalho, parque, jardim, curso de água (rio), corpo de água (lago), um manancial, um poço ou uma fonte de alimentos.

Via de exposição - São os caminhos pelos quais os contaminantes podem estabelecer contato com o organismo humano, tais como: ingestão, inalação, absorção ou contato dérmico.

População receptora - São as pessoas que estão expostas ou potencialmente expostas aos contaminantes de interesse em um ponto de exposição.

Uma rota de exposição não é simplesmente um compartimento ambiental (solo, ar, água) ou uma via de exposição (contato dérmico, ingestão, inalação). Ela inclui todos os elementos que ligam uma fonte de contaminação com a população receptora. Estes elementos podem, ainda, ocorrer no passado, no presente ou no futuro.

As diferentes rotas de exposição, mesmo que tenham um mesmo contaminante comum, podem significar diferentes problemas de saúde. Da mesma forma, um compartimento ambiental específico ou uma via de exposição, podem chegar a ser parte de múltiplas rotas de exposição. Além disso, mecanismos de transporte diferentes podem dar lugar a que as pessoas se exponham a distintas concentrações dos contaminantes.

Para determinar se uma rota de exposição é relevante para uma ARSH, é necessária informação suficiente para ligar o compartimento ambiental contaminado com uma população específica. Se a informação é insuficiente para chegar a tal determinação, o relatório de avaliação de saúde deve indicar qual é a informação que falta e fazer as recomendações pertinentes para preencher a lacuna de informação.

A equipe de ARSH identificará os vazios informativos que existem em cada um dos cinco elementos e explicará como influem na avaliação de uma rota específica. Em particular, deve identificar para qual ou quais contaminantes existe informação insuficiente com relação aos mecanismos de transporte e/ou vias de exposição, indicando que o vazio informativo impede uma avaliação completa dos contaminantes, enquanto os dados não estejam disponíveis.

As rotas de exposição que forem definidas deverão ser avaliadas na etapa “Implicações para a Saúde Pública”.

Identificação da fonte de contaminação

Uma fonte de contaminação é a origem da contaminação ambiental. Cada fonte representa uma localização (ponto ou área) por onde os contaminantes chegam ao meio ambiente como resultado de algum mecanismo de transporte.

Existem casos onde é difícil identificar a fonte original da contaminação. Mesmo que seja possível detectar contaminantes no ambiente, isto não implica que necessariamente se

conheça a fonte que origina a contaminação do meio. Em muitas ocasiões a fonte de contaminação não poderá ser conhecida. Em tais casos, e com o fim de estabelecer a rota de exposição, a equipe de ARSH pode assinalar o meio contaminado como uma fonte intermediária de contaminação.

Dependendo da estratégia de realização dos estudos em função dos fatores determinantes (urgência, recursos e características ambientais) a equipe poderá revisar a concentração dos contaminantes no ponto que suspeita que se origina a contaminação.

Assim, sempre que for possível, em função dos contaminantes assinalados, a equipe poderá realizar a comparação dos resultados obtidos com:

- Concentrações obtidas à jusante, corrente abaixo, montanha abaixo e ventos abaixo. Esta comparação ajudará a decidir se o ponto de emissão é uma fonte de contaminação. Se, a partir do ponto de suspeita, as concentrações do contaminante diminuem com a distância e se, além disso, a concentração não aumenta na direção contrária, tal ponto pode ser considerado uma fonte de contaminação.
- A frequência da emissão do contaminante pode determinar a necessidade de realizar maiores investigações sobre esta fonte. Os antecedentes sobre o período das emissões são fundamentais para definir a importância do ponto de emissão em períodos específicos, particularmente se as emissões envolvem algum elemento humano de controle. Com base no período de emissões e nas condições atuais, poderá se definir o período que deve ser considerado quando se avalia uma rota de exposição.

Compartimentos ambientais contaminados e mecanismos de transporte

Identificação do meio ambiental

Depois de identificar a fonte de contaminação, a equipe de ARSH deve reconhecer todos os meios ambientais que podem servir para o transporte dos contaminantes, desde a fonte até os pontos onde poderia ocorrer a exposição humana.

A lista de meios ambientais inclui: materiais de resíduos, lixiviados, gás, lodos, solo superficial, subsolo, sedimentos, água superficial, água subterrânea ou profunda (com subcategorias de poços municipais, privados e de monitoramento), compartimentos atmosféricos (ar, poeira) e alimentos de origem vegetal e animal.

Uma vez identificados os compartimentos ambientais contaminados, a equipe de ARSH deve considerar os mecanismos de transporte e de transformação que poderiam influenciar na migração dos contaminantes através de tais meios ambientais.

Sempre que ocorrer mais de um compartimento ambiental envolvido no transporte dos contaminantes, desde a fonte até a população receptora, a equipe deverá assinalar estas situações no relatório.

Idealmente, sempre que existam dados adequados para a avaliação da exposição humana, é importante para a equipe de ARSH, conhecer a situação passada e presente da contaminação nestes meios. No caso onde os meios ambientais não tenham sido amostrados corretamente, a equipe deverá explorar o destino dos contaminantes e os processos de transporte para determinar se o meio esteve, está ou poderá estar contaminado.

Uma vez que os mecanismos de transporte tenham sido avaliados para um meio ambiental em particular e for possível a determinação da extensão da contaminação desde a fonte, ou compartimento ambiental contaminado, a equipe deverá estar pronta para definir o ponto (ou pontos) de exposição associados com os meios contaminados.

Mecanismos de transporte

A avaliação dos mecanismos de transporte é muito importante para determinar:

- Fonte original de contaminação e o ponto de emissão para uma rota de exposição
- Possibilidade de contaminação e exposição potencial além das áreas amostradas
- Representatividade e adequação da amostragem realizada no local
- Necessidade e urgência de realização de estudos adicionais de amostragem ambiental, avaliação da exposição ou outros relacionados com a saúde
- Estimar o período da exposição.

No geral, o transporte ambiental envolve os movimentos de gases, líquidos e partículas sólidas dentro de um determinado meio e através de interfaces entre ar, água, sedimento, solo, plantas e animais. Quando uma substância é emitida para o ambiente, um ou mais dos seguintes eventos podem ocorrer:

- Movimento (advecção/convecção em água, transporte em sedimento suspenso ou através da atmosfera)
- Transformação física (volatilidade, poeira, particulado suspenso)
- Transformação química (fotólise, hidrólise, oxidação/redução)
- Transformação biológica (biodegradação, bioacumulação)
- Acumulação em um ou mais meios (incluindo o meio que recebe a emissão de contaminantes).

Os mecanismos de transporte e o destino dos contaminantes usualmente podem ser simplificados em quatro categorias básicas:

- Emissão: liberação ou descarga de material contaminado desde uma fonte.
- Advecção ou convecção: a migração normal ou o movimento do contaminante através do meio (exemplo, a corrente de um arroio, o fluxo do ar, a erosão do solo, arraste de solo por correntes superficiais, deslizamento de solos, movimento de massas, etc).
- Dispersão: distribuição de contaminantes em um líquido, gás ou fase sólida devida à mistura deste contaminante com dito material.
- Atenuação: a degradação, a adsorção ou o atraso do transporte de um contaminante.

Para cada meio contaminado podem existir vários mecanismos de transporte que devem ser considerados. Por exemplo, onde houver contaminação de solo, a equipe de ARSH determinará se os contaminantes de relevância são transportados através do arraste de solo por correntes superficiais, lixiviação, volatilização, suspensão de partículas por correntes de ar ou captação biológica. A Tabela 18 assinala alguns mecanismos de transporte importantes.

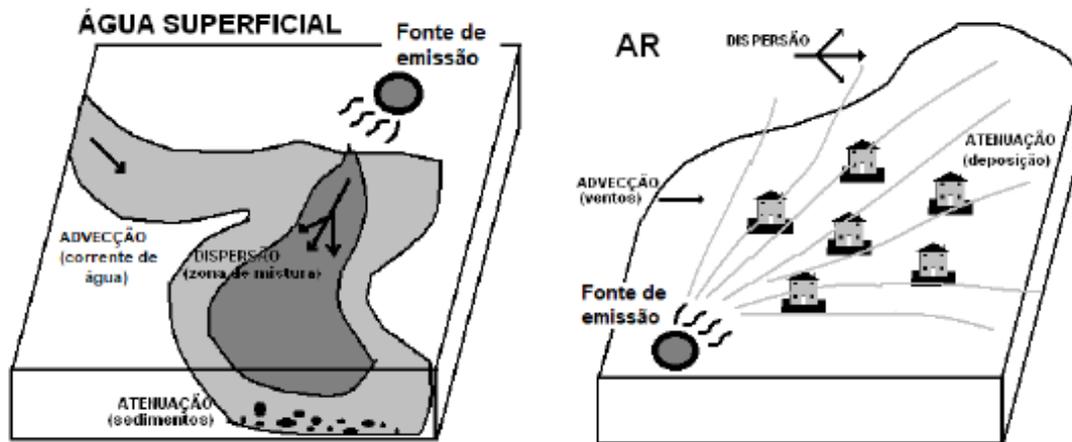
Tabela 17: Mecanismos de transporte

<i>Categoria de Transporte</i>	SOLO	ÁGUA SUPERFICIAL
<i>Emissão</i>	- Massa de contaminante que se elimina ao dia (ex., derrame de uma represa, tubulação ou caminho)	- Descargas ou derrames de tubulações; - Deslizamentos superficiais e perdas de solos; - Deposição atmosférica; - Descarga de aquíferos
<i>Advecção</i>	- Infiltração - Migração de gás - Arraste do solo - Erosão pela água ou vento	- Correntes de arroio - Correntes e transbordo de lagos
<i>Dispersão</i>	- Invasão com partículas de solo	- Zona de mistura em um curso ou corpo de água
<i>Atenuação</i>	- Adsorção - Biodegradação - Hidrólise - Oxi-redução - Fotólise - Volatilidade	- Sedimentação e outros fenômenos já assinalados para o solo
<i>Transferência entre os meios</i>	- Migração de gases ou de partículas no ar - Migração de aquífero - Migração para a água superficial, sedimentos e biota aquática - Captação biológica por plantas e animais	- Adsorção de sedimentos - Bioacumulação - Migração do gás para o ar - Recarga de aquíferos

Fonte: adaptado de BRASIL (2010) <file:///E:/ARSH/Avaliacao-de-Risco---Diretrizes-MS.pdf>

Na Figura 5 são representados alguns dos principais mecanismos de transporte dos contaminantes nos compartimentos ambientais.

Figura 5: Representação gráfica de alguns mecanismos de transporte.



Fonte: BRASIL (2010) <file:///E:/ARSH/Avaliacao-de-Risco---Diretrizes-MS.pdf>

Fatores específicos de natureza química que influenciam no destino dos contaminantes e no transporte ambiental

Depois de identificar os contaminantes de interesse no meio amostrado, e de distinguir os possíveis mecanismos de transporte, a equipe de ARSH deverá considerar os fatores de natureza química que podem influir no transporte do contaminante. As propriedades físico-químicas, tais como solubilidade e densidade, influem no destino e transporte do composto através das interfaces e dos meios ambientais. Dados sobre essas propriedades podem ser obtidos nos *Perfis Toxicológicos da ATSDR* ou em outras fontes tais como no *Hazardous Substances Data Bank* do sistema *TOXNET*.

Fatores específicos do local de estudo que influenciam no destino e transporte ambiental dos contaminantes

Ao identificar as possíveis rotas de transporte, a equipe de ARSH também deve considerar os fatores específicos do local de estudo que poderiam influir no transporte dos contaminantes. Cada local é único e deve ser avaliado buscando determinar as características que poderiam aumentar ou diminuir a migração dos contaminantes de interesse. Muitos dos fatores que afetam o transporte dependem das condições climáticas e das características físicas do local. A equipe deve avaliar os fatores específicos do local com relação às características dos contaminantes de interesse, buscando compreender seu potencial de migração. Alguns desses fatores são:

Taxa de precipitação anual. Esta informação pode ser muito útil para determinar a quantidade de arraste de solo por correntes superficiais. Por exemplo, uma alta taxa de precipitação anual em um lugar com contaminantes hidrossolúveis, ocasionará uma importante migração. As precipitações também transportarão os contaminantes do solo, por exemplo, para as drenagens. Por outro lado, a precipitação remove as partículas e compostos solúveis da atmosfera.

Condições de temperatura. Afetam o índice de volatilidade dos contaminantes, por exemplo, uma zona congelada retarda o movimento.

Velocidade e direção dos ventos. Influenciam no índice de geração de poeira. Durante os períodos de estabilidade atmosférica, a sedimentação gravitacional atuará na deposição de partículas.

Condições diurnas e estacionais. Podem ser um fator importante para alterar as taxas de migração dos contaminantes em lugares onde as médias de precipitação ou temperatura variam muito nas diferentes épocas do ano ou no decorrer do dia.

Características Geomorfológicas. Podem ter um papel muito importante na velocidade das correntes de água, o volume e índice de velocidade de correntes superficiais, médias de erosão e características do solo. Os terrenos sobre pedras fraturadas podem aumentar, de maneira significativa, as conexões hidrológicas entre corpos de água superficiais e aquíferos.

Características hidrogeológicas. Os tipos e a localização de aquíferos são importantes para determinar o perigo que a zona de estudo representa para fontes de água potável. Os

contornos do nível freático e as superfícies piezométricas indicam os gradientes hidráulicos e por fim, dão idéia dos padrões de fluxo dos aquíferos, incluindo a possibilidade de descargas superficiais, isto é, infiltrações, mananciais e arroios afluentes.

Canais de águas superficiais. Localização, largura e profundidade e suas áreas de inundação próximas à área de estudo também podem afetar a magnitude da migração dos contaminantes. As variações nos fluxos por mudanças nas estações do ano e os arroios intermitentes devem ser considerados na investigação. Devido ao fato que as correntes efluentes recebem água da zona de saturação (isto é, o canal está situado abaixo do nível freático) podem aumentar o movimento dos contaminantes da água subterrânea contaminada para a água superficial. Por sua parte, as correntes afluentes (isto é, o canal está situado acima do nível freático) proporcionam água para a zona de saturação e podem aumentar o movimento dos contaminantes da água superficial para a água subterrânea.

Características do solo. Aqui consideradas a configuração, composição, porosidade, permeabilidade e capacidade de troca iônica. Tais características influenciam nos índices de percolação, recarga de aquíferos, lixiviação de contaminantes e seu transporte. Como já assinalado, dependendo dos condicionantes para a realização dos estudos de ARSH, é importante a informação sobre as concentrações de metais, compostos orgânicos e pH nos solos da área, para delimitar a zona contaminada.

Cobertura do solo e características da vegetação. Influenciam nos índices de erosão, percolação e evaporação.

Flora e fauna. Na área de estudo poderiam ser utilizadas pelo homem como fonte alimentícia e, por isso, poderia facilitar a exposição humana.

Obras públicas. Os esgotos ou os canais de drenagem podem facilitar o movimento de contaminantes. Afora isto, poços mal construídos podem causar contaminação entre aquíferos.

Outros fatores que influenciam a qualidade dos resultados finais da ARSH incluem as amostragens ambientais representativas e confiáveis do local. A equipe de ARSH deve determinar se os dados ambientais existentes são adequados e suficientes para caracterizar o transporte de contaminantes e a magnitude da contaminação. Para tal, a equipe deve:

- Revisar o número, localização, tempo coberto e qualidade das amostras quanto aos critérios da ARSH; e

- Mencionar explicitamente os meios que não tenham sido amostrados.

Identificação de um ponto de exposição

O ponto de exposição é o terceiro elemento de uma rota de exposição e se refere ao ponto no qual as pessoas entram em contato com um meio contaminado. Pode ser identificado considerando o uso do solo e dos recursos naturais, em tempo passado, presente e futuro.

Historicamente, os padrões de uso do solo urbano têm variado de forma intensa. Uma mesma zona pode haver tido vários usos: recreativo, residencial, agrícola, comercial e industrial. Estes usos podem originar uma grande variedade de pontos de exposição, dependendo do meio ambiental contaminado e da época examinada.

Por isso, é muito importante que a equipe de ARSH considere o passado, o presente e o futuro com relação aos usos do solo e dos recursos naturais. Pode ser possível que, devido a ações corretivas ou por outras atividades desenvolvidas na área de estudo, a equipe não encontre pontos de exposição. Neste caso, deve considerar que os pontos de exposição existiram no passado e, assim, deve tratar de se buscar sua identificação. Os possíveis pontos de exposição para cada meio são discutidos a seguir:

Água subterrânea. Os pontos de exposição incluem: poços para uso municipal, doméstico, industrial e agrícola.

Água superficial. Os pontos de exposição incluem fontes de água para irrigação, uso de abastecimento público, indústrias, agricultura e consumo animal. Este tipo de água também pode ser usado para atividades recreativas.

Solo. Em zonas residenciais o solo pode ser ponto de exposição para os moradores da área. O ponto de exposição em interiores também é de interesse, já que pode resultar do transporte desde o local até as casas, pela suspensão, deposição e pisoteio. Afora isto, o solo contaminado pode ser utilizado como área para a produção de alimentos ou como local de recreação e convívio.

Ar. Os pontos de exposição envolvem contaminantes que são voláteis ou que se adsorvem às partículas suspensas. O contato pode ocorrer dentro e/ou fora das edificações (exteriores e interiores). Áreas situadas na direção dos ventos predominantes podem ser um ponto de exposição pelo arraste de substâncias voláteis ou de contaminantes fixados pelas

partículas de poeira. Uma rosa dos ventos da área é de grande ajuda para determinar a direção dos ventos dominantes e, por conseguinte, os possíveis contaminantes transportados por este meio a diversas direções.

Cadeia alimentar. Os pontos de exposição ocorrem se as pessoas consomem plantas, animais ou outros produtos alimentícios que tenham tido contato com solos, sedimentos, resíduos industriais, água superficial ou subterrânea, ar ou biota contaminados. Caso isto aconteça, poderiam representar pontos de exposição para os humanos, os produtos de hortas e jardins, produtos agrícolas irrigados com águas residuais, gado, caça, plantas medicinais ou qualquer outro organismo aquático ou terrestre no local ou nas proximidades da área de estudo. A equipe deve também considerar os pontos de exposição quando os animais, como gado e aves, se alimentam de material contaminado.

Outros meios. Também outros meios podem representar exposição adicional. Os sedimentos podem servir como reservatórios de contaminantes para organismos aquáticos, ou serem transportados a outras áreas e utilizados como solo superficial.

Assim, depois de haver identificado os pontos de exposição na área de estudo, a equipe deve considerar as potenciais vias de exposição para cada um dos pontos identificados.

Identificação de uma via de exposição

A via de exposição representa o quarto elemento de uma rota de exposição. As vias de exposição são os meios pelos quais os contaminantes entram no organismo humano e incluem:

- Ingestão de contaminantes por meio de consumo de água subterrânea, água superficial, solos e alimentos;
- Inalação de contaminantes de água subterrânea ou superficial pela presença de vapores ou aerossóis, inalação de contaminantes presentes no ar em forma de gases ou de partículas de solo ou poeira;
- Contato dérmico com contaminantes presentes na água, solo, ar e outros meios; e
- Absorção dérmica de contaminantes presentes na água, solo, ar ou outros meios.

A equipe de ARSH deve considerar todas as vias de exposição relevantes para a área de estudo, incluindo aquelas que poderiam ser pouco frequentes, porém concentrando-se nas de maior importância.

Uma vez que a via de exposição tenha sido determinada como relevante para uma rota de exposição, a duração e a frequência da via deve ser discutida para tal rota. O período compreendido pela via de exposição, quando seja de importância para o estudo, deve ser assinalado no capítulo de Implicações para a Saúde Pública.

Identificação de populações receptoras

O último elemento de uma rota de exposição é a população que esteve, está ou potencialmente poderá estar exposta através das vias de exposição aos contaminantes presentes em um ponto de exposição. Cada rota de exposição deve ser considerada com relação às populações que poderiam entrar em contato as rotas determinadas.

Localização das populações - A equipe de ARSH deve determinar a localização das pessoas no local ou proximidades da área do estudo. As áreas residenciais, escolas, creches, asilos, parques, áreas de recreação, etc., e as rotas de transporte, devem ser assinaladas no estudo. As populações que poderiam estar expostas aos contaminantes podem ser identificadas ao considerar as vias de exposição em cada ponto de exposição.

População exposta via contato com a água - Indivíduos potencialmente expostos incluem aquelas pessoas que se utilizam de água contaminada para o asseio pessoal ou recreação. Quando possível, devem ser identificadas todas as populações que usam a água proveniente de fontes sujeitas à contaminação. Devem ser consideradas, durante a avaliação, as características demográficas que poderiam afetar a magnitude da exposição.

População exposta via inalação - Devido à variação da concentração dos contaminantes no ar, dependendo das características de emissão e da distância da fonte de contaminação, as populações afetadas podem estar compostas por pessoas expostas a concentrações diversas dos contaminantes.

População exposta via ingestão de solo - A população exposta a contaminantes através da ingestão de solo pode ser identificada estimando a área de dispersão de contaminantes e depois determinando a população compreendida dentro desta área. A população pode ser

caracterizada com maior profundidade, identificando os grupos de alto risco (p.ex.: crianças). Entretanto, deve ficar claro que toda a população poderia ingerir alguma porção do solo contaminado.

População exposta via ingestão de água contaminada - Deve-se estabelecer se a contaminação se restringe às águas superficiais, aos aquíferos ou encontra-se em ambas as fontes. Caso os aquíferos estejam contaminados, devem ser obtidas informações específicas sobre os poços, sejam estes de uso do município, privado ou agrícola. Deve-se agregar aos dados dos sistemas de água, dados sobre as populações que são abastecidas por estes sistemas.

População exposta via ingestão de alimentos. Quando existir a possibilidade de que os contaminantes entrem na cadeia alimentar, a equipe de ARSH deve identificar as pessoas expostas ou potencialmente expostas por meio do consumo de animais e vegetais. O índice de consumo de vegetais e animais pode variar muito de comunidade para comunidade. Por exemplo, em alguns casos pode se encontrar famílias que se abastecem dos vegetais de suas próprias hortas ou famílias nas quais o pescado seja sua principal fonte de proteínas. Deve-se considerar na avaliação, todas as fontes do lugar. Quando estes alimentos forem parte de uma rota de exposição na área de estudo, deve-se indicar a população exposta ou potencialmente exposta. Durante a avaliação pode ser necessário o levantamento sobre hábitos alimentares, para se obter informação sobre a quantidade e frequência da ingestão de produtos contaminados. Outra informação de utilidade é o número de caçadores e pescadores com licença na área geográfica em particular, que pode indicar disponibilidade de animais no local.

Depois de identificadas as populações expostas ou potencialmente expostas, a equipe de ARSH deve avaliar fatores específicos da área de estudo que poderiam influenciar na duração e frequência da exposição.

A Tabela 19 apresenta as principais vias de exposição específica de cada meio ambiental.

Tabela 18: Rotas de exposição específicas de cada meio ambiental

MEIO AMBIENTAL	ROTAS DE EXPOSIÇÃO
ÁGUA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingestão direta. 2. Contato e reação dérmica. Contato e reação ocular. 3. Inalação secundária pelo uso doméstico (vapor, aerossol).
SOLO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingestão direta (principalmente crianças de 9 meses a 5 anos). 2. Contato e reação dérmica. Contato e reação ocular. 3. Inalação de compostos químicos voláteis presentes no solo. 4. Inalação de pó.
AR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inalação. 2. Contato e reação dérmica. Contato e reação oculares.
BIOTA/ CADEIA ALIMENTAR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Consumo de plantas, animais ou produtos contaminados, secundário ao consumo de água contaminada. 2. Consumo de plantas, animais ou produtos contaminados, secundário ao consumo ou contato com solo, pó ou ar contaminado. 3. Consumo de plantas, animais ou produtos contaminados, secundário à inalação ou à evapotranspiração de ar contaminado. 4. Contato dérmico com, ou reação à, plantas, animais ou produtos contaminados.
MEIOS MISCELÂNEOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingestão direta. 2. Contato e reação dérmicos. Contato e reação oculares. 3. Inalação secundária à volatilidade ou arraste dos contaminantes de meios miscelâneos

Fatores que influenciam a exposição

Cada área de estudo é única e deve ser considerada individualmente a fim de se determinar as características distintas que poderiam aumentar ou diminuir a frequência e magnitude da exposição humana. Ao avaliar a possibilidade de exposição, deve-se considerar os seguintes fatores:

Idade da população - A idade da população afeta o tipo, nível e frequência de atividades na área ou em sua vizinhança. Deve-se estabelecer na avaliação, a presença de grupos de alto risco, como crianças e idosos.

Condições climáticas - Uma revisão das condições climáticas é necessária porque fornece informação valiosa sobre o tipo e frequência das atividades ao ar livre e de recreação

da população local. O clima frio pode ocasionar o congelamento do solo e nevascas podem servir como cobertura que diminui a frequência do contato humano direto com os contaminantes.

Acessibilidade às áreas contaminadas - Os indivíduos podem entrar em contato com meios contaminados se o acesso à área não for limitado ou restrito. A presença de uma cerca não é um indicativo suficiente de que a área é inacessível. A equipe de ARSH deve indicar a necessidade de delimitar o acesso ao local, assinalar os materiais contaminados nos limites do local e zonas de contaminação. As áreas que tenham construções abandonadas, água estancada ou arroios, podem ser atrativas para as crianças; as áreas de recreação e as escolas próximas à área devem ser consideradas com especial atenção. É conveniente que se considere também a extensão das barreiras físicas, as condições das cercas ou dos sistemas de segurança que poderiam prevenir ou evitar a exposição. Uma revisão da segurança local pode servir para conhecer ações tomadas para minimizar as exposições. Neste contexto, por exemplo, poderia ser citada a proibição de construção de poços privados locais que poderiam abastecer um núcleo da população local com água subterrânea contaminada.

Usos do solo e dos recursos naturais - Uma revisão dos usos do solo no local e suas proximidades fornecerá informações valiosas sobre os tipos e a frequência das atividades da população nos arredores e sobre a probabilidade de aumento da exposição. Os usos do solo no passado, presente e planejamentos para o futuro necessitam ser considerados em toda a avaliação. Os usos do solo afetam significativamente os tipos e frequência das atividades humanas e, portanto, afetam o grau e a intensidade do contato com os solos, água, ar, resíduos industriais ou urbanos e o consumo de vegetais ou animais que podem servir como alimento. É importante que a equipe de ARSH tenha atenção aos seguintes fatores:

Áreas residenciais - As zonas habitadas adjacentes à área contaminada proporcionam um potencial de exposição para os seus habitantes.

Áreas recreativas - Algumas destas áreas poderiam ser pontos de exposição. Especial atenção àquelas construções, valas ou reservatórios na área de estudo que poderiam ser atrativos para as crianças.

Fontes de alimentos. A produção de vegetais e animais em áreas agrícolas ou em hortas familiares com solos contaminados geram uma série de riscos, já que a população pode ser exposta por múltiplas vias. Deve-se verificar em que intensidade os alimentos locais estão sendo consumidos como fonte de subsistência alimentar das famílias locais. Além disso, deve-

se considerar que os grãos ou gramíneas crescidas em solo contaminado podem não ser adequados para o consumo humano ou para o alimento animal. Em algumas áreas, as plantas silvestres ou os animais da fauna local (organismos aquáticos) podem representar uma proporção importante da dieta dos residentes locais.

Usos da água superficial. Deve-se verificar o uso dos corpos de água superficial (fonte de água potável, recreação, irrigação de zonas agrícolas, fonte de água para consumo animal e aquicultura).

Usos de água subterrânea. A informação similar à água superficial deve ser coletada para as fontes de água subterrânea. É de fundamental importância que a equipe de ARSH verifique o abastecimento de água, público e privado, que podem estar sob a interferência da contaminação. Além disso, onde se suspeite que grandes poços municipais que servem de abastecimentos públicos de água operem sobre aquíferos contaminados, deve-se buscar informação sobre localização, profundidade e perfil de construção dos poços. As taxas de captação de alta capacidade para uso agrícola, industrial e municipal podem influir e de alguma maneira determinar os regimes de fluxo da água subterrânea, o que afeta frequentemente o transporte do contaminante dentro da zona de captação do poço.

Poços residenciais privados. Deve-se estabelecer contatos com autoridades locais para determinar o número e usos deste tipo de poços na área que poderia estar contaminada.

É necessário que a equipe de ARSH empregue seu julgamento profissional para elaborar a lista final de possíveis rotas de exposição. No documento que se elabore para apresentar os resultados da avaliação de saúde, as rotas de exposição podem ser apresentadas em um formato de uma tabela, onde se indicam os elementos de uma rota de exposição, desde a fonte contaminante, o meio afetado, os pontos de exposição, as vias de entrada ao organismo e até as populações receptoras.

Categorização das rotas como potenciais ou completas

As rotas de exposição podem ser categorizadas como completas ou potenciais. Cada rota completa ou potencial representa uma condição de exposição passada, presente ou futura que deve ser assinalada. Deve-se avaliar a possibilidade da exposição humana aos contaminantes do local para cada rota potencial ou completa.

Mesmo que o enfoque de maior importância na avaliação de saúde deve ser sobre as rotas de exposição completas, deve-se reservar espaço para se discutir as rotas potenciais. Deve-se entender que qualquer contaminante associado com as rotas, sejam completas ou potenciais, requererá uma avaliação posterior na seção de Implicações à Saúde Pública.

Rotas de exposição completa

Uma rota de exposição completa é aquela em que seus cinco elementos ligam a fonte de contaminação com a população receptora. Sem importar que a rota seja passada, presente ou futura, em todos os casos em que a rota for completa, a população será considerada exposta.

A equipe de ARSH deve discutir cada rota de exposição completa em separado. As rotas são apresentadas mostrando como os cinco elementos (fonte de contaminação, meio ambiental afetado, ponto de exposição, via de exposição e população receptora) estão conectados entre si.

É necessário evitar confundir futuras rotas de exposição completas com futuras rotas potenciais, avaliando o estado da contaminação no ponto de exposição. Uma futura rota de exposição completa existe nas seguintes situações:

- Existência de uma contaminação atual (1) em um ponto de exposição ou (2) em um meio ambiental em um lugar que poderia chegar a ser um ponto de exposição em dias, semanas, meses ou anos (p.ex.: possível aumento de um contaminante metálico nos sedimentos e posterior contaminação da biota aquática comestível).
- Pessoas de uma comunidade que no futuro terão acesso irrestrito a um ponto de exposição ou poderão participar em atividades do meio em questão (ex.: os

trabalhadores das companhias que construirão parques desportivos sobre solos contaminados).

- A inexistência de controles institucionais para prevenir o contato com contaminantes atuais em pontos de exposição já definidos ou prováveis, onde é alta a possibilidade de contato humano com um meio contaminado que pode aparecer a qualquer momento em um futuro próximo.
- Se, por exemplo, uma residência, casa em construção ou lote residencial sem um poço profundo, encontra-se localizada sobre um aquífero contaminado e não existem impedimentos para prevenir os residentes ou proprietários sobre a construção de poços no aquífero contaminado.
- Quando existe a probabilidade de que a rota presente continue no futuro. Se uma residência habitada está construída sobre solos contaminados, os residentes seriam a população receptora para rotas presentes e futuras. Se uma residência vacante ou uma em construção se localiza na área com solos contaminados, existe uma futura rota de exposição completa pela alta probabilidade de que se apresente contato humano em um futuro próximo.
- Quando existe uma alta probabilidade de que se apresente uma atividade humana em um meio contaminado em qualquer momento.

Deve-se ter em mente que as rotas de exposição completas, tanto presentes como futuras, refletem uma exposição presente, contínua e provável de ocorrer em qualquer momento. Levando em conta que as rotas completas envolvem, seja uma exposição atual ou uma alta probabilidade de exposição no futuro, deve-se ter mais atenção à avaliação e às medidas recomendadas para prevenir a exposição presente e atual. Este enfoque permitirá que os órgãos ambientais se concentrem naquelas rotas para as quais a equipe de ARSH tem preocupações sobre a saúde pública.

Dessa maneira, deve-se determinar a urgência que a equipe de ARSH necessita obter toda a informação necessária para completar sua avaliação de saúde pública e que outras atividades de seguimento necessitam ser implementadas. A etapa final de “Conclusões e Recomendações” oferece elementos sobre esta questão.

Recomenda-se manter em mente que as rotas de exposição completas presentes e futuras se estabelecem quando existe uma alta probabilidade de que ocorra exposição humana em algum momento. Mas, também, uma rota desta categoria se estabelece quando se encontram evidências de que as rotas atuais de exposição completa se manterão no futuro ou que, determinadas por prováveis mecanismos de transporte, se formarão no futuro. A equipe de ARSH deve recomendar as medidas corretivas para aquelas rotas de maior risco.

Deste modo, abaixo são listados alguns exemplos de atividades humanas, que poderiam resultar em exposições a partir de futuras rotas completas:

- Construção de poços e consumo de água subterrânea contaminada
- Uso de solos contaminados para finalidades que levariam à exposição humana (residências, asilos, escolas, hospitais, áreas de recreação, produção de alimentos)
- Consumo de frutas e vegetais cultivados em solos contaminados
- Consumo de pescados de corpos de água contaminados
- Remoção e/ou uso de material ou meios contaminados
- Ocupação de construção sobre áreas com emissões de gás proveniente do subsolo
- Habitação ou trabalho em áreas com ar ou poeira contaminados.

Rota potencial de exposição

Uma rota potencial de exposição existe quando um ou mais elementos que constituem uma rota de exposição não forem identificados. O uso de dados obtidos por modelagem, devem ser evitados em estudos de ARSH. No entanto, dependendo das circunstâncias de realização dos estudos, principalmente nos casos de extrema urgência para determinação das populações potencialmente expostas, pode-se incluir nesta categoria aquelas rotas para as quais se empregou a modelagem a fim de completar as lacunas de informação (ex.: modelagem de dados de um aquífero empregando informação de níveis em um solo ou de outros aquíferos).

Caso seja necessária a utilização de tais dados, a equipe de ARSH deve enfatizar a natureza preliminar da ARSH. Usualmente, em tais casos, as rotas de exposição serão consideradas potenciais.

Uma rota potencial indica que a exposição a um contaminante pode haver ocorrido no passado, que pode ocorrer no presente ou que poderia ocorrer no futuro.

Recomenda-se assumir que uma rota potencial poderia ocorrer no futuro quando no ponto de exposição não se encontra evidência atual de contaminação. Por exemplo, a futura rota potencial de exposição se estabelece quando:

- A contaminação tem que migrar a algum ponto de exposição; ou
- Calculou-se (mediante modelos) ou projetou-se que a contaminação se apresentará em algum ponto de exposição.

Se existem possibilidades de que um poço privado de água potável seja afetado pelo contaminante encontrado à montante dele, pode-se então antecipar a existência de uma futura rota de exposição potencial.

Em geral, a discussão das rotas potenciais no documento final deve ser breve. Entretanto, condições particulares da área de estudo, como a descoberta de um aquífero contaminado, com uma pluma à montante de um poço público para abastecimento de água, pode ser de suficiente importância para maior atenção como rota potencial. As avaliações de saúde devem incluir uma lista das rotas potenciais.

Eliminação de uma rota de exposição

As rotas de exposição possíveis ou suspeitas podem ser eliminadas se as características do local indicam como pouco provável a exposição humana no passado, presente ou futuro. Da mesma forma, caso se comprove que um meio ambiental não está contaminado, a equipe de ARSH pode eliminar todas as rotas de exposição suspeitas associadas com tal meio. Entretanto, a eliminação de rotas baseando-se em informação sobre ambientes não contaminados deve ser tomada com cuidado já que, por um lado, deve-se considerar a possibilidade de uma futura contaminação e, por outro lado, também deve-se levar em conta que os dados desta informação devem ser analisados quanto a sua confiabilidade e representatividade, antes de tomar uma decisão final.

AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS LTDA.
Tel: 11 5096-7865 – www.ambios.com.br
CNPJ: 68.241.397/0001-47 / I.E: 113.427.861.113

A equipe de ARSH não deve descartar todas as rotas de exposição relacionadas com um meio específico tão somente porque uma (ou mais) rota (s) de exposição de tal meio não foram finalmente consideradas de importância. Por exemplo, ainda que a inalação de contaminantes voláteis poderia não ser de importância em um solo com abundante cobertura vegetal, o gás poderia migrar através do subsolo para entrar nas vizinhanças próximas. Para aquelas rotas que sejam preocupantes para a comunidade local, a equipe deve explicar com clareza porque foram eliminados o contaminante que causa inquietação e a rota suspeita.

Uma rota de exposição provável pode ser eliminada se ao menos um dos seus cinco elementos está ausente e nunca se apresentará. Há que recordar que o julgamento profissional deve ser usado quando se busque eliminar uma rota por falta de dados ambientais.

Se uma rota de exposição suspeita não pode ser categorizada como completa ou potencial e nenhum contaminante de interesse é identificado, a rota deve ser eliminada. Por outro lado, a equipe deve usar sua experiência profissional sobre como discutir o tema na avaliação de saúde.

Em geral, deve-se evitar discutir rotas de exposição humana ou ambiental que não estejam baseadas em dados ambientais, informação da área de estudo ou antecedentes bibliográficos. Se os contaminantes das rotas de exposição suspeitas são considerados importantes devido à preocupação da comunidade, a equipe de ARSH os discutirá na avaliação de saúde.

Definição de exposição da população

Existem três categorias de exposição da população: exposto, potencialmente exposto e exposição desconhecida.

População exposta

Uma população é considerada como exposta se existiu, existe, ou existirá, uma rota de exposição completa que liga o contaminante com essa população receptora. Uma população exposta inclui pessoas que ingerem, inalam, entram em contato com os contaminantes ou estão expostas à radiação no passado, presente ou futuro.

Exemplos de pessoas expostas são aquelas que:

AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS LTDA.
Tel: 11 5096-7865 – www.ambios.com.br
CNPJ: 68.241.397/0001-47 / I.E: 113.427.861.113

- Tenham ingerido, estão ingerindo ou ingerirão contaminantes de um ou mais meios ambientais
- Tenham inalado, estão inalando ou inalarão contaminantes de um ou mais meios ambientais
- Tiveram contato, têm contato ou terão contato com contaminantes de um ou mais meios ambientais
- Estiveram, estão ou estarão expostos à radiação de um ou mais meios ambientais

Se um meio ambiental (solo) contém um contaminante de interesse em um ponto de exposição (um jardim residencial) e existe evidência de que tenha ocorrido, ocorre ou ocorrerá uma via de exposição (ingestão), a equipe de ARSH deve assumir que os habitantes dessa residência estão ou estarão expostos. Se o jardim residencial está localizado em uma casa desocupada, a equipe de ARSH deve assumir que seus futuros ocupantes estarão expostos.

Os indivíduos também seriam considerados como expostos se a exposição tenha sido verificada mediante marcadores biológicos ou exames clínicos/médicos. Para a avaliação de saúde, não é indispensável contar com as conclusões dos estudos de ARSH para determinar a exposição em uma população.

População potencialmente exposta

Uma população é considerada como potencialmente exposta se uma rota de exposição potencial tenha existido no passado, existe no presente ou existirá no futuro.

População com exposição desconhecida

A equipe de ARSH assinalará esta categoria a uma população na qual não tenha sido possível estabelecer uma rota de exposição completa ou potencial.

Resumo para rotas de exposição completas e potenciais

A equipe de ARSH deve resumir em uma ou mais tabelas as rotas de exposição, os cinco elementos e os componentes temporais pertinentes. A equipe de ARSH deve realizar todos os esforços possíveis a fim de assinalar as populações expostas ou potencialmente expostas para

cada uma das rotas de exposição. Sempre que possível a tabela deve incluir quais os contaminantes afetam ou afetariam às populações nas rotas completas ou potenciais.

ROTAS DE EXPOSIÇÃO EM MARIANA E BARRA LONGA

Como já assinalado no capítulo de “Contaminantes de interesse”, existem diferenças fundamentais entre os aspectos ambientais dos impactos gerados pelo rompimento da barragem de Fundão sobre as localidades diretamente atingidas pela lama de rejeitos nas localidades de Mariana e Barra Longa.

A principal característica em comum dos impactos, afora a eliminação quase completa dos organismos aquáticos, principalmente dos elos superiores da cadeia trófica, pelo menos até a confluência do rio Gualaxo do Norte com o rio do Carmo, é a deposição da lama de rejeitos além das margens das drenagens impactadas, recobrando também a quase totalidade das áreas de várzeas. A dinâmica ambiental de como este impacto ambiental gerou a contaminação de outros compartimentos ambientais, gerando potenciais rotas de exposição aos humanos, já foi analisada nas etapas precedentes.

De qualquer forma, sendo a lama depositada nas margens e áreas de várzeas ao longo das drenagens atingidas, em dimensões, massas e volumes ainda não mensurados com precisão, considerando-se também que sua permanência poderá perdurar por décadas, é factível se considerar a lama de rejeitos decorrente do rompimento da barragem de Fundão em Mariana como a fonte primária de emissão dos contaminantes metálicos com potencial de contaminação de outros compartimentos ambientais.

Pela dinâmica ambiental advinda dos mecanismos de transporte dos contaminantes – que abordaremos adiante mais detalhadamente para cada contaminante e compartimentos ambientais avaliados – uma determinada concentração máxima encontrada num determinado compartimento não exclui a possibilidade de sua ocorrência em qualquer momento nos respectivos compartimentos ambientais de outras localidades.

Isto deve ser considerado, mesmo com os possíveis condicionantes atenuantes naturais ou de remediação que venham ocorrer, em função da continuidade da fonte geradora das emissões, a lama de rejeitos nos sedimentos das drenagens e no novo solo superficial formado pela lama de rejeito depositada.

Há de se considerar nesta avaliação que os contaminantes metálicos, ao contrário de muitos compostos orgânicos, não “desaparecem” ou “degradam” para espécies menos tóxicas. Alguns tornam-se, inclusive, mais tóxicos, como, por exemplo, os compostos metilados do mercúrio.

Por outro lado, como já salientado anteriormente, por sua composição granulométrica e química, os rejeitos pesados e mais inertes, formados majoritariamente pelos silicatos, devem ter sido carregados prioritariamente para o fundo das drenagens e se depositado em pontos como nas três barragens das hidrelétricas ao longo da bacia do rio Doce.

Ou seja, os sedimentos das drenagens atingidas pela lama de rejeito, também contendo os contaminantes metálicos, além de testemunho para sempre da contaminação representará uma fonte de emissão perene desses contaminantes.

Existem opiniões que afirmam que os valores basais já assinalavam concentrações elevadas dos metais pelas características minerais próprias da região, bem como pela ação humana pretérita nas atividades de mineração, como demonstrado pelos estudos geoquímicos contratados pela Fundação Renova.

No entanto, é indiscutível que a avalanche de lama trouxe uma importante contribuição adicional para os níveis elevados de contaminantes metálicos para toda drenagem principal da área, desde sua emissão a partir do local do rompimento da barragem em Mariana até a foz do rio Doce em Linhares, como demonstrado em estudos posteriores também contratados pela Fundação Renova.

O material “mais leve” dos rejeitos da barragem de Fundão, formados primordialmente pelos óxidos e oxi-hidróxidos de ferro e manganês, reconhecidamente grandes coletores de metais traços, inclusive os altamente tóxicos metais pesados, constitui, desde o momento de rompimento da barragem de rejeitos, o material sobrenadante que inundou as margens e várzeas das drenagens atingidas.

É este material, de permanência quase perene ou por muitas décadas, que formou o “novo solo” superficial nas áreas de deposição da lama. Além de seu arraste para as drenagens, principalmente pelas águas das chuvas, formando o “novo sedimento”, quando seco, será transportado na forma de poeira, inclusive para as áreas residenciais.

As demais possíveis contaminações de outros compartimentos ambientais se dão a partir desses mecanismos centrais. A forma e intensidade como isto se dará no futuro, ocasional e localmente, é de difícil previsão.

Com esta visão conceitual, e com base na estratégia de realização dos estudos sob as condições de “pior cenário”, anteriormente detalhado, a equipe de ARSH avalia que as rotas de exposição completas e potenciais, determinadas com base na comparação dos resultados analíticos das campanhas de amostragens realizadas pela equipe de ARSH da Ambios com os valores de referência utilizados nos estudos, são representativas para o período desde o rompimento da barragem de rejeitos em novembro de 2015 até o presente momento.

As projeções sobre rotas de exposição futuras se baseiam nos mecanismos de transporte extraídos de dados da literatura e da experiência de estudos anteriores da equipe de ARSH da Ambios.

A seguir são apresentadas as rotas de exposição por compartimento.

Alimentos

Utilizando os valores de referência específicos para cada alimento avaliado, não foram encontradas concentrações superiores a essas referências que indicassem a presença de contaminantes de interesse.

A maior expectativa de contaminação por metais, na visão da equipe de ARSH, era representada por alimentos de contato direto com o solo decorrente da deposição da lama de rejeito (tubérculos) ou, de forma indireta, por ingestão de gramíneas pelas vacas (leite) ou de solo contaminado pelas galinhas (ovos).

Em solos, pH, reações de redução de oxidação e formação de complexos são fatores importantes que afetam a mobilidade e biodisponibilidade dos contaminantes metálicos.

Aparentemente, pela forma como se apresentam no material da lama de rejeitos, os metais avaliados não se encontram, atualmente, em forma disponível para absorção pelos vegetais e gramíneas.

No entanto, futuramente, em razão de eventos naturais, de mecanismos de transporte e transformação, inclusive com participação microbiana, até agora desconsiderada, não é possível se afirmar se uma maior disponibilidade dos metais e absorção pelos vegetais relacionados não possam ocorrer e gerar rotas de exposição humana no futuro.

Por essa razão, a equipe de ARSH considera possível uma biodisponibilização futura de contaminantes metálicos para as plantações e gramíneas dessas áreas, por absorção radicular, contaminando animais e humanos pelo consumo dos alimentos.

Assim, a equipe de ARSH considera que os alimentos, principalmente aqueles produzidos nas áreas de deposição da lama de rejeitos, como os tubérculos, cujos resultados da amostragem ambiental não indicaram a presença atual de contaminantes de interesse, podem representar uma **rota de exposição potencial** futura, caso as condições físico-químicas do solo superficial se alterem permitindo a biodisponibilização dos contaminantes metálicos.

Complementarmente, o material particulado suspenso (poeira), gerado no solo superficial contaminado e mobilizado pelos ventos, poderá se depositar e ser absorvido por alimentos de folhagens, como as verduras, originando rota de exposição pelo consumo de tais alimentos. Cabe ressaltar que durante as campanhas de amostragem não foram identificadas hortaliças com tais características em quantidades e dimensões que justificassem uma amostragem para os propósitos desse estudo de ARSH.

Entretanto, caso tais plantações de verduras e leguminosas venham a ser realizadas em áreas de deposição da lama de rejeitos ou delas próximas que permitam a deposição da poeira oriunda do arraste pelos ventos do solo superficial contaminado, existe a possibilidade de ocorrência de **rota de exposição potencial futura**. Os componentes de tais rotas de exposição são apresentados na Tabela 20

Tabela 19: ROTAS DE EXPOSIÇÃO: ALIMENTOS

ELEMENTOS DA ROTA DE EXPOSIÇÃO						
ROTA NOME	FONTE	MEIO AMBIENTE	PONTO DE EXPOSIÇÃO	VIA DE EXPOSIÇÃO	POPULAÇÃO RECEPTORA	TEMPO
Alimentos	Solo contaminado	Tubérculos e raízes Vegetais	Local de consumo	Ingestão	Consumidores dos alimentos	Futuro

Assim sendo, o solo nas áreas com deposição da lama de rejeitos, bem como naquelas áreas, cujos solos superficiais, em decorrência dos ventos dominantes, possam ser contaminados pela poeira, devem ser monitoradas e **deve-se evitar a produção de alimentos nessas áreas**.

Água para consumo humano

A detecção de cádmio e chumbo nas amostras de água para consumo humano, mesmo que abaixo dos valores máximos permitidos, indicam uma prevalência ambiental nas captações que exige o contínuo monitoramento dos metais nas águas de captação.

Para consumo humano foram encontradas situações de concentrações de ferro e manganês acima dos padrões de potabilidade prescritos pelo Ministério da Saúde.

Entretanto, pelas razões já assinaladas no Capítulo III Contaminantes de Interesse, a equipe de ARSH descartou a inclusão de rota de exposição da água para consumo humano nas avaliações do Capítulo VI Implicações para a Saúde Pública.

No entanto, em função das fontes de emissão presente, principalmente no solo e sedimentos, não descarta a possibilidade de que fontes de captação de água para consumo humano, principalmente as de captação subterrânea, venham a ser contaminadas futuramente.

Assim sendo, a equipe de ARSH da Ambios considera esta uma rota potencial futura, exigindo o monitoramento permanente das águas para consumo humano de todas as formas de captação.

Os componentes da **rota de exposição potencial futura** são apresentados na Tabela 21.

Tabela 20: ROTAS DE EXPOSIÇÃO POTENCIAL FUTURA

ÁGUA DE CONSUMO HUMANO ELEMENTOS DA ROTA DE EXPOSIÇÃO						
ROTA NOME	FONTE	MEIO AMBIENTE	PONTO DE EXPOSIÇÃO	VIA DE EXPOSIÇÃO	POPULAÇÃO RECEPTORA	TEMPO
Água	- Água superficial; -Água Subterrânea	Água consumo humano	- Nas residências - Outros locais de uso e consumo	- Ingestão - contato dérmico	-Consumidores das águas contaminadas	Futuro

Solo superficial

Os resultados analíticos assinalam o cádmio como contaminante de interesse no solo superficial em ambas as localidades: Mariana e Barra longa.

Em solos, o pH, as reações de redução de oxidação e a formação de complexos, são fatores importantes que afetam a mobilidade de cádmio. Os metais podem participar em reações de troca na superfície negativamente carregada de minerais de argila. Em solos ácidos, a reação é reversível. No entanto, a adsorção aumenta com o pH e pode se tornar irreversível.

Em solo alcalino ou neutro, como é a expectativa no solo superficial formado pela deposição da lama proveniente do rompimento da barragem de Fundão, inclusive pela provável adubação e calagem promovida pela Fundação Renova, nessas áreas, é provável que o cádmio se apresente na forma de compostos tais como $Cd_3(PO_4)_2$, $CdCO_3$ e $Cd(OH)_2$. Estes compostos são formados à medida que o pH aumenta.

Sabe-se que o processo de flotação ocorre, predominantemente, em meio alcalino, e o controle do pH se faz com a adição de reagentes reguladores. Os reguladores alcalinos mais utilizados são hidróxido de sódio, hidróxido de cálcio e carbonato de sódio. Por isso, é de se supor que os rejeitos depositados na barragem de Fundão sejam de natureza alcalina.

Adicionalmente, conforme constatado nas campanhas de amostragem, a Fundação Renova, possivelmente para promover um rápido crescimento de cobertura vegetal nas áreas de deposição da lama de rejeitos e, provavelmente, para inibir o arraste desses rejeitos para outros compartimentos ambientais, têm realizado adubação desses solos com misturas de caráter alcalino. Conforme observado pela equipe de ARSH, a Fundação Renova tem realizado o plantio de vegetais diversos que, acredita-se, possa objetivar a remoção dos metais pelas raízes dessas plantas. Mesmo que a remoção não seja efetiva, essa vegetação plantada formará seguramente um ambiente de solo com maior teor orgânico.

Os contaminantes metálicos, como o **cádmio**, podem, nessas condições, precipitar como compostos insolúveis ou formar complexos por interação com matéria orgânica. Dados disponíveis sugerem que a matéria orgânica é mais eficaz do que os constituintes inorgânicos para manter, por exemplo, o cádmio indisponível.

Estudos indicam que cerca de 90% do cádmio nos solos permanecem nos 15 cm mais superficiais. O nível de contaminação de uma cultura depende da absorção pelo sistema radicular, da absorção direta foliar e da translocação dentro da planta, ou da deposição superficial de material particulado nas suas folhas e partes aéreas. Em geral, o cádmio se acumula nas folhas e, portanto, apresenta um risco maior em vegetais folhosos cultivados em solo contaminado do que em sementes ou culturas de raiz.

Por essas razões, a equipe de ARSH considera pouco provável que o solo superficial contaminado, nas condições atuais, possa representar uma rota de exposição pelos alimentos que venham a ser ali produzidos.

Por outro lado, a mobilização dos contaminantes pela ação dos ventos, transportando a poeira contaminada, bem como pelas chuvas, arrastando o solo superficial contaminado para os sedimentos das drenagens, bem como pelo contato direto das pessoas, resultam na possibilidade de geração de rotas exposição humana.

Sob a visão de pior cenário, a equipe de ARSH realizou a amostragem de solo superficial (solo até 10 cm de profundidade) somente nas áreas onde a lama de rejeitos, que após transbordar o leito das drenagens por ela atingidas, inundou áreas de margens e várzeas formando o “novo solo” superficial. A constatação de solo superficial contaminado neste estudo de ARSH restringe-se a essas áreas.

No entanto, é provável que o material particulado suspenso, a partir desse “novo solo” superficial, mobilizado pelos ventos, venha a se depositar e constituir, com o tempo, solo superficial contaminado, preferencialmente em áreas na direção dos ventos predominantes.

Um outro aspecto sobre o qual não foi possível realizar uma avaliação neste estudo de ARSH foi a questão da hidrogeologia, principalmente quanto às características do solo superficial formado pela lama de rejeito: a permeabilidade do solo nessas áreas, existência de fraturas e outros fatores de potencial influência na transferência dos contaminantes do solo para os aquíferos.

Os dados ambientais obtidos pela equipe de ARSH assinalam o solo superficial nas áreas de deposição da lama de rejeito como uma **rota completa de exposição no passado**, desde o rompimento da barragem, e **no presente**, pelo contato direto, inalação e ingestão (involuntária, adultos; e crianças, principalmente na fase de engatinhar) de poeira contaminada para os residentes dessas áreas.

Da mesma forma, o solo superficial representa uma **rota potencial de exposição futura** principalmente para os residentes das áreas na direção dos ventos predominantes para onde ocorra a deposição da poeira contaminada.

Os componentes da **rota de exposição completa** pelo solo superficial são apresentados na Tabela 22. Os componentes da **rota de exposição potencial futura** são apresentados na Tabela 23.

Tabela 21: ROTAS DE EXPOSIÇÃO COMPLETA: SOLO SUPERFICIAL.

ELEMENTOS DA ROTA DE EXPOSIÇÃO						
ROTA NOME	FONTE	MEIO AMBIENTE	PONTO DE EXPOSIÇÃO	VIA DE EXPOSIÇÃO	POPULAÇÃO RECEPTORA	TEMPO
Solo superficial	Solo superficial contaminado	- Solo Contaminado ; - Poeira	- Nas residências - Outros locais de contato	- Ingestão - Inalação - contato dérmico	- Residentes - Pessoas c/ atividades nessas áreas	- Passado, - Presente

Tabela 22: ROTAS DE EXPOSIÇÃO POTENCIAL FUTURA: SOLO SUPERFICIAL.

ELEMENTOS DA ROTA DE EXPOSIÇÃO						
ROTA NOME	FONTE	MEIO AMBIENTE	PONTO DE EXPOSIÇÃO	VIA DE EXPOSIÇÃO	POPULAÇÃO RECEPTORA	TEMPO
Solo superficial	Solo superficial contaminado	- Solo Contaminado; - Poeira	- áreas c/ deposição da poeira na direção dos ventos predominantes	- Ingestão - Inalação - contato dérmico	- Residentes - Pessoas c/ atividades nessas áreas	-Futuro

Sedimentos

Os resultados analíticos das campanhas de amostragem assinalam o **cádmio** como contaminante de interesse nos sedimentos das drenagens atingidas pela lama de rejeitos nas localidades de Mariana e Barra Longa.

Atualmente, em função da eliminação praticamente total da fauna aquática ao longo das drenagens atingidas pela lama de rejeitos, entre os quais dos peixes carnívoros, os superiores da cadeia trófica que reconhecidamente bioacumulam o cádmio, é pouco provável a exposição humana pelo consumo de organismos aquáticos oriundos dos ambientes aquáticos com sedimentos contaminados pelo cádmio nas localidades avaliadas.

No entanto, os sedimentos representam o testemunho da contaminação e os metais, como se sabe, não desaparecem ou se degradam para se tornarem atóxicos.

Em algum momento haverá a revitalização natural desses ambientes aquáticos, possivelmente com outras características das espécies predominantes, mas, seguramente, com nova ocorrência de organismos aquáticos a serem potencialmente consumidos pelos humanos.

Como já assinalado na revisão bibliográfica (ver “Mecanismos de Transporte”), os organismos aquáticos e terrestres bioacumulam o cádmio. A bioconcentração em peixes depende do pH e do conteúdo de húmus da água. Em animais de água doce e ambiente marinho, o cádmio pode atingir concentrações de centenas a milhares de vezes mais altas do que a concentração da água ambiente.

O fator de bioconcentração relatado (BCF) para cádmio varia de 3 a 4.190 para organismos aquáticos de água doce. Ou seja, em algum momento no futuro ocorrerá a revitalização dessas drenagens e o surgimento de outra fauna aquática. Os sedimentos contaminados, dependendo das características hidrogeológicas das drenagens atingidas pela lama de rejeitos, poderão ser transportados lentamente em direção ao fluxo dos rios. Entretanto, sempre haverá áreas onde o material contaminado tenderá a se concentrar.

No caso dos contaminantes metálicos, principalmente os metais pesados, tóxicos, é comum, pelos dados da literatura e pela experiência da equipe de ARSH da Ambios em estudos anteriores, serem transportado pelo material particulado mais fino que se depositam

preferencialmente em áreas de baixa velocidade de fluxo, nos “pontos de remanso” ou, mais adiante, em áreas estuarinas.

Por outro lado, é de conhecimento geral que as amplas áreas de deposição da lama de rejeitos, nas margens e várzeas dessas drenagens, representam uma fonte de emissão de longa duração para o carreamento do “novo solo” superficial, contaminado, por ação dos elementos naturais, para as drenagens com novos aportes de contaminantes para os sedimentos.

Em função da contaminação já detectada dos sedimentos por cádmio, e com a possibilidade da revitalização dos ambientes aquáticos, do ressurgimento dos organismos aquáticos comestíveis, inclusive dos peixes, bem como da mobilização e biodisponibilização futura de outros metais pesados por possíveis mecanismos de transporte, incluindo a participação crescente da atividade microbiana, a equipe de ARSH da Ambios recomenda um amplo monitoramento da contaminação por metais pesados dos organismos aquáticos comestíveis, utilizando os critérios de avaliação da ARSH, nos locais onde tais organismos aquáticos comestíveis já existam ou onde possam vir a reaparecer.

Desta forma, a equipe de ARSH considera os sedimentos contaminados pelo **cádmio** como uma **rota de exposição completa futura**. Os componentes da **rota de exposição completa futura** são apresentados na Tabela 24.

Tabela 23: SEDIMENTOS. ROTAS DE EXPOSIÇÃO COMPLETA FUTURA

ELEMENTOS DA ROTA DE EXPOSIÇÃO						
ROTA NOME	FONTE	MEIO AMBIENTE	PONTO DE EXPOSIÇÃO	VIA DE EXPOSIÇÃO	POPULAÇÃO RECEPTORA	TEMPO
Sedimentos	Sedimentos e Solo superficial contaminado	- Fauna aquática	- Local de consumo da fauna aquática	- ingestão da fauna aquática contaminada	- Consumidores da fauna aquática contaminada	-Futuro

Poeira domiciliar

As amostras de poeira domiciliar coletada nas residências das localidades de Mariana e Barra Longa apresentaram concentrações dos contaminantes metálicos: **cádmio, níquel, zinco e cobre** acima dos valores de referência.

Em função da pouca distância dos pontos de coleta das áreas de deposição da lama de rejeitos, é razoável a suposição que a poeira, coletada nas residências das diversas localidades dos municípios de Mariana e Barra Longa, tenha como origem principal o “novo solo” superficial gerado pela deposição da lama de rejeitos trazida pelo rompimento da barragem de Fundão.

Essa afirmativa torna-se mais contundente quando se observam os resultados da poeira domiciliar em Barra Longa onde a lama de rejeitos invadiu as áreas das residências e, posteriormente, a remoção e transporte desses resíduos, com intensa atividade do tráfego de caminhões, aumentou a emissão de poeira a altos níveis em praticamente todas as áreas da sede do município de Barra Longa, segundo relato dos moradores (ver “Preocupações da comunidade com sua saúde”).

Como já se tem relatado e fundamentado na revisão da literatura (ver “Mecanismos de Transporte”), o material particulado mais fino trazido inicialmente pela lama de rejeitos, por sua composição e densidade granulométrica, foi o principal material de deposição nas margens e várzeas das drenagens atingidas. Enquanto o material da barragem de rejeitos mais pesados, principalmente o de composição predominante dos silicatos, foi constituindo as camadas mais profundas no processo de arraste pelas águas, com deposição principal na calha do rio ou nas represas, o material mais leve, constituído pelos óxidos e oxi-hidróxidos de ferro e manganês formaram a “lama sobrenadante” que se espalhou além do leito regular das drenagens atingidas. Os dados da literatura assinalam que justamente este tipo de material, óxidos e oxi-hidróxidos de ferro e manganês, são captadores naturais dos contaminantes e, no caso aqui abordado, da lama de rejeitos proveniente do rompimento da barragem de Fundão, dos traços metálicos com forte participação dos metais pesados.

Ainda, conforme já assinalado, após secagem, as partículas mais finas das camadas mais superficiais do “novo solo” superficial passaram a ser facilmente mobilizadas pelos ventos, formando o material particulado suspenso que, além da contaminação do ar ambiente, se

deposita principalmente em locais de baixa velocidade e intensidade da ação de transporte dos ventos, entre eles, e principalmente, nas residências próximas à geração dessa poeira.

Dados da literatura indicam que o material particulado fino pode, após sua mobilização, permanecer no ar até 30 dias e alcançar área de abrangência de até 1,5 quilômetros a partir do ponto de sua emissão. Sob esta perspectiva, há de se considerar que todas as localidades avaliadas pela equipe de ARSH da Ambios nos municípios de Mariana e Barra Longa, inclusive toda a área da sede do município de Barra Longa estiveram e estão, conforme os resultados das amostragens, sob influência da poeira contaminada.

Em muitas áreas, como na sede do município de Barra Longa, esta exposição à poeira contaminada intensificou-se fortemente com os trabalhos de remoção e transporte da lama de rejeitos

As altas concentrações dos contaminantes: **cádmio, níquel, zinco e cobre, na poeira domiciliar** nas residências das localidades avaliadas dos municípios de Mariana e Barra Longa, muito acima dos valores de referência utilizados, determinam a poeira domiciliar como uma **rota completa de exposição humana no passado**, desde o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, **no presente e no futuro**, tão longo não se consigam providências de remediação que inibam ou eliminem completamente a geração da poeira contaminante.

Os componentes da **rota de exposição completa** pela poeira domiciliar são apresentados na Tabela 25.

Tabela 24: POEIRA DOMICILIAR. ROTA DE EXPOSIÇÃO COMPLETA

ELEMENTOS DA ROTA DE EXPOSIÇÃO						
ROTA NOME	FONTE	MEIO AMBIENTE	PONTO DE EXPOSIÇÃO	VIA DE EXPOSIÇÃO	POPULAÇÃO RECEPTORA	TEMPO
Poeira domiciliar	Solo superficial Contaminado	Poeira domiciliar	- Residências a até 1,5 km a partir da emissão na direção dos ventos predominantes	- Ingestão involuntária; - Inalação	- Residentes a até 1,5 km a partir da emissão na direção dos ventos predominantes	-Passado; -Presente e -Futuro

Em resumo, os componentes das rotas de exposição completa de Alimentos, Água, solo, sedimento e poeira estão sumarizados no Quadro 10.

Quadro 10: RESUMO ROTAS DE EXPOSIÇÃO DOS COMPARTIMENTOS AVALIADOS

	Alimento	Água	Solo	Sedimento	Poeira domiciliar
Fonte	Solo contaminado	Água superficial e subterrânea	Solo superficial contaminado	Solo superficial contaminado	Solo superficial contaminado
Meio Ambiente	Tubérculos e Raízes	Água de Consumo Humano	Solo contaminado e poeira	Fauna aquática contaminada	Poeira domiciliar
Ponto de exposição	Local de consumo	Nas residências e em outro local de consumo	Nas residências e em outro local de contato	Local de consumo da fauna aquática contaminada	Residências a até 1,5 km a partir da emissão na direção dos ventos predominantes
Via de exposição	Ingestão	Ingestão, contato dérmico	Ingestão, inalação, contato dérmico	Ingestão da fauna aquática contaminada	Ingestão involuntária; inalação
População receptora	Consumidores de alimentos	Consumidores de águas contaminadas	Residentes e pessoas com atividades nessas áreas	Consumidores da fauna aquática contaminada	Residentes; até 1,5 km a partir da emissão na direção dos ventos predominantes
Tempo	futuro	passado; presente	passado; presente	futuro	passado; presente e futuro

Capítulo VI: Implicações para a Saúde Pública

Implicações para a saúde

INTRODUÇÃO

Nos relatórios anteriores, a investigação do processo de contaminação ambiental e a análise dos dados ambientais produzidos a partir das amostragens realizadas, definiu os contaminantes de interesse e estabeleceu as rotas de exposição humana, segundo os parâmetros da metodologia de Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH) proposta pelo Ministério da Saúde. Da mesma forma, foi construído o perfil sociodemográfico, de saúde e das características culturais, assim como realizado o Levantamento das Preocupações da Comunidade, nas localidades objeto desta fase do desenvolvimento dos estudos, Mariana e Barra Longa.

A realização destas três etapas é mandatória para que sejam avaliadas as implicações sobre a saúde decorrentes do desastre ambiental causado pelo rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, em Mariana, no ano de 2015. A caracterização sociodemográfica, das condições de saúde e dos padrões culturais permite a identificação de situações de vulnerabilidade específicas das potenciais populações expostas. A presença de grupos populacionais mais susceptíveis a agentes lesivos, à existência de hábitos culturais e de organização dos espaços sociais que propiciam maior interação com os meios ambientais em estudo, à localização e às condições das moradias, são fatores que podem representar um risco diferenciado de exposição aos contaminantes identificados, e de impacto sobre a saúde das potenciais populações expostas.

Da mesma forma, a definição dos contaminantes de interesse e das rotas de exposição permite uma investigação dos efeitos lesivos sobre a saúde mais específica e, simultaneamente, qualitativamente mais abrangente. Esta definição permite a estimativa da exposição e, também, a identificação das lacunas existentes na informação técnico-científica atual relativa aos contaminantes em estudo. Esta condição exige que o dimensionamento e análise dos efeitos lesivos à saúde seja realizado a partir de parâmetros quantitativos e qualitativos de exposição.

Toda proposta de atenção à saúde deve também incluir a percepção e as preocupações da população com a sua saúde. Neste sentido, o levantamento das preocupações da

comunidade tem como objeto identificar as questões e dúvidas da população, relativas ao impacto sobre a sua saúde decorrente do processo de contaminação ambiental ocorrido. Para além do estabelecimento dos possíveis efeitos lesivos sobre a saúde da população exposta, o relatório de implicações sobre a saúde deve responder às indagações apresentadas por esta população em relação à sua saúde.

Assim sendo, este relatório foi construído a partir das informações coletadas, analisadas e descritas nos relatórios anteriormente elaborados. Ele está organizado nos seguintes tópicos:

Avaliação Toxicológica: os possíveis efeitos adversos de cada substância contaminante, nas condições em que são encontradas nas localidades de Mariana e Barra Longa, sobre a saúde das populações expostas.

Considerações preliminares

Cálculo da Dose de Exposição aos contaminantes de interesse definidos

Perfis toxicológicos - Efeitos tóxicos dos contaminantes de interesse

Análise dos estudos e dados de saúde existentes relativos as localidades de Mariana e Barra Longa

Estabelecimento das Implicações sobre a saúde das populações expostas das localidades de Mariana e Barra Longa

Resposta às preocupações sobre a saúde

AVALIAÇÃO TOXICOLÓGICA

Considerações preliminares

Os efeitos adversos sobre a saúde aos quais viemos nos referindo ao longo deste relatório serão considerados segundo a capacidade de o agente químico produzir câncer e/ou efeitos adversos sistêmicos.

Câncer

O corpo humano pode ser considerado como uma sociedade bem organizada de células. Cada conjunto de células (tecidos) tem funções determinadas e colaboram para a manutenção de todo o organismo. No organismo humano, assim como qualquer organismo vivo sadio, as células somáticas são comprometidas com sua própria morte, dedicam suas existências ao suporte das células germinativas. As células germinativas são destinadas a reprodução do organismo. Qualquer mutação que dê origem a um comportamento egoísta de uma célula somática, fazendo-a reproduzir-se indefinidamente, compromete toda a sociedade – essa é a origem do câncer. Em geral deriva de uma única célula que se reproduz em detrimento dos vizinhos normais e invadem e colonizam outros territórios reservados para outras linhagens de células.

Para que ocorra um câncer, ou melhor, para que uma única célula se torne cancerosa, é necessária uma série de modificações. Uma substância química é dita cancerígena quando é capaz de produzir dano ao funcionamento normal da célula. Um carcinógeno pode participar da origem do câncer de duas formas diferentes. Como iniciador do tumor ele produz alterações mutagênicas que preparam a célula para tornar-se cancerosa. Por si só essas substâncias não são capazes de gerar câncer, mas modificam a célula permanentemente de tal forma que quando estas entram em contato com promotores de tumor são então transformadas e geram câncer, não importa o tempo que tenha decorrido entre os dois eventos (IARC, 2019a).

No mecanismo normal de divisão celular há genes que inibem a divisão e há genes que a estimulam. Ocorre câncer quando há mutação em um dos genes que controlam esses mecanismos. Os genes que inibem a divisão celular são chamados de genes supressores de tumor e o gene alterado que hiperativa o estímulo a divisão celular é chamado oncogene. As substâncias químicas podem atuar promovendo mutações genéticas e chegar a essas alterações permanentes. Aqui estão a maior parte das substâncias carcinogênicas. É por isso que quando uma substância é suspeita de ser carcinogênica ela requer todo cuidado. Tem-se sempre poucas evidências de carcinogenicidade em humanos (é preciso que ocorram em torno de sete mutações específicas, em uma única célula) podendo ocorrer após uma única exposição, mas é mais garantido que ocorra após exposições repetidas por um período longo de tempo. Se as características físico-químicas da substância fazem com que tenha uma longa meia-vida, portanto persista muito tempo sem se metabolizar, e também facilitem sua acumulação nos organismos vivos, então haverá mais substância no interior do organismo para promover tais mutações genéticas. De toda forma, o câncer é sempre um evento muito raro e pode ocorrer longe do momento de contaminação. Essa é uma das razões inclusive pela qual o câncer devido a substâncias químicas é pouco diagnosticado, é difícil realizar onexo causal (IARC, 2019a).

Em vista dessas dificuldades, a carcinogenicidade é um dos testes toxicológicos que são realizados para avaliar uma substância química. São realizados diversos ensaios em animais de laboratórios com diversas doses, vias de administração, duração da exposição e espécies diferentes de animais para avaliar o tipo e local do câncer produzido. Normalmente, é com dados em animais que contamos com maior frequência, o que implica em grandes incertezas e determina que sejam feitos cálculos adicionais para extrapolar os resultados destes estudos para seres humanos (IARC, 2019a).

As substâncias são classificadas segundo sua carcinogenicidade. Aqui utilizaremos a classificação elaborada pela Agência de Proteção Ambiental Americana (Environmental Protection Agency - EPA) e pela Agência Internacional de Investigação do Câncer (International Agency for Research on Cancer - IARC). Essas classificações estão baseadas, em sua maioria, em experimentos com animais. As tabelas 26 e 27 apresentam as classificações dos carcinógenos segundo as duas instituições.

Tabela 25: EPA classificação dos carcinógenos

Categorias		Evidências
A	Carcinógeno humano	Dados suficientes em humanos
B	Carcinógeno provável humano B1	Dados limitados em humanos e dados suficientes em animais
	B2	Dados em humanos inadequados ou ausentes e dados suficientes em animais
C	Carcinógeno humano possível	Dados em humanos ausentes e dados limitados em animais
D	Não há evidências de ser carcinógeno humano	Dados ausentes ou inadequados em humanos ou em animais
E	Não carcinógeno humano	Nenhuma evidência em estudos adequados em humanos ou animais.

Fonte: EPA, 2019a.

Tabela 26: Iarc, classificação dos carcinógenos

Categorias		Evidências
1	Carcinógeno humano	Dados suficientes em humanos
2A	Carcinógeno provável humano	Dados limitados em humanos e dados suficientes em animais OU dados suficientes em animais e outros dados relevantes
2B	Carcinógeno humano possível	Dados limitados em humanos OU dados suficientes em animais OU dados limitados em animais e outros dados relevantes
3	Não há evidências de ser carcinógeno humano	Dados ausentes ou inadequados em humanos ou em animais
4	Provável não carcinógeno humano	Nenhuma evidência em estudos adequados em humanos e animais.

Fonte: IARCa, 2019a

Assim, um agente químico é considerado carcinogênico quando aumenta a ocorrência de câncer ao ser administrado a animais, em comparação com controles não tratados. Existem quatro tipos de respostas neoplásicas aceitas como evidências de carcinogenicidade, o aumento da taxa “normal” de ocorrência de tumores, o desenvolvimento de novos tipos de câncer, uma diminuição do tempo médio para o aparecimento de um tumor e uma nova multiplicidade de cânceres (IARC, 2019a).

Uma das grandes dificuldades do estudo da carcinogenicidade das substâncias químicas é a escassez de dados em humanos. A maior parte dos agentes, quando há informações, são extraídas de dados de experimentos em animais. Para a extrapolação desses dados para humanos, é preciso ter em conta que além das diferenças entre as espécies, na maioria das situações de exposição humana encontramos baixas doses, exposição a múltiplos agentes e de longa duração. Para minimizar essas dificuldades, diversas instituições internacionais desenvolveram modelos para permitir que se faça, com alguma segurança, essa extrapolação dos dados em animais para situações de exposição humana.

O modelo em estágios múltiplos é o método de extrapolação de altas para baixas doses utilizado pela EPA. É um modelo que pressupõe que a resposta câncer ocorra após uma série de eventos celulares. Também é admitido que resposta 0 se obtém quando a dose é 0, ou seja a curva dose-resposta passa necessariamente pela origem (0,0). Essa estimativa de resposta humana para baixas doses produz uma reta cujo fator de inclinação (*slope factor*) é o indicador utilizado para estimar excesso de risco de câncer para cada substância. Ele significa o potencial carcinogênico de uma substância quando a pessoa está exposta durante toda sua vida a 1mg/Kg-dia desta substância. O risco unitário de câncer é outro indicador que informa o risco estimado de câncer para cada unidade de concentração no meio considerado. Ele é uma estimativa quantitativa de risco ou por $\mu\text{g/L}$ de água potável ou por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar respirado. Por exemplo, a EPA atribui um risco unitário de câncer por inalação do cádmio de $1,8^{-3}$ por ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) o que significa a estimativa de risco caso haja exposição a uma concentração de cádmio no ar de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar inalado durante toda a vida. São indicadores de potencial carcinogênico que multiplicados pela dose (em se tratando de fator de inclinação) ou pela concentração no ar ou água (risco unitário) darão as estimativas de excesso de risco de câncer (ATSDR, 2005a).

Estes são parâmetros que devem ser levados em conta quando se realiza a investigação e o acompanhamento de saúde de uma população exposta a compostos químicos.

Efeitos Sistêmicos

A maior parte dos estudos de toxicidade de uma substância química é feita com animais. Esses estudos são realizados oferecendo uma dose conhecida de uma substância a uma população de animais. Eles são realizados com diversas doses para que se possa determinar alguns indicadores de toxicidade como o NOAEL (no-observed-adverse-effect-level) que é o nível de maior dose oferecida a uma população de cobaias que não apresentou nenhum efeito adverso; o LOAEL (lowest-observed-adverse-effect-level) indica qual o menor nível de dose em que foi observado efeito adverso. Cada um desses indicadores é elaborado para cada tipo de exposição, quanto a duração (pode ser aguda, intermediária e crônica) e quanto a via de exposição (respiratória, oral, dérmica). Outro indicador de toxicidade é a DL50 (dose letal 50 – aquela que mata 50% da população de cobaias). Com base nesses estudos com animais, são elaboradas as curvas de dose - resposta (para cada efeito, nas abscissas são colocadas as doses e nas ordenadas a população de cobaias que apresenta o efeito). Os efeitos sistêmicos ocorrem quando a substância produz efeitos sobre os mais diversos órgãos (rins, fígado, cérebro, coração etc.) e tecidos, que são observados em animais. Nem sempre eles são os mesmos observados em humanos, mas é lícito supor a ocorrência de efeitos em humanos caso ocorram em animais. Essa extrapolação de animais para humanos é realizada considerando graus de incerteza (ATSDR, 2005a).

O indicador que vamos utilizar nesse estudo é o Nível de Risco Mínimo (Minimal Risk Level - MRL). É definido como uma estimativa de exposição diária humana a uma substância perigosa que provavelmente não trará risco de efeito adverso diferente do câncer, considerando uma duração específica de exposição (aguda – 1-14 dias, intermediária – 15 – 364 dias, e crônica – 365 dias ou mais) para uma determinada via de exposição. O MRL é um indicador de perigo e quer dizer que exposições até esse nível provavelmente não acarretarão efeito adverso inclusive à pessoa mais sensível. Exposições acima do MRL não significam que ocorrerão efeitos adversos. O MRL é baseado no NOAEL referido ao estudo que menor dose utilizou para verificar o efeito adverso mais sensível que a substância produziu, associado aos graus de incerteza. Quando se dispõe de informações suficientes de diversos estudos em animais, em diversas espécies, é utilizado o maior nível de dose em que não foi observado nenhum efeito adverso (NOAEL). O MRL é produzido dividindo-se o NOAEL pelos fatores de incerteza. Em geral, quando se usa o NOAEL, os fatores de incerteza são 2 (10^2) agregando um

fator 10 pela extrapolação de animais para humanos e outro fator 10 pela variabilidade e suscetibilidades humanas (ATSDR, 2005a).

A população

Para uma análise mais detalhada da exposição humana e seus efeitos sobre a saúde dividimos a população em grupos de acordo com a faixa etária, importante para procedermos ao cálculo da exposição e também para a discussão dos efeitos sobre a saúde.

Na discussão dos efeitos das substâncias químicas sobre a saúde das pessoas, alguns grupos merecem atenção especial, são as ditas populações susceptíveis. Uma população susceptível exibe respostas diferentes ou mais acentuadas a uma determinada substância química do que a maioria das pessoas expostas ao mesmo nível da substância no meio ambiente. Entre as razões para esta susceptibilidade estão herança genética, mecanismos imunológicos de defesa ou mecanismos enzimáticos ainda não totalmente ativos ou já em processo de desgaste, estado nutricional e de saúde entre outros. Estes fatores vão contribuir para uma diminuição da capacidade do organismo de detoxificar ou excretar as substâncias químicas, contribuindo para o aumento do seu potencial tóxico. Entre os grupos populacionais particularmente susceptíveis aos contaminantes de interesse definidos estão as crianças e idosos, gestantes, pessoas com doenças genéticas ou disfunções renais ou hepáticas e alcoólatras e fumantes (FAUSTMAN & OMENN, 2001).

Crianças podem diferir dos adultos na susceptibilidade às substâncias químicas, porém isto depende do químico. Podem ser mais ou menos susceptíveis do que os adultos e esta relação se altera com a idade. A vulnerabilidade frequentemente depende do estágio de desenvolvimento. Há períodos críticos no estágio de desenvolvimento de uma determinada estrutura orgânica ou funcional, no qual ela é mais sensível à lesão, tanto no período pré como no pós-natal. O dano pode não ser evidente até um estágio bastante posterior da vida (LANDRIGAN & ETZEL, 2013).

Há frequentemente diferenças no metabolismo dos xenobióticos entre crianças e adultos. Se estas diferenças tornam as crianças mais ou menos susceptíveis vai depender se as enzimas envolvidas atuarão na detoxificação ou na formação de novos metabólitos tóxicos a partir do composto químico original. Pode também haver diferenças na capacidade de excreção, em particular em recém-nascidos que têm menor capacidade de filtração glomerular e reabsorção tubular. Crianças e adultos podem também diferir na sua capacidade de reparar danos teciduais a partir de insultos químicos. As crianças têm também maior tempo

de vida para expressar o dano ocorrido; esta característica é particularmente relevante para câncer (LANDRIGAN & ETZEL, 2013).

Exposição

Para que possam ocorrer efeitos sobre a saúde a partir da contaminação ambiental é preciso que a população se exponha às substâncias presentes no ambiente. Vimos nos capítulos anteriores a descrição das rotas pelas quais as substâncias entram em contato com a população exposta. O cálculo da dose de exposição é o que vai estimar a quantidade da substância que está entrando em contato com os organismos humanos, seja através da inalação, da ingestão ou da absorção pela pele. Para tanto é necessário levarmos em conta a estratificação dessa população segundo faixa etária, uma vez que cada grupo etário possui um padrão de comportamento característico que faz com que fique mais ou menos tempo, ou mais ou menos intensamente, em contato com o agente contaminante. Por exemplo, as crianças costumam brincar na terra o que aumenta o contato da pele com o solo superficial contaminado e a ingestão através das mãos sujas que vão à boca. Quando calculamos a dose de exposição de cada grupo químico abaixo, levamos em conta todas as vias pelas quais o agente químico penetra no organismo humano para cada um dos subgrupos populacionais definidos (CAMARA et al., 2016; ATSDR, 2005b).

CÁLCULO DA DOSE DE EXPOSIÇÃO AOS CONTAMINANTES DE INTERESSE DEFINIDOS

Os estudos ambientais realizados no município de Mariana estabeleceram como contaminantes de interesse o cádmio, tendo como rota de exposição completa o solo superficial e a poeira domiciliar; e o chumbo, cobre e zinco com rota de exposição completa pela poeira domiciliar.

Em relação ao município de Barra Longa, foram estabelecidos como contaminantes de interesse o cádmio, tendo como rota de exposição completa o solo superficial e a poeira domiciliar; e o níquel, cobre e zinco com rota de exposição completa pela poeira domiciliar.

Em relação ao cádmio, a estimativa de exposição mostra valores acima dos limites mínimos de risco estabelecidos (MRLs – Minimal Risk Levels) para crianças menores de 1 ano até 11 anos, para exposição decorrente da ingestão de solo superficial, tanto nas localidades de Mariana como de Barra Longa (ATSDR, 2005c; ATSDR, 2018).

A equipe responsável por este estudo realizou também uma estimativa de dose de exposição ao cádmio para ingestão de poeira domiciliar, usando os mesmos parâmetros norteadores do cálculo para solo superficial. Esta decisão foi baseada no fato de que a poeira domiciliar pode se acumular em locais da estrutura domiciliar, como superfícies porosas de paredes e cantos de rodapés, onde crianças, em particular as menores de 5 anos, podem brincar e ingerir estas partículas, a partir do contato com as mãos nestes lugares. Tanto em Mariana, para crianças até 1 ano, como em Barra Longa para todas as faixas etárias, foram encontradas estimativas de exposição acima dos limites mínimos de risco definidos para exposição crônica (tabela 28). Os detalhamentos de realização dos cálculos estão mostrados no anexo 8

Tabela 27: Estimativa de dose de exposição crônica ao cádmio por via oral (mg/kg_dia)

Município	Rota de exposição	DE Cr < 1 ano	DE Cr. 1 – 11 anos	DE Cr 11 – 17 anos	DE Adulto
Mariana	Solo Superficial	0,0003	0,0001	0,00006	2,267 ⁻⁰⁵
	Poeira Domiciliar	0,0003	9,54667 ⁻⁰⁵	0,00003	2,04571 ⁻⁰⁵
Barra Longa	Solo Superficial	0,0004	0,0001	0,00009	0,00003
	Poeira Domiciliar	0,003	0,001	0,0003	0,0002

Valor de Referência: MRL (Nível de Risco Mínimo) para exposição crônica por via oral (ingestão): 0,0001mg/kg_dia. (ATSDR, 2018)

Estimativa da dose de exposição para ingestão de poeira domiciliar, com base nos parâmetros acima descritos, foi realizada para todos os outros contaminantes definidos como de interesse em Mariana (chumbo, cobre e zinco) e em Barra Longa (níquel, cobre e zinco). Em Mariana foi encontrada uma estimativa de exposição por via oral para crianças até 1 ano ao cobre (0,01 mg/kg_dia) igual ao limite mínimo de risco estabelecido para exposição intermediária pela ATSDR (MRL: 0,01 mg/kg_dia).

O limite de risco mínimo (MRL) utilizado para exposição ao cobre se refere à exposição intermediária, ou seja, aquela que ocorreu no período de 15 a 365 dias (ATSDR, 2005a). O período decorrido desde o desastre totalizou 3 anos em novembro de 2018. Não foi possível obter na literatura científica atual, limites de risco mínimo (MRL) ou dose de referência (RfD) para exposição crônica ao cobre, através da ingestão. Os parâmetros toxicológicos utilizados para a construção do limite utilizado (MRL_ exposição intermediária) não abrangem exposição crônica da população, ou seja, acima de 365 dias. Como o tempo de exposição a um contaminante é um dos parâmetros toxicológicos implicados na ocorrência dos efeitos sobre a saúde, em geral observando-se a associação entre maior tempo de exposição e maior risco de ocorrência destes efeitos, o uso de um limite de risco mínimo para exposição intermediária falha em dimensionar adequadamente o risco da ocorrência de efeitos à saúde em situações de exposição crônica. Assim sendo, as estimativas de exposição encontradas para os outros grupos etários podem representar concentrações que impliquem em efeitos sobre a saúde, na vigência de exposição crônica, como a que ocorre no caso em estudo.

PERFIS TOXICOLÓGICOS - EFEITOS TÓXICOS DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE

Efeito carcinogênico

O cádmio é considerado cancerígeno aos seres humanos (grupo 1) pelo IARC (EPA, 2018) e provável carcinógeno humano pela EPA (grupo B1). O chumbo é classificado pela EPA como B2, provável carcinógeno humano, por via oral, a partir de experimentos em animais com desenvolvimento de tumores renais após ingestão de sais solúveis de chumbo. É considerado possível carcinógeno humano pelo IARC (grupo 2B) indicando que existem dados de ocorrência de câncer em humanos, associada com a exposição ao chumbo, mas que eles são inadequados ou ausentes ou limitados. Estudos em animais têm relatado câncer pulmonar pela exposição a compostos solúveis de níquel. O Níquel apresenta potencial carcinogênico distinto de acordo com a sua forma química de apresentação. Ele é classificado como carcinógeno humano pela EPA (grupo A) e IARC (grupo 1) devido a estudos em animais e humanos reportando um aumento no risco de câncer pulmonar e de seios paranasais, associado à exposição a poeiras oriundas do refinamento do níquel (nickel refinery dust). Níquel em ligas metálicas é classificado como 2B pela IARC e compostos solúveis de níquel (nickel carbonyl) são classificados pela EPA como B2, provável carcinógeno humano. Níquel é considerado ser genotóxico mas, tem um potencial mutagênico baixo.

O zinco e o cobre estão classificados no grupo D pela EPA (EPA, 2018) e o cobre no grupo 3 pelo IARC (não há definição para o zinco). Isto significa que estas substâncias não apresentam evidências até o momento de terem potencial de causar câncer em seres humanos (tabela 29).

Tabela 28: Classificação segundo carcinogenicidade dos contaminantes de interesse, Mariana e Barra Longa _ Minas Gerais, 2019.

Contaminante	EPA	IARC
<i>Cádmio</i>	B1	1
<i>Chumbo</i>	B2	2B
<i>Níquel</i>		
- <i>Nickel refinery dust</i>	A	1
- <i>Nickel compounds</i>	A	1
<i>Cobre</i>	D	3
<i>Zinco</i>	D	-

Fonte: EPA, 2018.

Efeitos não-carcinogênicos sobre a saúde

Cádmio (ATSDR – Toxicological profile, 2012)

O cádmio é um elemento natural da crosta terrestre e essencialmente um subproduto da metalurgia do zinco e do chumbo. É um metal que tem seu maior uso na indústria de acumuladores elétricos (68%), pigmentos (15%), estabilizante para matérias plásticas (10%) e galvanoplastia (5%). As principais fontes de exposição ao cádmio são: ocupacional, alimentação e tabaco.

As folhas de tabaco acumulam altos níveis de cádmio do solo. A quantidade de cádmio absorvida através do consumo de 1 maço de cigarros por dia é cerca de 1-3 microgramas por dia. Medidas diretas dos níveis de cádmio nos tecidos corporais confirmam que o tabagismo praticamente dobra a carga corporal de cádmio no organismo, quando comparados a não fumantes. Em relação a alimentação, em geral vegetais folhosos como alface e espinafre, batatas e grãos, amendoim, soja e sementes de girassol contêm altos níveis de cádmio, aproximadamente 0,05-0,12 mg/kg. A exposição ocupacional aumenta em locais onde há processos de aquecimento de material contendo cádmio, como fundição e galvanoplastia, ocorrendo a exposição principalmente através da inalação de poeiras e fumos.

As principais vias de exposição são a respiratória (55%) e a oral (10%) a qual depende de fatores nutricionais como carências proteicas ou de ferro ou cálcio. O cádmio acumula-se no organismo, seus níveis aumentam com a idade na exposição não-ocupacional, decrescendo por volta dos 50 anos. O acúmulo principal é no fígado e rins (córtex renal) ligado a uma proteína de baixo peso molecular, a metalotionina. Sua meia vida é de 20 anos. A presença do cádmio no sangue reflete a intensidade de exposição dos últimos 2 a 3 meses, e na urina pode refletir depósito renal. A fração de troca corporal eliminada por dia é cerca de 0,05 a 0,1 por mil. Nos casos de intoxicação por ingestão de alimentos contaminados a eliminação fecal é mais importante que a urinária.

Na intoxicação aguda por inalação de fumos de óxido de cádmio os sintomas são respiratórios, podendo evoluir com uma pneumonite química e edema pulmonar. Nos casos de ingestão o quadro clínico será semelhante a uma gastroenterite.

Na intoxicação crônica por inalação de poeiras ou vapores de cádmio, ou ingestão de alimentos contaminados, os principais órgãos afetados serão o rim e os ossos. O cádmio provoca uma alteração nos túbulos renais com perda de proteínas na urina (proteinúria), e

pode levar a uma nefropatia irreversível. Nos ossos causa um quadro de osteomalácia e osteoporose com fraturas espontâneas e fissuras pela perda renal de fosfato de cálcio, com fortes dores. Pode também afetar os pulmões, cujas lesões precedem as renais, com a instalação de uma síndrome obstrutiva e enfisema. O fígado pode sofrer degeneração gordurosa e pode haver anemia (ATSDR, 2012).

Exposição e efeitos tóxicos em crianças

O cádmio é bioacumulativo e tem uma longa meia-vida no organismo humano, portanto, exposições em crianças mesmo em baixas concentrações podem ter efeitos adversos a longo prazo. Alguns estudos (JACQUILLET et al., 2007; TRZCINKA-OCHOCKA et al., 2004; apud ATSDR, 2012 pg. 227) sugerem que adultos expostos a cádmio na infância podem ser mais susceptíveis à toxicidade renal do cádmio do que quando somente expostos na fase adulta. Estudos têm investigado uma associação entre exposição a cádmio e efeitos neurológicos adversos em crianças, sem resultados conclusivos.

O cádmio parece ter efeito prejudicial no perímetro cefálico ao nascer e no crescimento infantil nos três primeiros anos de vida (LIN *et al.*, 2011). Um estudo avaliando a exposição ao cádmio, excluindo o hábito de tabagismo através da dosagem da cotinina, relatou associação com a diminuição do peso ao nascer (JOHNSTON *et al.*, 2014). Rollin *et al.* (2015) observaram associação inversa entre o cádmio no sangue materno e o percentil de peso ao nascer em recém-nascidos do sexo feminino. Kipler *et al.* (2012) associaram o aumento do cádmio na urina materna à diminuição do perímetro cefálico e no peso ao nascer também em meninas (para cada aumento de 1 µg/dl na urina, diminuiu 0,26 cm do PC e 45 g no peso ao nascer).

A amamentação pode ser uma fonte de exposição ao cádmio. As concentrações de cádmio no leite materno são 5 – 10% das concentrações no sangue materno. A placenta pode atuar como uma barreira parcial à exposição fetal ao cádmio.

Chumbo (ATSDR – Toxicological profile, 2007)

O chumbo é um metal amplamente utilizado na nossa sociedade. Várias são as fontes de exposição a este metal: fabricação e reforma de baterias; fabricação de pisos, azulejos, cerâmicas, cristais; fabricação e uso de pigmentos, tintas, vernizes; mineração; gráfica; funilaria de automóveis; e vários outros. Seus efeitos nocivos sobre o organismo humano são potencializados por alguns fatores como a idade (crianças são mais sensíveis); fatores nutricionais – deficiência de ferro e desnutrição; presença de doenças concomitantes; entre outros (KEOGH & BOYER, 2001).

As principais vias de absorção são: respiratória e oral, sendo a inalação a principal forma de penetração no organismo por exposição ocupacional e a ingestão por exposição ambiental. O chumbo se difunde no plasma e se deposita nos “tecidos duros”, ossos, dentes, cabelos. Apenas 3% da carga corpórea total é circulante, sendo que 50% é ligado a hemoglobina. A fração livre no plasma é que tem efeito lesivo. De acordo com um gradiente de concentração o chumbo é progressivamente liberado dos reservatórios para o sangue. Sua ação tóxica se dá pelo contato da fração livre no plasma com os “tecidos moles”, principalmente fígado, rim, medula óssea e sistema nervoso. É excretado pela urina, fezes e suor. A meia vida do chumbo no sangue é de 28 a 36 dias, nos tecidos moles é de 46 dias e no esqueleto é de 10 a mais de 20 anos.

Observam-se alterações neurológicas em adultos com doses a partir de 30 µg//dl: diminuição da velocidade de condução nervosa (Sistema Nervoso Periférico); alterações neurocomportamentais (irritabilidade, alterações de memória, distúrbios da função oculomotora); sintomas e sinais neurológicos (cefaleia, parestesia, diminuição da libido, fraqueza); e encefalopatia em doses mais altas.

Ocorre diminuição da fertilidade, aumento da ocorrência de aborto e de morte neonatal com doses a partir de 10 µg/dl e diminuição da mobilidade e do número de espermatozoides com doses a partir de 40 µg/dl.

Embora não exista uma dose letal mínima para o chumbo, parece haver uma associação com taxas de mortalidade aumentadas para populações expostas, principalmente ocupacionalmente, resultando principalmente de cânceres, doença crônica renal (nefrose, nefrite) hipertensão arterial e doença cerebrovascular (LUSTBERG & SILBERGELD, 2002). Em crianças parece haver uma associação de níveis elevados de chumbo com Síndrome de morte

súbita (SIDS). Risco de óbito ocorre quando há encefalopatia. A taxa de chumbo no sangue associada com encefalopatia foi 90 – 800 µg/dl (média: 330 µg//dl) e com óbito foi 125 – 750 µg/dl (média: 327 µg/dl).

Exposição e efeitos tóxicos em crianças

O chumbo é um dos metais aos quais as crianças, principalmente até os 05 anos, são mais susceptíveis aos efeitos tóxicos. Isto ocorre não só pela absorção intestinal aumentada (50%) em relação aos adultos (15%), mas também pela vigência frequente de alguma deficiência nutricional nesta faixa etária. A atividade de engatinhar, brincar no chão e o hábito de comer terra favorecem a ingestão de poeira e solo contaminado. Além disso, a dieta das crianças, principalmente de 01 até os 03 anos, pode ser particularmente deficiente em ferro, cálcio e zinco, o que contribui para a absorção de chumbo e potencialização do seu efeito tóxico. Crianças necessitam de menores doses de chumbo no sangue para a ocorrência de efeitos tóxicos. Lactentes também são susceptíveis através da amamentação, pela contaminação do leite pelo chumbo a partir das mães expostas.

É observado anemia (hematócrito menor que 35%) em crianças com doses acima de 20 µg /dl e diminuição da hemoglobina com exposição a doses acima de 40 µg /dl. Os efeitos hematológicos em geral ocorrem com doses acima de 15 µg/dl. São observadas alterações hepáticas (sistema oxidase) em crianças – dose não referida e alterações renais: nefropatia, gota, hipertensão arterial, alterações enzimáticas (NAG) com doses a partir de 34,2 µg /dl.

Em crianças, doses acima de 6 µg/dl apresentam alterações na função neurocomportamental (leve diminuição da performance em testes de QI); funções cognitiva e motora alteradas; alterações no potencial evocado visual; neuropatia periférica e diminuição da velocidade de condução (20 – 30ug/dl); e desequilíbrio postural (11,9 ug/dl). Observam-se alterações no desenvolvimento como baixo peso, prematuridade e aborto com doses a partir de 12ug/dl. Ocorrem alterações no desenvolvimento mental e motor de crianças com doses a partir de 10 – 15 µg/dl.

Um estudo examinou a associação entre o nível de chumbo no sangue materno e o peso ao nascer do recém-nato, observando uma diminuição média de 61 g e 87g no peso ao nascer em relação às concentrações de chumbo de 5 e 10 µg/dL, respectivamente (Zhu *et al.*, 2010). Hu *et al.*, (2006) referem uma associação entre a exposição pré-natal ao chumbo e

efeitos adversos no neurodesenvolvimento (HU *et al.*, 2006). Um estudo realizado no Nepal associou a concentração de chumbo no sangue do cordão umbilical (mediana = 2,06 µg /dL) a um menor tônus musculares em recém-nascidos (PARAJULI *et al.*, 2013).

Níquel (ATSDR – Toxicological profile, 2005d)

O níquel (Ni) é um metal em abundância na crosta terrestre. Dentre os vários compostos de níquel, os principais são óxido de níquel (NiO), hidróxido de níquel (NiOH), sulfato de níquel (Ni3S2) e cloreto de níquel (NiCl2). Os sais de níquel de ácidos orgânicos fortes são solúveis em água, enquanto os sais de níquel de ácidos inorgânicos fracos são insolúveis.

O níquel e seus compostos não têm odor ou sabor característicos. Compostos de níquel são usados para colorir cerâmica, produção de baterias e como substâncias conhecidas como catalisadores que aumentam as taxas de reações químicas. O aço inoxidável e moedas contém níquel. Algumas joias são revestidas com níquel.

O níquel pode ser liberado ao meio ambiente através de pilhas, através da produção de ligas, usinas de energia e incineradores de lixo. A deposição do níquel no solo e/ou sedimento ou através da poeira pode fazer com que se liguem a partículas de ferro ou manganês. Em condições mais ácidas, o níquel tem maior mobilidade no solo, podendo adentrar-se em águas subterrâneas. Algumas plantas podem acumular níquel, já em pequenos animais que vivem em terra, não se pode afirmar que esse metal pode se acumular.

A fonte mais provável de exposição ao níquel é através da alimentação com ingestão média estimada para adultos de 100 – 300 µg por dia. Outras fontes de exposição podem ser o ar, a ingestão de água contaminada ou através do consumo de tabaco. O contato com solo, ou através do banho, bem como contato com metais revestidos com níquel também podem resultar em exposição. Pacientes podem ser expostos ao níquel devido a utilização de próteses e/ou órteses feitas de ligas contendo o metal. A exposição de um nascituro pode ser feita através do sangue, ou através do leite materno. Não foi possível obter informação sobre efeitos à saúde decorrentes da exposição ao níquel a partir de áreas de deposição de resíduos perigosos.

O efeito prejudicial mais comum do níquel à saúde em humanos é uma reação alérgica. Aproximadamente 10-20% da população é sensível ao níquel. Uma pessoa pode se tornar sensível ao níquel quando se utiliza de joias ou outros itens contendo níquel, tendo um contato mais direto e prolongado. Indivíduos sensíveis ao níquel podem ser extraordinariamente susceptíveis porque a exposição ao níquel por qualquer via pode desencadear uma reação alérgica (ATSDR, 2005, pg.142)

Inalação crônica pode resultar em efeitos respiratórios, incluindo um tipo de asma específico do níquel, bronquite e redução da capacidade respiratória.

Exposição dérmica

Dermatite de contato é o efeito mais comum decorrente da exposição dérmica ao níquel. Este agravo tem sido relatado em decorrência de exposição ocupacional ou ambiental. Os sintomas mais comuns são eczema (*rash* – vermelhidão, coceira) dos dedos, mãos, pulsos e antebraços. Este agravo é mais frequentemente observado em mulheres jovens, do que em homens ou indivíduos idosos. Esta maior prevalência parece estar relacionada com a exposição prévia ao níquel e não com uma maior susceptibilidade. A exposição prolongada ao níquel através do uso de joias e bijuterias revestidas com níquel é frequentemente a fonte de sensibilização orgânica. Esta sensibilização pode permanecer por muitos anos, entretanto, o intervalo de tempo entre as exposições pode influenciar o grau de reatividade, com reações cutâneas mais intensas quando exposições ocorrem em intervalos de tempo menores ou quando já existe uma prévia dermatite alérgica de contato.

Estudos com testes cutâneos em indivíduos sensíveis usando sulfato de níquel mostram uma relação dose-resposta entre a quantidade de níquel e a severidade da resposta.

Cobre (ATSDR – Toxicological profile, 2004)

O cobre é um elemento essencial para o organismo dos mamíferos. Está envolvido na respiração celular, defesa contra radicais livres, neurotransmissão, metabolismo do ferro e síntese de tecido conectivo. Existem enzimas que são dependentes do cobre como a citocromo – oxidase e a dopamina beta-hidroxilase. Efeitos sobre a saúde ocorrem quando sua ingestão é deficiente ou excessiva. A principal rota de exposição é através da ingestão, porém pode também ocorrer inalação, a partir de poeiras e fumos de indústrias, ou absorção dérmica a partir de aplicações tópicas a base de cobre (FISHER, 2001).

Um adulto ingere 1.2 a 5mg de cobre por dia, cerca de metade é absorvida. Mais de 75% do cobre circulante é ligado a proteínas plasmáticas. No plasma está 95% ligado à ceruloplasmina. Esta é uma proteína que se eleva nos estados inflamatórios agudos e crônicos, no uso de pílulas (pelo estrogênio), na gravidez, cirrose, câncer e tireotoxicose. Ele é distribuído através do corpo, mas é estocado primariamente no fígado, músculos e ossos. O cobre é eliminado principalmente através das fezes, sendo a excreção urinária baixa em humanos.

A intoxicação aguda pelo cobre pode ser fatal dependendo da dose. Os achados predominantes são gastrointestinais estando também associada com a ocorrência de febre dos fumos metálicos. A toxicidade crônica e os efeitos a longo prazo da exposição ao cobre não têm sido bem estabelecidos. Em trabalhadores expostos à inalação de poeiras ou fumos de cobre tem sido relatada a ocorrência da febre dos fumos metálicos e de perfuração do septo nasal.

O cobre causa imobilização irreversível dos espermatozoides *in vitro*. Nenhum efeito teratogênico atribuído ao cobre foi relatado em humanos, porém altas doses em ratas grávidas foram relacionadas com aumento da mortalidade fetal e malformações no sistema nervoso central.

Tem sido relatada a ocorrência de dermatite pruriginosa após exposição por contato dérmico com o cobre.

Zinco (ATSDR – Toxicological profile, 2005e)

A principal rota de exposição ao zinco é através da dieta. Ocorre também inalação de poeiras e fumos de zinco e absorção cutânea a partir de preparados tópicos. A absorção intestinal de zinco é influenciada por fatores da dieta. A ingestão concomitante com proteínas vegetais, cádmio e fósforo diminui a absorção e com proteínas animais aumenta. Ele se concentra no pâncreas, próstata, rins, fígado, músculos e retina. Um grande número de enzimas do organismo humano necessita de zinco para funcionar. Ele interage com proteínas para regular a síntese de DNA e RNA e controlar a neurotransmissão. É necessário para o hormônio do crescimento e ajuda a manter a integridade estrutural da membrana celular (FISHER, 2001).

Sua meia vida biológica excede 300 dias. Cerca de 70 a 80% é excretado nas fezes o que é acentuado pela ingestão de proteínas de origem vegetal. Ele também é eliminado através da urina (15%), suor (pode chegar a 25% em países quentes) e leite materno.

Sintomas agudos de intoxicação pelo zinco são fundamentalmente gastrintestinais. Ele também é lesivo aos olhos (irite e glaucoma) e pele (úlceras e dermatite). Ingestão crônica de altas doses de suplementos a base de zinco (mais de 100mg/dia) dão origem a anemia sideroblástica e leucopenia. Está associado a febre dos fumos metálicos. O zinco parece não ser teratogênico, embora sua deficiência seja.

ESTABELECIMENTO DAS IMPLICAÇÕES SOBRE A SAÚDE DAS POPULAÇÕES EXPOSTAS DAS LOCALIDADES DE MARIANA E BARRA LONGA**Considerações Iniciais**

O estabelecimento das implicações para a saúde em um estudo de avaliação de risco deve ser norteado por uma visão de saúde que englobe tanto potenciais agravos específicos, decorrentes da exposição aos contaminantes de interesse identificados, através das rotas estabelecidas quanto o impacto que o evento ou a situação em estudo determinou sobre as formas de viver e se organizar histórica e socialmente das populações das localidades afetadas.

Ao longo do processo de elaboração deste Estudo, esta equipe realizou inúmeras viagens à área de estudo, entrevistou e realizou rodas de conversas com moradores, lideranças comunitárias, profissionais de saúde e representantes de organizações governamentais e não governamentais, visitou sítios específicos na área para investigação e coleta de amostras, e procedeu à identificação, leitura e análise de inúmeros estudos ambientais e de saúde realizados por diversas instituições governamentais e não governamentais.

A experiência e o conhecimento adquiridos a partir destas atividades permitem a esta equipe afirmar que o desastre ocorrido em Mariana, em novembro de 2015, pelo rompimento da barragem do Fundão, trouxe consequências sobre a qualidade e as condições de vida e de saúde da população das localidades estudadas, que extrapolaram o efeito lesivo específico dos contaminantes sobre a saúde e que perduram até hoje.

Alterações das trajetórias de vida, repentinas e não por decisão própria, as quais permanecem sem resolutividade 3 anos após o desastre, determinam uma condição de sofrimento emocional e psíquico, de desarranjo e inadequação social, de insegurança pessoal, familiar, e das interrelações comunitárias que têm consequências diretas e indiretas sobre a saúde das populações destas localidades.

Este relatório não tem como proposição o aprofundamento das análises e discussões referentes ao impacto do desastre de Mariana sobre a estruturação social, institucional, de modos de vida e organização comunitária das populações das localidades em estudo. Esta equipe considera, no entanto, fundamental estabelecer de forma inequívoca o pano de fundo

sobre o qual se assentam as análises específicas dos efeitos lesivos da exposição aos contaminantes de interesse. Considera e ressalta que todo e qualquer processo de adoecimento é consequente não apenas da exposição a agentes químicos, físicos ou biológicos unicastais mas, do conjunto de condições econômicas, sociais, culturais, genéticas, ambientais que constituem o arcabouço sobre o qual se estrutura a percepção e o estado de saúde dos indivíduos e a análise da situação de saúde da população.

A partir da compreensão de que o cenário social descrito nas considerações acima é um determinante fundamental do desenvolvimento do processo saúde e doença das populações das localidades de Mariana e Barra Longa, procederemos a seguir à análise das implicações sobre a saúde das populações expostas aos contaminantes de interesse identificados.

IMPLICAÇÕES SOBRE A SAÚDE DAS POPULAÇÕES EXPOSTAS AOS CONTAMINANTES DE INTERESSE IDENTIFICADOS.

As análises realizadas ao longo dos itens anteriores deste relatório permitiram à equipe deste Estudo de avaliação de risco afirmar que **existe um perigo para a saúde das populações expostas aos contaminantes definidos através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas**. Esta exposição pode determinar a ocorrência de efeitos lesivos sobre a saúde dessas populações, imediatos ou de longo prazo, devendo ser objeto de recomendações de ações de saúde pertinentes para sua prevenção e assistência.

Esta afirmativa é baseada nas seguintes considerações:

1. Os estudos ambientais definiram concentrações do contaminante cádmio em amostras de solo superficial acima dos limites de segurança vigentes na legislação, às quais a população está exposta desde a ocorrência do desastre há 3 anos;
2. Não é possível calcular a dose de exposição a partir da inalação das partículas de poeira (valor em mg/kg e não em mg/m³) para nenhum dos contaminantes definidos. Portanto, consideramos que as estimativas de exposição a todos os contaminantes para todas as faixas etárias estão subavaliadas;
3. O cálculo das doses de exposição resultou em estimativas de ingestão do contaminante de interesse cádmio, através de partículas oriundas do solo superficial e da poeira domiciliar contaminados, acima dos limites de risco mínimo à saúde para todas as faixas etárias em Barra Longa e para crianças até 11 anos em Mariana. O cádmio é classificado como carcinogênico ao homem pela IARC e com potencial carcinogênico pela EPA. Considerando que a exposição ao cádmio está subestimada, e tendo por base o princípio da precaução, consideramos que **as populações expostas ao cádmio através da ingestão, inalação ou absorção dérmica do solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminados**, acima de 11 anos estudadas em Mariana, também devem ser objeto de recomendação de ações de saúde específicas;
4. O cálculo das doses de exposição resultou em estimativas de ingestão do contaminante de interesse cobre, através de partículas oriundas da poeira domiciliar contaminada, no limite de risco mínimo à saúde para exposição intermediária para crianças até 01 ano em Mariana. Assinalamos que o cenário de Mariana é de exposição crônica, que ocorre há mais de 3 anos e para o qual não existe limite de risco mínimo (MRL) ou dose de referência (RfD) estabelecidos. Na ausência de parâmetros científicos de segurança de exposição humana

conhecidos, considerando o cálculo de dose subestimado, e tendo por base o princípio da precaução, consideramos que **as populações expostas ao cobre através da inalação, ingestão ou absorção dérmica das partículas de poeira domiciliar contaminadas**, de todas as faixas etárias estudadas em Mariana devem ser objeto de recomendação de ações de saúde específicas;

5. Os estudos ambientais evidenciaram concentrações de chumbo na poeira domiciliar em Mariana. Embora seja possível estimar a exposição ao contaminante, não existem parâmetros de segurança estabelecidos para exposição humana. A exposição ao chumbo, em particular na faixa etária menor de 5 anos, é considerada de risco para a saúde e desenvolvimento humano. Assim sendo, na ausência de parâmetros científicos de segurança de exposição humana conhecidos, e tendo por base o princípio da precaução, consideramos que **as populações expostas ao chumbo através da inalação, ingestão ou absorção dérmica das partículas de poeira domiciliar contaminadas**, de todas as faixas etárias estudadas em Mariana, devem ser objeto de recomendação de ações de saúde específicas;

6. Os estudos ambientais evidenciaram concentrações de níquel na poeira domiciliar em Barra Longa. O efeito prejudicial mais comum do níquel à saúde em humanos é uma reação alérgica, em geral decorrente da inalação de poeiras ou do contato dérmico. O nível de risco mínimo (MRL) existente para o níquel é para exposição crônica por via inalatória (0.00009 mg/m³). Assim sendo, algumas considerações em relação ao presente cenário de exposição ao níquel são necessárias:

- ✚ Trata-se de exposição crônica (acima de 365 dias) para a qual não existe nível mínimo de risco (MRL) estabelecido, nem estudos sobre efeitos à saúde decorrentes da exposição crônica por via oral ou dérmica, embora existam estudos sobre efeitos específicos no sistema imunológico.
- ✚ Indivíduos sensíveis ao níquel podem ser extraordinariamente susceptíveis porque a exposição ao níquel por qualquer via pode desencadear uma reação alérgica (ATSDR, 2005, pg.142)
- ✚ Dermatite de contato alérgica é o efeito mais comum decorrente da exposição dérmica ao níquel. Os sintomas mais comuns são eczema (*rash* – vermelhidão, coceira) da superfície cutânea em contato com o metal.
- ✚ A exposição prévia ou a exposição prolongada ao níquel é frequentemente a fonte de sensibilização orgânica. Esta sensibilização pode permanecer por muitos anos,

entretanto, o intervalo de tempo entre as exposições pode influenciar o grau de reatividade, com reações cutâneas mais intensas quando exposições ocorrem em intervalos de tempo menores ou quando já existe uma prévia dermatite alérgica de contato. Estudos com testes cutâneos em indivíduos sensíveis usando sulfato de níquel mostraram uma relação dose-resposta entre a quantidade de níquel e a severidade da resposta (ATSDR, 2005);

- ✚ A equipe deste Estudo de avaliação de risco em várias ocasiões esteve nas zonas rural e urbana do município de Barra Longa, para realização das atividades de reconhecimento do local, levantamento das preocupações da comunidade e coleta de amostras ambientais. Durante todas estas ocasiões foi possível observar a grande quantidade de lama ou seus resquícios, e por conseguinte poeira, que ainda permanece nesta localidade;
- ✚ Os relatos constantes no capítulo de preocupações da comunidade são relativos à ardência e irritação ocular, irritação cutânea com vermelhidão e coceira, e sintomas respiratórios (tosse, coriza, congestão nasal). Todos podendo ser potencialmente associados com inalação ou contato com poeiras contendo níquel;
- ✚ As informações fotográficas constantes no relatório do estudo Pesquisa Avaliação de Saúde da População de Barra Longa afetada pelo Desastre de Mariana, Brasil (Instituto Saúde e Sustentabilidade e Greenpeace, março 2017) indicam um quadro de eczema cutâneo; quadro clínico semelhante também foi observado pela equipe deste Estudo de avaliação de risco quando em campo entrevistando os moradores da zona rural de Barra Longa.

De acordo com as considerações pontuadas acima, na ausência de parâmetros científicos de segurança de exposição humana conhecidos, e tendo por base o princípio da precaução, consideramos que todas as faixas etárias estudadas estão potencialmente expostas ao níquel na localidade de Barra Longa e devem ser objeto de recomendação de ações de saúde específicas.

RESPOSTA ÀS PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE SOBRE A SAÚDE**Preocupações relacionadas à saúde mental da população atingida.**

O desastre de Mariana determinou um grande impacto sobre a vida de toda a população das localidades estudadas. Ele provocou uma fissura no modo como as pessoas viviam, que é claramente referido como “antes e depois do desastre”. Destruiu hábitos e rotinas de convivência, laços familiares, expectativas profissionais e pessoais. Criou insegurança, instabilidade, incertezas, medos, angústias, que não foram sanados pelos responsáveis ao longo destes 3 anos. O passar do tempo não resolveu ou melhorou estes sentimentos e sensações, ao contrário, trouxe a suspeita de que jamais terão solução, e que a convivência com os mesmos será um fardo a ser carregado por todos. Sem dúvida isto causou e tem causado um grande sofrimento, com graus de intensidade e repercussões distintas, sobre a saúde mental das pessoas.

Preocupações relacionadas ao impacto sobre a saúde da população atingida**Preocupações com problemas dermatológicos e respiratórios decorrentes do aumento da poeira no ambiente.**

O presente Estudo de avaliação de risco indica que os problemas respiratórios e dermatológicos referidos pela população podem estar associados com a exposição à poeira oriunda da lama da barragem, e seus contaminantes específicos. A exposição a estes contaminantes na poeira pode causar alergias de vários tipos (respiratórias, dérmicas) que se manifestam nas pessoas através dos sintomas relatados: coceira e vermelhidão na pele, irritação e lacrimejamento nos olhos, tosse, congestão nasal, entre outros. Estes problemas devem ser objeto de ações de saúde visando a assistência e resolução dos problemas atuais e a prevenção de agravos futuros.

Preocupações em relação à contaminação da poeira e da lama e seus resquícios ainda existentes.

A poeira domiciliar analisada a partir dos estudos ambientais está contaminada por cádmio, chumbo, níquel, cobre e zinco. Estes metais têm diferentes graus de potencial tóxico, ou lesivo, à saúde humana. Ações de saúde específicas devem ser implementadas para a prevenção, diagnóstico e tratamento dos possíveis agravos à saúde. A população deve ser monitorada para a exposição que ocorreu no passado, ainda ocorre, e pode vir a ocorrer no futuro, caso medidas de interrupção da exposição não venham a ser adotadas.

Preocupações relacionadas ao aumento dos casos de Dengue e Febre amarela

Dengue:

A dengue é uma doença febril aguda, causada pelos vírus DENV1, DENV2, DENV3 e DENV4, transmitidos pelo mosquito *Aedes aegypti*, principal vetor. O estado de Minas Gerais é dividido em 28 Unidades Regionais de Saúde (URS), e em todas elas há presença do *Aedes aegypti* (SES-MG, 2016).

Quadro 11: Casos notificados de dengue (prováveis) no município de Mariana no período de 2015 a 2017.

Dengue	Frequência de casos	Incidência (por 10.000 habitantes)
2015	24	4,08
2016	468	78,86
2017	5	0,84

Fonte: Secretaria Municipal de Saúde

Em 2016, houve um aumento da incidência de dengue em Mariana (78,86 por 10 mil habitantes) em relação ao ano de 2015 (4,08 por 10 mil habitantes) (SMS, 2018). Ao avaliar municípios com o aporte populacional semelhante ao de Mariana, por exemplo Campo Belo (2015 n= 28; 2016 n=127), Lagoa Santa (2015 n= 902; 2016 n=1081), Frutal (2015 n= 259; 2016 n=569), Leopoldina (2015 n= 2; 2016 n=187), Ponte Nova (2015 n= 11; 2016 n=536), Pirapora (2015 n= 0; 2016 n=24) dentre outros situados em diferentes regiões do estado, verificou-se um também aumento no número de casos confirmados para o mesmo período (SINAN, 2018).

Dengue em Barra Longa

AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS LTDA.
Tel: 11 5096-7865 – www.ambios.com.br
CNPJ: 68.241.397/0001-47 / I.E: 113.427.861.113

Durante as atividades realizadas pela equipe do estudo de ARSH no município de Barra Longa, foi relatado pelos profissionais de saúde um aumento no número de casos de dengue no ano de 2016. Segundo os dados disponibilizados pela Secretaria Municipal de Saúde, neste ano, foram notificados no Sistema de Agravos de Notificação (SINAN) 171 casos prováveis de dengue. Entretanto, desse total de casos prováveis, 15 foram casos confirmados de dengue em 2016.

Em 2016, houve um aumento da incidência de casos confirmados de dengue em Barra Longa (2,6 por 1000 mil habitantes) em relação ao ano de 2015 (n = zero casos) (SINAN, 2018). Ao avaliar municípios com o aporte populacional semelhante ao de Barra Longa, por exemplo Chalé (2015 n= 0; 2016 n=17), Juvenília (2015 n= 0; 2016 n=30), Nova União (2015 n= 2; 2016 n=35), Olhos-d'Água (2015 n= 0; 2016 n=12), Veredinha (2015 n= 0; 2016 n=53), e Sobrália (2015 n= 0; 2016 n=16), dentre outros situados em diferentes regiões do estado, verificou-se também um aumento no número de casos confirmados para o mesmo período (SINAN, 2018).

No entanto, estudos mais detalhados incluindo uma análise histórica são necessários para Mariana e Barra Longa.

Febre Amarela

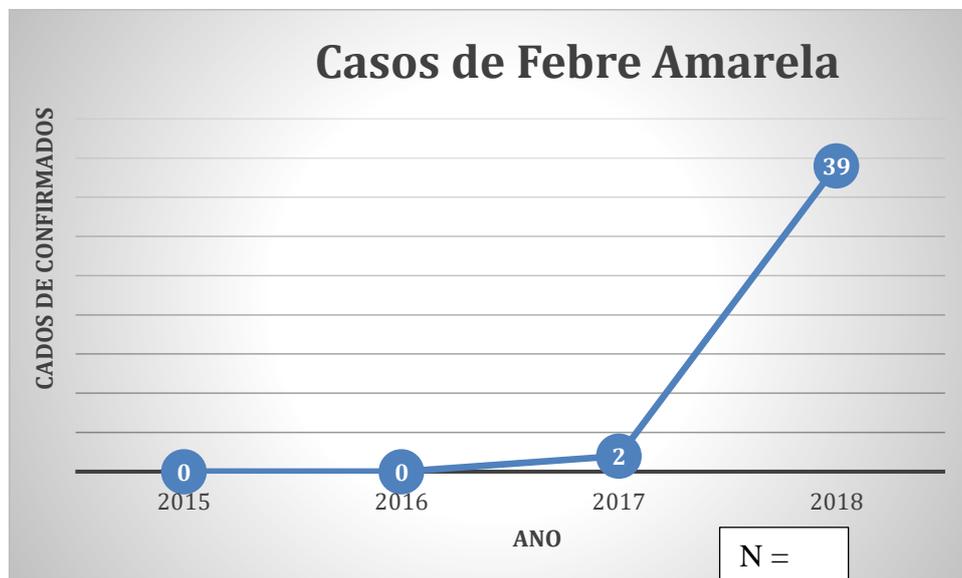
A febre amarela (FA) é uma doença infecciosa aguda, febril, não contagiosa, de curta duração e de gravidade variável. Em dezembro de 2016, o Brasil enfrentou um dos maiores surtos de FA de transmissão silvestre da sua história, com ocorrência em estados da região Sudeste, principalmente Minas Gerais. No período de dezembro de 2016 até a segunda quinzena de março de 2017, foram registrados em Minas Gerais 349 casos e 118 óbitos confirmado (CAVALCANTE & TAUIL, 2017; BRASIL 2017).

Nesse contexto, segundo o boletim epidemiológico publicado pelo Ministério da Saúde em 2017: “ainda que o sistema de saúde tenha sido alertado para (i) ampliar as coberturas vacinais e a vacinação preventiva, e (ii) intensificar a vigilância no período sazonal da doença, o Brasil em 2017 passaria pelo maior surto da história recente da febre amarela, colocando novamente à prova a capacidade de resposta do serviço de saúde pública brasileiro (BRASIL, 2017).”

Os casos de Febre Amarela em Mariana

Ao avaliar o período de 2015 a 2018, verificou-se que em Mariana no ano de 2017 foram registrados 2 casos de FA e ambos evoluíram para óbito. Em 2018, foi verificada a maior ocorrência com 39 casos de FA, destes 5 evoluíram para óbito (SMS, 2018a). Em 2018, houve casos em municípios vizinhos que não foram atingidos pelo desastre, por exemplo Ouro Preto (n= 15). Em Mariana, muitos casos ocorreram em localidades que não foram atingidas pela lama de rejeitos (SMS, 2018a).

Figura 6: Casos de Febre Amarela Notificados em Mariana no período de 2015 a 2017



Fonte: Secretaria Municipal de Saúde, 2018a.

Estudos mais detalhados incluindo uma análise histórica são necessários.

Febre Amarela Barra Longa

No período de 2017 a 2018, foram registrados 3 casos suspeitos ou prováveis de Febre Amarela, sendo apenas 2 confirmados e 1 descartado. Desses casos confirmados, todos evoluíram para óbito (SMS, 2018b).

Preocupações relacionadas ao consumo de água e alimentos

O Estudo de Avaliação de risco não mostrou contaminação da água e dos alimentos (tubérculos, frutas, ovos e leite) avaliados. Em relação ao peixe estudos mais específicos são necessários.

Preocupações relacionadas às condições e à qualidade de vida da população atingida

Como discutido ao longo deste Relatório, considera-se que o desastre decorrente do rompimento da barragem de Fundão, em Mariana/MG, determinou um impacto não só sobre o ambiente mas, também, sobre a saúde e as condições e modos de vida da população.

Capítulo VII: Conclusões e Recomendações

CONTEXTUALIZAÇÃO

A última tarefa do relatório de uma avaliação de saúde é determinar as conclusões sobre as implicações para a saúde associadas ao local e elaborar as recomendações. Para tal devem ser completados os propósitos de uma avaliação de saúde:

- Determinar as implicações para a saúde no local.
- Discutir estas implicações fazendo recomendações para a condução de estudos de saúde e ambientais futuros (quando considerados necessários).
- Identificar as ações necessárias para eliminar, mitigar ou prevenir efeitos adversos à saúde.

A avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes ambientais representa um instrumento importante para a tomada de decisão e implementação, de maneira sistemática, de articulações e de ações intra e intersetoriais visando à promoção e proteção da saúde, para melhorar as condições sociais e de vida das populações expostas.

Para trabalhar esta etapa é necessário considerar a definição constitucional de saúde no Brasil e sobre ambiente (nacional e internacional), as determinações do Sistema Único de Saúde, as limitações do modelo de avaliação de risco e as especificidades do processo de adoecimento da população.

Finalmente, para a tomada de decisão, gerenciamento e comunicação do risco é necessário que o processo de ARSH seja claro e transparente, conhecido pelas partes envolvidas: a população, especialmente os expostos, empresa, pesquisadores, governo, justiça, legisladores, indústria, entre outros, para garantir a preservação da saúde e qualidade de vida da população.

Seleção de categorias de perigos para a saúde pública

A primeira conclusão que a ARSH identifica é o nível de perigo que representa um local. Uma ARSH deve associar ao local uma das seguintes categorias:

- A. Perigo urgente para a Saúde Pública**
- B. Perigo para a Saúde Pública**
- C. Perigo Indeterminado para a Saúde Pública**
- D. Não há perigo para a Saúde Pública**

As categorias são selecionadas para:

- ✚ Caracterizar o nível de perigo do local investigado para a saúde pública, com base em fatores tais como a existência de rotas potenciais de exposição humana, a susceptibilidade da comunidade exposta, a comparação dos níveis esperados de exposição humana com as normas relacionadas com a saúde, e a avaliação de dados de efeitos sobre a saúde específicos para a comunidade.
- ✚ Determinar: (1) se devem ser tomadas ações para eliminar ou reduzir a exposição humana às substâncias perigosas no local; (2) se são necessárias informações adicionais sobre a exposição humana e riscos associados à saúde; (3) se esta informação deve ser obtida por meio de amostragem ambiental mais ampla ou de outras ações de saúde, incluindo estudos epidemiológicos, ou com o estabelecimento de um programa de vigilância em saúde ou de educação em saúde ambiental.
- ✚ Identificar as lacunas de informação toxicológica específicas para uma substância e para aspectos toxicológicos gerais. Estas lacunas de dados poderiam ser consideradas para estabelecer prioridades de investigação.

Critérios e Recomendações relacionados às categorias de perigos para a saúde pública

Os critérios para o estabelecimento das Categorias de perigo à Saúde Pública, e as correspondentes recomendações de ações de saúde pública, utilizados pela metodologia de ARSH da Ministério da Saúde (Brasil, 2010) são apresentados no Quadro 12. Com base nestas categorias é possível elaborar as conclusões e recomendações das localidades objeto desta fase do desenvolvimento da ARSH, Mariana e Barra Longa.

Quadro 12: Critérios e recomendações para as categorias de risco para a saúde pública.

Categoria A	Categoria B
<p>Esta categoria é utilizada para os locais que apresentam um risco para a saúde pública como resultado de exposições passadas, presentes e futuras, de curto ou longo prazo, a substâncias químicas perigosas, ou locais onde existe risco físico.</p>	<p>Esta categoria é utilizada para os locais que apresentam um risco para a saúde pública como resultado de exposições passadas, presentes e futuras, de curto ou longo prazo, a substâncias químicas perigosas não carcinogênicas, com valores abaixo dos níveis de referência.</p>
<p>Critérios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Existiu, existe e poderá haver rotas de exposição completas a uma ou mais substâncias carcinogênicas ou com potencial carcinogênico por mecanismo genotóxico; e/ou - Existiu, existe e poderá haver rotas de exposição completas a uma ou mais substâncias com efeitos tóxicos sistêmicos em níveis acima dos valores de referência; e/ou - Os dados de efeitos na saúde da comunidade específica indicam que o local teve um impacto adverso na saúde humana que requer uma rápida intervenção; e/ou - Os perigos físicos no local representam um risco eminente de danos à saúde. 	<p>Critérios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Os dados são disponíveis para todos os meios ambientais aos quais os humanos estão sendo expostos; e - Existiu, existe e poderá haver rotas de exposição completas a uma ou mais substâncias com efeitos tóxicos sistêmicos, porém em níveis abaixo dos valores de referência; e - Existem dados que indicam deterioração da qualidade de vida da população do local; e - Não existem dados de efeitos de saúde específicos da comunidade que indiquem que o local teve um impacto adverso na saúde humana.
<p>Recomendações de Ações de Saúde:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar as medidas necessárias para afastar os riscos físicos existentes e interromper a exposição da população; na impossibilidade de eliminação dos riscos, remover a população. 2. Identificar a população exposta (passado, presente e potencial no futuro) por meio do Cadastro Nacional de Usuários do SUS. 3. Acompanhar a saúde das populações expostas por meio de ações de Vigilância e Atenção integral (vigilância ambiental, epidemiológica, sanitária e saúde do trabalhador, atenção básica, média e alta complexidade) incluindo: <ul style="list-style-type: none"> • Protocolos específicos para avaliação de saúde dos expostos e ações de vigilância à saúde; • Estruturação do sistema de informação para a vigilância dos expostos; • Monitoramento de indicadores biológicos de exposição, efeito e de vulnerabilidade social e econômica; • Formação e capacitação continuada dos profissionais de saúde e agentes comunitários para atender às 	<p>Recomendações de Ações de Saúde:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar a população exposta (passado e potencial no futuro) por meio do Cadastro Nacional de Usuários do SUS; 2. Acompanhar a saúde das populações expostas por meio de ações de Vigilância e Atenção integral à saúde da população exposta (vigilância ambiental, epidemiológica, sanitária e saúde do trabalhador, atenção básica, média e alta complexidade) incluindo: <ul style="list-style-type: none"> • Protocolos específicos para avaliação de saúde dos expostos e ações de vigilância à saúde; • Estruturação do sistema de informação para a vigilância dos expostos; • Monitoramento de indicadores biológicos de exposição, efeito e de vulnerabilidade social e econômica; • Formação e capacitação continuada dos profissionais de saúde e agentes comunitários para atender as especificidades das ações de atenção e vigilância à saúde dos expostos; • Educação, comunicação de risco e informação em saúde para a população exposta e profissionais dos órgãos envolvidos na tomada de decisões; • Fortalecer os mecanismos de controle social e participação comunitária como estabelecido no SUS; • Fomentar e executar estudos e pesquisas para fundamentar cientificamente as intervenções, tomada de decisão e gestão nos diversos campos de interesse da situação em foco; • Estabelecer mecanismos de gestão que permitam a reestruturação e fortalecimento do setor saúde para atender

<p>especificidades das ações de atenção e vigilância à saúde dos expostos;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Educação, comunicação de risco e informação em saúde para a população exposta e profissionais dos órgãos envolvidos na tomada de decisões; • Fortalecer os mecanismos de controle social e participação comunitária como estabelecido no SUS; • Fomentar e executar estudos e pesquisas para fundamentar cientificamente as intervenções, tomada de decisão e gestão nos diversos campos de interesse da situação em foco; • Estabelecer mecanismos de gestão que permitam a reestruturação e fortalecimento do setor saúde para atender às especificidades de atenção e vigilância à saúde da população exposta; • Fortalecer parcerias intra e intersetoriais para coordenação e implementação das ações de vigilância e atenção à saúde da população exposta; <p>Recomendações do setor saúde para ações de ambiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar parcerias visando medidas que interrompam as rotas de exposição, bem como o monitoramento das condições ambientais. • Monitorar a qualidade ambiental para subsidiar as ações de vigilância e atenção à saúde da população exposta; 	<p>às especificidades de atenção e vigilância à saúde da população exposta;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fortalecer parcerias intra e inter setoriais para coordenação, implementação das ações de vigilância e atenção à saúde da população exposta; <p>Recomendações do setor saúde para ações de ambiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mitigar ou eliminar as rotas de exposição; • Monitorar a qualidade ambiental para subsidiar as ações de vigilância e atenção à saúde da população exposta;
<p>Categoria C</p> <p>Esta categoria é utilizada para os locais que têm informação incompleta.</p>	<p>Categoria D</p> <p>Esta categoria é utilizada para os locais que não apresentam um risco para a saúde pública.</p>
<p>Critérios:</p> <p>- Dados disponíveis insuficientes para caracterizar a exposição; e</p> <p>- Não existem dados, ou são insuficientes, que indiquem que o local teve um impacto adverso sobre a saúde humana.</p>	<p>Critérios:</p> <p>- Não existem indícios ou dados que comprovem a exposição humana atual ou passada a meios contaminados; e</p> <p>- Não é provável que ocorram exposições futuras a meios contaminados; e</p> <p>- Não existem dados de efeitos de saúde específicos da comunidade que indiquem que o local teve um impacto adverso na saúde humana;</p>
<p>Recomendação de Ações:</p> <p>Identificar os dados ou informações necessárias para avaliar adequadamente os riscos à saúde pública originados do local, por meio de estudos e pesquisas de saúde e ambiente para complementar as informações como proposto na metodologia (vide etapas respectivas).</p>	<p>Recomendações de Ações:</p> <p>Realizar ações de educação, comunicação de risco e informação em saúde para a comunidade e profissionais dos órgãos envolvidos na tomada de decisões, tendo em vista que não está ocorrendo, não ocorreu no passado nem é provável que ocorra no futuro uma exposição humana que possa ser de interesse na saúde pública.</p>

Fonte: Brasil, 2010

CLASSIFICAÇÃO DA CATEGORIA DE PERIGO PARA A SAÚDE HUMANA NOS MUNICÍPIOS DE MARIANA E BARRA LONGA

Nota Introdutória

Processo de adoecimento da população e limitações do modelo de ARSH

O processo de adoecimento é particular de cada pessoa, sendo consequente a fatores de caráter coletivo como o meio ambiente, e o contexto social, econômico, histórico e cultural de uma dada sociedade. É também determinado por outros fatores de caráter individual, como o mapa genético de cada um, a carga genética que herdamos de nossos antepassados, o estado nutricional, de desenvolvimento e o grau de maturidade do nosso organismo. A junção destas duas ordens de fatores é que determina a relação entre saúde e doença em uma pessoa, e explica porque alguns adoecem e outros não, quando expostos às substâncias químicas, e porque podem ocorrer patologias diferentes em pessoas expostas ao mesmo composto.

Além disso, é importante lembrar que em muitos casos a população exposta tem baixa escolaridade, baixa renda, subemprego, condições precárias de saneamento, é acometida por múltiplas doenças infecciosas, subnutrição, doenças crônicas, entre outras. Nestas populações, a exposição a alguma substância química, ou múltiplas substâncias, se configura como um fator de risco adicional, agravando sua vulnerabilidade. Além disso, a resposta biológica nem sempre corresponde às descrições existentes na literatura.

Ao anterior, devemos acrescentar as limitações do modelo de avaliação de risco à saúde humana, principalmente em relação aos limites de referência; à identificação dos efeitos adversos ou da capacidade do agente químico produzir câncer e/ou efeitos sistêmicos; ao uso de estimativas ou dados substitutos quando faltam informações sobre a exposição, o local e os contaminantes; ao uso de parâmetros genéricos nos cálculos das doses de exposição, como os relativos ao peso corporal para a idade, taxas de inalação, ingestão de água e alimentos, duração da exposição, entre outros.

Existem incertezas geradas pela insuficiência dos dados, particularmente os relacionados com a exposição e os efeitos adversos. Fatores numéricos de segurança ou fatores de incerteza são utilizados para minimizar o efeito da variabilidade e a extrapolação de dados sobre efeitos em animais para efeitos em humanos. Portanto, os fatores de segurança são utilizados para responder questões não conhecidas, como as diferenças nas

respostas entre as espécies, bem como a variabilidade espacial, temporal e entre os indivíduos, e a sensibilidade potencial aumentada em determinados grupos da população, como crianças, por exemplo.

As conclusões e recomendações em relação ao perigo à saúde para as populações expostas podem parecer extremamente conservadoras, dependendo dos interesses dos diferentes grupos envolvidos no caso, porque podem superestimar o risco. Porém, deve-se considerar que essas populações estão expostas a um ou mais contaminantes, por várias vias, durante períodos distintos de tempo.

A exposição estabelecida através das rotas completas a substâncias lesivas à saúde humana pode determinar a manifestação de efeitos tóxicos de forma variável na população. O eixo norteador da ARSH é o estabelecimento da existência da exposição da população a substâncias tóxicas à saúde humana e podem constituir em um risco adicional de adoecimento.

A ARSH, em geral e especificamente este estudo, nem a presença de um processo de adoecimento, nem o estabelecimento de nexos de causalidade. Nos casos de exposição de longo prazo e baixas doses, como no presente Estudo, o efeito tóxico das substâncias (contaminantes de interesse) encontradas pode se manifestar de forma ampla, abrangendo desde processos de adoecimento específicos como manifestações alérgicas, como difusos, através do desencadeamento ou agravamento de processos mórbidos que apresentam etiologia multicausal.

CATEGORIA DE PERIGO PARA A SAÚDE HUMANA NOS MUNICÍPIOS DE MARIANA E BARRA LONGA**CRITÉRIOS DE CATEGORIZAÇÃO:**

- ❖ **Existiu, existe e poderá haver rotas de exposição completas a uma ou mais substâncias carcinogênicas ou com potencial carcinogênico por mecanismo genotóxico; e/ou**
 - ❖ **Existiu, existe e poderá haver rotas de exposição completas a uma ou mais substâncias com efeitos tóxicos sistêmicos em níveis acima dos valores de referência; e/ou**
1. No município de Mariana foram estabelecidos como contaminantes de interesse o cádmio, tendo como rota de exposição completa o solo superficial e a poeira domiciliar, e o chumbo, cobre e zinco com rota de exposição completa pela poeira domiciliar.
 2. No município de Barra Longa, foram estabelecidos como contaminantes de interesse o cádmio, tendo como rota de exposição completa o solo superficial e a poeira domiciliar; e o níquel, cobre e zinco com rota de exposição completa pela poeira domiciliar.
 3. O cádmio é considerado cancerígeno aos seres humanos (grupo 1) pela IARC (IARC, 1993) e provável carcinógeno humano pela EPA (grupo B1). O chumbo é classificado pela EPA como B2, provável carcinógeno humano, por via oral, e possível carcinógeno humano pela IARC (grupo 2B).
 4. O cálculo das doses de exposição resultou em estimativas de ingestão do contaminante de interesse cádmio, através de partículas oriundas do solo superficial e da poeira domiciliar contaminados, acima dos limites de risco mínimo à saúde para todas as faixas etárias em Barra Longa e para crianças até 11 anos em Mariana. As estimativas de exposição ao cádmio nas faixas etárias acima de 11 anos estudadas em Mariana estão subestimadas pela impossibilidade de calcular a dose de exposição a partir da inalação das partículas de poeira ou absorção dérmica das mesmas.
 5. O cálculo das doses de exposição resultou em estimativas de ingestão do contaminante de interesse cobre, através de partículas oriundas da poeira domiciliar contaminada, no limite de risco mínimo à saúde para exposição intermediária para crianças até 01 ano em Mariana. Assinalamos que o cenário de Mariana é de exposição crônica, que ocorre há mais de 3 anos e para o qual não existe limite de risco mínimo (MRL) ou dose de referência (RfD) estabelecidos.
 6. O cálculo das doses de exposição resultou em estimativas de ingestão do contaminante de interesse chumbo, através de partículas oriundas da poeira domiciliar contaminada, em Mariana. Não existem limite de risco mínimo (MRL) ou dose de referência (RfD) estabelecidos para exposição humana ao chumbo. A exposição ao chumbo, em particular na faixa etária menor de 5 anos, é considerada de risco para a saúde e desenvolvimento humano.
 7. Os estudos ambientais evidenciaram concentrações de níquel na poeira domiciliar em Barra Longa. O nível de risco mínimo (MRL) existente para o níquel é para exposição crônica por via inalatória

(0.00009 mg/m³). Não é possível calcular a dose de exposição a partir da inalação das partículas de poeira (valor em mg/kg e não em mg/m³).

❖ **Os dados de efeitos na saúde da comunidade específica indicam que o local teve um impacto adverso na saúde humana que requer uma rápida intervenção;**

1. Os relatos constantes no capítulo de preocupações da comunidade são relativos à ardência e irritação ocular, irritação cutânea com vermelhidão e coceira, e sintomas respiratórios (tosse, coriza, congestão nasal). Todos podendo ser potencialmente associados com inalação ou contato com poeiras contendo níquel.
2. As informações fotográficas constantes no relatório do estudo Pesquisa Avaliação de Saúde da População de Barra Longa afetada pelo Desastre de Mariana, Brasil (Instituto Saúde e Sustentabilidade e Greenpeace, 2017) indicam um quadro de eczema cutâneo; quadro clínico semelhante também foi observado pela equipe de ARSH da Ambios quando em campo entrevistando os moradores da zona rural de Barra Longa.
3. O estudo realizado pelo EPISUS (2016) aponta que o percentual de atendimentos por IVAS registrado em 6 meses de 2016 é 60% superior ao registrado em todo o ano de 2015. Esses atendimentos podem ter aumentado devido à presença de poeira proveniente da lama de rejeito da barragem que secou, influenciando no aumento da poluição atmosférica, e consequente risco para doenças respiratórias.
4. O estudo realizado pelo EPISUS (2018) identificou um aumento de 23% nos atendimentos no período de julho de 2016 a maio de 2018. O maior número de registros foi por Infecções de vias aéreas superiores (IVAS), 1.060 (14,2%).

Classificação da Categoria de perigo para a saúde humana nos Municípios de Mariana e Barra Longa

Em decorrência dos critérios acima enumerados, esta ARSH classifica as localidades estudadas de Mariana e Barra Longa como:

Local de Perigo Categoria A: Perigo urgente para a Saúde Pública.

Esta classificação considera que **existe um perigo para a saúde das populações expostas aos contaminantes definidos através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas.**

Esta exposição pode determinar a ocorrência de efeitos lesivos sobre a saúde das mesmas, imediatos ou de longo prazo, devendo ser objeto de recomendações de ações de saúde pertinentes para sua prevenção e assistência.

RECOMENDAÇÕES DE AÇÕES DE SAÚDE

Para os municípios de Mariana e Barra Longa recomenda-se:

1. Estruturação de um Programa de Atenção e Vigilância à Saúde inserido no âmbito do Sistema Único de Saúde e dos Programas de Atenção Básica e de Saúde da Família de cada município, abrangendo ações de promoção, prevenção, assistência e vigilância da saúde.

Para a estruturação deste Programa devem ser realizadas as seguintes ações:

1.1 Estruturação de **equipes multidisciplinares de atenção à saúde**, que devem ser parte integrante do SUS de cada município, cujo dimensionamento tanto numérico, quanto do perfil profissional, deve obedecer às necessidades de atenção à saúde dos grupos populacionais expostos.

1.2 Estabelecimento de uma **rede hierárquica de atenção à saúde**, composta por **profissionais** e serviços especializados e estruturados para a investigação, diagnóstico e tratamento destes agravos, assim como responsáveis pela orientação e supervisão das equipes de base deste Programa.

1.3 Organização, implantação e implementação de um sistema de informações em saúde com o objetivo de monitorar todos os eventos relacionados à saúde das populações expostas para identificação precoce e monitoramento dos agravos à saúde decorrentes da contaminação ambiental.

1.4 Estabelecimento de parcerias com instituições de pesquisa e ensino para:

- Elaborar um programa de educação continuada para as equipes de saúde deste Programa, com o objetivo de capacitar seus membros, de acordo com as especificidades de formação profissional, para a prevenção e identificação precoce da ocorrência dos agravos à saúde associados com a exposição aos contaminantes de interesse definidos.
- Realizar pesquisas em temas específicos para elucidação dos mecanismos de ação e efeitos à saúde dos contaminantes presentes, estudos genéticos e outros que contribuam para a melhoria da assistência à saúde destas populações e o aumento do conhecimento científico existente;
- Elaborar um programa de educação em saúde e comunicação de risco para a população a fim de que ela possa apropriar-se de conhecimentos para melhor conduzir-se, com autonomia, para a proteção e promoção de sua saúde.

O Programa de Assistência e Vigilância em Saúde acima mencionado deve ser o responsável pela realização e cumprimento das ações de saúde recomendadas abaixo.

2. Identificação e cadastramento de todos os moradores das zonas urbana e rural do município de Barra Longa, considerando a exposição disseminada nestas áreas aos contaminantes definidos, através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas.

3. Identificação e cadastramento de todos os moradores das localidades do município de Mariana, onde se constate exposição aos contaminantes definidos, através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas.

Para todos os moradores cadastrados em ambos os municípios deve ser realizado:

4. Elaboração do perfil sociodemográfico, de condições de vida e saúde e história de exposição incluindo informações sobre o local e distância da residência do leito do rio e o tempo de residência no local.

4.1. Este levantamento deve incluir: dados demográficos, escolaridade, renda pessoal e familiar, ocupação e história ocupacional, condições de saneamento e habitação da residência, padrão alimentar, cultivo de plantações e/ou criação de animais, presença de quintais, jardins, espaços de lazer.

4.2. No levantamento das condições de saúde devem ser incluídos o histórico pessoal e familiar de saúde, tanto atual como pregresso, de forma geral e específica para processos alérgicos, afecções renais, cardiovasculares e neurodegenerativos e ocorrência de câncer.

4.3. Especial atenção deve ser dada à história de vida das famílias e seus componentes, com identificação das trajetórias pessoais e familiares, hábitos culturais, de lazer, e interações sociais na comunidade.

5. Inclusão em um protocolo assistencial o qual deve prever:

5.1 Avaliação de saúde completa incluindo exames clínicos e laboratoriais e avaliação psicológica.

5.2 A avaliação clínica e laboratorial deve prever protocolos de investigação específica de possíveis agravos à saúde resultantes da exposição aos contaminantes de interesse identificados. Assim sendo, recomenda-se:

- Avaliação periódica da função renal com protocolos que incluam provas de avaliação da filtração glomerular, proteinúria de 24 horas, microalbuminúria e creatinina sanguínea. Outros exames, incluindo exames de imagem, a critério médico, com especial atenção para indivíduos que tenham uma história pessoal de patologias com repercussões lesivas sobre o sistema renal, e/ou história pessoal ou familiar de câncer de bexiga, rins ou próstata.
- Avaliação periódica da função pulmonar com protocolos que incluam exames de imagem. Outros exames a critério médico, com especial atenção para indivíduos fumantes e/ou que tenham uma história pessoal ou familiar de patologias pulmonares incluindo o câncer.
- Investigação de manifestações clínicas associados com quadros alérgicos, com especial para os de natureza cutânea e respiratória. É necessário a inclusão nas equipes de

atenção à saúde, ou de referência, de profissionais especializados nas áreas de Dermatologia, Alergologia, Otorrinolaringologia.

- Realização de provas funcionais e dosagens hormonais incluindo, porém não restrito a, provas funcionais hepáticas, estudo funcional da tireoide, estudo funcional do sistema imunitário, e provas metabólicas.

6. Análise laboratorial dos Indicadores biológicos de exposição e de efeito para os compostos determinados como contaminantes de interesse: chumbo, cádmio, níquel, cobre e zinco, nas matrizes biológicas padronizadas nacionalmente. É necessário que se estabeleçam laboratórios de referência que realizem estrito controle de qualidade de seus procedimentos.

7. Implantação e implementação de uma rede de prevenção e assistência aos processos de sofrimento psíquico e adoecimento mental, com suporte profissional e oferta de atividades de promoção da saúde

Para os grupos populacionais com especiais características de vulnerabilidade, recomenda-se:

8. Sensibilização e capacitação das Equipes de pré-natal para a atenção à gestação e parto com particular vigilância ao crescimento e desenvolvimento intrauterino, parto e período neonatal.

9. Para a faixa etária infantil, desde o nascimento, deve ser previsto a avaliação e monitoramento do desenvolvimento neuromotor, cognitivo e psicológico. Implantação de uma rede para o desenvolvimento de atividades de promoção da saúde e de estímulo ao desenvolvimento infantil.

10. Deve ser estabelecido um padrão de periodicidade para o monitoramento clínico dos grupos populacionais expostos, assim como para o biomonitoramento da exposição aos contaminantes listados. Recomenda-se que o monitoramento clínico-laboratorial deva ser realizado pelo período mínimo de 10 anos.

RECOMENDAÇÕES DE AÇÕES AMBIENTAIS

A complexidade da dinâmica ambiental determinada por interações locais e temporais de diversos mecanismos de transporte, condicionando a mobilização e biodisponibilização dos contaminantes nos diversos compartimentos ambientais, exige ações que visem a eliminação ou mitigação dos riscos à saúde humana, além de ações de monitoramento e de estudos adicionais. As medidas de controle e monitoramento de ações ambientais devem ser realizadas, assim para os municípios de Mariana e Barra Longa recomenda-se:

1- A Higienização das residências nas localidades atingidas pela lama de rejeitos, em relação à poeira contaminada. Justificativa:

A poeira domiciliar foi determinada como uma rota de exposição completa pelos metais cádmio, chumbo, cobre, zinco e níquel

2- Monitoramento do solo superficial nas áreas de ocorrência da deposição da lama de rejeito e nas suas proximidades. Justificativa:

Os resultados da amostragem ambiental realizada pela equipe de ARSH da Ambios demonstraram a contaminação do solo superficial por **cádmio**. Os contaminantes metálicos presentes no solo não indicam possibilidade de contaminação de frutas e outros vegetais que não tenham contato direto com o solo. Aparentemente, a difusão dos contaminantes metálicos a partir do solo pelo sistema radicular não é eficiente o suficiente para atingir os frutos.

Da mesma forma, como já observado em estudos anteriores sobre contaminação do solo por metais pesados, não se observa a contaminação do leite de vaca nem dos ovos de galinha, mesmo considerando que esses animais se alimentem da grama (vacas) ou estejam em contato direto com o solo superficial (galinhas) nas áreas de deposição da lama de rejeito. Possivelmente por não se apresentar em forma biodisponível, devido a outros condicionantes ambientais locais momentâneos, ou processos metabólicos próprios desses animais, não ocorreu a contaminação desses alimentos.

Os resultados analíticos sobre a **contaminação de vegetais** de contato direto com o “novo solo” formado pela deposição de lama de rejeito nas margens e áreas de várzeas da

bacia do Rio Doce, como os **tubérculos**, amplamente avaliados durante esta ARSH, não assinalaram contaminação. Isto se deve, possivelmente, às formas químicas como os contaminantes metálicos se apresentam atualmente nessas áreas, ou seja, não biodisponíveis.

No entanto, em função da intensa adubação nestes solos, promovida pela Fundação Renova, visando uma cobertura vegetal como medida remediadora para conter a geração de poeira e sustentação radicular para evitar a erosão e arraste do solo superficial para a drenagem, a iminência da formação de camadas húmicas e intensificação da atividade microbiana podem modificar os mecanismos de transporte, resultando na biodisponibilização dos contaminantes e sua absorção pelo sistema radicular dos vegetais soterrados, principalmente dos tubérculos.

Por esta razão, a equipe de ARSH assinalou uma rota de exposição humana potencial futura pelo consumo desses vegetais cultivados no “novo solo”.

Pelo exposto, a equipe de ARSH da Ambios recomenda o monitoramento do solo superficial nas áreas de ocorrência de deposição da lama de rejeito e nas suas proximidades. Nestas últimas, em função do arraste e deposição do solo contaminado pela poeira, pode ocorrer também a contaminação de cultivos de verduras foliares.

Sugere-se a realização pesquisas acadêmicas em que tratem sobre a dinâmica de mobilização e biodisponibilização de metais em tais solos.

3- Remoção e disponibilização adequada da lama de rejeitos das áreas atingidas.

Justificativa:

A imensa área nas margens e várzeas da bacia do Rio Doce coberta pela deposição da lama de rejeito, caso já dimensionada, não é do nosso conhecimento. Acredita-se ser esta uma informação relevante, principalmente quanto à emissão continuada dos contaminantes bem como para determinar com maior precisão as rotas de exposição futuras ao longo de toda a bacia.

4- Na impossibilidade de parcial ou total remoção da lama de rejeitos, recomendam-se medidas de remediação ou mitigação

Justificativa: para evitar a geração de poeira e de sustentação mecânica desses solos, bem como evitar sua dispersão e/ou arraste pelas chuvas para as drenagens.

4.1. Recomenda-se também o monitoramento de tais ações no solo contaminado visando avaliar sua eficácia e possíveis efeitos negativos como, por exemplo, a

biodisponibilização dos contaminantes por alterações físico-químicas ou pela atividade microbiana.

A realização de estudos acadêmicos sobre melhoria nessas atividades remediadoras como, por exemplo, sobre a remediação fitoquímica com espécimes vegetais (que possibilitem a fixação e remoção dos metais pesados), poderiam ser temas de pesquisas adicionais.

5- Monitoramento permanente das águas para consumo humano em todas as formas de captação. Justificativa:

Nas amostras de água superficial, afora os parâmetros ferro, manganês, fora do padrão de potabilidade, não foram detectadas concentrações de metais pesados acima das normas de potabilidade. No entanto, essas características das águas do Rio Doce e seus afluentes atingidos pelos efeitos da lama de rejeito impedem sua utilização nos usos previstos para potabilidade, inclusive os de balneabilidade.

Apesar de não terem sido detectados contaminantes de interesse nas águas para consumo humano, com exceção do ferro e manganês, descartados para maiores avaliações de implicações à saúde pública, a equipe de ARSH da Ambios considera, em função das fontes de emissão de contaminantes existentes (solo e sedimentos), a possibilidade de contaminação futura das fontes de captação. Assim, a água para consumo humano foi classificada como uma **rota potencial futura**.

6- Realização de criterioso estudo sobre a contaminação dos organismos aquáticos comestíveis pelos metais.

A contaminação dos sedimentos das drenagens atingidas pela lama de rejeitos, formando rotas potenciais futuras de contaminação, determina a necessidade de um monitoramento da qualidade desses organismos aquáticos para consumo humano.

Em função da contaminação já detectada dos sedimentos por **cádmio**, considerando também a possibilidade da remobilização e biodisponibilização futura de outros metais pesados por possíveis mecanismos de transporte, incluindo a participação crescente da atividade microbiana, e, com a revitalização dos ambientes aquáticos mais atingidos onde a vida aquática foi dizimada, do ressurgimento dos organismos aquáticos comestíveis, inclusive dos peixes, a equipe de ARSH da Ambios classifica os sedimentos como uma **rota completa futura**.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referências Bibliográficas

- ACQUA. Consultoria e Recuperação de Ambientes Aquáticos Ltda. **Avaliação de elementos químicos em peixes na área de influência do acidente com o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, Mariana, Mg. Trecho do Rio Doce – ES.** Belo Horizonte, fevereiro, p 28. 2016.
- ALBERICI, T.M. *et al.* **Trace metals in soil vegetation and voles from mine land treated with sewage sludge.** J Environ Qual v. 18, n. 1, p. 115-120, 1989.
- ALLEONI, L.R.F.; BORBA, R.P.; & CAMARGO, O. A. de. **Metais pesados: da cosmogênese aos solos brasileiros.** Top. Ciên Solo, v. 4, p. 1-42, 2005.
- ALLOWAY, B.J.; JACKSON, A.P.; MORGAN H. **The accumulation of cadmium by vegetables grown on soils contaminated from a variety of sources.** Sci Total Environ v. 91, p. 223-236, 1990.
- AMBILEV. Oceonografia e Hidrografia. **Relatório Técnico: Monitoramento Hidrográfico na Plataforma Adjacente à Foz do Rio Doce, nas Proximidades de Regência, ES.** RT AMB 075/15, revisão 00, p 70, 2015.
- AMPLO. **Relatório de impacto ambiental – RIMA – EIA Integrado do Complexo Germano, SAMARCO.** AMPLO ENGENHARIA E GESTÃO DE PROJETOS LTDA. 150 p. Disponível em: <<https://www.samarco.com/wp-content/uploads/2017/11/rima-samarco-2017.pdf>>. 2017.
- ANA. Agência Nacional de Águas. SUPERINTENDÊNCIA DE PLANEJAMENTO DE RECURSOS HIDRICOS - **Encarte Especial sobre a Bacia do Rio Doce Rompimento da Barragem em Mariana/MG,** 2016. 49 p. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/RioDoce/EncarteRioDoce_22_03_2016v2.pdf>.
- ANDRADE, L. C. R. **Caracterização de rejeitos de mineração de ferro, in natura e segregados, para aplicação como material de construção civil.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 2014.
- ANKLEY, G.T. *et al.* 1991. **Acid-volatile sulfide as a factor mediating cadmium and nickel bioavailability in contaminated sediments.** Env Tox and Chem An Intern Journal v. 10, n. 10, p. 1299-1307, 1991.
- APLYSIA. **Monitoramento da qualidade do efluente da celulose S.A. Atraves do uso de mexilhões como indicadores de metais pesados e organoclorados – Condicionante N° 45 da LO - GCA/No 172/2007 (Relatorio Tecnico, Parada Geral da Fabrica A),** 2011.
- APLYSIA. Soluções Ambientais. Relatório Técnico: **Análise de bioacumulação de metais em tecido de moluscos - nº 274/2017 – revisão 00,** p 12, 2017.
- APLYSIA. Soluções Ambientais. Relatório Técnico: **Monitoramento ambiental dos efeitos da pluma de turbidez sobre o ecossistema de praia (REBIO COMBOIOS).** nº 1763/2016 – revisão 01, 3ª CAMPANHA p 113, 2016.
- ASTER. **Ecotoxicity profile.** (Assessment Tools for the Evaluation of Risk) Duluth, MN: Environmental Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency. 1994.
- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Public Health Assessment Guidance Manual.** Lewis Publishers. Boca Raton – Ann Arbor – London – Tokyo. 220, 1992.
- ATSDR. **Minimal Risk Levels (MRLs) for Hazardous Substances, 2018.** Acesso em fev 2019. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/mrls/mrllist.asp>>.

ATSDR. **Public Health Assessment Guidance Manual (2005 Update)**. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Acesso em fev 2019. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/hac/phamanual/toc.html>> 2005b.

ATSDR. **Public Health Assessment Guidance Manual (2005 Update)**. *Appendix F: Derivation of Comparison Values*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Acesso em fev 2019. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/hac/phamanual/appf.html>> 2005a.

ATSDR. **Public Health Assessment Guidance Manual (2005 Update)**. *Appendix G: Calculating Exposure Doses*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Acesso em fev 2019. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/HAC/phamanual/appg.html>> 2005c.

ATSDR. **Toxic Substances Portal – Cadmium, Updated 2012**. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Acesso em fev 2019. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=48&tid=15>>.

ATSDR. **Toxic Substances Portal - Copper. Updated 2004**. – Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Acesso em fev 2019. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=206&tid=37>>.

ATSDR. **Toxic Substances Portal - Lead. Updated 2007**. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Acesso em fev 2019. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=22>>.

ATSDR. **Toxic Substances Portal - Nickel. Updated 2005**. – Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Acesso em fev 2019. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=44>> 2005d.

ATSDR. **Toxic Substances Portal - Zinc. Updated 2005**. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Acesso em fev 2019. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=54>> 2005e.

ATSDR. **Toxicological Profiles**. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Acesso em fev 2019. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiledocs/index.html>>.

BARCELOUX, D.G. **Nickel**. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology*, v. 37, n. 2, p. 239-258, 1999.

BERMOND, A.; BOURGEOIS, S. **Influence of soluble organic matter on cadmium mobility in model compounds and in soils**. *Analyst*, v. 117, n. 3, p. 685-687, 1992.

BEYER, W. N.; HENSLER, G. L.; MOORE, J. **Relation of pH and other soil variables to concentrations of Pb, Cu, Zn, Cd, and Se in earthworms**. *Pedobiologia*, v. 30, p. 167-172, 1987.

BEYER, W.N. 1986. **A reexamination of biomagnification of metals in terrestrial food chains**. *Environ Toxicol Chem An Intern Journal* v. 5, n. 10, p. 863-864, 1986.

BIDDINGER, G. R.; GLOSS, S. P. **The importance of trophic transfer in the bioaccumulation of chemical contaminants in aquatic ecosystems**. *Residue Reviews*. Springer, New York, NY, 1984. p. 103-145.

BIRGE, W. J.; BLACK, J. A. **Aquatic toxicology of nickel**. *Nickel in the Environment*. New York: J. Wiley and Sons, p. 349-366, 1980.

- BORTOLON, P.; **A Samarco e o Desastre de Mariana (MG): um Estudo em Representações Sociais a Partir da Perspectiva dos Ex-funcionários da Samarco**, 2018. 145f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas, Espírito Santo, 2018.
- BOSTICK, B. C. *et al.* **Seasonal fluctuations in zinc speciation within a contaminated wetland**. *Env sci & tech*, v. 35, n. 19, p. 3823-3829, 2001.
- BOWMAN, R. S.; ESSINGTON, M. E.; O'CONNOR, G. A. **Soil Sorption of Nickel: Influence of Solution Composition 1**. *Soil Science Society of America Journal*, v. 45, n. 5, p. 860-865, 1981.
- BRADLEY, R. W.; MORRIS, J. R. **Heavy metals in fish from a series of metal-contaminated lakes near Sudbury, Ontario**. *Water, Air, and Soil Pol*, v. 27, n. 3-4, p. 341-354, 1986.
- BRADLEY, S. B. **Long-term dispersal of metals in mineralized catchments by fluvial processes**. In: I. Foster, A. Gurnell, B. Webb (eds.): *Sediment and Water Quality in River Catchments*; Chichester: 161-177. 1995.
- BRASIL, Ministério do Planejamento e Orçamento Secretaria Especial de Políticas Regionais Departamento de Defesa Civil. **Glossário de defesa civil: estudos de riscos e medicina de desastres**. Brasília, 1998. Disponível em: <<http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa%20Civil/manuais/GLOSSARIODicionario-Defesa-Civil.pdf>> Acesso em 03 set 2018.
- BRASIL, Ministério do Trabalho e Previdência Social Superintendencia Regional do Trabalho e emprego em MG - Seção de Segurança e Saúde no Trabalho - **Relatório de análise de acidente rompimento da barragem de rejeitos fundão em mariana – MG**. 2016
- BRASIL, Portaria de Consolidação N. 5, do Ministério da Saúde. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**, Brasília, 2017. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n--5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>> acesso em novembro de 2018.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA - RDC Nº 42. **Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/rdc0042_29_08_2013.pdf/c5a17d2d-a415-4330-90db-66b3f35d9fbd>, 2013.
- BRASIL. **Boletim Epidemiológico. Emergência epidemiológica de febre amarela no Brasil, no período de dezembro de 2016 a julho de 2017**. Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde. Volume 48 Nº 28 – 2017.
- BRASIL. **Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos**. Brasília: DF. p 82. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2015/janeiro/06/Avaliacao-de-Risco---Diretrizes-MS.pdf>>. 2010.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise de Situação de Saúde. Coordenação Geral de Informações e Análise Epidemiológica. **Sistema de Informação sobre Mortalidade, SIM**. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0205&id=6937&VObj=http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sim/cnv/obt10>, Departamento de Informática do SUS. DATASUS. Acesso em 24 ago. 2018a.

- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Sistema de Informação de Agravos de Notificação, SINAN.** Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0203&id=29878153>, Departamento de Informática do SUS. DATASUS. Acesso em 24 ago. 2018b.
- BRASIL. Resolução nº 420, de 28 de Dezembro. **Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.** Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), Brasília, 2009. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>, acesso em novembro de 2018.
- BRASIL. Resolução nº 454, de 1º de novembro. **Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.** Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), Brasília, 2012. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693> acesso em novembro de 2018.
- BRESLIN, V. T. **Retention of metals in agricultural soils after amending with MSW and MSW-biosolids compost.** Water, air, and soil pollution, v. 109, n. 1-4, p. 163-178, 1999.
- BRUCE, B. W.; MCMAHON, P. B. **Shallow ground-water quality beneath a major urban center: Denver, Colorado, USA.** Journal of Hydrology, v. 186, n. 1-4, p. 129-151, 1996.
- BURKE, B.E.; PFISTER, R.M. **The removal of cadmium from lake water by lake sediment bacteria.** In: Proceedings of the Annual Meeting of the American Society for Microbiology, Miami Beach, Florida, USA, May 8-13, 1988.
- CALLAHAN, M.A. *et al.* **Water-related environmental fate of 129 priority pollutants.** Office of Water Planning and Standards, Office of Water and Waste Management, US Environmental Protection Agency, 1979.
- CAMARA V.M. *et al.* **The generation and buildup of contaminants. Threats to health in the short- and long- term.** In: Environmental and Social Determinants of Health. Galvão, Finkelman, Henao (eds). Pan American Health Organization (Ed). Washington, DC: PAHO, 2016.
- CAMARGOS, V.L. **Florística e estrutura da vegetação arbórea e suas relações com a drenagem e os fatores edáficos num trecho da floresta estacional semidecídua no entorno da lagoa carioca – Parque Estadual do Rio Doce – MG.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. Pós-Graduação em Ciência Florestal. 2004.
- CAREGNATO, R. C. A. & MUTTI, R. **Pesquisa qualitativa: análise de discurso versus análise de conteúdo.** 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/tce/v15n4/v15n4a17> . Acesso em: 06 de outubro de 2018.
- CAVALCANTE, K.R.L.J.; TAUIL, P.L. Risco de reintrodução da febre amarela urbana no Brasil. Epidemiol. Serv. Saúde [online], vol.26, n.3, pp.617-620, 2017.
- CAVALCANTI, A. D. **Monitoramento da Contaminação por Elementos Traco em Ostras Comercializadas em Recife, Pernambuco, Brasil.** Cadernos de Saude Publica, Rio de Janeiro, v. 19, n. 5, p. 1545-1551, 2003.

- CEPA. **Priority substances list assessment report: Nickel and its compounds.** Canadian Environmental Protection Act. Government of Canada, Environment Canada, Health Canada, p. 1-82, 1994.
- CHAN, W.H. *et al.* **Concentration and deposition of trace metals in Ontario - 1982.** Water Air Soil Pollut v. 29, p. 373-389, 1986.
- CHLOPECKA, A. *et al.* **Heavy metals in the environment.** J. Environ. Qual, v. 25, p. 69-79, 1996.
- CLEMENT. **Chemical, physical, and biological properties of compounds present at hazardous waste sites.** Final Report to the Office of Waste Programs Enforcement, Office of Solid Waste and Emergency Response, Environmental Protection Agency, Washington, DC, by Clement Associates, Arlington, VA. 1985.
- CNES. **CADASTRO NACIONAL DE ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE.** 2018. Disponível em: <http://cnes2.datasus.gov.br> , acesso em 25/11/2018.
- COSTA, A.T. **Geoquímica das águas e dos sedimentos da Bacia do Rio Gualaxo do Norte, leste-sudeste do Quadrilátero Ferrífero (MG): Estudo de uma área afetada por atividade de extração mineral [manuscrito].** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 146p. 2001.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Levantamentos geológicos básicos do Brasil, Mariana – Folha SF.23-XB-1.** Estado de Minas Gerais. Escala 1:100.000. Org. por Orivaldo Ferreira Baltazar e Frederico Ozanam Raposo. Brasília, DNPM/CPRM. 196p. 1993.
- CRISANTO HERRERO, T.; LORENZO MARTIN, L. F. **Evaluation of cadmium levels in fertilized soils.** Bull Environ Contam Toxicol, v. 50, n. 1, p. 61-68, 1993.
- DAVIS, R. D. *et al.* **Distribution of metals in grassland soils following surface applications of sewage sludge.** Env Pol, v. 49, n. 2, p. 99-115, 1988.
- DE SOUZA, L. A.; SOBREIRA, F. G.; DO PRADO FILHO, J. F. **Cartografia e diagnóstico geoambiental aplicados ao ordenamento territorial do município de Mariana–MG.** Revista Brasileira de Cartografia, v. 3, n. 57, 2005.
- DEBUSK, T. A.; LAUGHLIN JR, R. B.; SCHWARTZ, L. N. **Retention and compartmentalization of lead and cadmium in wetland microcosms.** Water research, v. 30, n. 11, p. 2707-2716, 1996.
- DELAUNE, R. D.; SMITH, C. J. **Release of Nutrients and Metals Following Oxidation of Freshwater and Saline Sediment 1.** Jour of Enval Qual, v. 14, n. 2, p. 164-168, 1985.
- DEMIRJIAN, Y. A. *et al.* **Land treatment of contaminated sludge with wastewater irrigation.** Journal (Water Pol Cont Fed), p. 370-377, 1984.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISA MINERAL – DNPM. Portaria DNPM n. 416 de 03 de setembro. **Cria o Cadastro Nacional de 86 Barragens de Mineração e dispõe sobre o Plano de Segurança, entre outros,** 2012.
- DIKS, D. M.; ALLEN, H. E. **Correlation of copper distribution in a freshwater-sediment system to bioavailability.** Bull Environ Contam Toxicol, v. 30, n. 1, p. 37-43, 1983.
- DOLAN, D. M. *et al.* **Lake Huron, 1980: Intensive survey summary report.** Windsor, Ontario, Canada: Surveillance Work Group, 1986.

- DOMERGUE, F. L.; VEDY, J. C. **Mobility of heavy metals in soil profiles**. Int J Environ Anal Chem, v. 46, n. 1-3, p. 13-23, 1992.
- DORN, C. R. *et al.* **Airborne Pb, Cd, Zn and Cu concentration by particle size near a Pb smelter**. Atmos Environ, v. 10, n. 6, p. 443-446, 1976.
- DOWNS, S. G.; MACLOED, C. L.; LESTER, J. N. **Mercury in precipitation and its bioaccumulation in fish: a literature review**. Water Air Soil Pollut. 108, 149–187. 1998.
- DRESSLER, R. L. *et al.* **Heavy Metals in Cottontail Rabbits on Mined Lands Treated with Sewage Sludge 1**. J Environ Qual, v. 15, n. 3, p. 278-281, 1986.
- DUDKA, S.; CHLOPECKA, A. **Effect of solid-phase speciation on metal mobility and phytoavailability in sludge-amended soil**. Water Air Soil Pollut, v. 51, n. 1-2, p. 153-160, 1990.
- ECONSERVATION. **Análise Integrada dos Contornos do Deslocamento das Plumas de Turbidez no Meio Marinho**. RT ECV 138-17, revisão 00, p 115. Junho, 2017a.
- ECONSERVATION. **Levantamentos de Dados de Turbidez, Fitoplâncton e Qualidade de Água entre Abrolhos e Vitória**. RT ECV 073-16, revisão 00, p 98. abril, 2016b.
- ECONSERVATION. **Relatório Técnico: Monitoramento de Bioacumulação (Ictiofauna, Carcinofauna e Malacofauna) por metais, na Região Marinha Adjacente a Foz do Rio Doce e sob Possível Influência da Lama de Rejeitos Oriunda do Rompimento da Barragem de Fundão**. RT ECV 065/16, revisão 00, abril, p 54, 2016a.
- ECONSERVATION. **Relatório Técnico: Remoção, Identificação, Contabilidade e Destinação de Peixes do Rio Doce**. RT ECV 060-17, revisão 01, p 25. Abril, 2017b.
- ECOPLAN – LUME. **Plano de ação de recursos hídricos da unidade de planejamento e gestão DO1 PARH Piranga**. p116, maio, 2010.
- EISLER, R. **Cadmium hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review**. Fish and Wildlife Service, Biological Report, 85(1.2), p. 46, 1985.
- ELINDER, C. G. **Cadmium as an environmental hazard**. IARC scientific publications, n. 118, p. 123-132, 1992.
- ELINDER, C.G. **Cadmium: uses, occurrence and intake**. In: FRIBERG L, ELINDER CG, Kjellstrom T, *et al.* (eds.), Cadmium and health: A toxicological and epidemiological appraisal., v. 1, p. 23-64, 1985.
- ELLIOTT, H. A.; LIBERATI, M. R.; HUANG, C. P. **Competitive Adsorption of Heavy Metals by Soils 1**. J Environ Qual, v. 15, n. 3, p. 214-219, 1986.
- EM. **Desastre na Barragem de Fundão afunda Mariana no atoleiro do desemprego**. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2016/11/03/interna_gerais,820492/desastre-na-barragem-de-fundao-deixa-mariana-no-atoleiro-do-desemprego.shtml>. 2018.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa Florestas. Clima: Os tipos climáticos segundo Koeppen**. Disponível em: <<https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>> Acesso em 22 ago. 2018.

EMBRAPA. **O uso do sulfato de cobre em ecossistemas aquáticos: fatores que afetam sua toxicidade em peixes de água doce** / Fernanda Garcia Sampaio, Cheila de Lima Boijink, Francisco Tadeu Rantin. – Jaguariuna, SP : Embrapa Meio Ambiente, 101 p. — (Documentos / Embrapa Meio Ambiente; 91), 2013.

EPA_ United States Environmental Protection Agency. Assessing Dermal Exposure from Soil. Region 3 Technical Guidance Manual, Risk Assessment. Acesso em fev 2019. Disponível em: <https://www.epa.gov/risk/assessing-dermal-exposure-soil>.

EPA_ United States Environmental Protection Agency. **Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment)**. Final. Acesso em fev 2019. Disponível em: <<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-volume-i-human-health-evaluation-manual-supplemental>>.

EPA. **1996 modeled ambient concentration for nickel compounds**. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency

EPA. **Air quality criteria for lead**. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office. EPA 600/8-83-028F.

EPA. **Air quality data for metals 1977 through 1979 from the National Air Surveillance Networks**. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency. 1984. EPA-600/S-483053.

EPA. **Ambient water quality criteria for zinc**. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards. 1987. EPA440/5-87-003.

EPA. **An exposure and risk assessment for lead**. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards, Monitoring and Data Support Division. 1982. EPA 440/4-85/010.

EPA. **Cadmium contamination of the environment: An assessment of nationwide risk**. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards. 1985a. EPA-440/4-85-023.

EPA. **Exposure and risk assessment for zinc**. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards (WH-553). 1980. EPA-440/4-81-016.

EPA. **Prioritized Chronic Dose-Response Values for Screening Risk Assessments**. United States Environmental Protection Agency. Acesso em fev 2019. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-05/documents/table1.pdf>> 2018.

EPA. **Risk Assessment for Carcinogenic Effects**. United States Environmental Protection Agency. Acesso em fev 2019. Disponível em: <<https://www.epa.gov/fera/risk-assessment-carcinogenic-effects>> 2019a.

EPA. **Treatability manual. Volume 1: Treatability data**. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development. 1983b. EPA-600/2-82001a.

- EPA. **Water-related environmental fate of 129 priority pollutants. Volume 1: Introduction and technical background, metals and inorganic pesticides and PCBs.** 1979. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. EPA-440/4-79-029a, 13-1 - 43-19.
- EPISUS, 2018. **Dois anos pós-desastre da barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG, 2018.** Relatório Final. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. Documento restrito.
- EPISUS. **Estudo sobre o Perfil Epidemiológico da População de Barra Longa – MG, Pós-Desastre, 2016.** Relatório Final. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. Documento restrito.
- EVANS, L. J. **Chemistry of metal retention by soils.** Environmental Science & Technology, v. 23, n. 9, p. 1046-1056, 1989.
- EXAME. **Tragédia de Mariana ainda afeta economia da cidade.** Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/economia/tragedia-de-mariana-ainda-afeta-economia-da-cidade/>>. 2017.
- FAO & WHO. **CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION.** Disponível em:<http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-735-10%252FWD%252Fcf10_INF1e.pdf> acesso em novembro de 2018.
- FAO/WHO, Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization. 2006. **Working document for information and use in discussions on the GSCTF (CX/FAC 06/38/18).** Joint FAO WHO food standards programme, codex committee on food additives and contaminants, 38th Session, The Hague, the Netherlands, 24 - 28 April 2006.
- FAURG. Fundação de apoio à Universidade do Rio Grande. Relatório Técnico-Científico. **Análise de Contaminantes (metais).** etapa 1, p 63, contrato 105, 2016a.
- FAURG. Fundação de apoio à Universidade do Rio Grande. Relatório Técnico-Científico. **Análise de comparativa sobre os resultados entre as expedições soloncy moura I e II e as amostras coletadas antes do evento.** etapa 5, p 16, contrato 105, 2016b.
- FAUSTMAN E.M.; OMENN G.S. **Risk Assessment.** In: Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons. Klaassen C. Mc Graw-Hill, San Francisco: USA, 6a Ed, p. 83-104, 2001.
- FAWELL, J.K.; OHANIAN, E.; GIDDINGS, M.; TOFT, P.; MAGARA, Y.; JACKSON, P. **Cadmium in Drinkingwater. Environmental Healthy Criteria** 134, Geneva, 1992.
- FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Inventário estadual de barragens do estado de Minas Gerais.** Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: FEAM, 2012.
- FEIJTEL, T. C.; DELAUNE, R. D.; PATRICK, W. H. **Biogeochemical control on metal distribution and accumulation in Louisiana sediments.** J Environ Qual, v. 17, n. 1, p. 88-94, 1988.
- FISHBEIN, L. **Sources, transport and alterations of metal compounds: an overview. I. Arsenic, beryllium, cadmium, chromium, and nickel.** Environ Health Perspect, v. 40, p. 43-64, 1981.
- FLORENCE, T. Mark. **Speciation of Zinc in Natural Waters.** : John Wiley and Sons, p. 199-227, 1980.
- FORSTNER, U. & MÜLLER, G. **Schwermetalle in Flüssen und Seen als Ausdruck der**

- Umweltverschmutzung.** Springer-Verlag. New York. 1974.
- FORSTNER, U. & PATCHINEELAM, S.R. **Bindung und Remobilisierung von Schwermetallen in fluviatilen Sedimenten.** Chemikerzeitung . n° 100, 49-57 p. 1976.
- FORSTNER, U. & WITTMANN, G.T. **Metal pollution in aquatic environment.** Berlin, Springer-Verlag. 1983.
- FREITAS, C. M.; SILVA, M. A.; MENEZES, F. C. **O desastre na barragem de mineração da Samarco: fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres.** Cienc. Cult. [online]. 2016, vol.68, n.3, p. 25-30.
- FUHRER, G.J. **Extractable cadmium, mercury, copper, lead, and zinc in the lower Columbia River Estuary, Oregon and Washington.** US Geo Sur Water Res Inv Rep, v. 86, p. 4088, 1986.
- FUNDAÇÃO COPPETEC. (2016). **Avaliação dos impactos da ruptura da barragem de rejeitos de fundão em mariana nove meses após o desastre.** Disponível em:<<http://www.lima.coppe.ufrj.br/images/documentos/projetos/relatorio-vale/1-Cap1COPPE.20275.Cap1.Infraestrutura.Relat%C3%B3rio.Final.04.01.2017.pdf>>, 2016.
- FURNESS, R. W.; RAINBOW, P. S. **Heavy Metals in the Marine Environment.** Boca Raton; Boston: CRC Press, 256 p, 1990.
- GAMBRELL, R. P. **Trace and toxic metals in wetlands—a review.** J Env Qual, v. 23, n. 5, p. 883-891, 1994.
- GAO, S.; WALKER, W.J.; DAHLGREN, R.A. **Simultaneous sorption of Cd, Cu, Ni, Zn, Pb, and Cr on soils treated with sewage sludge supernatant.** Water, air, and soil pollution, v. 93, n. 1-4, p. 331-345, 1997.
- GARCIA, E.; CARIGNAN, R. **Mercury concentration in northern pike (Esox lucius) from boreal lakes with logged, burned, or undisturbed catchments.** Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57 (2), 129–135, 2000
- GERRITSE, R. G.; VAN DRIEL, W. **The relationship between adsorption of trace metals, organic matter, and pH in temperate soils 1.** Journal of Environmental Quality, v. 13, n. 2, p. 197-204, 1984.
- GETZ, L. L. *et al.* **Transport and distribution in a watershed ecosystem. Lead in the Environment.** In: *Bogess WR, ed. Lead in the environment*, Chapter 6. 1977.
- GIUSQUIANI, P. L.; GIGLIOTTI, G.; BUSINELLI, D. **Mobility of heavy metals in urban waste-amended soils.** J Environ Qual, v. 21, n. 3, p. 330-335, 1992.
- GIUSTI, L. *et al.* **The solubility and partitioning of atmospherically derived trace metals in artificial and natural waters: a review.** Atmospheric Environment. Part A. General Topics, v. 27, n. 10, p. 1567-1578, 1993.
- GOCHFELD, M.; BURGER, J. **Biological concentration of cadmium in estuarine birds of the New York Bight.** Colonial Waterbirds, p. 116-123, 1982.
- GOLDER. Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. **Concentrações de arsênio, zinco e selênio na costa próximas à foz do rio Doce.** p 17, maio/2016b.

- GOLDER. Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. **Relatório Técnico: Qualidade da Água e do Sedimento na Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas. Atualização de Maio/2017a.**
- GOLDER. Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. **Relatório Técnico: Rompimento da barragem de rejeitos de fundão: Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos. Atualização de Outubro/2017b.**
- GOLDER. Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. **Relatório Técnico: Qualidade da água, qualidade do sedimento, e resultados dos testes de ecotoxicologia no rio Doce, referente aos dados reportados até 2016. Janeiro/2016a.**
- GOLDER. Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. **Relatório Técnico: Avaliação dos resultados de qualidade de água e sedimento do Rio Doce. Atualização de Julho/2017c.**
- GOLDER. Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. **Relatório Técnico: Qualidade de água e do sedimento na zona costeira próxima à foz do rio Doce e na APA Costa das Algas.** p 216, julho/2016a.
- GOLDER. Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. **Relatório Técnico: Atualização da qualidade da água e sedimento na zona costeira após o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão.** Maio, 2016d.
- GOLDER. Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. **Resumo sobre qualidade da água e sedimentos relativos aos limites das Resoluções CONAMA na zona costeira após rompimento da barragem de rejeitos de Fundão.** Julho 2016c.
- GOLDER. **Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos – Relatório RT-015_159-515-2282_03-J**, elaborado pela Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda, 2015.
- GOMES, M. A. **Caracterização tecnológica no aproveitamento do rejeito de minério de ferro.** Ouro Preto: UFOP. 77p. Dissertação (Mestrado). 2009.
- GONÇALVES, I.S. **Relação Solo-Vegetação em Mata Ciliar do Rio Gualaxo do Norte, Município de Mariana, Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Pós-Graduação em Ciência Florestal. 2009.
- GOTHBERG, A. **Intensive fishing, a way to reduce the mercury level in fish.** *Ambio* 12, 259–261, 1983.
- GRANEY, J. R.; LANDIS, M. S.; NORRIS, G. A. **Concentrations and solubility of metals from indoor and personal exposure PM2.5 samples.** *Atmos Environ*, v. 38, n. 2, p. 237-247, 2004.
- GREENFIELD, B.K.; HRABIK, T.R.; HARVEY, C.J.; CARPENTER, S.R. **Predicting mercury levels in yellow perch: use of water chemistry, trophic ecology, and spatial traits.** *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* v. 58, p. 1419–1429, 2001.
- GUILHERME, L.R.G. *et al.* **Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos.** *Tóp Ciên Solo*, v. 4, p. 345-390, 2005.
- GUNDERSEN, P.; STEINNES, E. **Influence of pH and TOC concentration on Cu, Zn, Cd, and Al speciation in rivers.** *Water Research*, v. 37, n. 2, p. 307-318, 2003.
- HAINES, T.A. *et al.* **Perch mercury is related to acidity and color of 26 Russian lakes.** *Water Air Soil Pollut.* v. 85, p. 823–828, 1995.

- HÄKANSON, L. **Mercury in some Swedish lake sediments.** *Ambio*. v.3, nº1, p.37-41, 1974.
- HANDY, R. D. **The assessment of episodic metal pollution. I. Uses and limitations of tissue contaminant analysis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after short waterborne exposure to cadmium or copper.** *Arch environ contam toxicol*, v. 22, n. 1, p. 74-81, 1992a.
- HANDY, R. D. **The assessment of episodic metal pollution. II. The effects of cadmium and copper enriched diets on tissue contaminant analysis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).** *Arch Environ Contam Toxicol*, v. 22, n. 1, p. 82-87, 1992b.
- HARGITAI, L. **The role of humus status of soils in binding toxic elements and compounds.** *Sci Total Environ*, v. 81, p. 643-651, 1989.
- HARRISON, F. L.; BISHOP, D. J. **A review of the impact of copper released into freshwater environments.** US Nuclear Regulatory Commission. Livermore, CA: Lawrence Livermore National Laboratory. NUREG/CR-3478. Cited In: ATSDR, 1984.
- HE, Q. B.; SINGH, B. R. **Crop uptake of cadmium from phosphorus fertilizers: I. Yield and cadmium content.** *Water air soil pollut*, v. 74, n. 3-4, p. 251-265, 1994.
- HEGSTROM, L. J.; WEST, S. D. **Heavy metal accumulation in small mammals following sewage sludge application to forests.** *J Environ Qual*, v. 18, n. 3, p. 345-349, 1989.
- HEIT, M.; KLUSEK, C.; BARON, J. **Evidence of deposition of anthropogenic pollutants in remote Rocky Mountain lakes.** *Water Air Soil Pollut*, v. 22, n. 4, p. 403-416, 1984.
- HELZ, G. R.; HUGGETT, R. J.; HILL, J. M. **Behavior of Mn, Fe, Cu, Zn, Cd and Pb discharged from a wastewater treatment plant into an estuarine environment.** *Water Res*, v. 9, n. 7, p. 631-636, 1975.
- HERNANDEZ, L. M. *et al.* **Presence and biomagnification of organochlorine pollutants and heavy metals in mammals of Doñana National Park (Spain), 1982–1983.** *J Environ Sci Health B*, v. 20, n. 6, p. 633-650, 1985.
- HOUBA, C. *et al.* **Factors affecting the concentrations of cadmium, zinc, copper and lead in the sediments of the Vesdre River.** *Water Res*, v. 17, n. 10, p. 1281-1286, 1983.
- HU, X. *et al.* **Distributions of heavy metals in maternal and cord blood and the association with infant birth weight in China.** *The Journ of rep med*, v. 60, n. 1-2, p. 21, 2015.
- HUDSON-EDWARDS, K.A.; MACKLIN, M.G.; CURTIS, C.D.; VAUGHAN, D.J. **Processes of formation and distribution of Pb-, Zn-, Cd-, and Cu-bearing minerals in the Tyne Basin, Northeast England: Implications for metal contaminate driver systems.** *Env Sci and Tech* v. 30, p. 72-80, 1996.
- IARC. **Cadmium and certain cadmium compounds.** In: IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Beryllium, cadmium, mercury and exposures in the glass manufacturing industry. IARC monographs, Vol. 58. Lyon, France: World Health Organization. International Agency for Research on Cancer, 119-146, 210-236, 1993.
- IARC. **IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans: Cadmium and cadmium compounds.** International Agency for Research on Cancer, v. 100C, acesso em fev 2019. Disponível em: <<https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100C-8.pdf>>, 2009.

- IARC. **IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans: Nickel and Nickel compounds Monograph.** Agency for Research on Cancer, v. 100C, acesso em fev 2019, 2017. Disponível em: <<https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100C-10.pdf>>.
- IARC. **IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 49: Chromium, nickel and welding.** Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, WorldHealth Organization, 257-445, 1990.
- IARC. **Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans: PREAMBLE.** International Agency for Research on Cancer, v. 100, acesso em fev 2019. Disponível em: <<https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2019/01/Preamble-2019.pdf>> 2019a.
- IBGE. **Brasil em síntese.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/mariana/panorama>>. 2018.
- IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. **Guia para planejamento do fechamento de mina.** 1ª Edição. 224 p. 2013. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00004091.pdf>>. Acesso do em: 24 jul 2014.
- IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. **Informações e análises da economia mineral brasileira.** 7ª Edição, 2012.
- ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Relatório do cruzeiro de avaliação de efeitos da pluma de sedimentos oriunda da foz do rio doce sobre a biota marinha, a partir do norte do Espírito Santo ao sul da Bahia.** Vitória, fevereiro, 2016a.
- ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Relatório da segunda expedição para avaliação dos efeitos da pluma de sedimentos oriunda da foz do Rio Doce sobre o ambiente marinho no Estado do Espírito Santo ao sul da Bahia.** Vitória, maio, 2016b.
- ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Avaliação do impacto da lama/pluma Samarco sobre os ambientes costeiros e marinhos (ES e BA) com ênfase nas Unidades de Conservação - 1a Expedição do Navio de Pesquisa Soloncy Moura do CEPESUL/ICMBio.** Brasília, abril, p 62, 2016c.
- IIMURA, K. 1981. **Heavy metal problems in paddy soils.** In: KITAGISHI K., YAMANE I., eds. Heavy metal problems in soils of Japan. Japan Scientific Societies Press, p. 42-50, 1981.
- IJC. **Report on Great Lakes water quality.** Presented at Hamilton, Ontario, October 1989. Windsor, Ontario: International Joint Commission, Great Lakes Water Quality Board, 1972.
- INESC. Instituto de Estudos Socioeconômicos. **O modelo mineral. Brasileiro visto a partir de. questões fiscais e tributárias.** Nota Técnica nº 191. Disponível em http://www.inesc.org.br/biblioteca/publicacoes/notas-tecnicas/nts-2017/nota-tecnica-191-o-modelo-mineral-brasileiro-visto-a-partir-de-questoes-fiscais-e-tributarias/at_download/file, 2017.
- INESC. Instituto de Estudos Socioeconômicos. **Royalties da Mineração: reduzido, mal distribuído e mal aproveitado.** Nota Técnica nº 181. Disponível http://www.inesc.org.br/biblioteca/publicacoes/notas-tecnicas/nts-2013/nota-tecnica-n.-181-royalties-da-mineracao/at_download/file, 2014.

- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. Comitê Interfederativo – CIF. 2019. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/cites-e-comercio-externo/cites?id=699>> acesso em 10 de março de 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. 2015. **Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais.** DIRETORIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - DIPRO Coordenação Geral de Emergências Ambientais – CGEMA.
- INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE. **Avaliação dos riscos em saúde da população de Barra Longa / MG afetada pelo desastre. Pesquisa Avaliação de Saúde da População de Barra Longa afetada pelo Desastre de Mariana, Brasil.** São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2017/04/RELAT%C3%93RIO_GREENPEACE_18.04.17_FINAL.pdf>.
- INSTITUTO SAUDE E SUSTENTABILIDADE. Fundação Renova. **Estudo bibliográfico e dos dados do DATASUS sobre a saúde mental nos municípios afetados pelo rompimento da barragem de fundão em mariana, minas gerais,** p 445, abril de 2018.
- IPCS. **Inorganic lead.** International Programme on Chemical Safety. Environmental Health Criteria 165 ed. Geneva, Switzerland: WHO (World Health Organization), 1995.
- IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. 2018. Disponível em: <http://www.ipatrimonio.org/?p=19749#!/map=38329&loc=-20.18057947151198,-43.38256359100342,14> , acesso em agosto de 2018.
- JACK, R.; ROOSE, M. **Analysis of Fish Tissue from Long Lake (Spokane River) for PCBs and Selected Metals.** Washington State Department of Ecology. Publication # 02-03-049, 2002.
- JANSSEN, R.P.T. *et al.* 1997. **Equilibrium partitioning of heavy metals in Dutch field soils: I. Relationship between metal partition coefficients and soil characteristics.** Environ Toxicol Chem v. 16, n. 12, p. 2470-2478, 1997.
- JOHAS, F. D. **Análise do passivo socioeconômico do rompimento da barragem de fundão (Mariana, MG) em novembro de 2015 na bacia do Rio Doce.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Fluminense – UFF, Niterói, Julho de 2017.
- JOHN, J. *et al.* **Influence of aquatic humus and pH on the uptake and depuration of cadmium by the Atlantic salmon (Salmo salar L.).** Sci Total Environ v. 62, p. 253-265, 1987.
- JOHNSTON, J. E. *et al.* **Maternal cadmium levels during pregnancy associated with lower birth weight in infants in a North Carolina cohort.** PLoS One, v. 9, n. 10, p. e109661, 2014.
- KABALA, Cezary; SINGH, Bal Ram. **Fractionation and mobility of copper, lead, and zinc in soil profiles in the vicinity of a copper smelter.** J Environ Qual, v. 30, n. 2, p. 485-492, 2001.
- KALAC, P. *et al.* **Concentrations of mercury, copper, cadmium and lead in fruiting bodies of edible mushrooms in the vicinity of a mercury smelter and a copper smelter.** Sci Total Environ, v. 177, n. 1-3, p. 251-258, 1996.

- KALBASI, M.; RACZ, G. J.; LEWEN-RUDGERS, L. A. **Reaction products and solubility of applied zinc compounds in some Manitoba soils.** Soil Sci, v. 125, n. 1, p. 55, 1978.
- KAMINSKI, M. D.; LANDSBERGER, S. **Heavy metals in urban soils of East St. Louis, IL, part I: total concentration of heavy metals in soils.** J Air Waste Manage Assoc, v. 50, n. 9, p. 1667-1679, 2000.
- KEHRIG, H.A., FERNANDES, K.W.G., MALM, O., SEIXAS, T.G., DI BENEDITTO, A.P.M., SOUZA, C.M.M. 2009. **Transferência trófica de mercúrio e selênio na costa norte do Rio de Janeiro.** Química Nova, v.32, p.1822-1828.
- KEITZ, E. L. **Atmospheric cycles of cadmium and lead: emissions, transport, transformation and removal.** McLean VA–The Mitre Corporation, Washington, 1980.
- KEMPTON, S.; STERRITT, R. M.; LESTER, J. N. **Heavy metal removal in primary sedimentation I. The influence of metal solubility.** Sci Total Environ, v. 63, p. 231-246, 1987.
- KEOGH, J.P.; BOYER, L.V. **Lead – Specific Health Hazards and Toxins.** In: : Clinical Environmental Health and Toxic Exposures. Sullivan, J.B. and Krieger, G.R. (eds). Williams & Wilkins, Philadelphia, USA, 2001.
- KINNEY, P. L. *et al.* **Exposures to multiple air toxics in New York City.** Environ Health Perspect, v. 110, n. suppl 4, p. 539-546, 2002.
- KIPPLER, M. *et al.* **Maternal cadmium exposure during pregnancy and size at birth: a prospective cohort study.** Env health persp, v. 120, n. 2, p. 284, 2012.
- KUNIYOSHI, L. S.; BRAGA, E. S.; FAVARO, D. I. T. 2002. **Uso do arsênio na avaliação da qualidade do pescado: necessidade de adequação da legislação ambiental.** In: V SIMPOSIO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 5.,2011, Santos. Resumos. Sao Paulo: IOUSP, 2011.
- KUROSHIMA, R. **Cadmium accumulation in the mummichog, *Fundulus heteroclitus*, adapted to various salinities.** Bull Environ Contam Toxicol, v. 49, n. 5, p. 680-685, 1992.
- LACAZ, F.A.C.; PORTO, M.F.S.; PINHEIRO, T.M.M.; **Tragédias brasileiras contemporâneas: o caso do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão/Samarco.** Rev. bras. saúde ocup. [online]. 2017, vol.42, e9.
- LACERDA, L.D.; FITZGERALD, W.F. **Biogeochemistry of mercury in wetlands.** Wetlands Ecol. Manage. v. 9, p. 291–293, 2001.
- LANDRIGAN P.H.; ETZEL R.A. **Textbook of Children’s Environmental Health.** Oxford University Press (Ed) New York: 2013.
- LEENAERS, H. **The transport of heavy metals during flood events in the polluted river Geul (the Netherlands).** Hydrological Processes, December. 1989.
- LEVINE, M. B. *et al.* **Heavy metal concentrations during ten years of sludge treatment to an old-field community.** J Environ Qual, v. 18, n. 4, p. 411-418, 1989.
- LEVY, D. B. *et al.* **Distribution and partitioning of trace metals in contaminated soils near Leadville, Colorado.** J Environ Qual, v. 21, n. 2, p. 185-195, 1992.

- LEWIN, J.; MACKLIN, M.G. **Sediment transfer and transformation of an alluvial valley floor: the River South Tyne, Northumbria, UK.** - Earth Surface Processes and Landforms v. 14, p. 233-246, 1989.
- LIN, C. M. *et al.* **Does prenatal cadmium exposure affect fetal and child growth?** Occup env med, v. 68, n. 9, p. 641-646, 2011.
- LIVSMEDELSVERKET. **Swedish Market Basket Survey 2015, – per capita-based analysis of nutrients and toxic compounds in market baskets and assessment of benefit or risk**, Uppsala, Sweden, 2017.
- LUCAN-BOUCHE, M. L. *et al.* **The simultaneous influence of pH and temperature on binding and mobilization of metals in sand: 1- Copper.** Fresenius Environ Bull., v. 6, n. 11, p. 711-718, 1997.
- LUCASSEN, E.; SMOLDERS, A. J. P.; ROELOFS, J. G. M. **Potential sensitivity of mires to drought, acidification and mobilisation of heavy metals: the sediment S/(Ca+ Mg) ratio as diagnostic tool.** Environ Pollut, v. 120, n. 3, p. 635-646, 2002.
- LUCOTTE, M. *et al.* **Mercury in natural lakes and unperturbed terrestrial ecosystems of northern Québec.** In: Lucotte, M., Schetagne, R., Thérien, N., Langlois, C., Tremblay, A. (Eds.), Mercury in the Biogeochemical Cycle: Natural Environments and Hydroelectric Reservoir of Northern Quebec (Canada). Springer, Berlin, pp. 55–87, 1999.
- LUSTBERG, M.; SILBERGELD, E. **Blood lead levels and Mortality.** Arch Int Med, 162 (21): p. 2443 – 2449, 2002.
- MA, L. Q.; RAO, G. N. **Chemical fractionation of cadmium, copper, nickel, and zinc in contaminated soils.** J Environ Qual, v. 26, n. 1, p. 259-264, 1997.
- MACKLIN, M.G.; HUDSON-EDWARDS, K.A.; DAWSON, E.J. 1997. **The significance of pollution from historic metal mining in the Pennine ore field on river sediment contaminant fluxes to the North Sea.** - The Science of the Total Environment 194/195: 391-397, 1997.
- MARINHA DO BRASIL. **Relatório Final: Levantamento ambiental expedito em Regência/ES”. Relatório de levantamento Hidroceanográfico - Navio de pesquisa hidroceanográfico “Vital de Oliveira”.** LH-035/15, p 38, Vitória/ES, 2015.
- MARTINO, M.; TURNER, A.; MILLWARD, G. E. **Influence of organic complexation on the adsorption kinetics of nickel in river waters.** Environ Sci Technol, v. 37, n. 11, p. 2383-2388, 2003.
- MASUTTI, M. B. 2004. **Distribuição e efeitos de cromo e cobre em ecossistemas aquáticos: uma análise laboratorial e “In Situ” (experimentos em micro e mesocosmos).** Tese (Doutorado), Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo.
- MATOS, T. B.; CARVALHO, C. E. V. (2011). **Relação entre Parâmetros Reprodutivos e Sazonalidade com a Acumulação de Mercúrio em Xiphopenaeus kroyeri (Heller, 1862) da Plataforma Continental SE do Brasil.** Rev. Virtual Quim. 2011, 3 (2), 138-143.
- MAY, T. W. *et al.* **Influence of mining-related activities on concentrations of metals in water and sediment from streams of the Black Hills, South Dakota.** Arch Environ Contam Toxicol v. 40, n. 1, p. 1-9, 2001.

- MCBRIDE, M. B. **Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: are USEPA regulations protective?** J Environ Qual, v. 24, n. 1, p. 5-18, 1995.
- MCCOMISH, M.F.; ONG, J.H. **Trace metals.** In: BODEK I., LYMAN W.J., REEHL W.F., *et al.* (eds). Environmental inorganic chemistry: Properties, processes, and estimation methods. New York: Pergamon Press, n. 7, 1988.
- MCGEER, J. C. *et al.* **Inverse relationship between bioconcentration factor and exposure concentration for metals: implications for hazard assessment of metals in the aquatic environment.** Environ Toxicol Chem, v. 22, n. 5, p. 1017-1037, 2003.
- MÉRANGER, J. C.; SUBRAMANIAN, K. S.; CHALIFOUX, C. **Survey for cadmium, cobalt, chromium, copper, nickel, lead, zinc, calcium, and magnesium in Canadian drinking water supplies.** J AOAC, v. 64, n. 1, p. 44-53, 1981.
- MILANEZ, B. & LOSEKANN, C. **Desastre no Vale do Rio Doce: Antecedentes, impactos e ações sobre a destruição.** Letra e Imagem Editora e Produções LTDA, 2016.
- MINAS GERAIS. **Relatório: avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG.** Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana, Belo Horizonte: Sedru; 2016. 289 p.
- MIRENDA, R. J. **Acute toxicity and accumulation of zinc in the crayfish, *Orconectes virilis* (Hagen).** Bull Environ Contam Toxicol, v. 37, n. 1, p. 387-394, 1986.
- MUNDELL, J. A.; HILL, K. R.; WEAVER, J. W. **In situ case history: leachable lead required precipitation immobilization.** Hazard Waste Manage, v. 12, p. 23-27, 1989.
- MUNTAU, H.; BAUDO, R. **Sources of cadmium, its distribution and turnover in the freshwater environment.** IARC Sci pub, n. 118, p. 133-148, 1992.
- N. Mirlean, S. Medeanic, F.A. Garcia, M.P. Travassos, P. Baisch. (2012). **Arsenic enrichment in shelf and coastal sediment of the Brazilian subtropics.** Continental Shelf Research 35 (2012) 129–136.
- NAQVI, S. M.; HOWELL, R. D. **Cadmium and lead uptake by red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) of Louisiana.** Bull Environ Contam Toxicol, v. 51, n. 2, p. 296-302, 1993.
- NAS. **Drinking water and health--inorganic solutes.** National Academy of Sciences. Washington, DC: National Academy Press, 1:205-229, 299-304, 315-316, 447-460, 1977.
- NEWHOOK, R. *et al.* **Releases from copper smelters and refineries and zinc plants in Canada: human health exposure and risk characterization.** Sci Total Environ, v. 301, n. 1-3, p. 23-41, 2003.
- NOAL, Débora. *et al.* **A atuação do psicólogo em situação de desastres: algumas considerações baseadas em experiências de intervenção.** Revista Entre Linhas, 2013, ano XII, n 62, p 24, Porto Alegre - RS.
- NRIAGU, J. O. *et al.* **Dissolved trace metals in lakes Superior, Erie, and Ontario.** Environ Sci Technol, v. 30, n. 1, p. 178-187, 1995.
- NRIAGU, J. O.; DAVIDSON, C. I. **Zinc in the atmosphere.** In: NRIAGU J.O., (ed) *Zinc in the Environment*, New York, NY: John Wiley and Sons, Inc. v. 1, p. 113-159, 1980.

- NRIAGU, J.O.; PACYNA, J.M. **Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils with trace metals.** Nature, v. 33, p. 134-139, 1988.
- NSF. **Lead in the environment.** In: BOGGESE, W.R. (ed.) Washington, DC: National Science Foundation. NSFIRA-770214, 1977.
- NWOSU, J. U.; HARDING, A. K.; LINDER, G. **Cadmium and lead uptake by edible crops grown in a silt loam soil.** Bull Environ Contam Toxicol, v. 54, n. 4, p. 570-578, 1995.
- O'NEIL, M.J.; SMITH, A.; HECKELMAN, P.E. **Merck index.** Rahway, NJ: Merck & Co., Inc, 10th ed., 2001.
- OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E. **Mobilidade de metais pesados em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar.** Scien Agri, v. 58, n. 4, p. 807-812, 2001.
- OLIVEIRA, T.S.; COSTA, L.M. **Metais pesados em solos de uma topolitossequência do Triângulo Mineiro.** Rev Bra Ciên Solo, v. 28, p. 785-796, 2004.
- OLSON, K. W.; SKOGERBOE, R. K. **Identification of soil lead compounds from automotive sources.** Env Sci Tech, v. 9, n. 3, p. 227-230, 1975.
- OMS. **Copper.** Geneva: International Programme on Chemical Safety, World Health Organization. Environmental Health Criteria 200, 1998.
- ONGLEY, E.D. **Influence of season, source and distance on physical and chemical properties of suspended sediment.** IAHS Publication v. 137, p. 371-383, 1982.
- OPAS. Organización Panamericana de la Salud. **Protección de la salud mental em situaciones de desastres y emergencias.** Pan American Health Org. Washington, DC.: OPS. 2002
- ORNES, W. H.; SAJWAN, K. S. **Cadmium accumulation and bioavailability in coontail (Ceratophyllum demersum L.) plants.** Water Air Soil Pollut, v. 69, n. 3-4, p. 291-300, 1993.
- OZKAN, S.; & IPEKOGLU, B. **Investigation of environmental impacts of tailings dams.** 2002. Env Man Health, v. 13. N°3, p. 242- 248, 2002.
- PACYNA, J. M. *et al.* **Modelling of long-range transport of trace elements. A case study.** Atmos Environ (1967), v. 23, n. 1, p. 107-114, 1989.
- PACYNA, J. M.; OTTAR, B. **Transport and chemical composition of the summer aerosol in the Norwegian Arctic.** Atmos Environ (1967), v. 19, n. 12, p. 2109-2120, 1985.
- PARAJULI, R. P. *et al.* **Association of cord blood levels of lead, arsenic, and zinc with neurodevelopmental indicators in newborns: a birth cohort study in Chitwan Valley, Nepal.** Env res, v. 121, p. 45-51, 2013.
- PERWAK, J. *et al.* **An exposure and risk assessment for copper.** Washington, DC: EPA. EPA-440/4-81-015, 1980.
- PETRUZZELLI, G. *et al.* **Soil sorption of heavy metals as influenced by sewage sludge addition.** J Environ Sci Health Part A, v. 29, n. 1, p. 31-50, 1994.
- PHILIPPI J.R. A.; ROMERO, M.A; BRUNA, G.C. **Curso de Gestão Ambiental,** Coleção Ambiental, USP, São

- Paulo, 2004.
- PIRES, J.M.M. *et al.* **Potencial poluidor de resíduo sólido da Samarco Mineração: estudo de caso da barragem de Germano.** Rev Árv, v. 27, n. 3, p. 393-397, 2003.
- PITA, F. W.; HYNE, N. J. **The depositional environment of zinc, lead and cadmium in reservoir sediments.** Water Res, v. 9, n. 8, p. 701-706, 1975.
- PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2018.** Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/mariana_mg>.
- POULTON, D.J. **Trace contaminant status of Hamilton Harbor.** J Great Lakes Res v. 13, p. 193-202, 1987.
- PRAES, P. E.; ALBUQUERQUE, R. O.; LUZ, A. F. O. **Recovery of iron ore tailings by column flotation.** Journal Min Mat Char Eng, v.1. p. 212-216, 2013.
- PREFEITURA DE MARIANA. 2018. Disponível em: <http://www.mariana.mg.gov.br/>, acesso em setembro de 2018b.
- PREFEITURA DE MARIANA. **Distrito de Monsenhor Horta comemora festa do padroeiro, 2015.** Disponível em: <http://www.mariana.mg.gov.br/noticia/2681/distrito-de-monsenhor-horta-comemora-festa-do-padroeiro?print=1>, acesso em agosto de 2018.
- PREFEITURA DE MARIANA. **Histórico do Distrito de Monsenhor Horta, 2018.** Disponível em: <http://www.mariana.mg.gov.br/distritos/monsenhor-horta>, acesso em agosto de 2018a.
- PRISMMA. **Pesquisa sobre a saúde mental das famílias atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão em Mariana.** Belo Horizonte, p 74, 2018.
- QIAN, S.S. *et al.* **A predictive model of mercury fish tissue concentration for the South Eastern United States.** Environ Sci Technol, v. 35, p. 941-947, 2001.
- RAI, D. *et al.* **Chemical attenuation rates, coefficients, and constants in leachate migration. Volume 1: A Critical Review.** Electric Power Research Institute, 1984.
- RAMELOW, G. J. *et al.* **Variations of heavy metals and arsenic in fish and other organisms from the Calcasieu River and Lake, Louisiana.** Arch Environ Contam Toxicol, v. 18, n. 6, p. 804-818, 1989.
- REDDY, K. J.; WANG, L.; GLOSS, S. P. **Solubility and mobility of copper, zinc and lead in acidic environments.** Plant and Soil, v. 171, n. 1, p. 53-58, 1995.
- REED, B. E.; MOORE, R. E; CLINE, S. R. **Soil flushing of a sandy loam contaminated with Pb(II), PbSO4 (s), PbCo3 (3) or Pb-Naphthalene: Column results.** J Soil Contamination v. 4, p. 243-267.
- RENOVA. Fundação Renova, **A construção de Bento Rodrigues.** Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/reassentamentos/bento-rodrigues/?gclid=Cj0KCQjwidPcBRCGARIsALM--eOVywlvYmrdALvecDpcG214bkgmYj1sl1Y9oQzFWOLq8RWxG_g8rkYaAsMiEALw_wcB> acesso em 10 de março 2019a.
- RENOVA. Fundação Renova, **sobre o termo.** Disponível em: <<https://www.fundacaorenova.org/sobre-o-termo/>> acesso em 10 de março 2019b.

- RENOVA. Fundação Renova. **Relatório descritivo: perfil de morbimortalidade dos agravos e doenças, dos últimos 10 anos, antes da ocorrência do rompimento da Barragem de Fundão**, Belo Horizonte, p 242. 2017a.
- RENOVA. Fundação Renova. Relatório Executivo da 1ª Campanha do Cadastro Integrado socioeconômico, **Agricultura e Pecuária**, edição 1, p 107, setembro de 2017b.
- RENOVA. Fundação Renova. Relatório Executivo da 1ª Campanha do Cadastro Integrado socioeconômico, **Comércio e Serviços**, edição 1, p 81, setembro de 2017c.
- RENOVA. Fundação Renova. Relatório Executivo da 1ª Campanha do Cadastro Integrado socioeconômico, **Extrativismo**, edição 1, p 81, setembro de 2017d.
- RENOVA. Fundação Renova. Relatório Executivo da 1ª Campanha do Cadastro Integrado socioeconômico, **Pesca**, edição 1, p 108, junho de 2017e.
- RENOVA. Fundação Renova. **Relatório Executivo da 1ª Campanha do Cadastro Integrado socioeconômico, Saúde e Assistência Social Emprego e Renda, Educação**, edição 1, p 182, agosto de 2017f.
- RENOVA. Fundação Renova. **Relatório Técnico: Perfil dos serviços de saúde nos municípios da área impactada pelo rompimento da barragem de fundão**, p 265, novembro de 2017g.
- RENOVA. Fundação Renova. **Relatório: Quantificação de metais e arsênio nos organismos coletados durante o programa de monitoramento da ictiofauna do Rio Doce nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo**, Belo Horizonte, p 662, 1 revisão. 2018.
- RICHARDS, B. K.; STEENHUIS, T. S.; PEVERLY, J.H. **Metal mobility at an old, heavily loaded sludge application site**. *Environ Pollut* v. 99, n. 3, p. 365-377, 1998.
- RICHTER, R. O.; THEIS, T. L. **Nickel speciation in a soil/water system**. In: NRIAGU, J.O. *Nickel in the Environment*. John Wiley & Sons, New York, p. 189–202, 1980.
- RIEUWERTS, J. S. *et al.* **Factors influencing metal bioavailability in soils: Preliminary investigations for the development of a critical loads approach for metals**. *Chem Speciat Bioavail* v. 10, p. 61-75, 1998.
- RITTER, W. F.; EASTBURN, R. P. **Leaching of heavy metals from sewage sludge through coastal plain soils**. *Com Soil Sci Plant Ana*, v.9, p.785-798, 1978.
- RODRIGUES, A. S. L. **Caracterização da bacia do rio Gualaxo do Norte, MG, Brasil [manuscrito]: avaliação geoquímica ambiental e proposição de valores de background / Aline Sueli de Lima Rodrigues – 2012a**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia. Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais.
- RODRIGUES, A. S. L. *et al.* **Adequação e avaliação da aplicabilidade de um Protocolo de Avaliação Rápida na bacia do rio Gualaxo do Norte, Leste-Sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG, Brasil**. *Rev. Amb. Água, Taubaté*, v. 7, n. 2, p. 231-244, 2012b.
- RÖLLIN, H. B. *et al.* **Prenatal Exposure to Cadmium, Placental Permeability and Birth Outcomes in Coastal Populations of South Africa**. *PLoS ONE*, San Francisco, CA USA, v. 10, n. 11, p. e0142455, 2015. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4636426/>>.

- ROSEMAN, E. F. *et al.* **Absorption of cadmium from water by North American zebra and quagga mussels (*Bivalvia dreissenidae*).** Chemosphere v. 28, p. 737-743, 1994.
- ROSSMANN, R. **Estimation of trace metal storage in Lake St. Clair post-settlement sediments using composite samples.** J Great Lakes Res, v. 14, p. 66-75, 1988.
- RUDD, T. *et al.* **Characterization of metal forms in sewage sludge by chemical extraction and progressive acidification.** Sci Total Environ v. 74, p. 149-175, 1988.
- RUTZKE, M. *et al.* **Cadmium and selenium absorption by swiss chard grown in potted composted materials.** Bull Environ Contam Toxicol v. 31, p. 416-420, 1993.
- SADIQ, M.; ENFIELD, C. G. **Solid phase formation and solution chemistry of nickel in soils. 1.Theoretical.** Soil Sci v. 138, p. 262-270, 1984a.
- SADIQ, M.; ENFIELD, C. G. **Solid phase formation and solution chemistry of nickel in soils. 2.Experimental.** Soil Sci v. 138, p. 335-340, 1984b.
- SAEED, M.; FOX, R. L. **Relations between suspension pH and zinc solubility in acid and calcareous soils.** Soil Sci v. 124, p. 199-204, 1977.
- SALOMONS, W. **Environmental impact of metals derived from mining activities: Processes, predictions, prevention.** – Jour Geo Exp, v. 52, p. 5-24, 1995.
- SAMARCO. **Paracatu de baixo será reconstruída,** 2018. Disponível em: <https://www.samarco.com/fato/paracatu-de-baixo-sera-reconstruida/>, acesso em agosto de 2018.
- SANCHES FILHO, P.J.; FONSECA, V.K. & HOLBIG, L. 2013. **Avaliação de metais em pescado da região do Pontal da Barra, Laguna dos Patos, Pelotas-RS.** Ecotoxicol. Environ. Contam., v. 8, n. 1, 2013, 105-111
- SANDERS, J. R.; EL KHERBAWY, M. I. **The effect of pH on zinc adsorption equilibria and exchangeable zinc pools in soils.** Environ Pollut v. 44, p. 165-176, 1987.
- SANTOS, E. P. **Alternativas para o tratamento de ultrafinos de minério de ferro da Mina do Pico/MG por flotação em coluna.** Dissertação (Mestrado). Rio Grande do Sul: UFRGS. 113 p., 2010.
- SCHARENBERG, W.; EBELING, E. **Distribution of heavy metals in a woodland food web.** Bull Environ Contam Toxicol v. 56, p. 389-396, 1996.
- SCHERBATSKOY, T.; SHANLEY, J.B.; KEELER, G.J. **Factors controlling mercury transport in an upland forested catchment.** Water Air Soil Pollut. v. 105, p. 427-438, 1998.
- SCHETAGNE, R.; VERDON, R. **Mercury in fish of natural lakes of northern Que´bec.** In: Lucotte, M., Schetagne, R., The´rien, N., Langlois, C., Tremblay, A. (Eds.), Mercury in the Biogeochemical Cycle: Natural Environments and Hydroelectric Reservoir of Northern Que´bec (Canada). Springer, Berlin, pp. 115-130, 1999.
- SCHEUHAMMER, A.M.; GRAHAM, J.E., **The bioaccumulation of mercury in aquatic organisms from two similar lakes with differing pH.** Ecotoxicology v. 8, p. 49-56, 1999.
- SCHROEDER, W. H.; DOBSON, M.; KANE, D. M. **Toxic trace elements associated with airborne particulate matter: A review.** Air Pollut Control Assoc v. 11, p. 1267-1287, 1987.

- SCUDLARK, J. R.; CONKO, K. M.; CHURCH, T. M. **Atmospheric wet deposition of trace elements to Chesapeake Bay: CBAD Study year 1 results.** Atmos Environ v. 28, p. 1487-1498, 1994.
- SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DE MINAS GERAIS - SES, SUBSECRETARIA DE VIGILÂNCIA E PROTEÇÃO A SAÚDE, Programa Estadual de Controle da Dengue, Chikungunya e Zika, **Boletim epidemiológico de monitoramento dos casos de Dengue, Febre Chikungunya e Febre Zika. Nº 31, Semana Epidemiológica 38, 20/09/2016.**
- SEDLAK, D. L.; PHINNEY, J. T.; BEDSWORTH, W. W. **Strongly complexed Cu and Ni in wastewater effluents and surface runoff.** Environ Sci Technol v. 31, p. 3010-3016, 1997.
- SES-MG. **Boletim epidemiológico de monitoramento dos casos de Dengue, Febre Chikungunya e Febre Zika** Programa Estadual de Controle da Dengue, Chikungunya e Zika. Secretaria de Estado da Saúde de Minas Gerais – SES/MG, SUBSECRETARIA DE VIGILÂNCIA E PROTEÇÃO A SAÚDE. Nº 20, Semana Epidemiológica 21, 23/05/2016.
- SILEO, L.; BEYER, W. N. **Heavy metals in white-tailed deer living near a zinc smelter in Pennsylvania.** J Wildlife Diseases v. 21, p. 289-296, 1985.
- SILVA, A.P.; CÂMARA, V.M.; NASCIMENTO, C.M.; OLIVEIRA, L.J.; SILVA, E.; PIVETTA, F.; MARROCAS, P.R.G. **Emissões de mercúrio na queima de amálgama: estudo da contaminação de ar, solos e poeira em domicílios de Poconé – M.** Tecnologia Ambiental, RJ: CETEM/CNPq, Volume 13:3-35, 1996.
- SIMONATO, Thiago *et al.* **Projeção dos impactos econômicos regionais do desastre de Mariana-MG.** Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.
- SMITH, S. R. **Effect of soil pH on availability to crops of metals in sewage sludge-treated soils. I. Nickel, copper and zinc uptake and toxicity to ryegrass.** Environ Pollut v. 85, p. 321-327, 1994.
- SMITH, S. R. **Effect of soil pH on availability to crops of metals in sewage sludge-treated soils. II. Cadmium uptake by crops and implications for human dietary intake.** Environ Pollut v. 86, p. 5-13, 1994.
- SMS. **Plano Municipal de Planejamento e Gerenciamento de Ações de Recuperação em Saúde após o Rompimento da Barragem de Rejeitos da Samarco em Bento Rodrigues, Mariana-MG.** Secretaria Municipal de Saúde de Mariana, Prefeitura de Mariana, Mariana-MG. 61 p. 2015.
- SMS. **SECRETARIA MUNICIPAL DE BARRA LONGA.** Disponível em: <http://www.barralonga.mg.gov.br/index.php/administracao/secretarias-municipais/saude>>2018b
- SMS. **Secretaria Municipal de Mariana.** Disponível em: <<http://www.mariana.mg.gov.br/secretaria-de-saude>>. 2018a
- SNODGRASS, J.W., *et al.* **Effects of trophic status and wetland morphology, hydroperiod, and water chemistry on mercury concentration in fish.** Can. J. Fish. Aquat. Sci. v. 57, p. 171–180, 2000.
- SONESTEN, L. **Catchment area composition and water chemistry heavily affects mercury levels in perch (*Perca fluviatilis*) in circumneutral lakes.** Water Air Soil Pollut. v. 144, p. 117–139, 2003b.
- SONESTEN, L. **Fish mercury levels in lakes—adjusting for Hg and fish-size covariation.** Environ. Pollut. v. 125 (2), p. 255–265, 2003a.

- SPRAGUE, J. B. **Toxicity and tissue concentrations of lead, zinc, and cadmium for marine mollusks and crustaceans.** International Lead Zinc Research Organization, Inc. I-74, 1986.
- STEPHENSON, T. *et al.* **Mechanism of metal removal in activated sludge.** J Environ Eng v. 113, p. 1074-1087, 1987.
- STOESSEL, R. P.; MICHAELIS, W. **Wet and dry deposition of heavy metals.** In: Proceedings of the 2nd International Conference on Environmental Contamination, Amsterdam, Netherlands: CEP Consultants, Ltd., p. 85-88, 1986.
- SUEDEL, B. C. *et al.* **Trophic transfer and biomagnification potential of contaminants in aquatic ecosystems.** Rev Environ Contam Toxicol v. 136, p. 21-89, 1994.
- SURESH, A.; SIVARAMAKRISHNA, B.; RADHAKRISHNAIAH, K. **Patterns of cadmium accumulation in the organs of fry and fingerlings of freshwater fish *Cyprinus carpio* following cadmium exposure.** Chemosphere v. 26, p. 945-953, 1993.
- SWEENEY, M. D.; NAIDU, A. S. **Heavy metal in sediments of the inner shelf of the Beaufort Sea, northern arctic Alaska.** Mar Poll Bull v. 20, p. 140-143, 1989.
- TETRA TECH INC. **Dynamic mercury cycling model for Windows 95/NT—a model for mercury cycling in lakes** — D-MCM version 1.0, User's Guide and Technical Reference, Prepared for EPRI.
- TETRA TECH. **Doenças transmitidas por vetores - Relatório Final**, Fundação Renova, Belo Horizonte, p 56. Março de 2018.
- THORNTON, I. **Sources and pathways of cadmium in the environment.** In: NORDBERG G. F., HERBER R. F. M., ALESSIO L., (eds.) *Cadmium in the human environment: Toxicity and carcinogenicity.* IARC Scientific Publications No. 118. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, p. 149-162, 1992.
- TREMBLAY, G. *et al.* **The use of polynomial regression analysis with indicator variables for interpretation of mercury in fish data.** Biogeochemistry v. 40, p. 189–201, 1998.
- TTAC. **Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC) entre União/Estados de MG e ES/Samarco/Vale/BHP.** p. 119 Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/ttac/cif-ttac-completo.pdf>>, 2016.
- TYLER, L. D.; MCBRIDE, M. B. **Mobility and extractability of cadmium, copper, nickel, and zinc in organic and mineral soil columns.** Soil Sci v. 134, p. 198-205, 1982.
- UERJ. **Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Estudo preliminar sobre a detecção da pluma de sedimentos do Rio Doce sobre o Parque Nacional dos Abrolhos-BA, para o evento de 5-6 de Janeiro 2016**, p 24, 2016.
- UFES. **Universidade Federal do Espírito Santo. 1º Relatório: Processamento, Interpretação e Consolidação de Dados da área Estuarina e Marinha na Foz do Rio Doce-ES.** fevereiro, p 59, 2016.
- UNICAMP. **Jornal da Unicamp. O município de Mariana.** Disponível em: <<https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2018/01/17/o-municipio-de-mariana>>. 2018.

- USEPA, SW 846 Method 3051, **Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils**. U.S. Environmental Protection Agency. Available online at: <http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/3051.pdf>. 1994a.
- USEPA. **Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories. Vol. 1. Fish Sampling and Analysing**. U.S. Environmental Protection Agency. EPA 823-B-00-007, 2000.
- USEPA. Method 200.7. ICP-OES. **Methods for the Determination of Metals in Environmental Samples Supplement I**. U.S. Environmental Protection Agency. EPA-600/R-94/11, 1994b.
- USGS, P. - U.S. Geological Survey .2018. **Mineral commodity summaries (2018)**: U.S. Geological Survey. 196 p. Disponível em: <<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2018/mcs2018.pdf> Acesso em: 26 fev 2019.
- USGS. **Concentrations of selected trace elements in fish tissue and streambed sediment in the Clark Fork-Pend Oreille and Spokane River Basins, Washington, Idaho, and Montana, 1998**. US Geological Survey, 2000.
- VALÊNCIO, N. *et al.* **Sociologia dos Desastres: Construção, interfaces e perspectivas no Brasil**. São Carlos. Rima editora, 2009. Disponível em: <http://www.crpssp.org.br/portal/comunicacao/diversos/mini_cd_oficinas/pdfs/Livro-Sociologia-Dos-Desastres.pdf. > Acesso em: nov./2018.
- VAN HATTUM, B. *et al.* 1989. **Bioaccumulation of cadmium by the freshwater isopod *Asellus aquaticus* (L.) from aqueous and dietary sources**. Environ Pollut v. 62, p. 129-152, 2000.
- VIEIRA, M. G. **Produção de um pellet feed a partir da concentração do rejeito da flotação mecânica da Samarco**. Belo Horizonte: UFMG. 90 p. Dissertação (Mestrado), 2008.
- VORMITTAG, E. **Município de Barra Longa. Resultados de Exames Toxicológicos. Proposta de Novos Estudos. Contextualização sobre os Metais encontrados**. Instituto Saúde e Sustentabilidade.
- VOS, G.; LAMMERS, H.; KAN, C.A. **Cadmium and lead in muscle tissue and organs of broilers, turkeys and spent hens, and in mechanically deboned poultry meat**. Food Addit Contam v. 7, p. 83-92, 1990.
- WARWICK, P. *et al.* **Zinc and cadmium mobility in sand: Effects of pH, speciation, cation exchange capacity (CEC), humic acid and metal ions**. Chemosphere v. 36, p. 2283-2290, 1998.
- WOLFF, A. P. **Caracterização de rejeitos de minério de ferro de minas da VALE**. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto. 107 p. Dissertação (Mestrado), 2009.
- WU, J.; LAIRD, D. A.; THOMPSON, M. L. **Sorption and desorption of copper on soil clay components**. J Environ Qual v. 28, p. 334-338, 1999.
- ZAROOGIAN, G. E.; JOHNSON, M. **Nickel uptake and loss in the bivalves *Crassostrea virginica* and *Mytilus edulis***. Arch Environ Contam Toxicol v. 13, p. 411-418, 1984.
- ZHU, M. *et al.* **Maternal low-level lead exposure and fetal growth**. Env health persp, v. 118, n. 10, p. 1471, 2010.
- ZONTA, M.; TROCATE, C. **Antes fosse mais leve a carga: reflexões sobre o desastre da Samarco/Vale/BHP**. Marabá: Editorial Iguana, p 237, vol. 2, 2016.

Anexos

Anexo 01: Termo de Consentimento livre e esclarecido

Anexo 02: Questionário individual

Anexo 03: questionário para profissionais de saúde

Anexo 04: Plano de amostragem de Mariana

Anexo 05: Plano de amostragem de Barra Longa

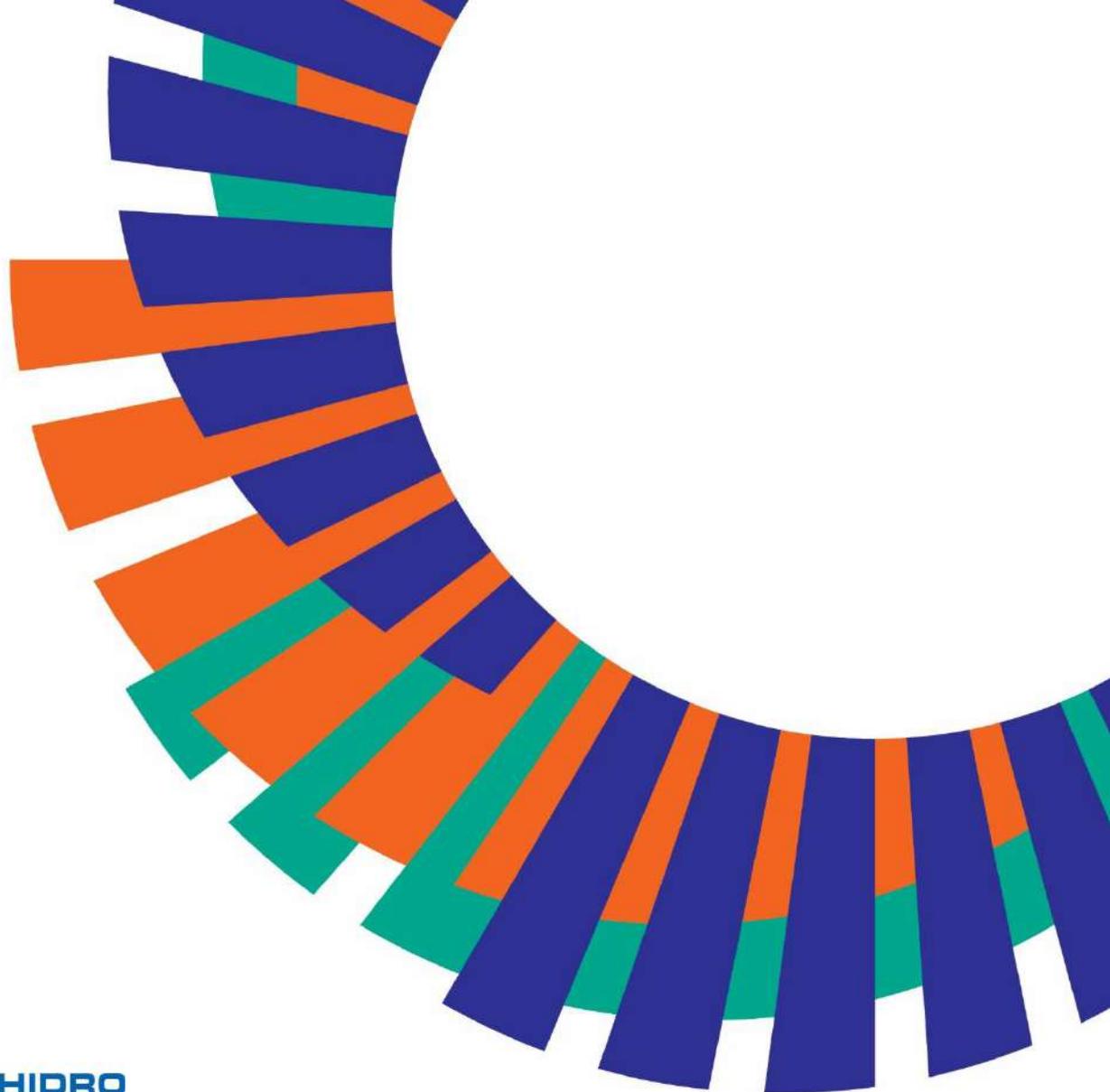
Anexo 06: Laudos analíticos Mariana

Anexo 07: Laudos analíticos Barra Longa

Anexo 08: Tabelas descritivas cálculos de exposição

Anexo 09: Acreditação laboratorial

Anexo II-b



Desenvolvido por:



FUNDAÇÃO
renova

**RELATÓRIO TÉCNICO DE AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA
METODOLOGIA MINISTÉRIO DA SAÚDE
MARIANA - MG**



RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE HUMANA

METODOLOGIA MINISTÉRIO DA SAÚDE

MARIANA - MG

ÁREAS ALVO - 1, 2 E 3

MG.AR.ATSDR.1902/306-02 (TECNOHIDRO)

Mariana - Minas Gerais, maio / 2019

EQUIPE TÉCNICA



TECNOHIDRO ENGENHARIA SÃO PAULO LTDA.

Especialista em Avaliação de Risco	MSc. Engenheiro Geólogo
Alexandre Maximiano	
Igor Haruiti Hirayama	Geólogo
Tiago Fabrin Manzolli	Geólogo
Dr. Flávio Ailton Duque Zambrone	Toxicologista
Guilherme Navarro D.Tavares	Geólogo
Paulo Eiji Koki	Geólogo
Felipe Augusto Nascimento de Jesus	Geofísico
Emerson Rocha	Cadista

**Departamento de Investigação de Área Contaminada - DIAC - Rua João Adolfo,
118, Conjunto 103 - Anhangabaú, São Paulo/SP**

MSc. Engenheiro Geólogo Alexandre Maximiano

RESUMO EXECUTIVO

A **Fundação RENOVA** contratou a **TECNOHIDRO Engenharia São Paulo (TECNOHIDRO)** para desenvolver a Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH) em três Áreas Alvo, em alinhamento com o Termo de Referência Técnica de ARSH ATSDR (FASE III GAISMA) desenvolvido pela Fundação RENOVA, utilizando a metodologia Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos (MS, 2010) desenvolvida pelo Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Na ausência de recomendações nas Diretrizes, foi utilizada a metodologia *Public Health Assessment Guidance Manual* (ATSDR, 2005) desenvolvida pela *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR). As três Áreas Alvo se encontram no trecho entre os municípios de Mariana e Barra Longa, Minas Gerais, parte da região atingida pelos rejeitos de minério de ferro associados ao rompimento da Barragem de Fundão da **SAMARCO Mineração S.A.** Para tanto, o escopo dos serviços de campo destinados a caracterização e investigação geoambiental foram executados pela **EPA Engenharia de Proteção Ambiental (Grupo EPA)** em alinhamento com o Termo de Referência Técnica de Caracterização e Investigação GeoAmbiental (FASE II GAISMA) desenvolvido pela **Fundação RENOVA**.

Para a avaliação dos impactos a saúde humana e ao meio ambiente causados pelo evento de rompimento da barragem de rejeito de Fundão, a área de estudo foi segmentada conforme critérios de exposição humana aos contaminantes associados à lama de rejeito de minério de ferro. Neste contexto, para o trecho entre Mariana (Bento Rodrigues) e Barretos (Barra Longa), foram separadas inicialmente as regiões impactadas em três categorias denominadas de Região de Exposição Direta (RED), Região de Exposição Indireta (REI) e Região de Não Exposição (RNE). Além das divisões em RED, REI e RNE, a área de estudo foi dividida em três Áreas Alvo (AA), com objetivo de segmentar e agrupar os dados relativos ao meio físico, uso e ocupação do solo e contaminação ambiental. Esta segmentação possibilitou a comparação, análise e tratamento estatístico de dados e resultados analíticos que foram utilizados para a avaliação de risco a saúde humana: a Área Alvo 1 contemplou a região de Bento Rodrigues (Mariana) na proximidade do local de rompimento da Barragem de Fundão; a Área Alvo 2 contemplou duas subbacias mais centrais na área de estudo no município de Barra Longa próximos aos Distritos de Paracatu, Monsenhor Horta, Claudio; a Área Alvo 3 contemplou as

duas subbacias mais próximas ao município de Barra Longa em torno do Distrito de Barretos. Com base nessas divisões, o **Grupo EPA** realizou a amostragem de solo, sedimento, água superficial, água subterrânea, água de abastecimento, poeira domiciliar, raspagem de alvenaria e alimentos vegetais e animais e as amostras foram para laboratório acreditado para a análise das substâncias químicas de interesse (SQI).

Conforme o escopo do presente estudo, foram definidas as implicações quanto a saúde das populações identificadas nas áreas alvo em estudo que potencialmente estão expostas às SQI em cenários de exposição atuais e futuros. Esses resultados, por sua vez, são a somatória do conhecimento adquirido por meio de:

- I. Avaliação crítica das preocupações da comunidade com a saúde;
- II. Consultas a estudos históricos da área de interesse, tanto técnicos quanto acadêmicos, em períodos anterior e posterior ao evento de rompimento da barragem de Fundão;
- III. Caracterização do meio físico, baseado no conhecimento obtido dos estudos supracitados e dos dados levantados no presente estudo, bem como a caracterização atual do uso e ocupação do solo na área de interesse;
- IV. Avaliação e interpretação dos dados produzidos e disponibilizados pela amostragem de compartimentos ambientais, segmentados espacialmente com base na exposição humana;
- V. Avaliação de exposição dos possíveis receptores às SQI válidas (Modelo Conceitual de Exposição), a análise de toxicidade destas, bem como a quantificação do ingresso e a quantificação de risco para os possíveis cenários de exposição discutidos.

A conclusão do estudo pode é dividida em três partes. Em relação às categorias de perigo, classificou-se as Áreas Alvo como:

- [1] A Área Alvo 1 (AA1) pode ser classificada na CATEGORIA A, haja vista a identificação de risco na RED e na RNE pela exposição a arsênio, ferro e manganês.

[2] A Área Alvo 2 (AA2) pode ser classificada na CATEGORIA A, haja vista a identificação de risco na RED, na REI e na RNE pela exposição a arsênio, ferro, manganês, alumínio, cobalto.

[3] A Área Alvo 3 (AA3) pode ser classificada na CATEGORIA A, haja vista a identificação de risco na RED, na REI e na RNE pela exposição a arsênio, ferro, manganês, cobalto, cobre, selênio.

Em relação a suficiência de dados para responder as preocupações da população quanto a saúde, questões quanto a saúde mental da população exposta, ocorrência de dengue e febre amarela, não podem ser respondidas pelas metodologias adotadas para o desenvolvimento do presente estudo de Avaliação de Risco a Saúde Humana. Neste contexto é recomendado a aplicação de metodologias e desenvolvimento de estudos específicos para responder a estas preocupações da população. Adicionalmente, recomenda-se que sejam realizados serviços de campo adicionais visando a complementação da aquisição de amostras na RED, REI e RNE das Áreas Alvo, em especial a AA1, para que o risco a saúde humana seja quantificado com uma base de dados robusta, e as questões quanto a saúde clínica da população desta área alvo sejam respondidas mais detalhadamente, esclarecendo também tanto os riscos encontrados relacionados ao evento de rompimento da barragem de Fundão, quando os riscos quantificados para as condições naturais do meio físico da área de estudo.

Em relação aos resultados da Avaliação de Risco à Saúde Humana desenvolvida para as três Áreas Alvo em questão, foram constatadas contaminações em compartimentos ambientais de metais, os quais foram divididos em oito grupos (**a. a h.**) e a partir destes foram levantadas hipóteses sobre sua associação ao evento de rompimento da barragem de Fundão. As SQI associadas ao evento foram Ferro e Manganês, enquanto as SQI não associadas ao evento foram Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bário, Cádmiio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Mercúrio, Selênio e Zinco. Alumínio apresentou empobrecimento na RED, enquanto Ferro e Manganês apresentaram enriquecimento, em relação às outras unidades de exposição.

Foram identificados riscos carcinogênicos e não carcinogênicos para as três AA, nas RED, REI e RNE. Para risco carcinogênico, foram identificados riscos para compartimentos ambientais (solo superficial, sedimento, água subterrânea, poeira domiciliar, hortaliça, tubérculo, fruta, leite e ovo), enquanto para risco não carcinogênico foram identificados riscos para diversos *endpoints*. Referente ao Risco Quanto a Potabilidade, para os compartimentos

ambientais de água subterrânea, água superficial, água de abastecimento proveniente de nascentes e do rio, as concentrações identificadas para as SQI Alumínio, Ferro e Manganês, apresentaram-se superiores aos Padrões Organolépticos de Potabilidade, definidos pela Portaria de Consolidação Nº 05, nas áreas alvo AA1 (RED e RNE), AA2 (RED, REI e RNE) e AA3 (RED, REI e RNE).

Em vista da consolidação do presente estudo, com base na QUADRO 10 do documento de Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos (MS, 2010), bem como considerando a classificação das áreas alvo em estudo (AA1, AA2 e AA3) na CATEGORIA A de Risco a Saúde Humana, foram apresentadas recomendações quanto à saúde e ao meio físico, considerando os resultados e conclusões do estudo de Avaliação de Risco a Saúde Humana. Recomenda-se que todas as ações supramencionadas sejam implementadas com base no Termo de Referência FASE IV - Plano de Intervenção para Gestão Integrada da Saúde e Meio Ambiente. Por fim, todas as recomendações acima devem considerar os riscos às SQI divididos em:

- Riscos associados as SQI relacionadas ao Evento de Rompimento;
- Riscos associados as SQI que possuem relação do os Níveis de Base (Background).

ÍNDICE

EQUIPE TÉCNICA.....	3
RESUMO EXECUTIVO.....	4
ÍNDICE.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS	30
ÍNDICE DE TABELAS	33
ÍNDICE DE GRÁFICOS	40
ÍNDICE DE ANEXOS	47
1. INTRODUÇÃO.....	48
1.1. ESTRUTURA DO RELATÓRIO	50
1.2. GESTÃO AMBIENTAL INTEGRADA PARA SAÚDE E MEIO AMBIENTE.....	53
1.3. PROCEDIMENTOS DO MINISTÉRIO DA SAÚDE, ATSDR E USEPA PARA ARSH	56
1.4. METODOLOGIA EMPREGADA PARA A ARSH	57
2. OBJETIVOS.....	61
2.1. GERAIS.....	61
2.2. ESPECÍFICOS	61
3. SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	62
3.1. SEGMENTAÇÃO COM BASE NA EXPOSIÇÃO HUMANA	64
3.2. SEGMENTAÇÃO DAS ÁREAS ALVO.....	72
4. PREMISSAS ADOTADAS	74

4.1.	RISCO ACEITÁVEL	74
4.2.	PARÂMETROS EXPOSICIONAIS ADOTADOS	74
4.3.	PADRÕES LEGAIS APLICÁVEIS	75
4.3.1.	Valores de Referência Internacionais	77
5.	LEVANTAMENTO E AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO LOCAL.....	80
5.1.	ANTECEDENTES	80
5.1.1.	MOTIVAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO	80
5.1.2.	ESTUDOS SOBRE O MEIO FÍSICO	81
5.1.2.1.	Potamos Engenharia e Hidrologia Ltda.	81
5.1.2.2.	Silva, Alexandre Christofaro <i>et al.</i>	82
5.1.2.3.	Institutos Lactec	84
5.1.2.4.	Instituto Mineiro de Gestão de Águas - IGAM.....	86
5.1.2.5.	PSG do Brasil Ltda.	87
5.1.2.6.	EPA Engenharia de Proteção Ambiental Ltda.	88
5.1.2.7.	EcoSoft Consultoria e <i>Softwares Ambientais</i> Ltda.....	88
5.1.2.8.	Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistema de Água e Sedimentos (PMQQS)	89
5.1.3.	ESTUDOS SOBRE O MEIO BIÓTICO.....	106
5.1.3.1.	Brandt Meio Ambiente Ltda.	106
5.1.3.2.	Institutos Lactec	109
5.1.3.3.	Cordeiro, Marcelle C. <i>et al.</i>	110

5.1.3.4.	Universidade Federal de Ouro Preto	110
5.1.3.5.	Quantificação De Metais E Arsênio Em Peixes Coletados Durante Monitoramento Da Ictiofauna Da Bacia Do Rio Doce Conduzido Pela Universidade Federal De Viçosa - Ufv	111
5.1.4.	ESTUDOS SÓCIOAMBIENTAIS	112
5.1.4.1.	Grupo Força-Tarefa - Governo Do Estado De Minas Gerais	113
5.1.4.2.	Institutos Lactec	114
5.1.4.3.	Embaúba Ambiental Ltda.	116
5.1.5.	ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA.....	117
5.1.5.1.	Avaliação de Risco a Saúde Humana MS.....	118
5.1.5.2.	Avaliação de Risco a Saúde Humana USEPA.....	125
5.2.	ASPECTOS DEMOGRÁFICOS.....	130
5.2.1.	RELATÓRIO DESCRITIVO: PERFIL DE MORBIMORTALIDADE DOS AGRAVOS E DOENÇAS, DOS ÚLTIMOS 10 ANOS, ANTES DA OCORRÊNCIA DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO FUNDÃO	134
5.3.	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	139
5.4.	CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL.....	141
5.4.1.	SERVIÇOS DE CAMPO	141
5.4.1.1.	Amostragem de Compartimentos Ambientais	141
5.4.1.2.	Procedimentos de Amostragem	145
5.4.1.2.1.	Solo superficial e subsuperficial	145
5.4.1.2.2.	Sedimento superficial e subsuperficial	149
5.4.1.2.3.	Água Superficial	152

5.4.1.2.4.	Água Subterrânea.....	154
5.4.1.2.5.	Água de Abastecimento.....	159
5.4.1.2.6.	Poeira Domiciliar.....	161
5.4.1.2.7.	Raspagem de Parede.....	164
5.4.1.2.8.	Leite Bovino.....	166
5.4.1.2.9.	Ovos.....	168
5.4.1.2.10.	Vegetais, Tubérculos e Hortaliças.....	170
5.4.1.2.11.	Frutas.....	172
5.4.1.3.	Controle de Qualidade Analítica Laboratorial.....	174
5.4.2.	REJEITOS DE MINERAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO.....	177
5.4.2.1.	Caracterização do Rejeito - Golder Associates e ERM.....	178
5.4.2.2.	Caracterização do Rejeito - Institutos Lactec.....	180
5.4.2.2.1.	Ensaio Físicos de Caracterização.....	181
5.4.2.2.2.	Ensaio Químicos de Caracterização.....	182
5.4.2.3.	Investigação de Radionuclídeos.....	184
5.4.3.	RESULTADOS ANALÍTICOS E AVALIAÇÃO ESPACIAL.....	186
5.4.3.1.	Solo Superficial.....	187
5.4.3.1.1.	Resultados Amostras de Solo Superficial da AA-1.....	187
5.4.3.1.2.	Análise Espacial Amostras de Solo Superficial da AA-1.....	190
5.4.3.1.3.	Resultados Amostras de Solo Superficial da AA-2.....	191
5.4.3.1.4.	Análise Espacial Amostras de Solo Superficial da AA-2.....	195

5.4.3.1.5.	Resultados Amostras de Solo Superficial da AA-3.....	199
5.4.3.1.6.	Análise Espacial Amostras de Solo Superficial da AA-3.....	203
5.4.3.2.	Solo Subsuperficial	208
5.4.3.2.1.	Resultados Amostras de Solo SUBSuperficial da AA-1	209
5.4.3.2.2.	Análise Espacial Amostras de Solo SUBSuperficial da AA-1 ...	212
5.4.3.2.3.	Resultados Amostras de Solo SUBSuperficial da AA-2	215
5.4.3.2.4.	Análise Espacial Amostras de Solo SUBSuperficial da AA-2 ...	223
5.4.3.2.5.	Resultados Amostras de Solo SUBSuperficial da AA-3	225
5.4.3.2.6.	Análise Espacial Amostras de Solo SUBSuperficial da AA-3 ...	231
5.4.3.3.	Sedimento Superficial	233
5.4.3.3.1.	Resultados Amostras de Sedimento Superficial da AA-1	233
5.4.3.3.2.	Análise Espacial Amostras de Sedimento Superficial da AA-1 .	236
5.4.3.3.3.	Resultados Amostras de Sedimento Superficial da AA-2	237
5.4.3.3.4.	Análise Espacial Amostras de Sedimento Superficial da AA-2 .	240
5.4.3.3.5.	Resultados Amostras de Sedimento Superficial da AA-3	243
5.4.3.3.6.	Análise Espacial Amostras de Sedimento Superficial da AA-3 .	246
5.4.3.4.	Sedimento Subsuperficial	255
5.4.3.4.1.	Resultados Amostras de Sedimento Subsuperficial da AA-1.....	256
5.4.3.4.2.	Análise Espacial Amostras de Sedimento Subsuperficial da AA-1	259
5.4.3.4.3.	Resultados Amostras de Sedimento Subsuperficial da AA-2.....	260

5.4.3.4.4.	Análise Espacial Amostras de Sedimento Subsuperficial da AA-2	265
5.4.3.4.5.	Resultados Amostras de Sedimento Subsuperficial da AA-3.....	267
5.4.3.4.6.	Análise Espacial Amostras de Sedimento Subsuperficial da AA-3	270
5.4.3.5.	Água Superficial	272
5.4.3.5.1.	Resultados Amostras de Água Superficial da AA-1.....	272
5.4.3.5.2.	Análise Espacial Amostras de Água Superficial da AA-1	277
5.4.3.5.3.	Resultados Amostras de Água Superficial da AA-2.....	278
5.4.3.5.4.	Análise Espacial Amostras de Água Superficial da AA-2	284
5.4.3.5.5.	Resultados Amostras de Água Superficial da AA-3.....	289
5.4.3.5.6.	Análise Espacial Amostras de Água Superficial da AA-3	294
5.4.3.6.	Água Subterrânea	299
5.4.3.6.1.	Resultados Amostras de Água Subterrânea da AA-1	299
5.4.3.6.2.	Resultados Amostras de Água Subterrânea da AA-2	304
5.4.3.6.3.	Análise Espacial Amostras de Água Subterrânea da AA-2.....	310
5.4.3.6.4.	Resultados Amostras de Água Subterrânea da AA-3	316
5.4.3.6.5.	Análise Espacial Amostras de Água Subterrânea da AA-3.....	323
5.4.3.7.	Água de Abastecimento	326
5.4.3.7.1.	Resultados Amostras de Água de Abastecimento da AA-1	327
5.4.3.7.2.	Resultados Amostras de Água de Abastecimento da AA-2	331

5.4.3.7.3. Análise Espacial Amostras de Água de Abastecimento da AA-2	336
5.4.3.7.4. Resultados Amostras de Água de Abastecimento da AA-3	342
5.4.3.7.5. Análise Espacial Amostras de Água de Abastecimento da AA-3	347
5.4.3.8. Poeira Domiciliar	352
5.4.3.8.1. Resultados Amostras de Poeira Domiciliar da AA-1	353
5.4.3.8.2. Resultados Amostras de Poeira Domiciliar da AA-2	355
5.4.3.8.3. Análise Espacial Amostras de Poeira Domiciliar da AA-2	358
5.4.3.8.4. Resultados Amostras de Poeira Domiciliar da AA-3	362
5.4.3.8.5. Análise Espacial Amostras de Poeira Domiciliar da AA-3	365
5.4.3.9. Raspagem de Alvenarias	369
5.4.3.9.1. Resultados Amostras de Raspagem de Alvenaria da AA-1	369
5.4.3.9.2. Resultados Amostras de Raspagem de Alvenaria da AA-2	372
5.4.3.9.3. Análise Espacial Amostras de Raspagem de Alvenaria da AA-2	376
5.4.3.9.4. Resultados Amostras de Raspagem de Alvenaria da AA-3	380
5.4.3.9.5. Análise Espacial Amostras de Raspagem de Alvenaria da AA-3	383
5.4.3.10. Alimento	388
5.4.3.10.1. Resultados Amostras de Alimentos da AA-1	388
5.4.3.10.2. Resultados Amostras de Alimentos da AA-2	399
5.4.3.10.3. Análise Espacial Amostras de Alimentos da AA-2	413

5.4.3.10.4.	Resultados Amostras de Alimentos da AA-3	417
5.4.3.10.5.	Análise Espacial Amostras de Alimentos da AA-3	431
5.4.4.	CONSOLIDAÇÃO DA ANÁLISE ESPACIAL	433
5.4.5.	NÍVEL DE CONCENTRAÇÃO BASAL (CONCENTRAÇÕES BASAIS) 437	
5.4.5.1.	Concentrações basais para solo.....	438
5.4.5.2.	Concentrações basais para Sedimentos.....	441
5.4.5.3.	Concentrações basais para Água Superficial	444
5.4.5.4.	Concentrações de Outras Matrizes.....	447
5.5.	INFORMAÇÕES SOBRE ROTAS AMBIENTAIS	450
5.5.1.	FISIOGRAFIA	451
5.5.1.1.	Geomorfologia	451
5.5.1.2.	Vegetação.....	452
5.5.1.3.	Hidrografia	453
5.5.2.	GEOLOGIA	455
5.5.2.1.	Descrição das principais unidades da PGSF	457
5.5.2.2.	Descrição das principais unidades da PGM.....	461
5.5.3.	PEDOLOGIA	467
5.5.4.	GEOQUÍMICA	470
5.5.5.	HIDROLOGIA	483
5.5.5.1.	Análise Fluviométrica.....	484

5.5.5.2.	Análise Hidrossedimentométrica	489
5.5.6.	HIDROGEOLOGIA.....	494
5.5.6.1.	Contexto Hidrogeológico da Bacia do Rio Doce.....	494
5.5.6.2.	Contexto Hidrogeológico do Trecho de Interesse.....	496
5.5.7.	HIDROGEOQUÍMICA.....	497
5.6.	DADOS SOBRE EFEITOS NA SAÚDE	498
6.	PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE COM A SAÚDE.....	509
6.1.	MUNICÍPIO DE MARIANA E DISTRITOS DE BENTO RODRIGUES, PARACATU DE BAIXO E PARACATU DE CIMA.....	510
6.2.	MUNICÍPIO DE BARRA LONGA E DISTRITOS DE GESTEIRA, MANDIOCA, VOLTA GRANDE, SÃO GONÇALO E BARRETOS	513
7.	SELEÇÃO DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE	516
8.	MECANISMOS DE TRANSPORTE	524
9.	IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ROTAS DE EXPOSIÇÃO.....	526
9.1.	CARACTERIZAÇÃO DAS ROTAS DE EXPOSIÇÃO.....	526
9.2.	VIAS DE INGRESSO.....	526
9.3.	ROTAS DE EXPOSIÇÃO E PONTOS DE EXPOSIÇÃO (PDE)	527
9.3.1.	COMPARTIMENTO DO MEIO FÍSICO: SEDIMENTO	528
9.3.2.	COMPARTIMENTO DO MEIO FÍSICO: SOLO SUPERFICIAL.....	528
9.3.3.	COMPARTIMENTO DO MEIO FÍSICO: ÁGUA SUBTERRÂNEA...529	
9.3.4.	COMPARTIMENTO DO MEIO FÍSICO: ÁGUA SUPERFICIAL	529
9.3.5.	COMPARTIMENTO DO MEIO FÍSICO: ALIMENTOS	529

9.4.	RECEPTORES	530
9.4.1.	ATUAIS COMPLETOS.....	531
9.4.2.	FUTUROS POTENCIAIS	531
9.5.	CONSOLIDAÇÃO DOS CENÁRIOS DE EXPOSIÇÃO.....	532
9.5.1.	Compartimento do Meio Físico: Sedimento	533
9.5.2.	Compartimento do Meio Físico: Solo Superficial.....	534
9.5.3.	Compartimento do Meio Físico: Água Subterrânea.....	536
9.5.4.	Compartimento do Meio Físico: Água Superficial	538
9.5.5.	Compartimento do Meio Ambiental: Alimentos.....	540
9.6.	MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO.....	544
10.	IMPLICAÇÕES PARA A SAÚDE PÚBLICA	547
10.1.	ANÁLISE DE TOXICIDADE	547
10.1.1.	INDICADORES DE TOXICIDADE EFEITOS NÃO CARCINOGENÉTICOS	548
10.1.2.	INDICADORES DE TOXICIDADE EFEITOS CARCINOGENÉTICOS	550
10.1.3.	PERFIS TOXICOLÓGICOS	551
10.1.3.1.	ALUMÍNIO	553
10.1.3.1.1.	Mecanismos de Transporte e Comportamento no Meio Físico	553
10.1.3.1.2.	Bioacumulação	554
10.1.3.1.3.	Perfil Toxicológico	554
10.1.3.1.3.1.	Toxicocinética	555

10.1.3.1.3.2.	Efeitos adversos à saúde.....	555
10.1.3.1.3.3.	Mecanismos de toxicidade	557
10.1.3.1.4.	Limites- Alumínio	558
10.1.3.1.4.1.	Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs	558
10.1.3.1.4.2.	Doses de Referência	559
10.1.3.2.	ANTIMÔNIO.....	559
10.1.3.2.1.	Mecanismos de Transporte e Comportamento no Meio Físico	560
10.1.3.2.2.	Bioacumulação	560
10.1.3.2.3.	Perfil Toxicológico	561
10.1.3.2.3.1.	Toxicocinética	562
10.1.3.2.3.2.	Efeitos adversos à saúde.....	564
10.1.3.2.4.	Limites - Antimônio	566
10.1.3.2.4.1.	Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs	566
10.1.3.2.4.2.	Doses de Referência	567
10.1.3.3.	ARSÊNIO	570
10.1.3.3.1.	Mecanismos de Transporte e Comportamento no Meio Físico	571
10.1.3.3.2.	Bioacumulação	571
10.1.3.3.3.	Perfil Toxicológico	572
10.1.3.3.3.1.	Toxicocinética	572
10.1.3.3.3.2.	Efeitos adversos à saúde.....	576
10.1.3.3.3.3.	Mecanismos de toxicidade	587

10.1.3.3.4. Limites - Arsênio	590
10.1.3.3.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs	590
10.1.3.3.4.2. Doses de referência	590
10.1.3.4. BÁRIO	592
10.1.3.4.1. Mecanismos de Transporte e Comportamento no Meio Físico	592
10.1.3.4.2. Bioacumulação	593
10.1.3.4.3. Perfil Toxicológico	593
10.1.3.4.3.1. Toxicocinética	593
10.1.3.4.3.2. Efeitos adversos à saúde.....	595
10.1.3.4.3.3. Mecanismos de toxicidade	598
10.1.3.4.4. Limites - Bário.....	599
10.1.3.4.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs	599
10.1.3.4.4.2. Doses de referência	599
10.1.3.5. CÁDMIO	600
10.1.3.5.1. Mecanismos de Transporte e Comportamento no Meio Físico	600
10.1.3.5.2. Bioacumulação	601
10.1.3.5.3. Perfil Toxicológico	601
10.1.3.5.3.1. Toxicocinética	603
10.1.3.5.3.2. Efeitos adversos.....	604
10.1.3.5.3.3. Mecanismos de toxicidade	611
10.1.3.5.4. Limites - Cádmio	611

10.1.3.5.4.1. Níveis Mínimos de Risco (<i>Minimal Risk Levels</i>) - MRLs	.611
10.1.3.5.4.2. Doses de Referência	.....612
10.1.3.6. CHUMBO	.....612
10.1.3.6.1. Mecanismos de Transporte e Comportamento no Meio Físico	613
10.1.3.6.2. Bioacumulação	.....613
10.1.3.6.3. Perfil Toxicológico	.....614
10.1.3.6.3.1. Toxicocinética	.....616
10.1.3.6.3.2. Efeitos adversos	.....617
10.1.3.6.3.3. Mecanismos de toxicidade	.....629
10.1.3.6.4. Limites - Chumbo	.....630
10.1.3.6.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs	630
10.1.3.6.4.2. Doses de Referência	.....630
10.1.3.7. COBALTO	.....630
10.1.3.7.1. Mecanismos de Transporte e Comportamento no Meio Físico	631
10.1.3.7.2. Bioacumulação	.....631
10.1.3.7.3. Perfil Toxicológico	.....631
10.1.3.7.3.1. Toxicocinética	.....633
10.1.3.7.3.2. Efeitos adversos	.....634
10.1.3.7.3.3. Mecanismos de toxicidade	.....641
10.1.3.7.4. Limites - Cobalto	.....644
10.1.3.7.4.1. Níveis Mínimos de Risco (<i>Minimal Risk Levels</i>) - MRLs	.644

10.1.3.7.4.2. Doses de referência	644
10.1.3.8. COBRE	644
10.1.3.8.1. Mecanismos de Transporte e Comportamento no Meio Físico	645
10.1.3.8.2. Bioacumulação	645
10.1.3.8.3. Perfil Toxicológico	645
10.1.3.8.3.1. Toxicocinética	646
10.1.3.8.3.2. Efeitos adversos à Saúde	647
10.1.3.8.3.3. Mecanismos de toxicidade - Cobre	649
10.1.3.8.4. Limites - Cobre	649
10.1.3.8.4.1. Níveis Mínimos de Risco (<i>Minimal Risk Levels</i>) - MRLs .	649
10.1.3.8.4.2. Doses de Referência	649
10.1.3.9. CROMO	650
10.1.3.9.1. Mecanismos de Transporte e Comportamento no Meio Físico	650
10.1.3.9.2. Bioacumulação	651
10.1.3.9.3. Perfil Toxicológico	652
10.1.3.9.3.1. Toxicocinética	652
10.1.3.9.3.2. Efeitos Adversos.....	653
10.1.3.9.3.3. Mecanismo de toxicidade.....	660
10.1.3.9.4. Limites - Cromo.....	660
10.1.3.9.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRL..	660
10.1.3.9.4.2. Doses de referência	661

10.1.3.10. FERRO.....	663
10.1.3.10.1. Mecanismos de Transporte e Comportamento no Meio Físico	664
10.1.3.10.2. Bioacumulação	665
10.1.3.10.3. Perfil Toxicológico	665
10.1.3.10.3.1. Toxicocinética	665
10.1.3.10.3.2. Efeitos adversos à Saúde	666
10.1.3.10.3.3. Mecanismos de toxicidade - Ferro	669
10.1.3.10.4. Limites - Ferro	670
10.1.3.10.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs	670
10.1.3.10.4.2. Doses de Referência	670
10.1.3.11. MANGANÊS	670
10.1.3.11.1. Mecanismos de Transporte e Comportamento no Meio Físico	670
10.1.3.11.2. Bioacumulação	671
10.1.3.11.3. Perfil Toxicológico	671
10.1.3.11.3.1. Toxicocinética	673
10.1.3.11.3.2. Efeitos Adversos.....	675
10.1.3.11.3.3. Mecanismos de toxicidade	679
10.1.3.11.4. Limites - LMR Manganês.....	679
10.1.3.11.4.1. Níveis Mínimos de Risco (MRLs)	679

10.1.3.11.4.2. Doses de Referência	680
10.1.3.12. MERCÚRIO.....	681
10.1.3.12.1. Mecanismos de Transporte e Comportamento no Meio Físico 682	
10.1.3.12.2. Bioacumulação	682
10.1.3.12.3. Perfil Toxicológico	683
10.1.3.12.3.1. Toxicocinética	684
10.1.3.12.3.2. Efeitos adversos à saúde humana	688
10.1.3.12.3.3. Mecanismo de toxicidade	694
10.1.3.12.4. Limites - Mercúrio	695
10.1.3.12.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRL	695
10.1.3.12.4.2. Doses de Referência	695
10.1.3.13. NÍQUEL.....	698
10.1.3.13.1. Mecanismos de Transporte e Comportamento no Meio Físico 698	
10.1.3.13.2. Bioacumulação	699
10.1.3.13.3. Perfil Toxicológico	699
10.1.3.13.3.1. Toxicocinética	700
10.1.3.13.3.2. Efeitos adversos à Saúde	701
10.1.3.13.3.3. Mecanismos de toxicidade	704
10.1.3.13.4. Limites - Níquel	706

10.1.3.13.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs	706
10.1.3.13.4.2. Doses de Referência	706
10.1.3.14. SELÊNIO	707
10.1.3.14.1. Mecanismos de Transporte e Comportamento no Meio Físico	707
10.1.3.14.2. Bioacumulação	708
10.1.3.14.3. Perfil Toxicológico	708
10.1.3.14.3.1. Toxicocinética	710
10.1.3.14.3.2. Efeitos adversos à Saúde	711
10.1.3.14.3.3. Mecanismos de toxicidade	719
10.1.3.14.4. Limites - Selênio	722
10.1.3.14.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs	722
10.1.3.14.4.2. Doses de referência	722
10.1.3.15. ZINCO	724
10.1.3.15.1. Mecanismos de Transporte e Comportamento no Meio Físico	724
10.1.3.15.2. Bioacumulação	725
10.1.3.15.3. Perfil Toxicológico	725
10.1.3.15.3.1. Toxicocinética	726
10.1.3.15.3.2. Efeitos adversos à Saúde	727
10.1.3.15.3.3. Mecanismos de toxicidade	729

10.1.3.15.4.	Limites - Zinco	729
10.1.3.15.4.1.	Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs 729	
10.1.3.15.4.2.	Doses de Referência	729
10.2.	DOSE DE EXPOSIÇÃO	731
10.2.1.	CONCENTRAÇÕES NOS PONTOS DE EXPOSIÇÃO	732
10.2.1.1.	Concentrações Máximas no PDE.....	733
10.2.1.2.	Concentrações Estatísticas no PDE.....	733
10.2.1.2.1.	Avaliação dos Dados	734
10.2.1.2.2.	<i>Outliers</i> (Valores Discrepantes)	735
10.2.1.2.3.	Valores Não Detectados	736
10.2.1.2.4.	Métodos de Cálculo Utilizados pelo ProUCL USEPA.....	737
10.2.1.2.5.	Resultados das Simulações Estatísticas para C_{PDE}	740
10.2.2.	QUANTIFICAÇÃO DAS DOSES DE EXPOSIÇÃO.....	740
10.2.2.1.	Parâmetros Expositivos	740
10.2.2.1.1.	Taxa de Ingestão de Água.....	742
10.2.2.1.2.	Taxas de Inalação	746
10.2.2.1.3.	Taxa de Ingestão de Solo e Poeira.....	750
10.2.2.1.4.	Taxas para Exposição Dermal	755
10.2.2.1.5.	Peso Corpóreo.....	759
10.2.2.1.6.	Parâmetros Expositivos para Consumo de Alimentos	762

10.2.2.1.7.	Expectativa de vida.....	768
10.2.2.1.8.	Duração da Exposição	770
10.2.2.1.9.	Frequência da Exposição	772
10.2.2.1.10.	Tempo da Exposição.....	773
10.2.2.2.	Cálculo das Doses de Exposição.....	775
10.2.2.2.1.	Equações para Cálculo.....	777
10.2.2.2.1.1.	Ingresso Decorrente da Exposição às SQI Presentes na Água	777
10.2.2.2.1.2.	Ingresso Decorrente da Exposição às SQI Presentes no Solo Superficial e Poeira	779
10.2.2.2.1.3.	Ingressos Decorrente da Exposição às SQI Presentes em Alimentos	780
10.2.3.	ANÁLISE DE INCERTEZAS E SENSIBILIDADE.....	781
10.2.3.1.	Incertezas Quanto ao Cálculo da Dose de Exposição	783
10.2.3.2.	Simulações de Monte Carlo	784
10.2.3.2.1.	Condições para utilização do método	785
10.2.3.2.2.	Metodologia Utilizada	786
10.2.3.2.3.	Análise de Sensibilidade.....	789
10.3.	ANÁLISE COMPARATIVA DO RISCO	791
10.3.1.	Análise de Risco por Quociente de Risco (HQ) e Risco Carcinogênico	791
10.3.2.	Análise de Risco de Chumbo por ALM e IEUBK	795
10.4.	IMPLICAÇÕES QUANTO À SAÚDE DAS POPULAÇÕES.....	801

10.4.1. Uso e Ocupação.....	801
10.4.2. Meio Físico.....	802
10.4.3. Caracterização da Contaminação	803
10.4.4. Avaliação de Risco à Saúde Humana.....	807
10.4.4.1. AA-1 (RNE).....	808
10.4.4.1.1. Receptor urbano e rural (criança)	808
10.4.4.1.2. Receptor urbano e rural (adulto).....	809
10.4.4.1.3. Receptor trabalhador (RURAL/COMERCIAL).....	809
10.4.4.1.4. Receptor trabalhador (de obra civil).....	809
10.4.4.2. AA-1 (RED).....	823
10.4.4.2.1. Receptor urbano e rural (criança)	823
10.4.4.2.2. Receptor urbano e rural (adulto).....	823
10.4.4.2.3. Receptor trabalhador (rural/comercial).....	823
10.4.4.2.4. Receptor trabalhador (de obra civil).....	823
10.4.4.3. AA-2 (RNE).....	837
10.4.4.3.1. Receptor urbano e rural (criança)	837
10.4.4.3.2. Receptor urbano e rural (adulto).....	837
10.4.4.3.3. Receptor trabalhador (rural/comercial e de obra civil).....	838
10.4.4.4. AA-2 (REI)	857
10.4.4.4.1. Receptor urbano e rural (criança)	857
10.4.4.4.2. Receptor urbano e rural (adulto).....	857

10.4.4.4.3. Receptor trabalhador (comercial/industrial e de obra civil)	858
10.4.4.5. AA-2 (RED)	871
10.4.4.5.1. Receptor urbano e rural (criança)	871
10.4.4.5.2. Receptor urbano e rural (adulto)	871
10.4.4.5.3. Receptor trabalhador (rural/comercial e de obra civil)	872
10.4.4.6. AA-3 (RNE)	892
10.4.4.6.1. Receptor urbano e rural (criança)	892
10.4.4.6.2. Receptor urbano e rural (adulto)	892
10.4.4.6.3. Receptor trabalhador (rural/comercial e de obra civil)	893
10.4.4.7. AA-3 (REI)	913
10.4.4.7.1. Receptor urbano e rural (criança)	913
10.4.4.7.2. Receptor urbano e rural (adulto)	913
10.4.4.7.3. Receptor trabalhador (rural/comercial e de obra civil)	914
10.4.4.8. AA-3 (RED)	928
10.4.4.8.1. Receptor urbano e rural (criança)	928
10.4.4.8.2. Receptor urbano e rural (adulto)	928
10.4.4.8.3. Receptor trabalhador (rural/comercial e de obra civil)	929
10.4.5. Análise Dos Resultados De Risco	948
10.4.5.1. Presença de Alumínio e Ferro em Vegetais	951
10.5. RISCO QUANTO À POTABILIDADE	952
10.6. RISCO QUANTO AO CONSUMO DE PESCADO	956

10.7. RESPOSTAS AS PREOCUPAÇÕES DA POPULAÇÃO QUANTO A SAÚDE.....	957
10.7.1. Preocupações Relacionadas a Saúde Mental.....	957
10.7.2. Preocupações Relacionadas a Impactos Na Saúde E Consumo De Alimentos	957
10.7.3. Preocupações Relacionadas a Casos De Dengue E Febre Amarela.....	964
10.7.4. Preocupações Relacionadas às Condições e à Qualidade de Vida.....	964
11. CONCLUSÕES	965
11.1. Seleção das Categorias de Perigo	965
11.2. Suficiência de Dados para Resposta a Questões da População Exposta.....	966
11.3. Exposição Humana e Risco	967
12. RECOMENDAÇÕES.....	976
12.1. CONSIDERAÇÕES QUANTO A SAÚDE	976
12.2. CONSIDERAÇÕES QUANTO AO MEIO AMBIENTE.....	978
13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	980
ANEXOS	1018

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização da Área de Estudo.....	63
Figura 2 - Segmentação por unidade de exposição	65
Figura 3 - Ilustração dos principais mecanismos de suspensão de poeira.....	68
Figura 4 - Localização das Áreas-Alvo (AA).....	73
Figura 5 – Registro de precipitação história nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019).....	90
Figura 6 - Registros históricos de turbidez nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019).....	91
Figura 7 - Registros históricos de sólidos suspensos totais nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019).....	92
Figura 8 - Registros históricos de arsênio total nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019).....	93
Figura 9 - Registros históricos de alumínio dissolvido nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)	94
Figura 10 - Registros históricos de ferro dissolvido nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)	95
Figura 11 - Registros históricos de manganês dissolvido nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)	96
Figura 12 - Registros históricos de cobre dissolvido nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)	97
Figura 13 - Registros históricos de cromo total nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019).....	98
Figura 14 - Registros históricos de chumbo total nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019).....	99

Figura 15- Registros históricos de níquel total nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019).....	100
Figura 16 - Registros históricos de zinco total nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019).....	101
Figura 17 - Registros históricos de mercúrio total nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019).....	102
Figura 18 - Registros históricos de nitrogênio total nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)	103
Figura 19 - Registros históricos de oxigênio dissolvido nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)	104
Figura 20 - Registros históricos de <i>E. coli</i> nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019).....	105
Figura 21 - Registros históricos de cianobactérias nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)	106
Figura 22 - População do município de Mariana por faixa de sexo e faixa etária referente ao censo de 2010. Extraído de MOTA & ALMEIDA (2017).....	135
Figura 23 - População do município de Mariana conforme pirâmide faixa etária referente ao censo de 2010. Extraído de MOTA & ALMEIDA (2017).....	136
Figura 24 – Número de nascidos vivos para o município de Mariana para o período entre 2006 e 2015. Extraído de MOTA & ALMEIDA (2017).....	136
Figura 25 - Causas básicas de mortalidade para o município de Mariana para o período entre 2006 e 2015. Extraído de MOTA & ALMEIDA (2017).....	137
Figura 26 – Principais causas básicas de mortalidade para o município de Mariana para o período entre 2006 e 2015. Extraído de MOTA & ALMEIDA (2017).....	138
Figura 27 - Doenças de notificação compulsória por ano para o município de Mariana para o período entre 2006 e 2015. Extraído de MOTA & ALMEIDA (2017).....	138

Figura 28 - Mapa de Uso e Ocupação da Área de Estudo.....	140
Figura 29 - Delimitação da circunferência para amostragem.....	146
Figura 30 - Consolidação da Análise Espacial	436
Figura 31 - Localização da bacia do rio Gualaxo do Norte.....	454
Figura 32 - Mapa geológico regional	456
Figura 33 - Mapa pedológico da área de estudo.....	468
Figura 34 - Teores de Arsênio (As) em Solos Não Antropizados na Bacia do Rio Doce.....	477
Figura 35 - Teores de Alumínio (Al) em Solos Não Antropizados na Bacia do Rio Doce....	480
Figura 36 - Teores de Ferro (Fe) em Solos Não Antropizados na Bacia do Rio Doce	481
Figura 37 - Teores de Manganês (Mn) em Solos Não Antropizados na Bacia do Rio Doce .	482
Figura 38 - Mapa de interpolação de vazões médias específicas de longo termo da bacia do Rio Doce.....	486
Figura 39 - Mapa de Interpolação de Vazões Máximas diárias para um período de 10.000 anos	487
Figura 40 - Mapa de Interpolação de Vazões de Mínimas Específicas.....	488
Figura 41 - Mapa de potencial de produção de sedimentos	491
Figura 42 - Mapa de perda de solo na Bacia do Rio Doce	492
Figura 43 - Mapa de Susceptibilidade erosiva da Bacia do Rio Doce	493
Figura 44 - Mapa hidrogeológico da bacia do rio Doce	495
Figura 45 - Modelo Conceitual de Exposição para as AA1, AA2 e AA3.....	545
Figura 46 - Eventos-chave do modo de ação de carcinogenicidade de compostos de cobalto	641

Figura 47 - Resultado de Risco por ALM	797
--	-----

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Consolidação de Amostras Realizadas pela AMBIOS para Estudo de ARSH MS	119
Tabela 2 - Resumo dos Resultados obtidos pela AMBIOS para Estudo de ARSH MS.....	120
Tabela 3 - Consolidação das Rotas de Exposição desenvolvidas pela AMBIOS para Estudo de ARSH MS.....	121
Tabela 4 - Parâmetros <i>In Situ</i> Medidos na Água Superficial	153
Tabela 5 - Parâmetros <i>In Situ</i> Medidos na Água Subterrânea.....	157
Tabela 6 - Parâmetros <i>In Situ</i> Medidos na Água de Abastecimento	160
Tabela 7 - Amostras de Controle de Qualidade.....	175
Tabela 8 - Resultados dos ensaios físicos de caracterização do rejeito.....	182
Tabela 9 - Caracterização do rejeito expressa em óxidos por FRX.....	183
Tabela 10 - Resultados para radionuclídeos nas amostras de rejeito da barragem de Fundão	186
Tabela 11 - Amostras coletadas de Solo Superficial por AA e Região de Exposição	187
Tabela 12 - Resultados Analíticos de Solo Superficial AA-1	189
Tabela 13 - Resultados Analíticos de Solo Superficial AA-2	193
Tabela 14 - Resultados Analíticos de Solo Superficial AA-3	201
Tabela 15 - Amostras coletadas de Solo Subsuperficial em cada área-alvo e regiões de exposição.	209

Tabela 16 - Resultados Analíticos de Solo Subsuperficial AA-1	211
Tabela 17 - Resultados Analíticos de Solo Subsuperficial AA-2.....	218
Tabela 18 - Resultados Analíticos de Solo Subsuperficial AA-3.....	228
Tabela 19 - Amostras coletadas de Sedimento Superficial em cada área-alvo e regiões de exposição.	233
Tabela 20 - Resultados Analíticos de Sedimento Superficial AA-1	235
Tabela 21 - Resultados Analíticos de Sedimento Superficial AA-2	239
Tabela 22 - Resultados Analíticos de Sedimento Superficial AA-3	245
Tabela 23 - Amostras de Sedimento Subsuperficial coletadas em cada área-alvo e regiões de exposição.	256
Tabela 24 - Resultados Analíticos de Sedimento Subsuperficial AA-1	258
Tabela 25- Resultados Analíticos de Sedimento Subsuperficial AA-2.....	263
Tabela 26 - Resultados Analíticos de Sedimento Subsuperficial AA-3.....	269
Tabela 27 - Amostras coletadas de Água Superficial em cada área-alvo e regiões de exposição.	272
Tabela 28 - Resultados Analíticos de Água Superficial Total AA-1	274
Tabela 29 - Resultados Analíticos de Água Superficial Dissolvidos AA-1	276
Tabela 30 - Resultados Analíticos de Água Superficial Total AA-2	281
Tabela 31 - Resultados Analíticos de Água Superficial Dissolvidos AA-2.....	283
Tabela 32 - Resultados Analíticos de Água Superficial Total AA-3	291
Tabela 33 - Resultados Analíticos de Água Superficial Dissolvidos AA-3.....	293
Tabela 34 - Amostras coletadas de Água Subterrânea em cada área-alvo e regiões de exposição.	299

Tabela 35 - Resultados Analíticos de Água Subterrânea Total AA-1	301
Tabela 36 - Resultados Analíticos de Água Subterrânea Dissolvidos AA-1	303
Tabela 37 - Resultados Analíticos de Água Subterrânea Total AA-2	306
Tabela 38 - Resultados Analíticos de Água Subterrânea Dissolvidos AA-2	309
Tabela 39 - Resultados Analíticos de Água Subterrânea Total AA-3	319
Tabela 40 - Resultados Analíticos de Água Subterrânea Dissolvidos AA-3	322
Tabela 41 - Amostras coletadas de Água de Abastecimento em cada área-alvo e regiões de exposição.	327
Tabela 42 - Resultados Analíticos de Água de Abastecimento Total AA1.....	328
Tabela 43 - Resultados Analíticos de Água de Abastecimento Dissolvidos AA1	330
Tabela 44 - Resultados Analíticos de Água de Abastecimento Total AA2.....	333
Tabela 45 - Resultados Analíticos de Água de Abastecimento Dissolvidos AA2	335
Tabela 46 - Resultados Analíticos de Água de Abastecimento Total AA3.....	344
Tabela 47 - Resultados Analíticos de Água de Abastecimento Dissolvidos AA3	346
Tabela 48 - Amostras coletadas de Poeira Domiciliar em cada área-alvo e regiões de exposição.	353
Tabela 49 - Resultados Analíticos de Poeira Domiciliar AA1	354
Tabela 50 - Resultados Analíticos de Poeira Domiciliar AA2	356
Tabela 51 - Resultados Analíticos de Poeira Domiciliar AA3	364
Tabela 52 - Amostras coletadas de Raspagem de Alvenaria em cada área-alvo e regiões de exposição.	369
Tabela 53 - Resultados Analíticos de Raspagem de Alvenaria AA1	371

Tabela 54 - Resultados Analíticos de Raspagem de Alvenaria AA2	374
Tabela 55 - Resultados Analíticos de Raspagem de Alvenaria AA3	382
Tabela 56 - Amostras coletadas em cada área-alvo e regiões de exposição.....	388
Tabela 57 - Resultados Analíticos de Frutas AA1	390
Tabela 58 - Resultados Analíticos de Hortaliças AA1	392
Tabela 59 - Resultados Analíticos de Leite AA1	394
Tabela 60 - Resultados Analíticos de Ovo AA1.....	396
Tabela 61 - Resultados Analíticos de Vegetais AA1	398
Tabela 62 - Resultados Analíticos de Frutas AA2	401
Tabela 63 - Resultados Analíticos de Hortaliças AA2	404
Tabela 64 - Resultados Analíticos de Leite AA2	406
Tabela 65 - Resultados Analíticos de Ovo AA2.....	409
Tabela 66 - Resultados Analíticos de Vegetais AA2	412
Tabela 67 - Resultados Analíticos de Frutas AA3	419
Tabela 68 - Resultados Analíticos de Hortaliças AA3	422
Tabela 69 - Resultados Analíticos de Leite AA3	424
Tabela 70 - Resultados Analíticos de Ovo AA3.....	427
Tabela 71 - Resultados Analíticos de Vegetais AA3	430
Tabela 72 - Comparação de Concentrações basais de Solo Superficial	440
Tabela 73 - Comparação de Concentrações basais de Sedimento Superficial	443
Tabela 74 - Comparação de Concentrações basais de Água Superficial.....	446

Tabela 75 - Valores basais estabelecidos para os diferentes elementos estudados	471
Tabela 76 - Estimativa da Avaliação de Risco para Crianças em Cenário Residencial	472
Tabela 77 - Valores basais (mg/kg) para Sedimentos nos Rios do Carmo e Gualaxo do Norte	478
Tabela 78 - Concentrações máximas encontradas ao longo do rio Gualaxo do Norte	498
Tabela 79 - Consolidação das SQI válidas para as AA1, AA2 e AA3	519
Tabela 80 - Parâmetros Toxicológicos das SQI selecionadas	552
Tabela 81 - Quantitativo de Amostras por Compartimentos Ambientais	735
Tabela 82 - Estimativa por pessoa da ingestão direta e indireta de água (ml/dia)	743
Tabela 83 - Taxa de ingestão diária de água utilizada na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (2013)	744
Tabela 84 - Ingestão de água acidental em piscinas	745
Tabela 85 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação referente ao uso da água para recreação.	746
Tabela 86 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB referente a Taxas de Inalação	749
Tabela 87 - Valores utilizados em <i>Exposure Factors Handbook</i> para Taxas de Inalação.	749
Tabela 88 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação referente à Taxa de Ingestão de Solo	753
Tabela 89 - Valores utilizados em <i>Exposure Factors Handbook</i> para Taxas de Ingestão de poeira e solo.....	754
Tabela 90 - Valores utilizados em <i>Exposure Factors Handbook</i> para taxas de Área Total do Corpo.	757

Tabela 91 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB referente a Área Superficial para Contato Dérmico.....	759
Tabela 92 - Valores utilizados em <i>Exposure Factors Handbook</i> para Peso Corpóreo.	760
Tabela 93 - Dados utilizados no cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação	760
Tabela 94 - Dados fornecidos em Pesquisas de Orçamentos Familiares e adotados no presente estudo.....	761
Tabela 95 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação referente a Vegetais	764
Tabela 96 - Valores utilizados em <i>Exposure Factors Handbook</i> para Ingestão Total de Comida per capita.....	765
Tabela 97 - Valores utilizados em <i>Exposure Factors Handbook</i> para Ingestão de Vegetais, porção comestível e não cozidos per capita.....	765
Tabela 98 - Valores utilizados em <i>Exposure Factors Handbook</i> para Ingestão de Leite e Ovos per capita.....	766
Tabela 99 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação referente a expectativa de vida.....	769
Tabela 100 - Expectativa de vida ao nascimento por estado e sexo - dados adotados no presente estudo.....	770
Tabela 101 - Valores utilizados em <i>Exposure Factors Handbook</i> para Fatores de Atividade.	771
Tabela 102 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação referente a Duração de Exposição e adotados no presente trabalho	772
Tabela 103 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação referente a Frequência de Exposição adotados no presente trabalho.....	773

Tabela 104 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação referente ao Tempo de Exposição.....	775
Tabela 105 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-1 (RNE).....	811
Tabela 106 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-1 (RED).....	825
Tabela 107 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (RNE).....	839
Tabela 108 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (REI).....	859
Tabela 109 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (RED).....	874
Tabela 110 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (RNE).....	895
Tabela 111 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (REI).....	916
Tabela 112 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (RED).....	930
Tabela 113 - Consolidação destes riscos por Unidade de Exposição AA1	961
Tabela 114 - Consolidação destes riscos por Unidade de Exposição AA2.....	962
Tabela 115 - Consolidação destes riscos por Unidade de Exposição AA3.....	963

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Transporte por saltação em relação ao diâmetro do grão e velocidade do vento...69	69
Gráfico 2 - Pirâmide etária do estado de Minas Gerais (verde e azul) em comparação com a pirâmide geral para todo o Brasil (cinza). 131	131
Gráfico 3 - Número de matrículas nos ensinos fundamental, médio e pré-escolar para o estado de Minas Gerais..... 132	132
Gráfico 4 - Números de matrículas registradas por ano nos ensinos fundamental, médio, superior e pré-escolar para o município de Mariana. 133	133
Gráfico 5 - Números de matrículas registradas por ano nos ensinos fundamental, médio, superior e pré-escolar para o município de Barra Longa..... 134	134
Gráfico 6 - Concentrações de Alumínio de Solo Superficial AA2..... 195	195
Gráfico 7 - Concentrações de Antimônio de Solo Superficial AA2..... 196	196
Gráfico 8 - Concentrações de Boro de Solo Superficial AA2..... 196	196
Gráfico 9 - Concentrações de Cobalto de Solo Superficial AA2 197	197
Gráfico 10 - Concentrações de Cromo de Solo Superficial AA2..... 198	198
Gráfico 11 - Concentrações de Ferro de Solo Superficial AA2 198	198
Gráfico 12 - Concentrações de Manganês de Solo Superficial AA2 199	199
Gráfico 13 - Concentrações de Alumínio de Solo Superficial AA3 203	203
Gráfico 14 - Concentrações de Antimônio de Solo Superficial AA3..... 204	204
Gráfico 15 - Concentrações de Bário de Solo Superficial AA3 205	205
Gráfico 16 - Concentrações de Boro de Solo Superficial AA3 205	205
Gráfico 17 - Concentrações de Cobalto de Solo Superficial AA3 206	206

Gráfico 18 - Concentrações de Cromo de Solo Superficial AA3.....	206
Gráfico 19 - Concentrações de Ferro de Solo Superficial AA3	207
Gráfico 20 - Concentrações de Manganês de Solo Superficial AA3	208
Gráfico 21 - Concentrações de Alumínio de Sedimento Superficial AA2.....	240
Gráfico 22 - Concentrações de Antimônio de Sedimento Superficial AA2.....	241
Gráfico 23 - Concentrações de Boro de Sedimento Superficial AA2	241
Gráfico 24 - Concentrações de de Sedimento Superficial AA2	242
Gráfico 25 - Concentrações de Ferro de Sedimento Superficial AA2	242
Gráfico 26 - Concentrações de Manganês de Sedimento Superficial AA2.....	243
Gráfico 27 - Concentrações de Alumínio de Sedimento Superficial AA3.....	247
Gráfico 28 - Concentrações de Antimônio de Sedimento Superficial AA3.....	247
Gráfico 29 - Concentrações de Arsênio de Sedimento Superficial AA3	248
Gráfico 30 - Concentrações de Alumínio de Sedimento Superficial AA3.....	248
Gráfico 31 - Concentrações de Boro de Sedimento Superficial AA3	249
Gráfico 32 - Concentrações de Chumbo de Sedimento Superficial AA3	249
Gráfico 33 - Concentrações de Colbato de Sedimento Superficial AA3	250
Gráfico 34 - Concentrações de Cobre de Sedimento Superficial AA3	250
Gráfico 35 - Concentrações de Cromo de Sedimento Superficial AA3.....	251
Gráfico 36 - Concentrações de Ferro de Sedimento Superficial AA3	252
Gráfico 37 - Concentrações de Manganês de Sedimento Superficial AA3.....	252
Gráfico 38 - Concentrações de Mercúrio de Sedimento Superficial AA3	253

Gráfico 39 - Concentrações de Níquel de Sedimento Superficial AA3	253
Gráfico 40 - Concentrações de Vanádio de Sedimento Superficial AA3.....	254
Gráfico 41 - Concentrações de Zinco de Sedimento Superficial AA3.....	255
Gráfico 42 - Concentrações de Alumínio Total de Água Superficial AA2.....	285
Gráfico 43 - Concentrações de Alumínio Dissolvido de Água Superficial AA2.....	285
Gráfico 44 - Concentrações de Bário Total de Água Superficial AA2	286
Gráfico 45 - Concentrações de Bário Dissolvido de Água Superficial AA2	286
Gráfico 46 - Concentrações de Ferro Total de Água Superficial AA2	287
Gráfico 47 - Concentrações de Ferro Dissolvido de Água Superficial AA2.....	287
Gráfico 48 - Concentrações de Manganês Total de Água Superficial AA2.....	288
Gráfico 49 - Concentrações de Manganês Dissolvido de Água Superficial AA2.....	288
Gráfico 50 - Concentrações de Alumínio Total de Água Superficial AA3.....	295
Gráfico 51 - Concentrações de Alumínio Dissolvido de Água Superficial AA3.....	295
Gráfico 52 - Concentrações de Bário Total de Água Superficial AA3	296
Gráfico 53 - Concentrações de Bário Dissolvido de Água Superficial AA3	296
Gráfico 54 - Concentrações de Ferro Total de Água Superficial AA3	297
Gráfico 55 - Concentrações de Ferro Dissolvido de Água Superficial AA3.....	297
Gráfico 56 - Concentrações de Manganês Total de Água Superficial AA3.....	298
Gráfico 57 - Concentrações de Manganês Dissolvido de Água Superficial AA3.....	298
Gráfico 58 - Concentrações de Alumínio Total de Água Subterrânea AA2	311
Gráfico 59 - Concentrações de Alumínio Dissolvido de Água Subterrânea AA2	311

Gráfico 60 - Concentrações de Bário Total de Água Subterrânea AA2.....	312
Gráfico 61 - Concentrações de Bário Dissolvido de Água Subterrânea AA2.....	312
Gráfico 62 - Concentrações de Ferro Total de Água Subterrânea AA2.....	313
Gráfico 63 - Concentrações de Ferro Dissolvido de Água Subterrânea AA2.....	313
Gráfico 64 - Concentrações de Manganês Total de Água Subterrânea AA2.....	314
Gráfico 65 - Concentrações de Manganês Dissolvido de Água Subterrânea AA2.....	314
Gráfico 66 - Concentrações de Zinco Total de Água Subterrânea AA2.....	315
Gráfico 67 - Concentrações de Zinco Dissolvido de Água Subterrânea AA2.....	315
Gráfico 68 - Concentrações de Alumínio Total de Água Subterrânea AA3.....	324
Gráfico 69 - Concentrações de Alumínio Dissolvidos de Água Subterrânea AA3.....	324
Gráfico 70 - Concentrações de Ferro Total de Água Subterrânea AA3.....	325
Gráfico 71 - Concentrações de Ferro Dissolvido de Água Subterrânea AA3.....	325
Gráfico 72 - Concentrações de Manganês Total de Água Subterrânea AA3.....	326
Gráfico 73 - Concentrações de Manganês Dissolvido de Água Subterrânea AA3.....	326
Gráfico 74 - Concentrações de Alumínio Total de Água de Abastecimento AA2.....	337
Gráfico 75 - Concentrações de Alumínio Dissolvido de Água de Abastecimento AA2.....	337
Gráfico 76 - Concentrações de Bário Total de Água de Abastecimento AA2.....	338
Gráfico 77 - Concentrações de Bário Dissolvido de Água de Abastecimento AA2.....	338
Gráfico 78 - Concentrações de Cobre Total de Água de Abastecimento AA2.....	339
Gráfico 79 - Concentrações de Cobre Dissolvido de Água de Abastecimento AA2.....	339
Gráfico 80 - Concentrações de Ferro Total de Água de Abastecimento AA2.....	340

Gráfico 81 - Concentrações de Ferro Dissolvido de Água de Abastecimento AA2	340
Gráfico 82 - Concentrações de Manganês Total de Água de Abastecimento AA2	341
Gráfico 83 - Concentrações de Manganês Dissolvido de Água de Abastecimento AA2.....	341
Gráfico 84 - Concentrações de Zinco Total de Água de Abastecimento AA2.....	342
Gráfico 85 - Concentrações de Zinco Dissolvido de Água de Abastecimento AA2.....	342
Gráfico 86 - Concentrações de Alumínio Total de Água de Abastecimento AA3.....	348
Gráfico 87 - Concentrações de Alumínio Dissolvido de Água de Abastecimento AA3.....	348
Gráfico 88 - Concentrações de Bário Total de Água de Abastecimento AA3	349
Gráfico 89 - Concentrações de Bário Dissolvido de Água de Abastecimento AA3	349
Gráfico 90 - Concentrações de Ferro Total de Água de Abastecimento AA3	350
Gráfico 91 - Concentrações de Ferro Dissolvido de Água de Abastecimento AA3	350
Gráfico 92 - Concentrações de Manganês Total de Água de Abastecimento AA3	351
Gráfico 93 - Concentrações de Manganês Dissolvido de Água de Abastecimento AA3.....	351
Gráfico 94 - Concentrações de Zinco Total de Água de Abastecimento AA3.....	352
Gráfico 95 - Concentrações de Zinco Dissolvido de Água de Abastecimento AA3.....	352
Gráfico 96 - Concentrações de Alumínio de Poeira Domiciliar AA2.....	359
Gráfico 97 - Concentrações de Antimônio de Poeira Domiciliar AA2.....	359
Gráfico 98 - Concentrações de Chumbo de Poeira Domiciliar AA2	360
Gráfico 99 - Concentrações de Ferro de Poeira Domiciliar AA2.....	360
Gráfico 100 - Concentrações de Manganês de Poeira Domiciliar AA2.....	361
Gráfico 101 - Concentrações de Mercúrio de Poeira Domiciliar AA2	361

Gráfico 102 - Concentrações de Alumínio de Poeira Domiciliar AA3.....	366
Gráfico 103 - Concentrações de Arsênio de Poeira Domiciliar AA3.....	366
Gráfico 104 - Concentrações de Bário de Poeira Domiciliar AA3	367
Gráfico 105 - Concentrações de Cobre de Poeira Domiciliar AA3	367
Gráfico 106 - Concentrações de Ferro de Poeira Domiciliar AA3.....	368
Gráfico 107 - Concentrações de Zinco de Poeira Domiciliar AA3.....	368
Gráfico 108 - Concentrações de Antimônio de Raspagem de Alvenaria AA2	377
Gráfico 109 - Concentrações de Bário de Raspagem de Alvenaria AA2.....	377
Gráfico 110 - Concentrações de Chumbo de Raspagem de Alvenaria AA2.....	378
Gráfico 111 - Concentrações de Cobalto de Raspagem de Alvenaria AA2.....	379
Gráfico 112 - Concentrações de Cromo de Raspagem de Alvenaria AA2	379
Gráfico 113 - Concentrações de Ferro de Raspagem de Alvenaria AA2.....	380
Gráfico 114 - Concentrações de Antimônio de Raspagem de Alvenaria AA3	384
Gráfico 115 - Concentrações de Bário de Raspagem de Alvenaria AA3.....	384
Gráfico 116 - Concentrações de Chumbo de Raspagem de Alvenaria AA3.....	385
Gráfico 117 - Concentrações de Cobalto de Raspagem de Alvenaria AA3	385
Gráfico 118 - Concentrações de Cobre de Raspagem de Alvenaria AA3.....	386
Gráfico 119 - Concentrações de Cromo de Raspagem de Alvenaria AA3	387
Gráfico 120 - Concentrações de Ferro de Raspagem de Alvenaria AA3.....	387
Gráfico 121 - Concentrações de Alumínio de Frutas AA2	414
Gráfico 122 - Concentrações de Alumínio de Hortaliças AA2.....	414

Gráfico 123 - Concentrações de Alumínio de Leite AA2	415
Gráfico 124 - Concentrações de Alumínio de Ovo AA2.....	415
Gráfico 125 - Concentrações de Alumínio de Vegetais AA2	416
Gráfico 126 - Concentrações de Ferro de Vegetais AA2	416
Gráfico 127 - Concentrações de Alumínio de Hortaliças AA3	432
Gráfico 128 - Concentrações de Alumínio de Vegetais AA3	432
Gráfico 129 - Exemplo de distribuição dos valores e suas probabilidades para a simulação de Monte Carlo.....	787
Gráfico 130 - Distribuição de frequência dos resultados de risco obtidos a partir da simulação de Monte Carlo.....	788

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 - Anotação de Responsabilidade Técnica	1019
Anexo 2 - Mapa de Localização das Amostragens.....	1020
Anexo 3 - Mapas Geoquímicos	1021
Anexo 4 - Mapas de Interpolação de Concentrações	1022
Anexo 5 - Tabelas de Concentrações Máximas e UCL 95%	1023
Anexo 6 - Dados de Entrada de Monte Carlo.....	1024
Anexo 7 - Fichas Resumo das SQI.....	1025
Anexo 8 - Mapas de Análise Espacial	1026
Anexo 9 – Cálculo de Risco para Consumo de Pescados	1027
Anexo 10 - Mapa de Receptores	1028
Anexo 11 - Gráficos de Risco Acumulado por Endpoint.....	1029

1. INTRODUÇÃO

A **Fundação RENOVA** vem desenvolvendo o processo de gerenciamento e recuperação ambiental na região atingida pelos rejeitos de minério de ferro associados ao rompimento da Barragem de Fundão da **SAMARCO Mineração S.A**, localizada no município de Mariana - MG. A extensão do processo de gerenciamento e recuperação do referido impacto abrange desde o local do rompimento da barragem, passando por toda a extensão da bacia do Rio Doce, até sua foz no Oceano Atlântico na Vila de Regência, Município de Linhares - ES.

A **TECNOHIDRO Engenharia São Paulo (TECNOHIDRO)** foi contratada para desenvolver a presente Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH) em alinhamento com o Termo de Referência Técnica de ARSH ATSDR (FASE III GAISMA) desenvolvido pela Fundação RENOVA, utilizando a metodologia Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos (MS, 2010) desenvolvida pelo Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Na ausência de recomendações nas Diretrizes, foi utilizada a metodologia *Public Health Assessment Guidance Manual* (ATSDR, 2005) desenvolvida pela *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR). O presente estudo foi desenvolvido considerando como Áreas Alvo (AA) partes do trecho entre os municípios de Mariana e Barra Longa, Minas Gerais.

Para tanto, o escopo dos serviços de campo destinados a caracterização e investigação geoambiental foram executados pela **EPA Engenharia de Proteção Ambiental (Grupo EPA)** em alinhamento com o Termo de Referência Técnica de Caracterização e Investigação GeoAmbiental (FASE II GAISMA) desenvolvido pela **Fundação RENOVA**, e englobaram as seguintes atividades:

- Definição do plano de amostragem e locação preliminar dos locais a serem amostrados, bem como compartimentos ambientais de interesse;
- Definição de áreas de controle para o processo de amostragem, visando estabelecer o *background* (nível de base) para os compartimentos ambientais de interesse;
- Amostragem de solo, sedimento, água superficial, água subterrânea, água de abastecimento, poeira domiciliar, raspagem de alvenaria e alimentos vegetais e animais em

Regiões de Exposição Direta (RED), Regiões de Exposição Indireta (REI), bem como nas Regiões de Não Exposição (RNE) previamente definidas;

- Envio das amostras para laboratório acreditado para a análise das substâncias químicas de interesse¹ (SQI).

Os dados base e resultados supramencionados que foram base do presente estudo de ARSH são apresentados no relatório intitulado “RELATÓRIO FINAL DE INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL COMPLEMENTAR - MARIANA (MG)” de abril de 2019 desenvolvido pela empresa Grupo EPA.

No presente trabalho, a área contemplada para estudo compreende o trecho que vai entre o distrito de Bento Rodrigues até o distrito de Barretos, respectivamente localizados nos municípios de Mariana e Barra Longa, Minas Gerais.

Os serviços de campo para a investigação complementar iniciaram em 30 de outubro de 2018 e finalizaram no dia 30 de novembro de 2018, havendo uma coleta de algumas amostras de alimentos entre os dias 17 e 19 de janeiro de 2019. A coleta de amostras ocorreu devido à perda por parte do laboratório responsável pelas análises laboratoriais com as primeiras amostras coletadas. Os serviços de quantificação do Risco a Saúde Humana² desenvolvidos para **TECNOHIDRO** tiveram início em 17 de dezembro de 2018 e foi finalizado em 09 de abril de 2019, com a entrega do relatório final consolidado.

Ressalta-se que até o final do presente trabalho, a coleta de amostras das matrizes de interesse nas propriedades mais atingidas pelo evento de 2015 no distrito de Bento Rodrigues não havia sido autorizada.

A quantificação do risco a saúde humana associado ao evento de rompimento da Barragem de Fundão teve início pela aquisição de dados e informações específicas das áreas alvo do estudo, visando a caracterização dos compartimentos impactados do meio físico, da extensão

¹ Substância química quantificada em amostra proveniente do meio físico, que está relacionada à fonte primária ou secundária de contaminação

² Probabilidade de ocorrência de câncer em um determinado receptor exposto a substâncias carcinogênicas presentes em uma área contaminada ou a possibilidade de ocorrência de outros efeitos adversos à saúde decorrentes da exposição a substâncias não carcinogênicas

da contaminação nestes compartimentos e das populações potencialmente expostas à contaminação em questão.

Os dados e informações adquiridas foram a base para elaboração do Modelo Conceitual de Exposição³ (MCE) que será utilizado para caracterização do processo exposicional, bem como quantificação do risco a saúde humana considerando os cenários de exposição validos atuais e futuros.

O presente relatório apresenta a descrição dos trabalhos realizados pelo **Grupo EPA** com os princípios das técnicas utilizadas e metodologias de trabalho de campo, ferramentas e equipamentos utilizados, registros fotográficos das atividades de campo, mapas e resultados obtidos, bem como os resultados da avaliação de risco a saúde humana (ARSH) desenvolvida pela **TECNOHIDRO**. Por se tratar de um estudo multidisciplinar, abrange diferentes áreas de conhecimento técnico-científico que em conjunto são aplicadas para quantificação dos riscos à saúde humana associados aos impactos ambientais, de forma a atingir a objetividade e clareza técnica necessária para o entendimento do potencial risco associado a exposição de populações identificadas nas Áreas Alvo objeto deste estudo.

O **Anexo 1** apresenta a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) para o presente projeto.

1.1. ESTRUTURA DO RELATÓRIO

O presente relatório foi organizado em capítulos, os quais são subdivididos em itens de forma a estabelecer a hierarquização lógica dos temas abordados pelo documento. O relatório possui mapas, tabelas, figuras, gráficos e quadros que auxiliam no entendimento do texto e podem ser utilizados como referência de consolidação de dados e informações discutidas ao longo do relatório.

O capítulo 1 apresenta a introdução e motivação do projeto, bem como a descrição do processo de Gestão Ambiental Integrada para Saúde e Meio Ambiente (GAISMA). Ainda neste

³ Relato escrito, acompanhado de representação gráfica, dos processos associados ao transporte das substâncias químicas de interesse na área investigada, desde as fontes potenciais, primárias e secundárias de contaminação, até os potenciais ou efetivos receptores

capítulo é apresentado o procedimento adotado para o desenvolvimento da Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH).

O capítulo 2 apresenta os objetivos gerais e específicos que foram previamente definidos para o desenvolvimento da presente ARSH.

No capítulo 3 é apresentada a área de estudos e discutidos os critérios de segmentação em Áreas Alvo (AA) para a ARSH. Também são definidos tecnicamente os critérios adotados para identificação da Região de Exposição Direta (RED), Região de Exposição Indireta (REI) e Região de Não Exposição (RNE), conceitos que foram a base da definição do Modelo Conceitual de Exposição (MCE), do cálculo das doses de ingresso e do risco a saúde humana.

O capítulo 4 apresenta as premissas adotadas para o desenvolvimento da ARSH, bem como os Padrões Legais Aplicáveis (PLA) escolhidos como critérios de avaliação para definição da qualidade ambiental nas Áreas Alvo (AA) estudadas.

No capítulo 5 é apresentado o Levantamento Avaliação da Exposição da Informação Local, iniciando por um resumo dos principais projetos técnicos históricos desenvolvidos após o evento de rompimento da barragem de Fundão, os quais foram utilizados de base de entendimento para o desenvolvimento da presente ARSH. É apresentado os resultados da coleta, avaliação e validação de dados destinados a quantificação da exposição humana e risco associado à esta exposição. Neste capítulo são discutidos os dados adquiridos em campo para serem a base quantitativa para o desenvolvimento da ARSH. Também são apresentados os procedimentos técnicos adotados para a aquisição destes dados, mapas, tabelas, gráficos e quadros que apresentam os resultados obtidos, bem como a discussão e interpretação dos mesmos. Por último, são discutidos os dados disponíveis com o objetivo de validá-los como dados passíveis de serem utilizados na ARSH quanto a sua qualidade e suficiência, ou seja, somente dados que possam ser utilizados para qualificação dos cenários de exposição e quantificação final do risco, serão validados.

No capítulo 6 é apresentada o levantamento das preocupações das populações atingidas realizados nos municípios de Mariana e Barra Longa, com a apresentação da metodologia utilizada em cada local.

No capítulo 7 é apresentada a seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) para a ARSH em questão e os critérios utilizados para tal.

No capítulo 8 são discutidos os meios de transporte, fonte de contaminação secundárias e separação de compartimentos ambientais relacionados às SQI.

No capítulo 9 são desenvolvidos todos os cenários de exposição atuais e futuros específicos para as Áreas Alvo (AA), considerando o impacto ambiental causado nestas AA pelo evento de rompimento da Barragem de Fundão, tomando-se como origem as fontes secundárias de contaminação⁴ quantificadas nos compartimentos ambientais (solo superficial e subsuperficial, água superficial e subterrânea, sedimento, poeira domiciliar e recobrimento de paredes, frutas, foliáceas, tuberosas, leite e ovos) de interesse. A composição destes cenários deu origem ao Modelo Conceitual de Exposição (MCE) que serviu de base para o cálculo das concentrações nos Pontos de Exposição⁵ (PDE) e das Doses de Exposição (ATSDR, 2005).

No capítulo 10 são discutidas as Avaliação dos Efeitos a Saúde Pública começando pela discussão em torno dos perfis toxicológicos das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) para a ARSH em questão. Nele são definidos os fatores de carcinogenicidades, unidades de risco, doses e concentrações de referência, entre outros parâmetros que caracterizam a toxicidade de cada SQI avaliada. Também é apresentado um resumo do perfil toxicológico, ambiental e comportamento no meio físico das SQI. Este capítulo também apresenta o cálculo das doses de exposição para cada cenário identificado, bem como a análise comparativa do risco e as implicações quanto a saúde das populações. Como é fundamental e indispensável em qualquer ARSH, o capítulo também apresenta a análise de sensibilidade dos valores utilizados para o cálculo do risco, bem como a análise das incertezas associadas a geração e tratamento destes dados. São apresentadas as faixas de confiança destas informações e resultados, bem como as limitações associadas aos mesmos.

Os capítulos 11 e 12 apresentam as conclusões e recomendações associadas aos resultados do projeto, bem como os próximos passos e cronograma de ações.

As referências bibliográficas são apresentadas no capítulo 13.

⁴ meio atingido por substâncias químicas de interesse provenientes da fonte primária de contaminação, capaz de armazenar certa massa dessas substâncias e atuar como fonte de contaminação de outros compartimentos do meio físico

⁵ local onde ocorre a exposição de um dado receptor às substâncias químicas provenientes de uma fonte de contaminação

1.2. GESTÃO AMBIENTAL INTEGRADA PARA SAÚDE E MEIO AMBIENTE

O Gerenciamento de Áreas Contaminadas⁶ (GAC) pode ser definido como uma abordagem técnica executada em etapas que visam reduzir, para níveis aceitáveis, os riscos a que estão sujeitos a população e o meio ambiente em decorrência de sua exposição às substâncias provenientes de áreas contaminadas. Estas etapas devem ser executadas sequencialmente de forma a assegurar que a atividade potencialmente contaminadora, o meio físico diretamente impactado por ela, o uso e ocupação do solo local e as alterações decorrentes da contaminação sejam adequadamente caracterizados e proporcionem os instrumentos necessários tanto a tomada de decisão quanto a definição de protocolos de saúde pública voltados ao acompanhamento clínico das populações potencialmente expostas, bem como quanto as formas de intervenção para a reabilitação ambiental considerando o uso pretendido para a área em estudo.

Para região de interesse impactada pelo rompimento da Barragem de Fundão, o GAC tradicionalmente aplicado para áreas contaminadas foi tecnicamente adaptado para atender demandas ambientais regionais e locais específicas. Na Gestão Ambiental Integrada para Saúde e Meio Ambiente (GAISMA) a ser desenvolvida para cada AA segmentada ao longo da região impactada, o sedimento, solo (superficial e subsuperficial), água (superficial e subterrânea) devem ser considerados os compartimentos ambientais de interesse. Deve ser considerado também que a contaminação pode ocorrer no ar ambiente em espaços fechados de construções presentes nas AA ou em espaços abertos, ambas situações decorrentes do transporte atmosféricos de partículas gerando potencialmente poeira domiciliar contaminada. Em todos os casos é fundamental que seja estabelecida uma correlação clara (nexo causal da exposição) entre as fontes secundárias de contaminação decorrentes ao evento de rompimento da barragem de Fundão e as concentrações de substâncias químicas presentes nestes compartimentos. Deverão ser considerados como compartimentos ambientais de interesse os alimentos (leite, ovos, foliáceas, tuberosas, frutas, peixes, entre outros) que forem identificados nas AA.

⁶ conjunto de medidas que asseguram o conhecimento das características das áreas contaminadas e a definição das medidas de intervenção mais adequadas a serem requeridas, visando eliminar ou minimizar os danos e/ou riscos aos bens a proteger, gerados pelos contaminantes nelas contidas

O GAISMA baseia-se em uma estratégia constituída por etapas sequenciais, onde a informação obtida em cada etapa é a base para a execução da etapa posterior. Sendo assim, este gerenciamento pode ser dividido em cinco fases:

FASE I - Segmentação de Áreas Alvo: Nesta fase são identificados os segmentos regionais que possuam características similares quanto a aspectos fisiográficos, geológicos, pedológicos, hidrológicos, hidrogeológicos e químicos (geoquímica e hidroquímica) que possam compor uma AA quando associados a aspectos relativos ao uso e ocupação do solo e ao impacto ambiental ocorrido a partir do evento de rompimento da Barragem de Fundão. Os produtos da FASE I são o Modelo Conceitual Ambiental (MCA) de cada AA e o Plano de Caracterização e Investigação GeoAmbiental a ser executado na FASE II.

FASE II - Caracterização e Investigação Ambiental Detalhada⁷. Na FASE II deverá ser executado o Plano de Caracterização de Investigação GeoAmbiental desenvolvido na FASE I, visando (1) obter dados detalhados sobre cada compartimento ambiental definidos como de interesse no MCA de cada AA, bem como estabelecer a correlação com aspectos regionais para definição clara do *background* local (níveis de base); (2) caracterizar espacialmente o impacto ambiental presentes nestes compartimentos e em PDE Humana e Ambiental; (3) investigar aspectos exposicionais associado às populações potencialmente expostas (PPE) que foram identificadas em cada AA. Nesta fase, caso sejam identificadas anomalias ambientais associadas direta ou indiretamente ao evento de rompimento da Barragem de Fundão, a AA deverá ser classificada como Área Contaminada Sob Investigação (ACI) e a FASE III deverá ser obrigatoriamente executada. Caso o impacto supramencionado não seja constatado na FASE II, a área será classificada como Área com Potencial de Contaminação (AP) e a FASE V deverá ser iniciada. Esta etapa deverá gerar todas as informações necessárias para subsidiar a fase de Avaliação de Risco à Saúde Humana pelas metodologias da USEPA (RAGS, 1989), Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos (MS, 2010) e ATSDR (ATSDR, 2005).

⁷ etapa do processo de GAISMA que consiste na avaliação detalhada das características da fonte de contaminação e dos meios afetados, determinando os tipos de contaminantes presentes e suas concentrações, bem como a área e o volume das plumas de contaminação, e sua dinâmica de propagação

FASE III - Avaliação de Risco a Saúde Humana. Nesta fase deverão ser investigados detalhadamente aspectos exposicionais ligados às PPE em cada AA, visando definir todos os cenários de exposição que irão compor o Modelo Conceitual de Exposição (MCE) que será a base para quantificação do risco à saúde humana pelas metodologias da USEPA (RAGS, 1989), Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos (MS, 2010) e ATSDR (ATSDR, 2005). Deverão ainda ser desenvolvidas as etapas de seleção e validação de dados, avaliação da exposição, análise de toxicidade, quantificação do risco, quantificação de metas de remediação e reabilitação, análise de incertezas e gestão de riscos. Ao fim desta etapa, quando for constatada a existência de risco à saúde humana, a AA será classificada como Área Contaminada com Risco Confirmado (ACri), caso o risco não seja constatado a AA será classificada Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação (AME).

FASE IV - Plano de Intervenção para Gestão Integrada da Saúde e Meio Ambiente⁸. A FASE IV consolidará todas as medidas de intervenção (institucionais, de engenharia e de remediação) a serem aplicadas na área de interesse, bem como protocolos de saúde pública desenvolvidos para cada AA, considerando a execução de ações de controle para a eliminação da exposição, redução a níveis aceitáveis dos riscos identificados na FASE III, e acompanhamento da saúde das populações potencialmente expostas identificadas em cada AA. No plano em questão também devem ser consideradas as ações de monitoramento contínuo da eficiência das medidas a serem implantadas. A Execução do Plano de Intervenção é a FASE V. Quando os objetivos estabelecidos no plano de intervenção forem alcançados, quando for eliminada a exposição e o risco for considerado aceitável, bem como quando os protocolos de saúde pública estiverem implantados, a área deverá ser classificada como Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME) e a etapa de monitoramento para encerramento (FASE VI) deverá ser iniciada. Ao final do ciclo de monitoramento, caso as condições iniciais tenham sido mantidas, a AA deverá ser classificada como Área Reabilitada para Uso Declarado (AR) e o GAISMA finalizado.

⁸ documento técnico, desenvolvido com base nos resultados obtidos nas etapas de FASE II e de FASE III do GAISMA, no qual são apresentadas, discutidas e justificadas, a nível conceitual, as medidas destinadas à reabilitação de áreas contaminadas, de modo a viabilizar, de forma segura, o uso pretendido para estas áreas e, nos casos de ecossistemas naturais, à recuperação da qualidade do meio degradado

1.3. PROCEDIMENTOS DO MINISTÉRIO DA SAÚDE, ATSDR E USEPA PARA ARSH

A Avaliação da Saúde Pública proposta pelo MS (2010) e ATSDR (ATSDR, 2005) difere das Avaliações de Risco a Saúde Humana conduzidas por agências ambientais reguladoras (RAGS, 1989), sendo que ambas as abordagens têm foco na identificação dos possíveis efeitos à saúde humana associados a exposição de seres humanos a contaminantes presentes no meio físico. Entretanto, estas abordagens são diferentes e são usadas para diferentes propósitos.

A Avaliação de Risco a Saúde Humana (RAGS, 1989) é usada como parte do processo de gerenciamento de áreas contaminadas com objetivo de estabelecer medidas de remediação e reabilitação da área em estudo, fornecendo uma estimativa numérica do risco, supondo que não haja remediação.

A Avaliação da Saúde Pública (MS, 2010 e ATSDR, 2005) é usada para identificar possíveis exposições prejudiciais e recomendar ações necessárias para proteger a saúde pública. Sempre são considerados os mesmos dados ambientais da Avaliação de Risco a Saúde Humana (RAGS, 1989), mas a avaliação é feita direcionada para as condições de exposição específicas de cada local avaliado, preocupações específicas de saúde que a comunidade possua e quaisquer dados de saúde disponíveis para fornecer uma avaliação menos qualitativa e menos teórica dos possíveis riscos à saúde pública. A avaliação da saúde pública fornece uma perspectiva adicional de saúde ao integrar condições de exposição específicas de cada local avaliado com dados de efeitos sobre a saúde e preocupações específicas de saúde da comunidade. Quando disponíveis, também são avaliados os dados de saúde, para identificar se as taxas de doença ou morte são elevadas em uma comunidade potencialmente exposta, especialmente se a comunidade expressar preocupação sobre um resultado específico (por exemplo, câncer).

As etapas gerais nos dois processos (MS/ATSDR e USEPA) são semelhantes. Sendo assim, a partir de dados gerados nas etapas de Investigação Ambiental do GAISMA (FASE I e FASE II), quando obtidas com base em MCE único, pode-se obter resultados únicos como:

- Cenários de Exposição Padronizados;
- SQI únicas para as duas metodologias;

- Amostras ambientais únicas para os diferentes compartimentos ambientais;
- Distribuição espacial da contaminação;
- Mapeamento espacial dos compartimentos ambientais;
- Caracterização do uso e ocupação do solo, entre outros.

Sendo ainda importante ressaltar que as etapas listadas abaixo são coincidentes nos procedimentos MS/ATSDR e USEPA:

- Coleta, avaliação e validação de dados;
- Avaliação da exposição;
- Avaliação toxicológica.

1.4. METODOLOGIA EMPREGADA PARA A ARSH

A Avaliação de Risco a Saúde Humana pode ser definida como sendo o processo qualitativo e/ou quantitativo utilizado para determinação das chances de ocorrência de efeitos adversos à saúde, decorrentes da exposição humana a substâncias perigosas presentes em áreas contaminadas, com objetivo de identificar possíveis exposições prejudiciais e recomendar ações necessárias para proteger a saúde pública (ATSDR, 2005).

O presente Relatório Técnico foi fundamentado nas metodologias e procedimentos listados abaixo, bem como suas revisões posteriores devidamente aprovadas:

[1] Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. (2010). Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos. Brasília/2010.

[2] ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Assessment Guidance Manual (ATSDR, 2005). Última atualização em Dezembro de 2005 (<https://www.atsdr.cdc.gov/hac/phamannual/toc.html>);

- [3] COMPAM. Valores Orientadores para os Solos e Águas Subterrâneas no Estado de Minas Gerais presentes na Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011, de 29 de Junho de 2011.
- [4] COPAM/CERH. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02/2010, de 6 de Setembro de 2010, que estabelece diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas.
- [5] CETESB. Decisão de Diretoria 038/C - Diretrizes para o Gerenciamento Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo.
- [6] CONAMA. CONAMA 420 - Gerenciamento de Áreas Contaminadas.
- [7] U.S. EPA. Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA 540-R-02-002). PART A, Volume III. Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment. Última atualização em Dezembro de 2001 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>);
- [8] U.S. EPA. Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/R/99/005). PART E. Dermal Risk Assessment. Última atualização em Julho de 2004 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>);
- [9] U.S. EPA. Exposure Factors Handbook, Volumes I, II e III. National Center for Environmental Assessment (EPA/600/R-09/052F). Última atualização em Setembro de 2011 (<https://www.epa.gov/expobox/about-exposure-factors-handbook>);
- [10] U.S. EPA. Calculating Upper Confidence Limits for Exposure Point Concentrations at Hazardous Waste Sites U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 2002. Última atualização em Setembro de 2002;
- [11] U.S. EPA. Child-Specific Exposure Factors Handbook (2008, Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-06/096F, 2008. Última atualização em Setembro de 2008 (https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?direntryid=199243);

[12] U.S EPA. Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/630/P-03/001F, 2005. Última atualização em Março de 2005 (<https://www.epa.gov/risk/guidelines-carcinogen-risk-assessment>).

O processo de avaliação de risco⁹ conforme definido pelo Ministério da Saúde (MS) e pela ATSDR, em linhas gerais, possui as seguintes etapas definidas:

- Avaliação da Informação do Local - Nesta etapa o avaliador realizará o levantamento das informações do local onde ocorre a contaminação com descrição do local, incluindo aspectos históricos, avaliação preliminar das preocupações da comunidade, dados registrados sobre efeitos adversos à saúde, informação demográfica, usos do solo e outros recursos naturais, informações preliminares sobre contaminação ambiental e rotas ambientais.
- Resposta às Preocupações da Comunidade - Consiste na identificação dos membros da comunidade envolvidos, desenvolvimento de estratégias para envolver a comunidade no processo de avaliação, manutenção da comunicação com a comunidade por meio de todo o processo de solicitação e resposta dos comentários da comunidade sobre os resultados da avaliação.
- Seleção dos Contaminantes de Interesse - Inclui o levantamento dos contaminantes presentes no local e fora deste, as concentrações no ambiente, níveis de concentrações basais, verificação da qualidade dos dados, tanto do processo de amostragem quanto das técnicas de análise, cálculo de valores de comparação, inventário das emissões dos compostos tóxicos, busca de informação toxicológica e a determinação dos contaminantes de interesse.
- Identificação e Avaliação de Rotas de Exposição - A partir da identificação das possíveis fontes de emissão dos contaminantes são realizadas determinações dos meios ambientais contaminados, mecanismos de transporte, pontos de exposição

⁹ processo pelo qual são identificados, avaliados e quantificados os riscos aos receptores expostos aos contaminantes presentes em uma área contaminada

humana, vias de exposição e populações receptoras. Estas informações permitem avaliar se as rotas de exposição são potenciais ou completas.

- Determinação de Implicações para a Saúde Pública - A partir da avaliação toxicológica é feita uma estimativa da exposição e uma comparação das estimativas com o estabelecido como tolerável em normas de saúde, além da determinação dos efeitos à saúde relacionados à exposição e avaliação de fatores que influem nos efeitos adversos para a saúde. Ainda devem ser determinadas as possíveis implicações para a saúde por perigos físicos. Para que se faça uma avaliação dos dados sobre efeitos à saúde, devem ser usados critérios de avaliação e discussão desta informação em resposta às preocupações da comunidade.

Determinação de Conclusões e Recomendações - A determinação de conclusões inclui a seleção de categoria(s) de perigo(s), conclusões sobre informação consideradas insuficientes, sobre as preocupações da comunidade relativas a sua saúde e, por fim, as conclusões sobre rotas de exposição. Na determinação de recomendações tem-se como objetivo proteger a saúde dos membros da comunidade e recomendar ações de saúde pública.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAIS

Quantificação do potencial risco à saúde causado pela exposição de receptores humanos em cenários atuais e futuros às substâncias químicas associadas a lama associada aos rejeitos de minério de ferro liberados pelo rompimento da Barragem de Fundão, identificadas nas Áreas Alvo no trecho entre Bento Rodrigues e o distrito de Barretos, respectivamente localizados nos municípios de Mariana e Barra Longa, Minas Gerais.

2.2. ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do projeto são:

- Atendimento da demanda definida pelo Ministério Público Federal do Brasil e Fundação Estadual do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais (FEAM) quanto ao gerenciamento ambiental do impacto causado pelo rompimento da Barragem de Fundão;
- Cumprimento da etapa de Avaliação de Risco a Saúde Humana pelas metodologias Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos (MS, 2010) desenvolvida pelo Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador, sendo aplicados procedimentos da *Public Health Assessment Guidance Manual* (ATSDR, 2005), desenvolvida *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR) em itens não detalhados nas Diretrizes.

3. SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na região sudeste do Estado de Minas Gerais, entre as Serras da Moeda (porção oeste) e da Mantiqueira (porção sul-sudeste), latitudes entre 20° 00" e 20° 30", dentro dos meridianos de 43° 00" e 43° 30", situando-se na porção mais a central da união das folhas de Mariana (SF-23-X-B-I-3), Catas Altas (SF-23-X-B-I-1), Alvinópolis (SF-23-X-B-I-2) e Barra Longa (SF-23-X-B-I-4). A porção central da área de estudo encontra-se nas coordenadas em UTM zona 23 K, coordenada X (E) 677648 m e coordenada Y (S) 7757151 m. A **Figura 1** apresenta o mapa com a localização da área de estudo.

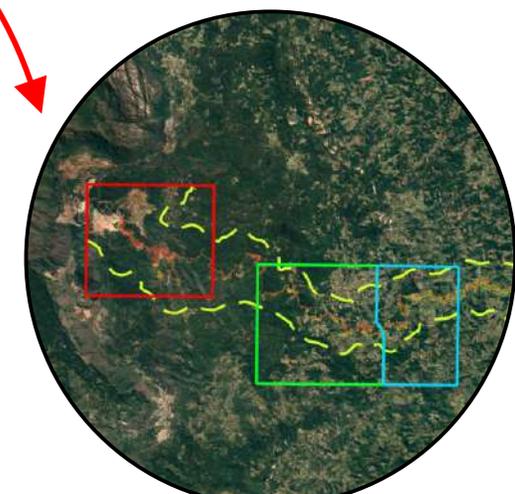
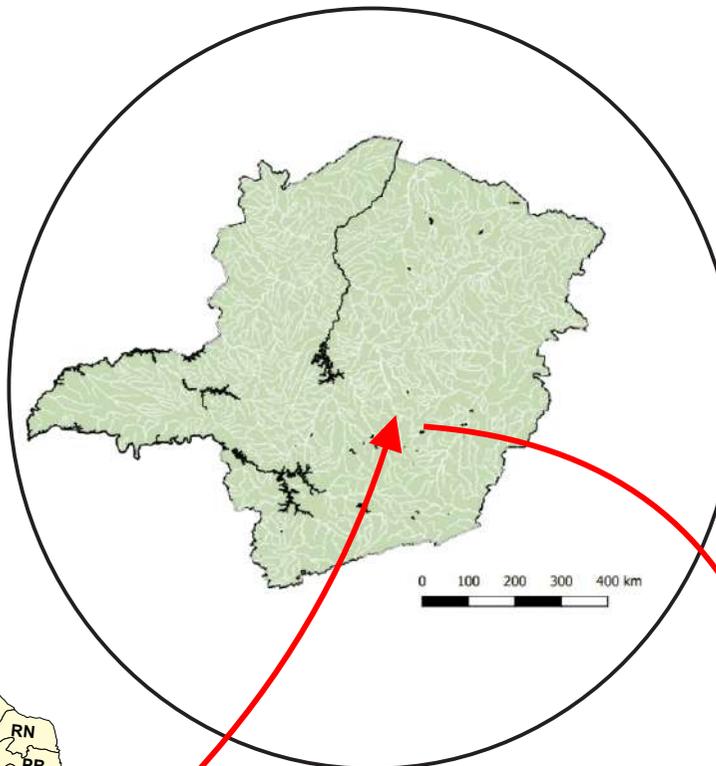
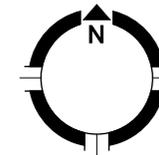
O acesso ao município de Mariana - MG se dá pela rodovia BR-356, que inicia na capital do estado (Belo Horizonte - MG). Outra possibilidade de acesso é pela rodovia MG-129.

O referido município faz fronteira com os municípios de Ouro Preto, Acaiaca, Barra Longa, Diogo de Vasconcelos, Piranga, Catas Altas e Alvinópolis.

A cidade de Mariana está diretamente associada ao ciclo do ouro no estado de Minas Gerais durante os séculos XVII e XVIII, sendo que nos dias atuais a extração do minério de ferro é a principal atividade industrial do município, forte geradora de empregos e receita pública (Prefeitura de Mariana, 2018).

A área de estudo do presente trabalho compreende zonas rurais do município de Mariana, que se estendem por distritos localizados a jusante da Barragem do Fundão, alcançando até o subdistrito de Barretos, também afetado pelo evento ocorrido em 2015, o qual já está localizado no município de Barra Longa.

Mapa de localização ESTADO DE MINAS GERAIS



Fonte: Google Earth/2018

- Mapa do Brasil
- Unidades da Federação
- Estado de Minas Gerais

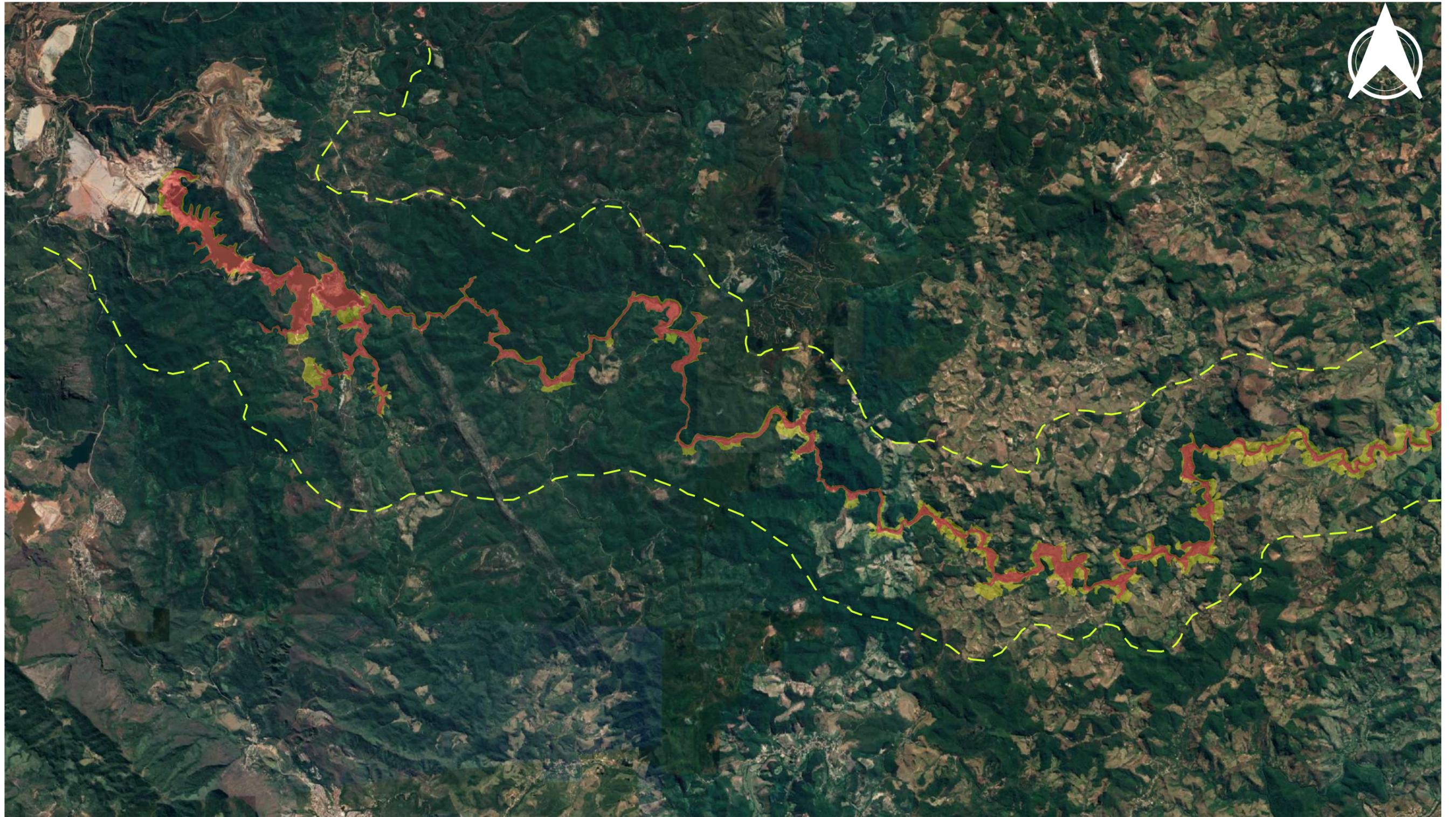
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística # IBGE;
Secretaria Municipal de Planejamento # Sempla/
Depto. de Estatística e Produção de Informação # Dipro



<p>ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É CONFIDENCIAL E DESTINADO AO USO EXCLUSIVO DO CLIENTE NÃO PODENDO SER REPRODUZIDO, COPIADO OU TRANSMITIDO TOTAL OU PARCIALMENTE SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO DA TECNOHIDRO OU DO CLIENTE.</p>			CLIENTE: Fundação Renova		FIGURA N° 1	
					CÔD. DO PROJETO MG.ARSH.1902/306-02	
	GEÓLOGOS NOME E ASSINATURA Igor Hirayama/Tiago Manzollini 04 / 2019	DESENHISTA: NOME E ASSINATURA Emerson Rocha 04 / 2019	PROJETO: Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III) --Metodologia ATSDR-- Áreas-alvo 1.2.3.		FIGURA: Mapa de Localização da Área de Estudo	
	VERIFIC./APROV.: NOME E ASSINATURA Alexandre Maximiano 04 / 2019	RESPONSÁVEL: Alexandre Maximiano		ASSINATURA:	CREA: 5060882384	

3.1. SEGMENTAÇÃO COM BASE NA EXPOSIÇÃO HUMANA

Para a avaliação dos impactos a saúde humana e ao meio ambiente causados pelo evento de rompimento da barragem de rejeito de Fundão, a área de estudo foi segmentada conforme critérios de exposição humana aos contaminantes associados ao rejeito de minério de ferro. Neste contexto, para o trecho entre Mariana (Bento Rodrigues) e Barretos (Barra Longa), foram separadas inicialmente as regiões impactadas em três categorias, definidas conforme descrito a seguir. A **Figura 2** apresenta a segmentação das regiões dentro da área de interesse.



LEGENDA

- REI
- RED
- RNE

0 2.5 5 km



FONTE: imagem de satélite do Google Earth/2018.
Escala aproximada.

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.

			CLIENTE:		Fundação Renova		FIGURA N°:	2	
			GEOLOGOS:		PROJETO:		FIGURA:		COD. PROJETO:
DESENHISTA:		VERIF./APROV.:		RESPONSÁVEL:		ASSINATURA:		CREA:	
FORMATO:		ESCALA:		REVISÃO:		LOGRADOURO		ÁREA EDIFICADA	
A3		Gráfica		1		R. João Acófio, 118 - Sala 103 - Anhangabaú, São Paulo - SP, 01050-020		ÁREA TOTAL	

Região de Exposição Direta (RED):

A RED é definida pelo limite físico da ocorrência da lama de rejeitos associadas ao rompimento da barragem de Fundão que foram distribuídas no leito dos cursos d'águas superficiais (sedimento e água superficial impactados) e a região de espraiamento destes cursos (solo superficial impactado). Esse limite foi determinado por fotos aéreas disponibilizadas pela **Fundação RENOVA** e ajustadas pelo Google *Earth*, as quais permitem a interpretação visual da mancha de lama ao longo do tempo. A mancha de lama ocorre principalmente ao longo do rio, seus afluentes e porções adjacentes à margem do rio, devido ao grande volume de material transportado.

Região de Exposição Indireta (REI):

A REI é definida como a porção entre os limites da mancha de lama (RED) e os limites fisiográficos (vegetação e proeminência topográfica), que apresentam potencial de impedir a erosão eólica de sedimentos provenientes da lama depositada, além dos resultados de modelamento de dispersão atmosférica realizados para Barra Longa, apresentados no relatório técnico da **EcoSoft Consultoria e Softwares Ambientais**, denominado “Modelagem de Dispersão Atmosférica da Região Impactada pelo Rompimento da Barragem de Fundão”.

Para definir esses limites de transporte de sedimentos originados da lama de rejeitos, é preciso entender como funciona o processo de erosão de solo/rejeito pela ação do vento. A erosão por vento é influenciada por um conjunto de fatores envolvendo o ar (velocidade, turbulência, temperatura, pressão, umidade e viscosidade), a superfície (rugosidade, cobertura, obstrução, temperatura e características topográficas) e o solo (matéria orgânica, textura, densidade e teor de umidade), portanto sendo um processo complexo (Chepil, 1945).

Na erosão eólica, o transporte de grãos ocorre em três tipos: suspensão, saltação e arrasto/rastejo (Chepil, 1945). De maneira simplificada, o tipo de transporte é definido pelo tamanho dos grãos, sendo (Kok *et al*, 2012):

- Suspensão a longo prazo (<20 µm);
- Suspensão a curto prazo (20 - 63 µm);
- Saltação (63 - 500 µm);

- Arrasto/rastejo ($>500 \mu\text{m}$).

A suspensão ocorre em partículas pequenas suficientes para que a velocidade de queda seja menor do que a velocidade ascendente de turbulência de vento, mantendo as partículas flutuando. Essas partículas são carregadas semiparalelas a direção do vento, por distâncias de metros a milhares de quilômetros (Nickling & Neuman, 2009), sendo depositadas na ausência de ventos ou por ação externa, como alguma barreira física ou chuva.

A saltação pode ser resumida em uma partícula sendo movida por pequenos saltos, transferindo seu momento para a superfície ao atingi-la, causando a elevação de novas partículas, que também começam a saltar. Estudos sobre a relação entre saltação e erosão pelo vento realizados em areias quartzosas descobriram que a abrasão da superfície é relacionada ao diâmetro da partícula e a velocidade de transporte, determinando a energia cinética transferida no impacto com a superfície para as outras partículas (Bauer *et al.*, 2004; Cheng *et al.*, 2009; Creyssels *et al.*, 2009 e Shao *et al.*, 1993).

O Arrasto/rastejo é o transporte de partículas muito pesadas para serem levadas pelo vento, ocorrendo o movimento em contato direto com a superfície (Bagnold, 1941).

Como a lama de rejeitos proveniente do rompimento da barragem de Fundão é composta principalmente por silte (2 - 60 μm) e areia fina (60 - 200 μm), segundo os resultados apresentados no Relatório de Linha-Base: Vol I - Meio Físico (Lactec, 2017), a erosão pelo vento ocorre principalmente por suspensão e saltação.

Transporte por Suspensão a Longo e Curto Prazo

O problema das partículas menores de 20 μm é sua possibilidade de transporte por milhares de quilômetros (Gillete & Walker, 1977; Tegen & Lacis, 1996), sendo difícil estimar o local de sua deposição. O mesmo problema ocorre com a suspensão a curto prazo, que também pode transportar partículas por quilômetros de distância.

O processo de suspensão ocorre por três meios principais, destacados na **Figura 3**, sendo eles: (a) levantamento aerodinâmico direto; (b) ejeção de poeira por impacto de partículas saltantes; e (c) ejeção de poeira por desagregação de partículas saltantes.

FIGURA Nº: 3	COD. PROJETO: MG.ARSH.1902/306-02
------------------------	---

CLIENTE:
Fundação Renova

PROJETO:
Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III)
--Metodologia USEPA (Rags, 1989)—
Áreas-alvo 1,2,3.

FIGURA:
Principais mecanismos de suspensão de poeira

GEÓLOGOS	NOME E ASSINATURA: Igor Hirayama/Tiago Manzolli
-----------------	---

DESENHISTA	NOME E ASSINATURA: Emerson Rocha
-------------------	--

VERIF./APRO V.:	NOME E ASSINATURA: Alexandre Maximiano
------------------------	--

RESPONSÁVEL:
Alexandre Maximiano

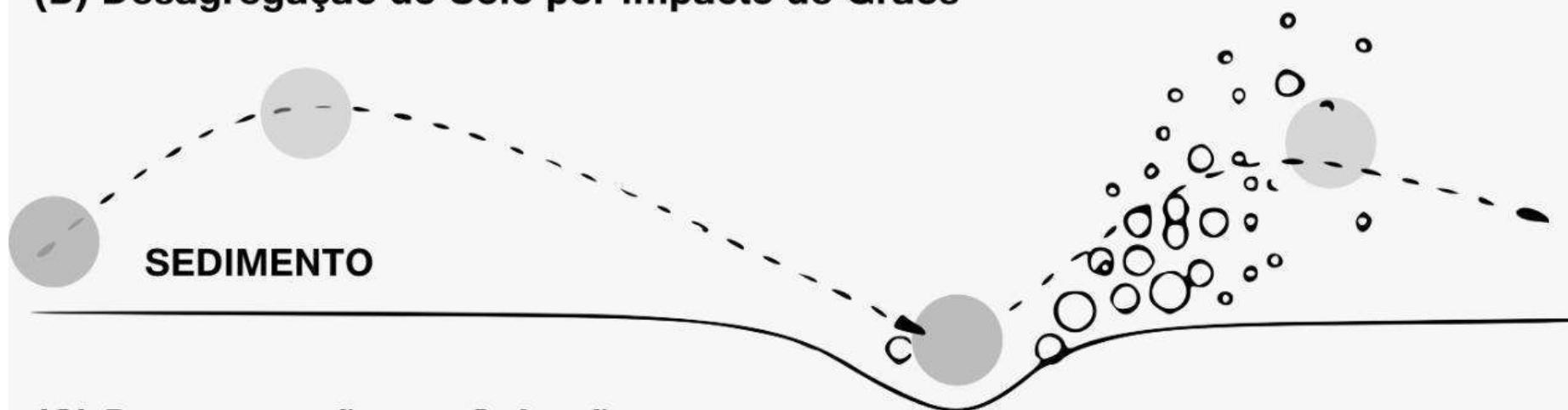
ASSINATURA:	CREA: 5060882384
--------------------	----------------------------

LOGRADOURO:
R. João Adolfo, 118 – Sala 103 –
Anhangabaú, São Paulo – SP,
01050-020

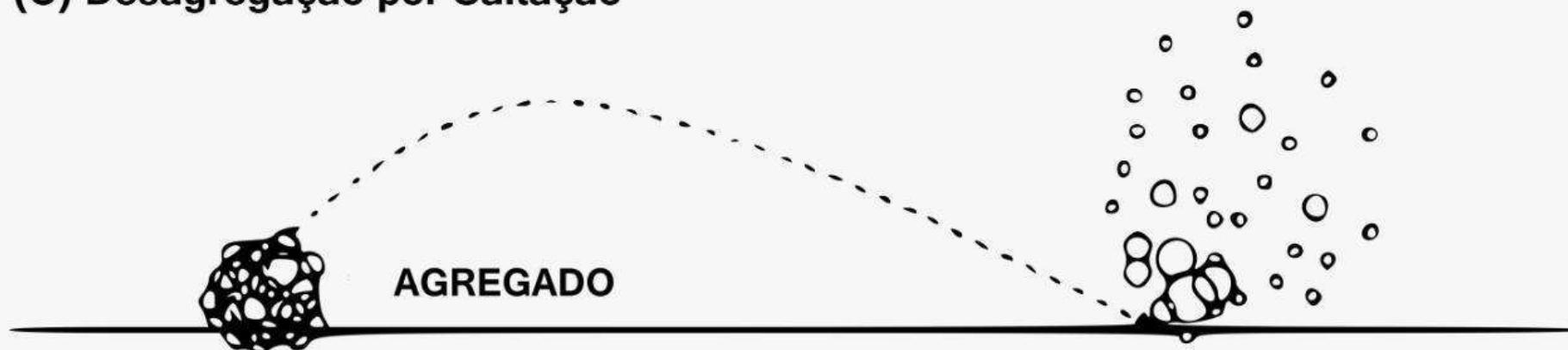
(A) Interação Aerodinâmica



(B) Desagregação do Solo por Impacto de Grãos



(C) Desagregação por Saltação



Fonte: Kok *et al* (2012).



FORMATO:	ESCALA:	REVISÃO:
A3	Gráfica	1

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI PRODUZIDO.

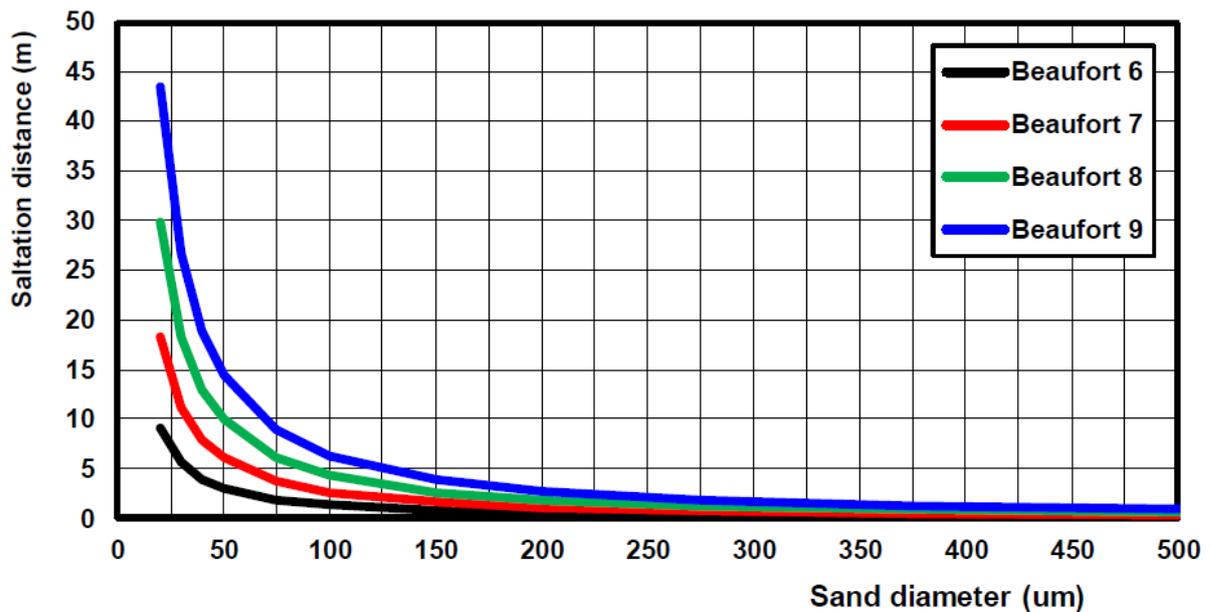
Os processos (b) e (c) requerem menores velocidades de vento para ocorrerem, o que faz com que estes sejam os principais contribuintes da emissão de poeira. Isso ocorre porque as partículas menores que 20 μm sofrem fortes interações de forças intrapartículas (Van der Waals, adsorção de água e eletrostática).

Como o local da deposição dos sedimentos em suspensão é incerto por ser um processo complexo, o modelamento de dispersão atmosférica realizado para o distrito de Barra Longa, apresentado pela **EcoSoft Consultoria e Softwares Ambientais** em relatório técnico, foi utilizado como premissa para auxiliar na definição do limite da REI. O período de execução do modelo de dispersão de poluentes compreendeu os períodos de novembro de 2015 a dezembro de 2016, considerando os parâmetros Partículas totais em suspensão (PTS), Partículas menores que 10 μm (PM_{10}) e Partículas menores que 2,5 μm ($\text{PM}_{2.5}$). A Figura 4.1 do referido relatório, que apresenta o cenário de qualidade do ar de PTS referente às concentrações médias do período modelado, foi utilizada como base para delimitação do limite externo da REI, mais precisamente a faixa de concentração de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para abordar um caráter mais restritivo. A Resolução CONAMA N° 491 apresenta como valor de referência para PTS de 80 mg/m^3 - anual, o que corrobora com o caráter restritivo da faixa de concentração escolhida como um dos critérios base para o limite da REI.

Transporte por Saltação

Estudos realizados por van Rijn (2018) comparam a distância de saltação em metros por diâmetro do grão em uma superfície plana para diversas velocidades de vento, os resultados são apresentados no **Gráfico 1**.

Gráfico 1 - Transporte por saltação em relação ao diâmetro do grão e velocidade do vento



Fonte: van Rijn (2018).

Neste gráfico, pode-se observar que para partículas com 25 µm de diâmetro, a distância percorrida é por volta de 35 metros para ventos na escala de Beaufort 9 (de 75 a 88 km/h).

Outro fator importante a ser considerado é a influência de cobertura vegetal na superfície. O estudo de Li *et al* (2007) comparou o efeito de cobertura vegetal na erosão por vento. Em seu trabalho, foram mensurados o fluxo horizontal de massa e emissão de poeira em superfícies com diferentes porcentagens de cobertura vegetal (100%, 75%, 50%, 25% e 0%).

Os resultados, colhidos de 2004 a 2006, indicaram que a cobertura vegetal tem forte influência na intensidade da erosão. Nas superfícies com cobertura vegetal de 100% a 25%, as médias de fluxo horizontal de massa diário foram abaixo de 100 g/m/dia. Em contraste, a superfície sem cobertura vegetal apresentou a média de fluxo horizontal de massa acima de 400 g/m/dia. Logo, percebe-se que a cobertura vegetal apresenta um grande obstáculo a erosão por vento.

Neste contexto, considerando as características do material de composição do rejeito, as características fisiográficas (topografia e vegetação) ao longo das margens dos rios percorridos pela lama de rejeitos, os parâmetros envolvidos na erosão por vento e o modelamento de dispersão atmosférica da região do distrito de Barra Longa, julga-se que o limite externo da REI é definido pelas proeminências topográficas e vegetação densa (barreiras físicas), além da

distância de 200 metros da RED em locais com terrenos mais planos que apresentam menor densidade de cobertura vegetal.

Essa distância deverá ser modificada, conforme a atualização do Modelo Conceitual pelo maior número de dados envolvendo o meio físico, modelamento de transporte atmosférico de partículas, entre outros.

Região de Não Exposição (RNE):

A RNE é aquela que não possui influência direta ou indireta do evento de rompimento da barragem de Fundão, na qual não ocorre a exposição humana às substâncias químicas associadas a lama de rejeitos de minério de ferro. As concentrações encontradas no meio físico nas porções classificadas como RNE servem de *background* (nível de base) para comparação com as áreas impactadas.

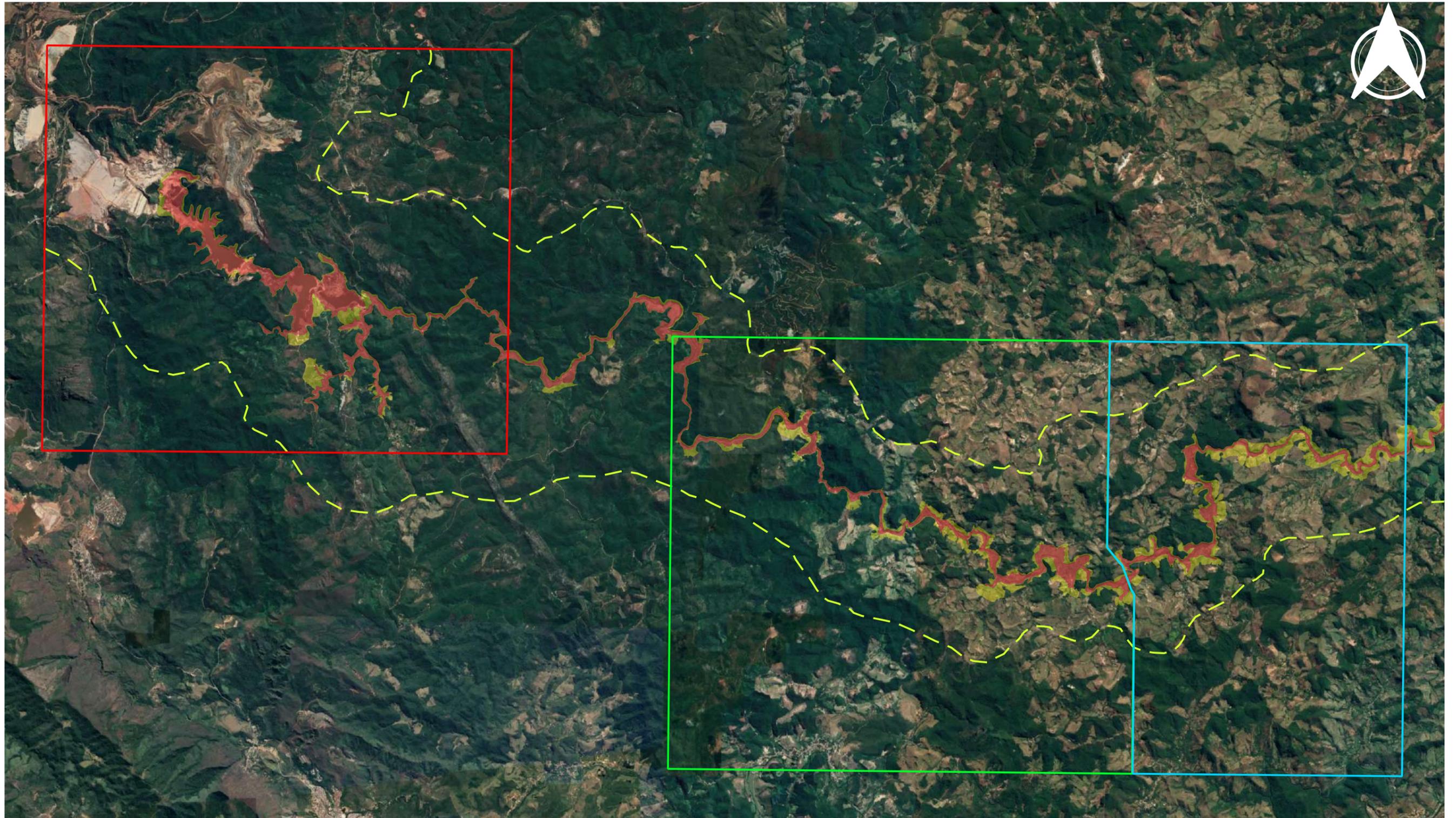
3.2. SEGMENTAÇÃO DAS ÁREAS ALVO

Além das divisões em RED, REI e RNE, a área de estudo foi dividida em três Áreas Alvo (AA), com objetivo de segmentar e agrupar os dados relativos ao meio físico, uso e ocupação do solo e contaminação ambiental. Esta segmentação possibilitou a comparação, análise e tratamento estatístico de dados e resultados analíticos que foram utilizados para a avaliação de risco a saúde humana.

Neste contexto, foram definidas as seguintes AA:

- A primeira Área Alvo (AA1) contemplou a região de Bento Rodrigues (Mariana) na proximidade do local de rompimento da Barragem de Fundão;
- A segunda Área Alvo (AA2) contemplou duas sub-bacias mais centrais na área de estudo no município de Barra Longa próximos aos Distritos de Paracatu, Monsenhor Horta, Claudio;
- A terceira Área Alvo (AA3) contemplou as duas sub-bacias mais próximas ao município de Barra Longa em torno do Distrito de Barretos.

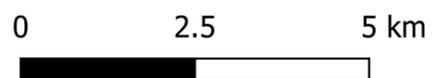
A **Figura 4** apresenta a localização das três Áreas Alvo (AA1, AA2 e AA3) a serem avaliadas no presente estudo.



Legenda

Áreas

- Área 01
- Área 02
- Área 03
- REI
- RED
- RNE



FONTE: imagem de satélite do Google Earth/ 2018. Escala aproximada.

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.

TECNOHIDRO			CLIENTE:		Fundação Renova		FIGURA N°:	4	
							COD. PROJETO:	MG ARSH.1902/306-02	
GEÓLOGOS:	<small>NOME E ASSINATURA</small> Igor Hirayama e Tiago Manzoli	03 / 2019	PROJETO:		Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III) --Metodologia ATSDR-- Áreas-alvo 1,2,3.		FIGURA:		Localização das Áreas-Alvo (AA)
DESENHISTA:	<small>NOME E ASSINATURA</small> Emerson Rocha	03 / 2019	RESPONSÁVEL:		Alexandre Maximiliano		ASSINATURA:		
VERIF./APROV.:	<small>NOME E ASSINATURA</small> Alexandre Maximiliano	03 / 2019	LOGRADOURO		R. João Acolfo, 118 - Sala 103 - Anhangabaú, São Paulo - SP, 01050-020		CREA:	5090852384	
FORMATO:	ESCALA:	REVISÃO:	ÁREA EDIFICADA		ÁREA TOTAL				
A3	Gráfica	1	-		-				

4. PREMISSAS ADOTADAS

4.1. RISCO ACEITÁVEL

Para quantificação do Risco a Saúde Humana foi adotado o valor 10^{-5} como máximo valor de risco aceitável à saúde para exposição às substâncias carcinogênicas (RAC), enquanto para as substâncias não carcinogênicas (RANC), foi considerado aceitável valores iguais ou inferiores a 1, conforme descrito na Decisão de Diretoria N° 038/2017/C, de 07 de fevereiro de 2017; e na Resolução CONAMA N° 420, de 28 de dezembro de 2009.

4.2. PARÂMETROS EXPOSICIONAIS ADOTADOS

Os valores para Parâmetros Expositivos utilizados para quantificação da Dose de Ingresso (I) para cada cenário de exposição foram divididos em dois grupos, a saber:

- Valores previstos na última atualização da Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (www.cetesb.sp.gov.br). Estes valores representam a Máxima Exposição Razoável (MER) conforme capítulo 6.1.2 (*Reasonable Maximum Exposure*) do RAGS PART A (USEPA, 1989);
- Valores obtidos em levantamentos de campo com metodologia específica para aquisição destes tipos de dados juntos às populações potencialmente expostas. Os dados primários utilizados para definição dos parâmetros expositivos foram obtidos a partir do Cadastro Integrado mantido pela **Fundação RENOVA** para consolidação de informações de abrangência socioeconômica, levantar e avaliar os danos das pessoas físicas e jurídicas (micro e pequenas empresas), famílias e comunidades impactadas pelo rompimento da barragem de fundão nas áreas em que se constatarem impactos sociais, culturais, econômicos ou ambientais.

Neste contexto foram definidas faixas de variação para cada Parâmetros de Exposição utilizado no cálculo do “I”, possibilitando então a identificação de valores mais significativos para as AA no trecho entre Mariana (Bento Rodrigues) e Barra Longa (Barretos), ainda assim conservadores.

Para tanto, foi utilizado o “*Exposure Factors Handbook, Volumes I, II e III. National Center for Environmental Assessment (EPA/600/R-09/052F)*” e o “*Child-Specific Exposure*

Factors Handbook (2008, Final Report). U.S. *Environmental Protection Agency*, Washington, DC, EPA/600/R-06/096F, 2008” para avaliar conceitualmente todos os parâmetros exposicionais a serem utilizados para quantificação do “I”.

4.3. PADRÕES LEGAIS APLICÁVEIS

Conforme descrito na Resolução CONAMA 420, uma área que está submetida ao processo de gerenciamento ambiental deve ser classificada segundo sua qualidade, considerando a concentração de substâncias químicas:

- Classe 1: Solos que apresentam concentrações de substâncias químicas menores ou iguais ao Valor de Referência de Qualidade (VRQ);
- Classe 2: Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior do que o VRQ e menor ou igual ao Valor de Prevenção (VP);
- Classe 3: Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VP e menor ou igual ao Valor de Investigação (VI);
- Classe 4: Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VI.

Ainda segundo a Resolução CONAMA 420, após a classificação do solo deverá se observar os seguintes procedimentos de prevenção e controle da qualidade do mesmo:

- Classe 1: não requer ações;
- Classe 2: poderá requerer uma avaliação do órgão ambiental, incluindo a verificação da possibilidade de ocorrência natural da substância ou da existência de fontes de poluição com indicativos de ações preventivas de controle, quando couber, não envolvendo necessariamente investigação;
- Classe 3: requer identificação da fonte potencial de contaminação, avaliação da ocorrência natural da substância, controle das fontes de contaminação e monitoramento da qualidade do solo e da água subterrânea;
- Classe 4: requer a implementação de ações para o processo de GAC.

Como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) foi utilizado o Valor de Investigação (VI) Previsto no CONAMA 420. Para substâncias químicas de interesse ou meios não contemplados no CONAMA 420, foram utilizados os valores definidos na última atualização dos *Regional screening Levels* (RSLs), desenvolvidos pela *United States Environmental Protection Agency* (USEPA).

Para avaliação de sedimentos potencialmente contaminados foi utilizada a Resolução CONAMA n° 454, de 1° de novembro de 2012, a qual estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.

Para avaliação de poeira domiciliar e proveniente de raspagem de alvenaria, foram utilizados os valores de investigação (VI) estabelecidos pelo Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009, e COPAM N° 166, de 29 de junho de 2011.

A Identificação de Risco considerando Padrões Legais Aplicáveis relativa à qualidade dos corpos d'água superficiais deverá ser realizada utilizando os padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e suas atualizações. A existência de risco à qualidade do corpo d'água foi confirmada quando observadas concentrações das substâncias químicas de interesse acima dos padrões legais citados, nos pontos de conformidade posicionados junto ao corpo d'água superficial avaliado.

A Identificação de Risco considerando Padrões Legais Aplicáveis relativa à ingestão das águas subterrâneas foi realizada utilizando os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria de Consolidação N° 05 do Ministério da Saúde e suas atualizações. A existência de risco para ingestão de águas subterrâneas foi confirmada quando constatado que a concentração das substâncias químicas de interesse nas amostras coletadas em poços e nascentes de captação de água para abastecimento ou em poços de monitoramento, ultrapassam o padrão de potabilidade.

A Identificação de Risco considerando Padrões Legais Aplicáveis relativa à ingestão alimentos deverá ser realizada utilizando os padrões estabelecidos pela ANVISA - RDC N° 42/2013 (http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/rdc0042_29_08_2013.pdf/c5a17d2d-a415-4330-90db-66b3f35d9fbd) e

FAO - CODEX ALIMENTARIUM (<http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh->

proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-735-10%252FWD%252Fef10_INF1e.pdf), bem como suas atualizações.

4.3.1. VALORES DE REFERÊNCIA INTERNACIONAIS

Para solo superficial, parte dos valores de investigação utilizados são estabelecidos pela EPA RSL. O documento “*Regional Screening Levels (RSLs) - User's Guide*” (USEPA, 2019) apresenta os valores adotados, originalmente denominados *screening levels* (SLs), e os contextualiza conforme suas aplicabilidades e incertezas.

Os valores de SLs são apresentados nas chamadas “*Generic Tables*” ou tabelas gerais, onde concentrações específicas para cada analito no ar, água para consumo humano e solo são descritos. Segundo USEPA (2019), esses valores não são aplicáveis para metas de remediação ou avaliações de risco ecológico, mas especificamente para avaliações de risco à saúde humana.

Os valores originalmente apresentados devem ser utilizados para “*screening of chemicals of potential concern (COPCs)*”, e dessa forma selecionar preliminarmente as substâncias de interesse que ofereçam risco em potencial. Valores específicos obtidos para o *site* sob avaliação podem fomentar a definição de concentrações máximas aceitáveis específicas para a localidade. De forma resumida, as concentrações apresentadas podem ser utilizadas para:

- Priorizar locais, unidades ou áreas de preocupação inseridas em instalações ou unidades de exposição;
- Definir limites de detecção baseados em risco para contaminantes com potencial de preocupação (*COPCs*);
- Concentrar esforços futuros de investigação ambiental e avaliação de risco;
- Identificar contaminações que requeiram atividades de remediação;
- Identificar *sites* ou áreas prioritárias que não necessitam de investigação suplementar;
- Estabelecer metas de remediação iniciais na ausência de dados específicos da área sob avaliação.

Valores gerais de SLs são apresentados para diferentes vias de exposição para efeitos carcinogênicos (denotados pela letra “c”) e não carcinogênicos (denotados pela letra “n”). Segundo USEPA (2019), dois conjuntos são oferecidos na tabela, onde no primeiro conjunto o quociente de risco é 1,0, e no segundo é 0,1; ambos consideram 10^{-6} como nível de risco de câncer.

Considerações sobre perigo cumulativo de analitos não cancerígenos e cancerígenos são importantes ao utilizar RSLs (*regional screening levels*) para uma área de estudo em específico. Em geral, o índice de perigo para analitos com RfDs ou RfCs baseado no mesmo *endpoint* não devem exceder 1,0. Para RSLs de analitos não cancerígenos, o quociente de risco de 0,1 é recomendado para um *screening* inicial para localidades onde mais de um analito com o mesmo *endpoint* possa estar presente (USEPA, 2019).

Para manganês e vanádio as equações apresentadas em USEPA (2019) para definição dos valores de SL não são diretamente aplicáveis e ajustes foram realizados para determinação desses valores, conforme descrito nos parágrafos posteriores.

Os valores de RfD apresentados para manganês são oriundos de IRIS. A RfD de 0.14 mg/kg-dia inclui todas as fontes de manganês, e para avaliações a partir de exposições por vias como solo ou água devem ser subtraídos o valor de 5 mg/dia, contribuição de uma dieta comum calculada para cidadãos os Estados Unidos. Um fator de correção de 3 deve ser utilizado para avaliações de fontes não alimentícias, culminando em RfD de 0,024 mg/kg-dia. A modificação em questão é utilizada para determinação dos valores de SL para esse analito em solo e água.

Os valores de RfD apresentados para vanádio são oriundos de IRIS, e calculados para pentóxido de vanádio. Sendo assim, se considera o peso molecular dos átomos de vanádio para estimar a RfD oral do analito, que se reduz a 5.04E-03 mg/kg-dia (56% do valor para V₂O₅ e 56% do peso molecular de vanádio em relação ao óxido pentavalente).

Para sedimentos, parte dos valores de intervenção adotados são oriundos de *Technical Guidance for screening Contaminated Sediments* (1998). O guia em questão se baseia em valores estabelecidos por PERSAUD *et al.* (1992), para ferro e manganês, e LONG & MORGAN (1990), para antimônio e prata.

Os valores estabelecidos por PERSAUD *et al.* (1992, *apud* PATAKI & CAHI, 1999) são baseados em dados dos “*Great Lakes*”, enquanto os indicados por LONG & MORGAN

(1990, *apud* PATAKI & CAHI, 1999) se baseiam em água doce e salina. Ambos autores consideram níveis de concentração com efeitos baixos, ou efeitos severos sobre os organismos bentônicos.

Diferenças de biodisponibilidade dos metais em água doce e água salgada são menosprezados, e podem vir a ser elucidados no futuro. O *Technical Guidance for screening Contaminated Sediments* (1998) indica que os valores estabelecidos são essenciais para identificar áreas onde os sedimentos estejam contaminados, para avaliação de risco em potencial, e subsidiar alternativas no gerenciamento do risco.

São apontadas limitações nos valores estabelecidos por PERSAUD *et al.* (1992, *apud* PATAKI & CAHI, 1999), que devem ser utilizados para *screening* de contaminantes de interesse, ou seja, identificar locais potencialmente contaminados e estimar o risco potencial. Uma vez que um *site* seja identificado como contaminado, novos estudos devem subsidiar a investigação para quantificar o risco e determinar alternativas de remediação que venham a ser necessárias.

5. LEVANTAMENTO E AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO LOCAL

5.1. ANTECEDENTES

Este item tem como objetivo a consolidação de dados e informações históricas obtidos a partir de relatórios técnicos e estudos desenvolvidos para a região impactada pelos rejeitos associados ao rompimento da Barragem de Fundão, que tenham relevância para a ARSH ora apresentada. Os estudos realizados após o rompimento da barragem de Fundão servirão como comparação de tempos distintos da qualidade dos compartimentos ambientais, além de servirem como validação dos resultados encontrados no presente estudo.

Neste contexto, será definido o histórico ambiental para o trecho compreendido entre a região de Bento Rodrigues (Mariana) e Barretos (Barra Longa), que compreende as três AA. Vale ressaltar que os estudos realizados após o evento de rompimento da barragem de Fundão são utilizados para caracterizar os antecedentes ao presente trabalho na área de estudo.

5.1.1. MOTIVAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

O rompimento da barragem de rejeitos minerais de Fundão pertencente à **SAMARCO Mineração S.A.** ocorreu em 5 de novembro de 2015, o que resultou, segundo SEDRU (2016), na liberação de um volume estimado de 55 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração de ferro e água no rio Gualaxo do Norte, Rio Carmo e Rio Doce. A barragem em questão foi construída no subdistrito de Bento Rodrigues, município de Mariana, estado de Minas Gerais.

Conforme descrito por Fernandes *et al.* (2016), o volume liberado foi transportado e depositado nos rios supramencionados por, aproximadamente, 670 km durante 17 dias, desde o ponto de rompimento em Minas Gerais até o oceano Atlântico no estado do Espírito Santo. Conforme laudo técnico do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2015), este evento afetou, de forma direta ou indireta, aproximadamente 1,4 milhão de pessoas de 40 municípios, sendo 36 no estado de Minas Gerais e 4 no Espírito Santo.

A lama de rejeitos avançou pelos principais cursos d'água da Bacia do Rio Doce, bem como em parte de suas planícies de inundação, o que ocasionou impactos ambientais em

diferentes compartimentos ambientais e potencialmente expôs populações humanas que se encontravam ao longo da extensão da bacia do Rio Doce, especificamente na região de passagem da lama de rejeito de minério de ferro.

As áreas mais impactadas pertencem a microrregião dos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado. Inicialmente, a lama chegou a barragem de Santarém e percorreu 55 km do rio Gualaxo do Norte até desaguar no rio do Carmo. A partir do rio do Carmo, a lama percorreu mais 22 km até encontrar o rio Doce, por onde a lama percorreu até a foz do oceano Atlântico, no município de Linhares - ES, percorrendo um total de 663,2 km (IBAMA, 2015).

Neste contexto é fundamental que sejam avaliados os Riscos à Saúde Humana para as populações potencialmente expostas à concentrações de SQI associadas direta ou indiretamente aos rejeitos liberados pelo evento de rompimento da Barragem de Fundão, com objetivo do estabelecimento de protocolos de saúde tomando como base o procedimento do Ministério da Saúde do Brasil (MS, 2010) e ATSDR (ATSDR, 2005), bem como definição de medidas de reabilitação ambiental com base no procedimento desenvolvido pela USEPA “*Risk Assessment Guideline for Superfund*” (RAGS, 1989).

5.1.2. ESTUDOS SOBRE O MEIO FÍSICO

5.1.2.1. Potamos Engenharia e Hidrologia Ltda.

A **SAMARCO Mineração S/A** contratou os serviços da **Potamos Engenharia e Hidrologia Ltda.** para elaborar estudos hidrológicos relacionados à avaliação do histórico de monitoramento e acompanhamento dos volumes escoados no rio Doce e seus principais afluentes. O objetivo desses estudos era identificar os possíveis impactos decorrentes do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão e prover aos técnicos da **SAMARCO** informações que lhes permitissem discutir aspectos relacionados ao regime sazonal de vazões dos principais cursos d’água da bacia hidrográfica afetada. Os estudos hidrológicos desenvolvidos pela **Potamos** foram divididos em 05 produtos:

- (a) Produto 01: Diagnóstico de comportamento sazonal de vazões (informações brutas) na bacia do rio Doce (Março, 2016);

- (b) Produto 02: Diagnóstico do comportamento sazonal de vazões (informações consistidas) na bacia do rio Doce, com destaque ao hidrograma do rompimento da Barragem do Fundão (Abril, 2016);
- (c) Produto 03: Boletins quinzenais para acompanhamento gerencial da **SAMARCO** (Março a Maio, 2016);
- (d) Produto 04: Avaliação dos volumes escoados no rompimento da Barragem do Fundão e durante a estação chuvosa (Junho, 2016);

Produto 05: Avaliação dos volumes escoados no rompimento da Barragem do Fundão incluindo todo o período de acompanhamento hidrométrico (estação chuvosa e seca) (Julho, 2016).

5.1.2.2. Silva, Alexandre Christofaro et al.

Em artigo publicado na Revista Espinhaço da **Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)** em maio de 2017, Silva *et al.* realizaram um estudo com o objetivo de caracterizar química, física e mineralogicamente o material depositado no terraço do rio Carmo, próximo ao município de Barra Longa - MG.

O estudo consistiu em: análises físicas, como granulometria, densidade de solo e volume total de poros; análises químicas de solos e sedimentos para metais, pH, matéria orgânica, determinação de carbono, hidrogênio e nitrogênio e análise de fluorescência de Raios-X; análise mineralógica por difração de Raios-X; e espectrometria de Mössbauer.

Em vista dos resultados, Silva *et al.* concluíram que:

- (a) O rejeito tem altos níveis de areia e silte e pouca argila em seu conteúdo, enquanto o solo apresenta alta densidade de solo e de partículas são altas e baixa porosidade;
- (b) O pH é alcalino, devido ao conteúdo de matéria orgânica presente, sendo o conteúdo de nutrientes vegetais e CEC (*Cation exchange capacity*) são baixos;
- (c) As concentrações de minerais pesados permutáveis Cádmio, Cobre, Chumbo, Níquel e Zinco são muito baixas e o conteúdo de manganês no rejeito é alto;

(d) Os óxidos totais predominantes do rejeito são SiO_2 e Fe_2O_3 , sendo os minerais mais abundantes quartzo e hematita;

Os atributos físicos, químicos e mineralógicos do rejeito restringem a restauração da vegetação nativa ou o uso agrícola nos terraços do rio em que foi depositado os rejeitos de minério de ferro.

5.1.2.3. Institutos Lactec

Em atendimento ao item 1.81 do Termo de Ajustamento Preliminar firmado entre o **Ministério Público Federal, SAMARCO Mineração S/A, Vale S/A e BHP Billiton Brasil Ltda.**, os **Institutos Lactec** realizaram um levantamento de dados relativos ao meio físico, biótico e antrópico sobre as condições imediatamente antes do rompimento ocorrer, afim de fornecer subsídios e métricas para mensurar os impactos causados por este. Foram disponibilizados pela **Fundação RENOVA** três relatórios de autoria da **Lactec**, sendo eles:

- (a) Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão na Bacia do Rio Doce - Relatório de Linha-Base: Volume I - Meio Físico (Outubro, 2017);
- (b) Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão na Bacia do Rio Doce - Relatório de Linha-Base: Volume II - Meio Biótico, Bens Arqueológicos e Culturais (Outubro, 2017);
- (c) Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão na Bacia do Rio Doce - Relatório de Linha-Base: Resumo Executivo (Novembro, 2017).

Neste item será discutido apenas o Volume I, por ter enfoque no meio físico. Os estudos desenvolvidos pela **Lactec** utilizaram como premissa o conceito de linha-base, definido como uma descrição ou caracterização do meio que pode ter sido afetado, com informações relativas ao estado atual do ambiente, antes de sua alteração em consequência do desastre. Foram definidos dois tipos principais de linha-base, sendo eles: os determinados, aqueles intimamente relacionados ao desastre; e indeterminados, não diretamente relacionados ao desastre.

Para o estudo de linha-base, a metodologia utilizada abordou o levantamento bibliográfico sobre a região potencialmente afetada pelo rompimento da barragem, consultando trabalhos publicados (artigos, teses, livros, dissertações, etc.), estudos de impacto ambiental, relatórios técnicos, dados de monitoramento e documentos em geral, em relação aos temas de estudo da Bacia do Rio Doce. As informações foram levantadas em órgãos oficiais, universidades, instituições de pesquisa e outras entidades, e foram complementadas com trabalhos de campo para validação e/ou refinamento dos dados. Os parâmetros estudados no Volume I são destacados a seguir:

- i. **Geologia e Geotecnia:** A geologia e geotecnia foi subdividida em contexto geológico regional, geologia estrutural, sismologia, geomorfologia, contexto geoquímico regional e geotecnia.
- ii. **Processos de Mineração, Beneficiamento e Caracterização de Rejeito:** Neste tópico, foram levantados dados referentes a geologia local, processos de mineração de beneficiamento, beneficiamento de minério de ferro, rejeitos de mineração. Também foram realizados trabalhos de caracterização de rejeito de mineração após a ruptura da barragem de Fundão, Germano e Santarém.
- iii. **Solos:** A caracterização dos tipos de solo existentes anteriormente ao rompimento da barragem de Fundão, do ponto de vista químico e físico, foi fundamentada nos dados disponíveis na literatura, usando dados da EMBRAPA, FEAM, ANA, Ottoni *et al.* e Souza *et al.*
- iv. **Clima:** Os trabalhos de Cupolillo, Abreu, Vianello (2008), Consórcio Ecoplan-Lume (2010a) e CHB-Doce (2014) serviram de embasamento para analisar o clima local. Também foi analisada a precipitação local, por meio de análises pluviométricas de uma rede de 69 estações para um determinado período.
- v. **Hidrologia:** Para caracterizar a hidrologia, foram utilizados dados de estações de monitoramento disponibilizados no portal HidroWeb até outubro de 2015, da ANA (Agência Nacional de Águas) até 2014, Atlas digital das Águas de Minas, Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (Consórcio Ecoplan-Lume, 2010a), e estudos com enfoque em aspectos hidrológicos, hidráulicos e hidrogeomorfológicos da bacia.
- vi. **Sedimentos:** A avaliação dos sedimentos levou em consideração os parâmetros de granulometria, metais e semi-metals e macroinvertebrados bentônicos. A metodologia de análise consistiu na consulta de trabalhos acadêmicos, como os realizados por Jordão *et al.* (1996), Costa (2001, 2007), Basílio (2005), Rhodes (2010), Varejão *et al.* (2011), Silva *et al.* (2013), Fundação Espírito-Santense de Engenharia (Fest, 2014), Pacheco (2015), e Santolin (2015).
- vii. **Águas Subterrâneas:** Para desenvolvimento da linha-base de águas subterrâneas, foram levados em consideração o contexto hidrogeológico, ambiental, estrutural e

hidrogeoquímico da Bacia do rio Doce, baseados nos dados disponíveis na literatura e trabalhos realizados na Bacia do rio Doce. A partir dos dados levantados, foram sugeridas a execução de mais estudos para complementar e refinar os dados obtidos na revisão bibliográfica.

- viii. **Águas Superficiais Fluviais:** A definição da linha-base para as águas superficiais fluviais foi estabelecida por diversas etapas metodológicas, como a seleção de estações de monitoramento de qualidade de água na área de estudo, avaliação dos dados físico, químicos e microbiológicos da água, levando em consideração a avaliação espacial e temporal dos parâmetros.
- ix. **Águas Superficiais Estuarinas e Costeiras:** A linha-base para águas superficiais estuarinas e costeiras foi definida de maneira análoga a linha-base para águas superficiais fluviais. Foram levantados dados referentes aos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos em pesquisas bibliográficas sistematizadas. As fontes utilizadas foram as publicações em periódicos científicos, teses, dissertações e monografias, estudos de impacto ambiental e relatórios ambientais e dados disponibilizados no portal HidroWeb da ANA.

5.1.2.4. Instituto Mineiro de Gestão de Águas - IGAM

No Encarte especial sobre a qualidade das águas do rio Doce após 2 anos do rompimento de barragem de Fundão - 2015/2017, apresentado em outubro de 2017, mostra a evolução dos parâmetros monitorados na bacia do rio Doce desde o acidente até agosto de 2017.

Foram monitoradas 14 estações ao longo do rio Doce e comparados com os padrões de qualidade de água definidos segundo a Deliberação Normativa Conjunta Copam/CERH-MG nº 01/2008 para limites de água de Classe 2.

Os parâmetros analisados foram metais dissolvidos, oxigênio dissolvido, sólidos em suspensão total e turbidez. A análise comparativa da evolução da qualidade da água do rio Doce foi feita por meio da separação dos dados em dois períodos, sendo eles:

- (a) 1º Período: 05/11/2015 a 04/11/2016;
- (b) 2º Período: 05/11/2016 a 10/08/2017.

Como resultado dessa análise comparativa entre os dois períodos, houve redução das médias no segundo período para os parâmetros apresentados no documento, indicando tendência de aproximação dos valores históricos observados no monitoramento do **IGAM**, porém ainda acima dos valores estabelecidos na Deliberação Normativa COPAM/CERH nº 01/2008.

Em destaque no 2º período, as médias de turbidez, sólidos em suspensão total, ferro dissolvido, manganês total e alumínio dissolvido estão acima dos limites legais e médias históricas. Arsênio, cádmio, cromo, níquel e mercúrio total apresentaram valores acima dos limites legais desde o início do monitoramento, porém se apresentaram em conformidade e abaixo do máximo da série histórica do **IGAM** ainda no 1º período de monitoramento.

5.1.2.5. PSG do Brasil Ltda.

O relatório técnico da **PSG**, de março de 2018, denominado de “Avaliação da Possibilidade da Presença de Mineral Radioativo de Ocorrência Natural do Rejeito”, atende à solicitação do item 4 do Relatório de Vistoria nº 01/2018-DITEC-MG/SUPES-MG, de 8 de janeiro de 2018. Essa solicitação consistiu em:

- a) Informar se o tema já foi considerado no âmbito de algum documento técnico produzido e quais são as conclusões para tal.
- b) Caso ainda não contemplado, apresentar informações sobre a radioatividade do rejeito.

Para atender a demanda, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre depósitos minerais em Minas Gerais para elementos radioativos. Nisto, a presença de ocorrências de urânio foi constatada no quadrilátero ferrífero na Serra da Moeda e Gandarela.

Em vista das consultas realizadas, as anomalias encontradas na formação Moeda não se apresentaram economicamente viáveis e se encontram em posições afastadas da área de mineração do Complexo de Germano, além de não serem constatadas ocorrências de minerais de urânio associadas aos itabiritos da formação Cauê. Os estudos, inclusive o de Segura *et al* (2015) na área de Bento Rodrigues, mostram que a concentração de radionuclídeos está em média na ordem dos valores crustais médios.

De modo geral, o relatório conclui que os resultados apresentados não assinalaram a presença de radionuclídeos no ambiente ou nas formações ferríferas correlacionadas ao rompimento da barragem de Fundão.

5.1.2.6. EPA Engenharia de Proteção Ambiental Ltda.

O **Grupo EPA** apresentou, em julho de 2018, o relatório técnico de Investigação de Radionuclídeos em Rejeito da Barragem do Fundão - Mariana - MG.

Neste trabalho foram coletadas 04 amostras de rejeito para análise dos parâmetros U-238, Th-232, Ra-226, Ra-228, Pb-210, K-40, Po-210, alfa e beta total. Como resultado do trabalho, concluiu-se que o rejeito não apresenta concentração de radionuclídeos acima dos limites estabelecidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, Agência Internacional de Energia Atômica e Comunidade Europeia para nenhum dos parâmetros analisados.

Os resultados também foram comparados com os Valores de Referência de Qualidade de U e Th em solo no estado de Minas Gerais e com os valores comuns de radioatividade em rochas ígneas e sedimentares, corroborando o fato de que a concentração destes radionuclídeos no rejeito é insignificante para a preocupação com radiação emitida pelo rejeito proveniente do rompimento da barragem de Fundão.

5.1.2.7. EcoSoft Consultoria e Softwares Ambientais Ltda

A **Fundação RENOVA**, por executar ações de programas socioambientais e socioeconômicos, envolvendo restauração, reparação e reconstrução de áreas e comunidades afetadas, solicitou a **EcoSoft** a apresentação do modelamento de dispersão atmosférica da região do município de Barra Longa, visto que essas atividades geram poluentes atmosféricos.

O trabalho consistiu na criação de um inventário de emissões atmosféricas, com a identificação das principais fontes emissoras, além da caracterização e quantificação de suas emissões. Foram inclusas as condições meteorológicas da região para a elaboração do modelo.

Para interpretação do impacto ambiental atmosférico, foi executado o modelo regulatório de dispersão atmosférica recomendado pela USEPA, o *software* AERMOD. Os modelos de dispersão de poluentes compreenderam os meses de novembro de 2015 a dezembro

de 2016, considerando os parâmetros de Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas menores que 10 µm (PM₁₀) e Partículas menores que 2,5 µm (PM_{2,5}).

A partir dos resultados das simulações, distinguiu-se os pontos receptores com maior propensão a exposição de concentrações altas de material particulado no município de Barra Longa.

5.1.2.8. Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistema de Água e Sedimentos (PMQQS)

O programa elaborado pela **GOLDER ASSOCIATES** em abril de 2017 e intitulado “Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistema de Água e Sedimentos” (PMQQS) tem como objetivo geral o acompanhamento da recuperação da bacia hidrográfica do rio Doce. Os dados apresentados no relatório trimestral do PMQQS de maio de 2019 relacionam as primeiras medições de agosto de 2017 a novembro de 2018.

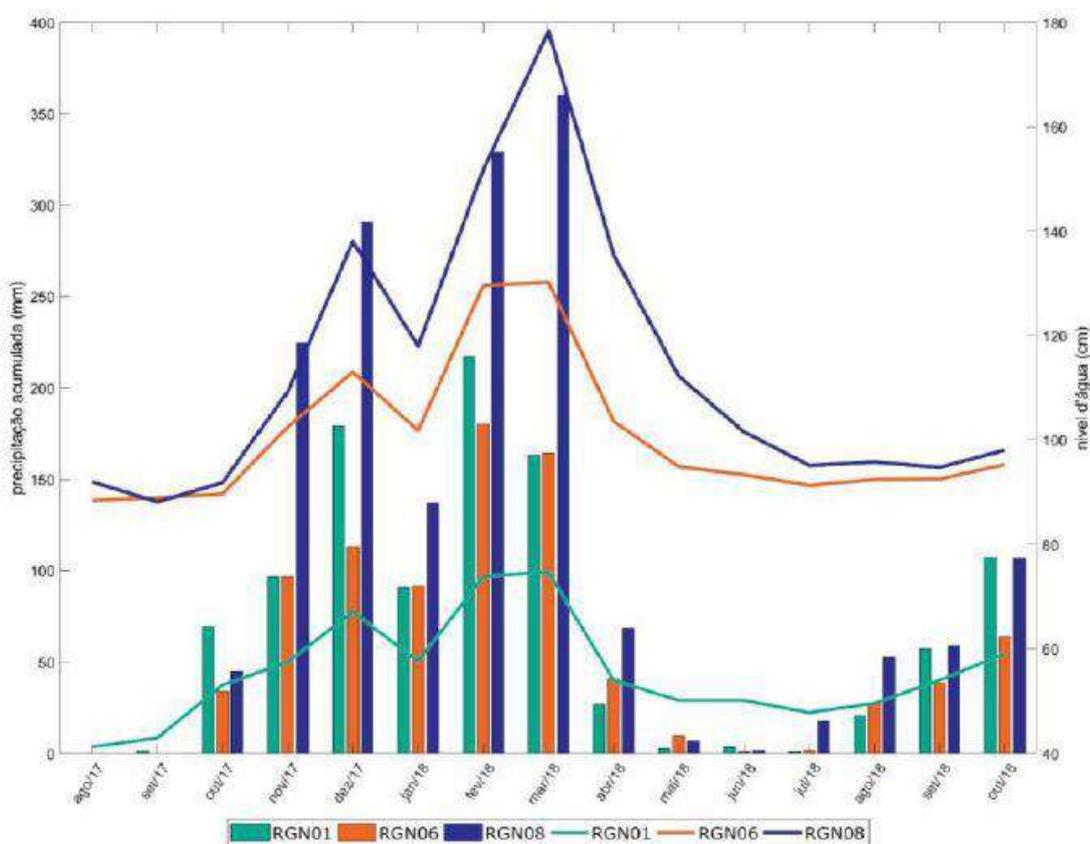
O programa estabelece pontos de monitoramento permanentes e protocolos para realização do monitoramento. Para determinar a qualidade da água e dos sedimentos considera a Resolução CONAMA 357/2005, Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG 01/2008 e Resolução CONAMA 454/2012.

Dentre os pontos de monitoramento previstos no programa, os pontos RGN 01 (Rio Gualaxo do Norte a montante da confluência com o córrego Santarém), RGN 02 (Rio Gualaxo do Norte a montante da foz do TG 17B), RGN 03 (Rio Gualaxo do Norte a montante da foz do TG 18), RGN 04 (Rio Gualaxo do Norte a montante da foz do TG 21), RGN 05 (Rio Gualaxo do Norte a jusante da foz do TG 21^a e a montante da foz do TG 21B) e RGN 06 (Ponte em Paracatu) estão próximos ou estão inseridos nas AA em questão. O ponto RGN-01 (Mariana/MG) não foi afetado pelo rompimento da barragem.

As matrizes analisadas nos pontos de monitoramento supracitados incluem água superficial, sedimento e testemunho de sedimento. A frequência de amostragem é variável conforme o parâmetro, e pode ser contínua (estações automáticas), mensal, trimestral ou semestral. Abaixo serão descritos os valores obtidos durante a campanha de monitoramento referente ao relatório de maio de 2019, que serão comparados com os dados anteriores que remetem a 2017 e início de 2018.

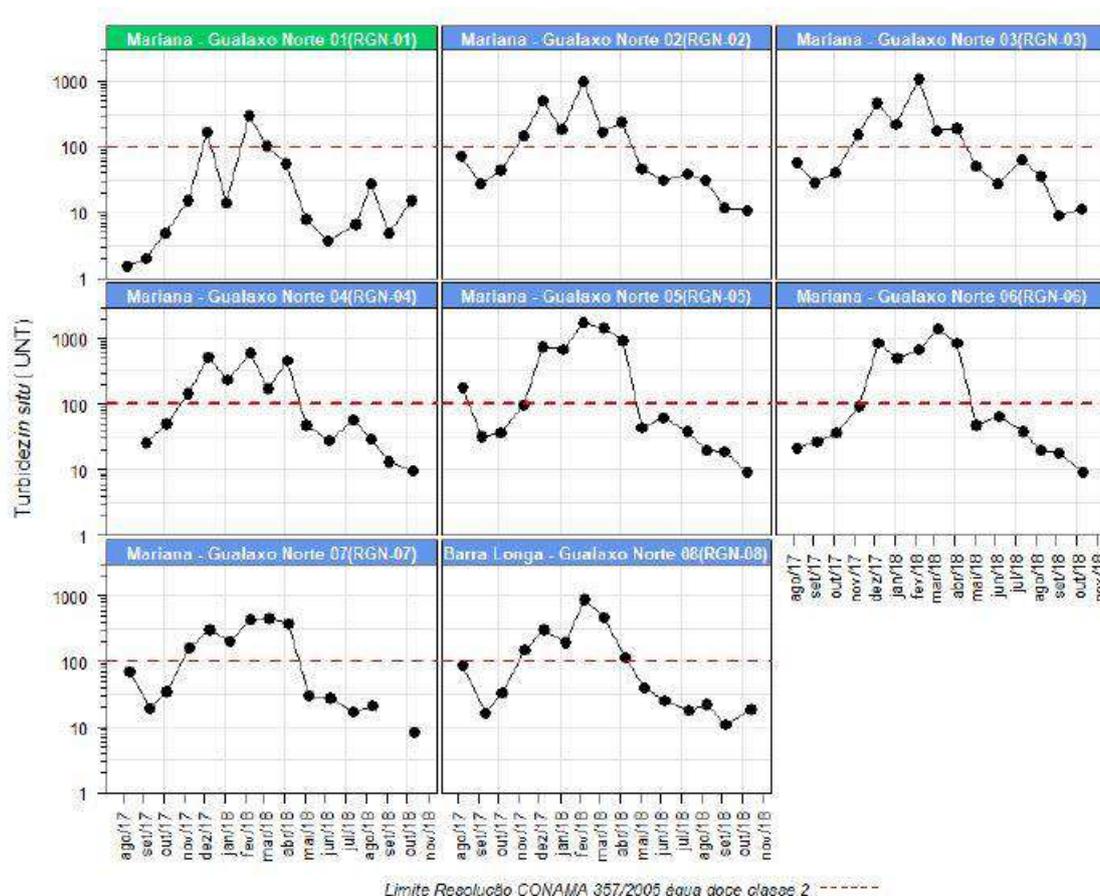
Para precipitação (Figura 5) são utilizados dados obtidos em estações automáticas em RGN 01 e RGN 06. Foram correlacionados os dados de precipitação (mm) aos dados de nível de água (cm). Os dados referentes a precipitação foram elevados em outubro de 2018, quando atingiram 107 mm.

Figura 5 – Registro de precipitação história nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)



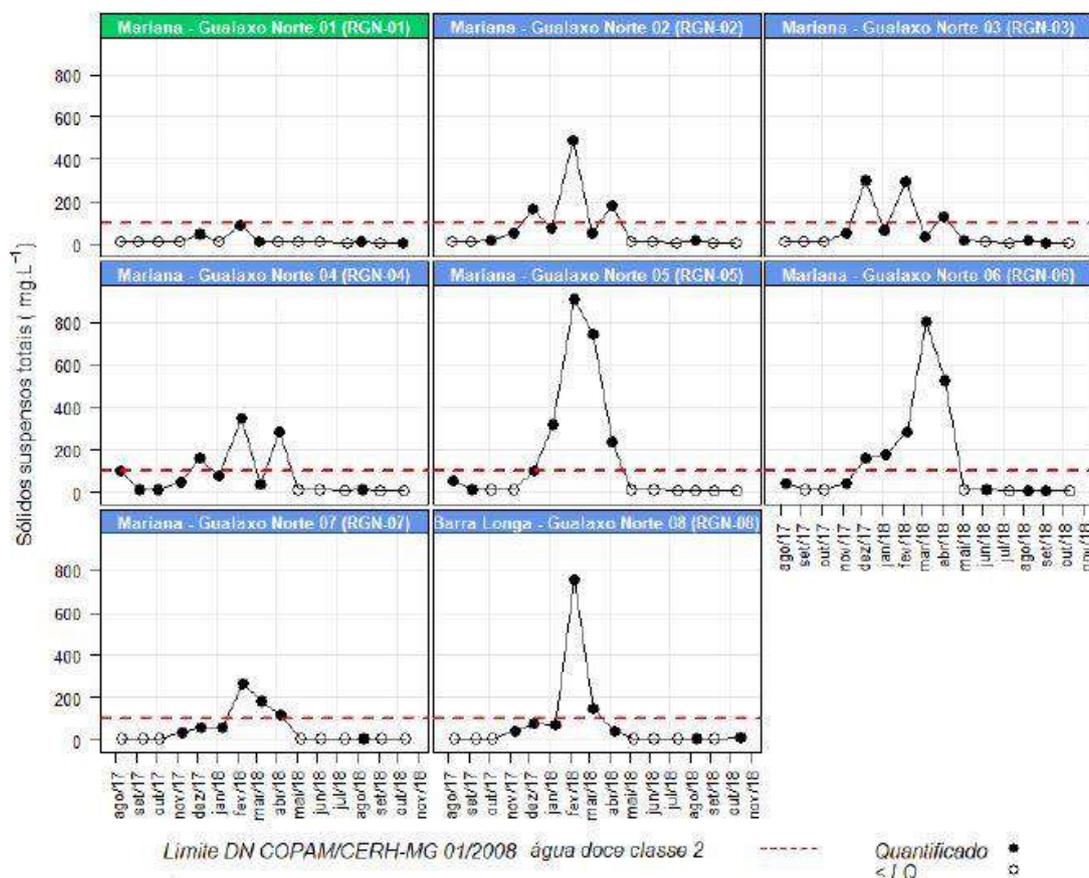
Para turbidez (Figura 6), o valor máximo obtido foi de 35,3 UNT no ponto de monitoramento RGN 03, em agosto de 2018. O valor mais elevado para o período monitorado no ponto de monitoramento RGN 01 (não afetado pelo evento de rompimento) foi de cerca de 300 UNT em fevereiro de 2018, valores da mesma ordem de grandeza foram obtidos nos pontos de monitoramentos inseridos no rio Gualaxo do Norte, para o mesmo período.

Figura 6 - Registros históricos de turbidez nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte.
 Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)



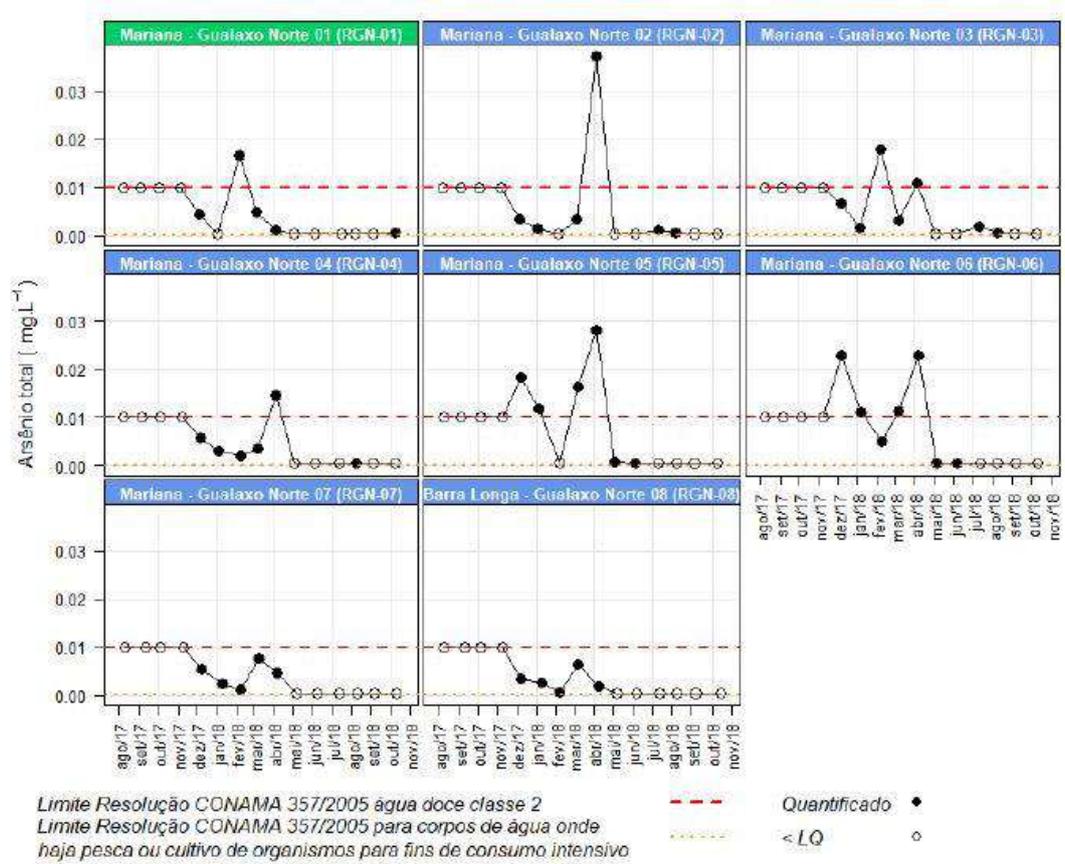
Para sólidos suspensos totais (Figura 7) foram obtidos valores inferiores ao LQ e máximos, cerca de 20 mg/L, no ponto de monitoramento RGN 03 em agosto de 2018. Considerando todo o período monitorado, em fevereiro de 2018 valores da ordem de 500 a 800 mg/L foram detectados nos pontos de monitoramento impactados pelo evento, o mesmo não ocorreu no ponto de monitoramento RGN 01 (não impactado pelo evento).

Figura 7 - Registros históricos de sólidos suspensos totais nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)



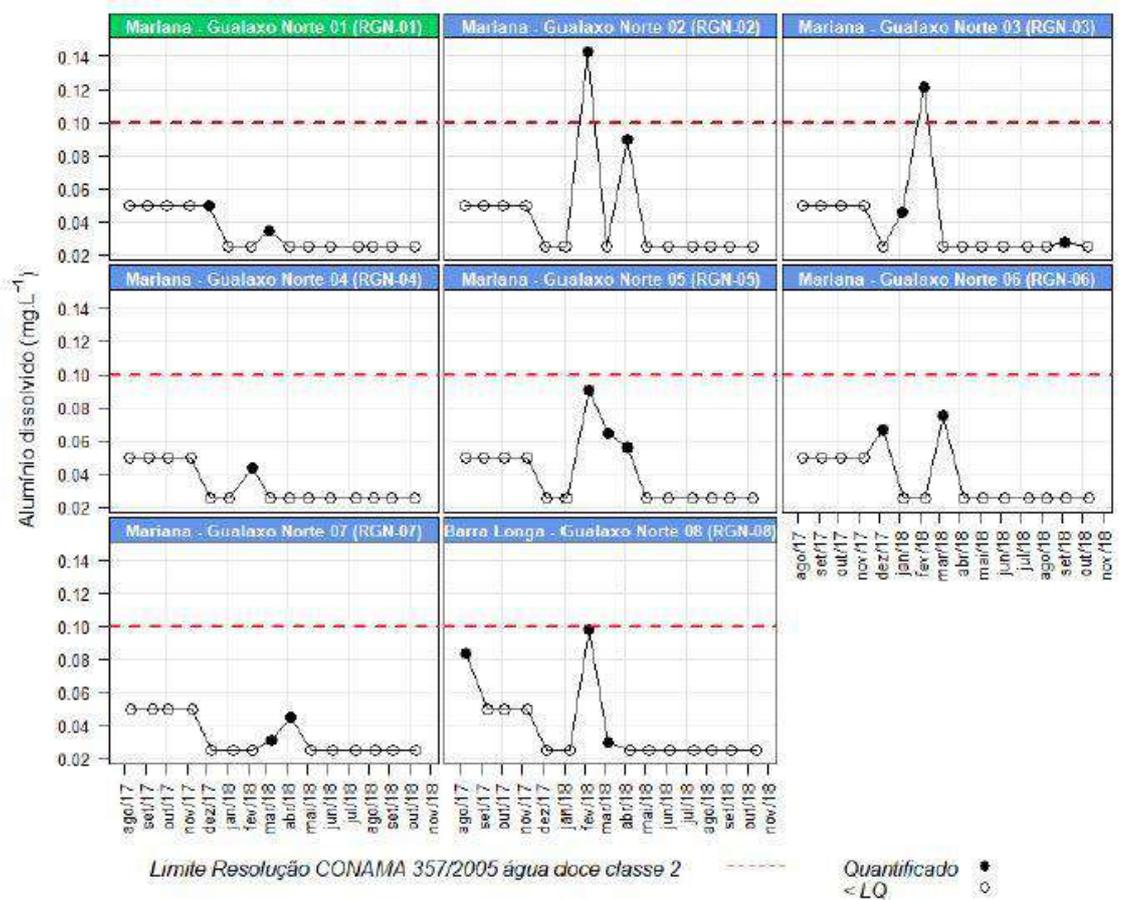
Para arsênio total (Figura 8) foram reportadas concentrações acima do valor de intervenção adotado em RGN 04 e RGN 03, e considerando todo o período monitorado foram reportadas concentrações acima do valor de intervenção no ponto de monitoramento RGN 01 (não afetado pelo evento de rompimento), assim como nos pontos de monitoramento RGN 02, RGN 03, RGN 04, RGN 05 e RGN 06. O valor máximo obtido foi em março de 2018, cerca de 0,037 mg/L em RGN 02.

Figura 8 - Registros históricos de arsênio total nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)



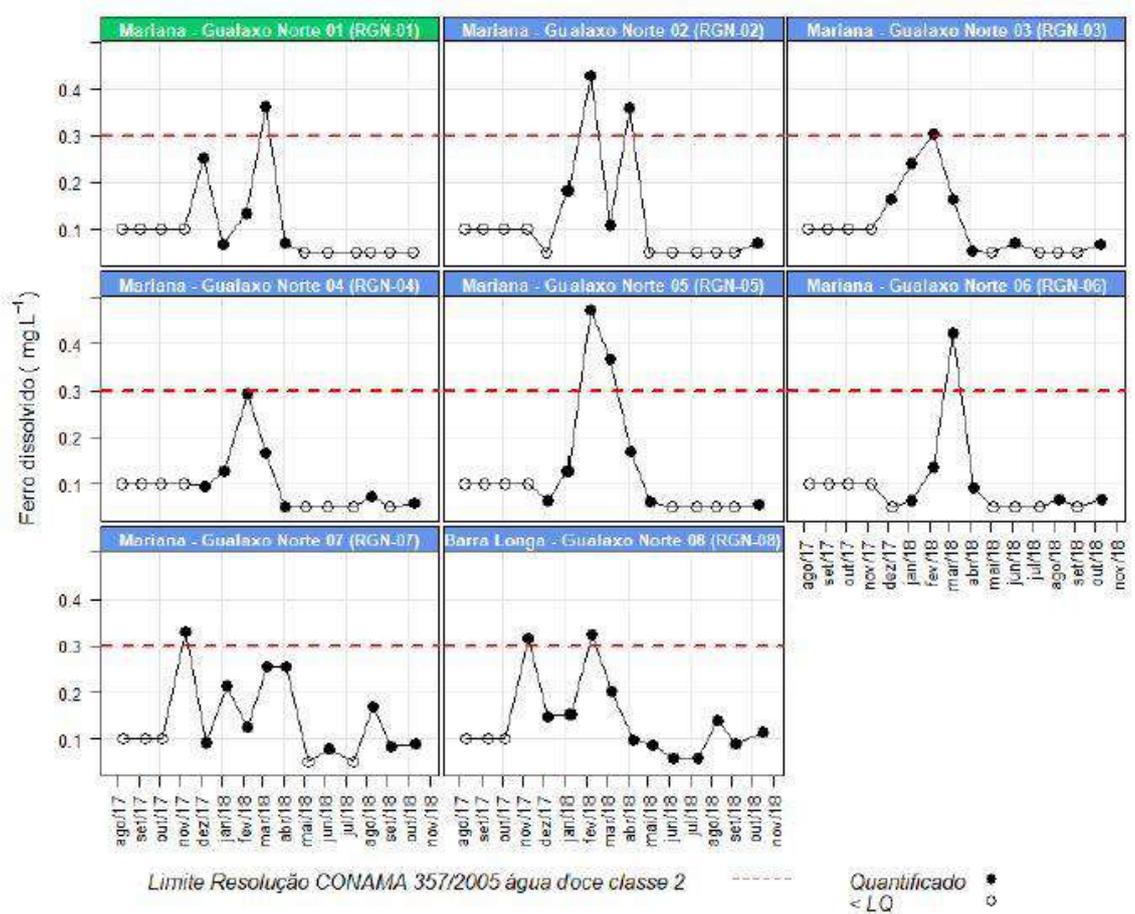
Para alumínio dissolvido (Figura 9) foram registradas concentrações acima do valor de intervenção em fevereiro de 2018 nos pontos de monitoramento RGN 02, RGN 03 e RGN 08 de até 0,14 mg/L (RGN 02). O ponto de monitoramento RGN 01 (não afetado pelo evento de rompimento) não apresentou concentrações superiores a 0,05 mg/L.

Figura 9 - Registros históricos de alumínio dissolvido nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)



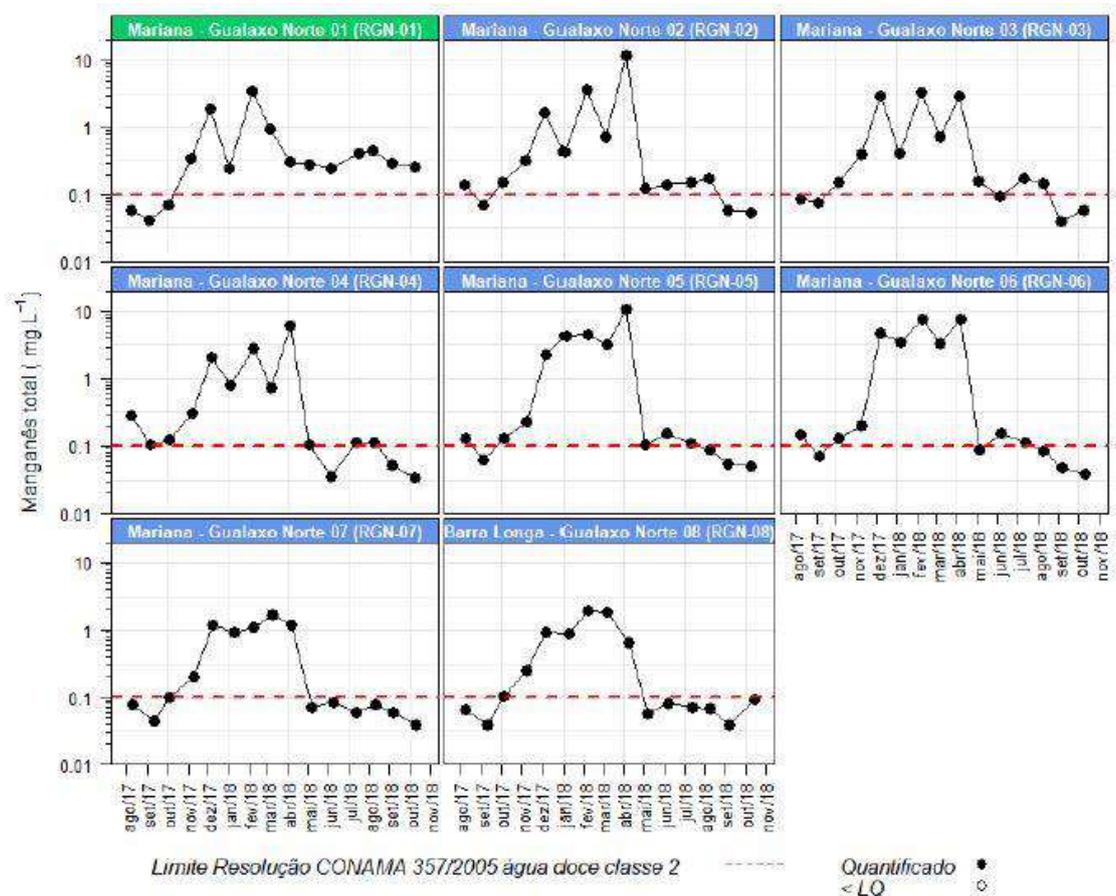
Para ferro dissolvido (Figura 10) foram reportadas concentrações acima do valor de intervenção em todas os pontos de monitoramento no rio Gualaxo do Norte, inclusive no ponto de monitoramento RGN 01 (não afetado pelo evento de rompimento). A concentração máxima registrada (0,5 mg/L foi obtida no ponto de monitoramento RGN 05 em fevereiro de 2018.

Figura 10 - Registros históricos de ferro dissolvido nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)



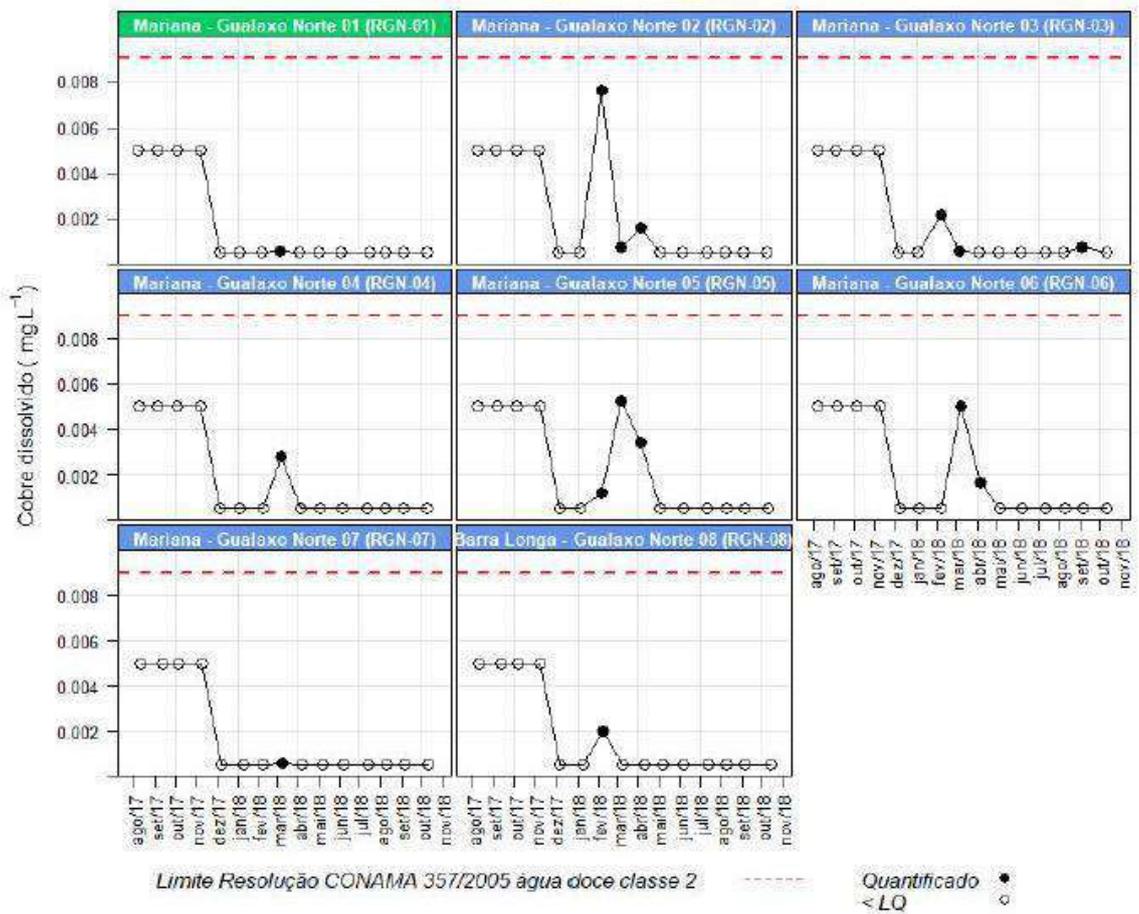
Para manganês total (Figura 11) concentrações acima do valor de intervenção foram obtidas em todas os pontos de monitoramento no rio Gualaxo do Norte, inclusive no ponto de monitoramento RGN 01 (não afetado pelo evento de rompimento). À partir de março de 2018 verificou-se uma queda nas concentrações, onde concentrações próximas ao valor de intervenção foram reportadas em todos os pontos de monitoramento no rio Gualaxo do Norte.

Figura 11 - Registros históricos de manganês dissolvido nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)



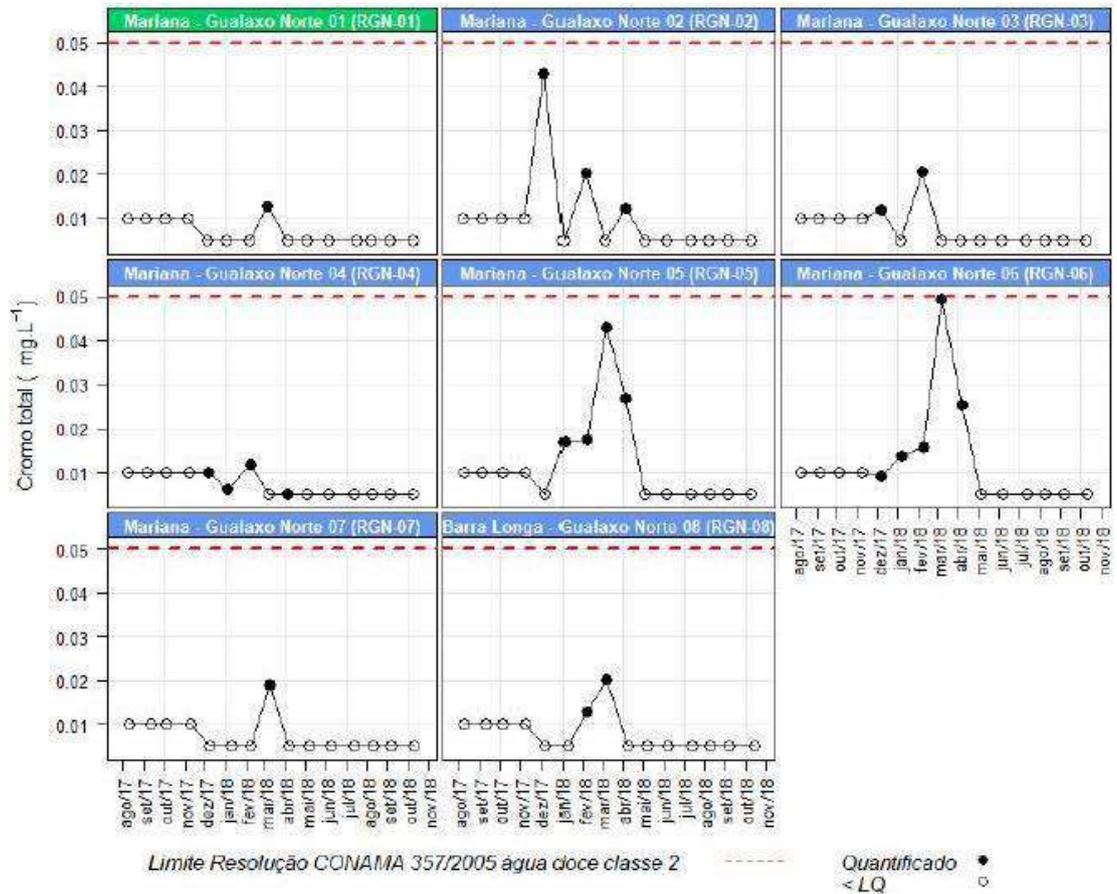
Para cobre dissolvido (Figura 12) não foram detectadas concentrações acima do valor de intervenção para o período monitorado, sendo que o valor máximo foi reportado pelo ponto de monitoramento RGN 02 (0,07 mg/L) em fevereiro de 2018.

Figura 12 - Registros históricos de cobre dissolvido nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)



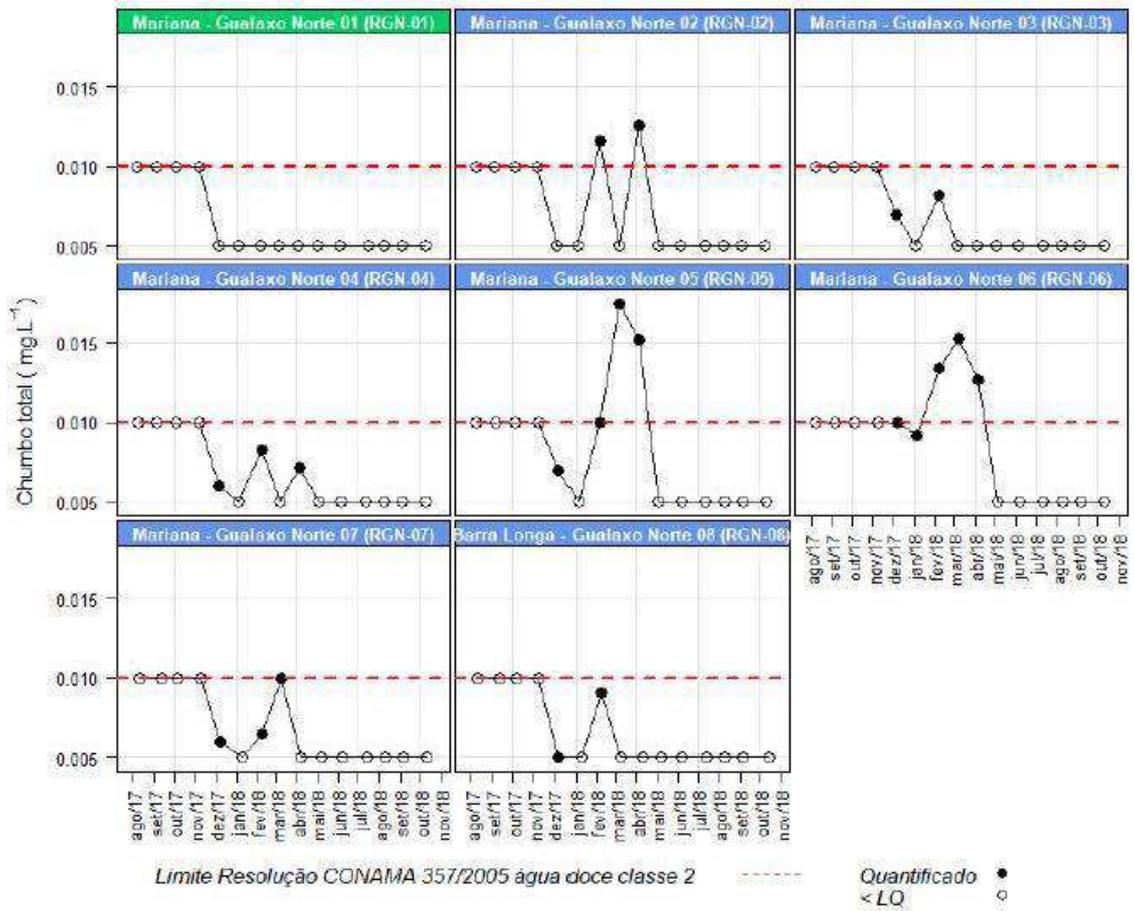
Para cromo total (Figura 13) não foram detectadas concentrações acima do valor de intervenção para o período monitorado, sendo que o valor máximo foi reportado pelo ponto de monitoramento RGN 06 (0,05 mg/L) em fevereiro de 2018.

Figura 13 - Registros históricos de cromo total nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)



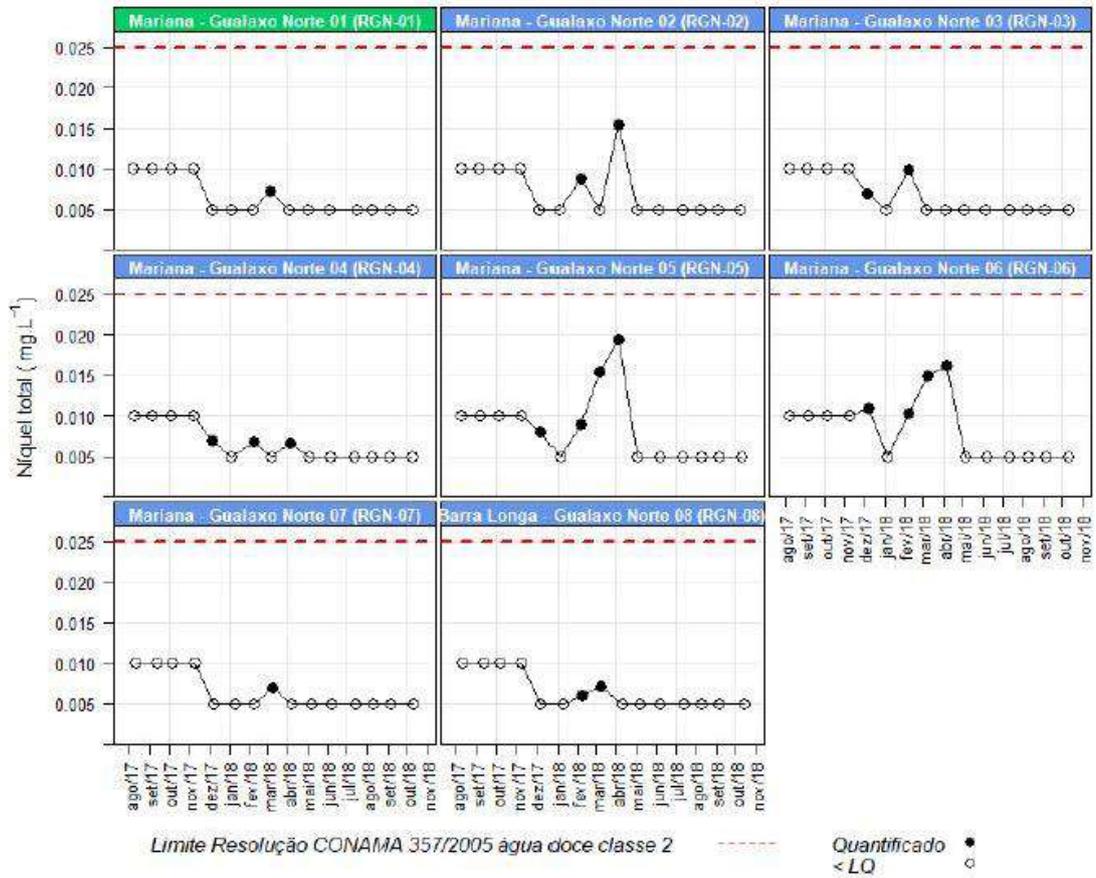
Para chumbo total (Figura 14) foram detectadas concentrações acima do valor de intervenção nos pontos de monitoramento RGN 02, RGN 05 e RGN 06 durante o primeiro trimestre de 2018. A concentração máxima foi de 0,020 mg/L no ponto de monitoramento RGN 05 em fevereiro de 2018.

Figura 14 - Registros históricos de chumbo total nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)



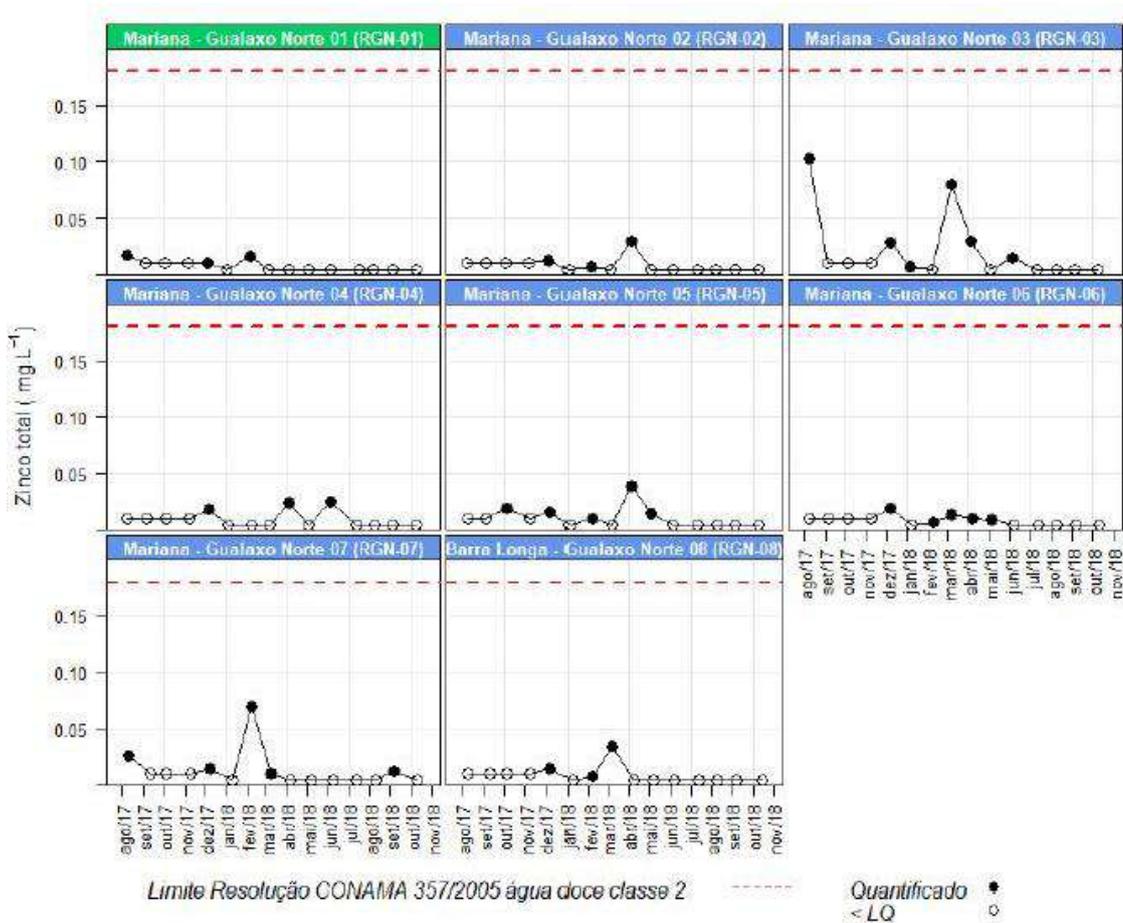
Para níquel total (Figura 15) não foram detectadas concentrações acima do valor de intervenção para o período monitorado, sendo que o valor máximo foi reportado pelo ponto de monitoramento RGN 05 (0,02 mg/L) em fevereiro de 2018.

Figura 15- Registros históricos de níquel total nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)



Para zinco total (Figura 15) não foram detectadas concentrações acima do valor de intervenção para o período monitorado, sendo que o valor máximo foi reportado pelo ponto de monitoramento RGN 03 (0,1 mg/L) em agosto de 2017.

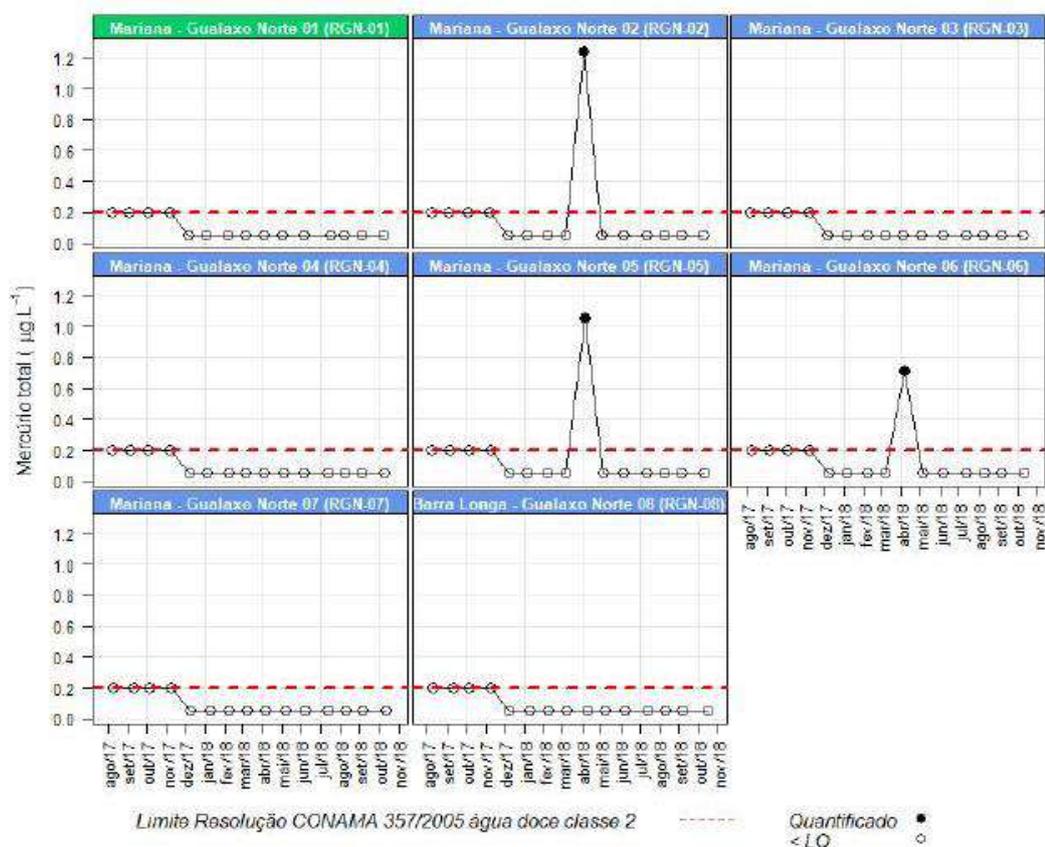
Figura 16 - Registros históricos de zinco total nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)



Para cádmio total não foram detectadas concentrações acima do limite de quantificação (0,0005 mg/L) para o período monitorado.

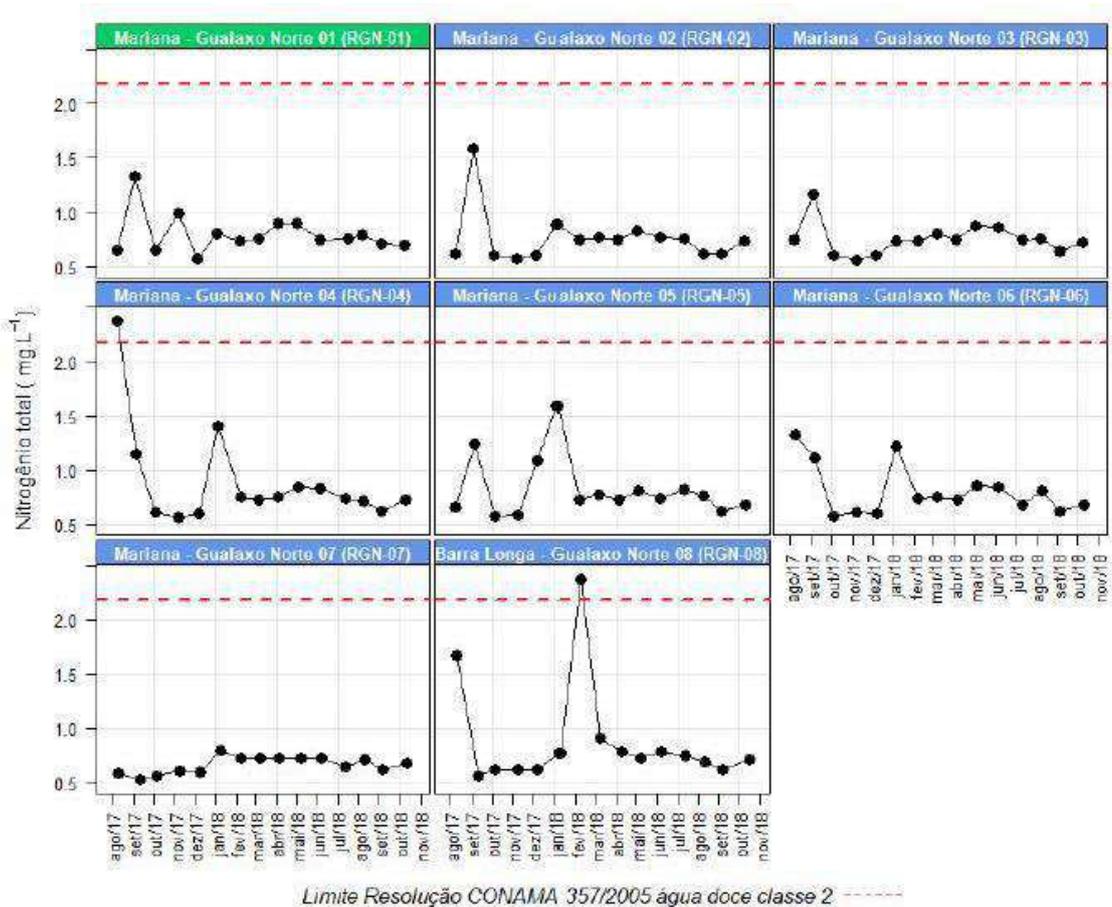
Para mercúrio total (Figura 17) concentrações pontuais acima do valor de intervenção foram reportadas nos pontos de monitoramento RGN 02, RGN 05 e RGN 06 durante fevereiro de 2018. A concentração máxima obtida foi em fevereiro de 2018 no ponto de monitoramento RGN 02 (1,2 ug/L).

Figura 17 - Registros históricos de mercúrio total nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)



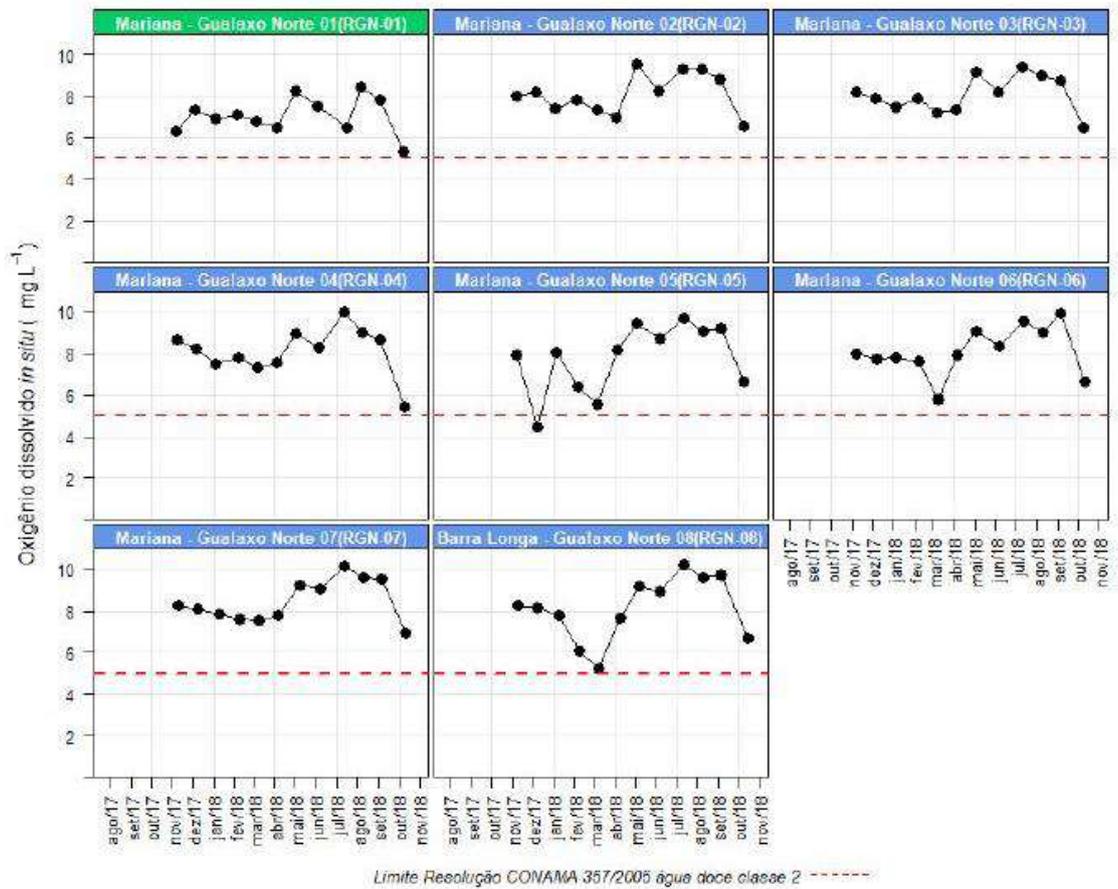
Para nitrogênio total (Figura 18) concentrações pontuais acima do valor de intervenção foram reportadas nos pontos de monitoramento RGN 04 e RGN 08. Em RGN 04 o valor de 3,0 ug/L, próximo do valor de intervenção, foi registrado em agosto de 2017. Em RGN 08 o valor de 2,9, próximo ao valor de intervenção, foi registrado em fevereiro de 2018.

Figura 18 - Registros históricos de nitrogênio total nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)



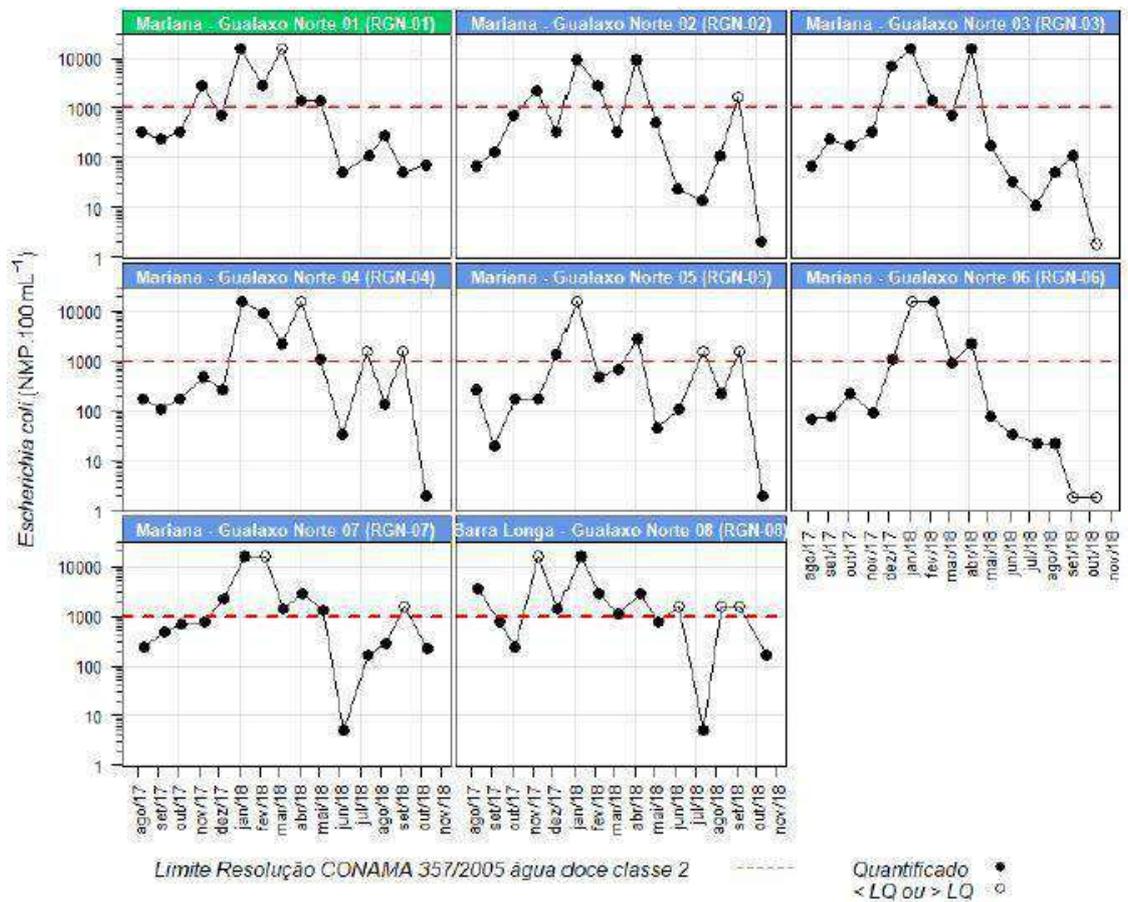
Para oxigênio dissolvido (Figura 19) as concentrações permaneceram superiores ao valor mínimo durante todo o período de monitoramento em todas os pontos de monitoramento. Não há diferença evidente entre o ponto de monitoramento RGN 01 (não afetado pelo evento de rompimento) e os diversos pontos de monitoramento.

Figura 19 - Registros históricos de oxigênio dissolvido nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)



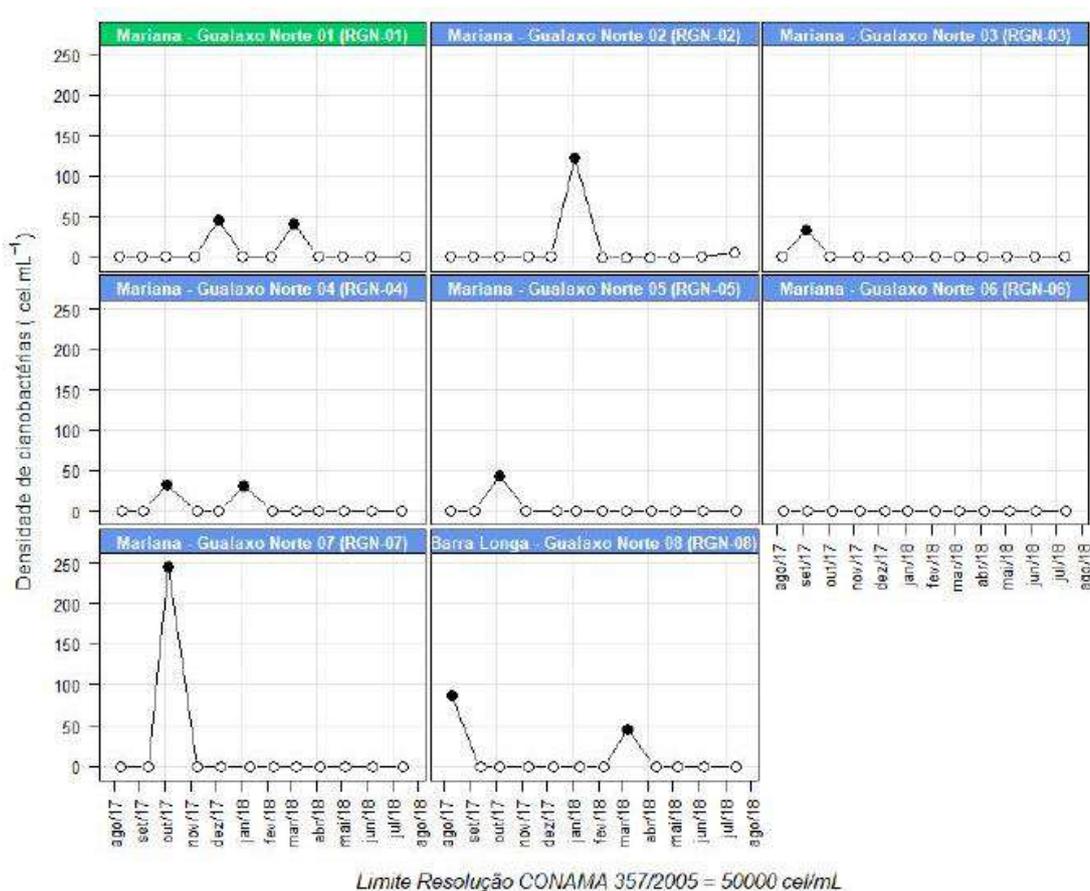
Para *E. coli* (Figura 20) concentrações acima do valor de intervenção (Concentrações superiores a 10000 NMP.100 mL⁻¹) ocorrem recorrentemente em todos os pontos de monitoramento.

Figura 20 - Registros históricos de *E. coli* nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte.
 Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)



Para cianobactérias (Figura 21) não foram detectadas concentrações acima do valor de intervenção (5000 cel/ml) para o período monitorado.

Figura 21 - Registros históricos de cianobactérias nos pontos de monitoramento inseridos no rio Gualaxo do Norte. Extraído de ECOLOGY BRASIL (2019)



5.1.3. ESTUDOS SOBRE O MEIO BIÓTICO

Os estudos consultados com enfoque no meio biótico abrangem trabalhos realizados em dezembro de 2015 a novembro de 2018, disponibilizados pela **Fundação RENOVA** e artigos científicos.

5.1.3.1. Brandt Meio Ambiente Ltda.

A **Brandt** foi contratada pela **SAMARCO Mineração S/A** para realizar trabalhos relacionados a ictiofauna do rio Doce afetados pelo rompimento da barragem de Fundão. Foram disponibilizados três relatórios pela **Fundação RENOVA**:

- **Relatório Técnico do Resgate de Carcaças de Peixes ao Longo do Rio Doce (Dezembro, 2015)**

Esse relatório é referente a coleta, transporte e destinação adequada de carcaças de ictiofauna resgatada nas áreas atingidas pelo rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, além de coletar dados com o intuito de diagnosticar o perfil de mortandade dos peixes.

Dentre os objetivos do projeto, têm-se: evitar proliferação de vetores e doenças; minimizar os impactos sobre o ecossistema aquático do alto e médio Rio Doce; avaliar a proporção e magnitude do impacto do rompimento sob a mortandade da ictiofauna; coletar informações sobre a causa *mortis* dos peixes; dentre outros.

Como resultado parcial apresentado neste relatório, a coleta de carcaças foi feita até o dia 04 de dezembro de 2015 no trecho de Barra Longa - MG até Itapina - ES. Até esta data, foram coletados 10.898,88 kg referentes a 21.616 espécimes de peixes mortos, de 26 espécies. Os pontos de maior representatividade foram Itueta (6.388,23 kg) e Resplendor (3.882,2 kg).

- **Laudo Técnico do Resgate dos Peixes no Canal de Adução da UHE Aimorés Após a Passagem de Sólidos Oriundos do Rompimento da Barragem de Rejeito de Fundão**

Esse relatório é referente ao plano de ação de resgate da ictiofauna no canal de adução da UHE Aimorés. A execução do plano é de responsabilidade da parceria entre as entidades Consórcio Hidrelétrico de Aimorés, **SAMARCO Mineração S/A**, Brandt Meio Ambiente e Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). A pluma de sedimentos não afetou o canal de adução da UHE Aimorés, porém devido a lenta passagem da pluma, as condições de turbidez, oxigênio dissolvido e transparência da água foram se deteriorando na água represada, levando a necessidade de intervenção.

O plano de ação teve como objetivo:

- i. Resgatar os peixes vivos, moribundos e mortos na área do canal;
- ii. Liberar as espécies nativas e exóticas no rio Manhuaçu;
- iii. Identificar os espécimes coletados com a indicação das espécies raras, endêmicas exóticas e ameaçadas de extinção em âmbito estadual, nacional e global;
- iv. Estimar número e biomassa as espécies de peixes coletadas;
- v. Capturar espécies nativas para serem matrizes no Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Peixes Continentais (CEPTA).

Como resultado, foram capturados 421 espécimes de 22 espécies, com biomassa de 112 kg e a **Brandt** considerou a ação do Plano como satisfatória.

- **Relatório do Ensaio Toxicológico de Elementos Traço em Peixes do Rio Doce Submetidos à Passagem da Pluma de Sólidos oriundos do Rompimento da Barragem de Rejeito de Fundão (Dezembro, 2015)**

Esse estudo apresenta os resultados parciais dos ensaios toxicológicos de elementos traço (metais) de peixes do rio, para verificar se há contaminação devido à passagem de pluma de sólidos. Para tal, foram coletados peixes de ponto de controle e ponto afetado pela passagem. Como resultado, não foram detectadas concentrações acima dos valores orientadores no filé

para as substâncias arsênio, cádmio, chumbo, cobre, mercúrio, níquel e zinco, concluindo que não houve impacto com a passagem de rejeito em relação aos peixes por estes sete metais até o momento do trabalho realizado.

5.1.3.2. Institutos Lactec

Como comentado anteriormente, o Volume II do estudo realizado pela **Lactec** tem foco no meio biótico, bens arqueológicos e culturais. Neste item, será comentado sobre o tema referente a este tópico. Para a definição da linha-base do meio biótico, foram levantados dados referentes aos seguintes tópicos:

- i. **Áreas de Conservação:** Para discriminar as Unidades de Conservação (UC) potencialmente afetadas pelo desastre, foram consideradas as UC localizadas até uma distância de 10 km da margem do rio Doce. A identificação e caracterização das UC foram feitas por meio de consultas as bases de dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA), Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais (IEDE/MG), Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF/MG), Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA), ICMBio e Instituto Prístino. A partir disso, foram selecionadas Áreas Prioritárias para Conservação de Biodiversidade (AP), sendo considerada uma distância de 5 km da calha do rio Doce.
- ii. **Flora:** Para a elaboração da linha-base de flora, foram consultados dados disponibilizados por imagens aéreas, mapas temáticos, estudos acadêmicos, plataformas *on-line*, etc. Também foi realizada a classificação da vegetação que ocorre ao longo da área afetada pelos rejeitos oriundos do rompimento da barragem de Fundão e confeccionados mapas de cobertura vegetal para a área de estudo.
- iii. **Fauna Silvestre:** Este levantamento consiste em consultas bibliográficas sobre os diferentes grupos taxonômicos (ictiofauna, entomofauna, herpetofauna, avifauna e mastofauna). Para cada grupo taxonômico, foram consultados bancos de dados, entidades públicas e privadas e bibliografia acadêmica referente ao tema em questão.
- iv. **Ecotoxicologia:** O levantamento bibliográfico para o desenvolvimento da linha-base de ecotoxicologia, com o objetivo de caracterizar a região quanto às fontes poluidoras, assim como compilar os estudos sobre o tema realizados na bacia hidrográfica do rio Doce antes do desastre, utilizou como fontes plataformas científicas nacionais e

internacionais, como *ScienceDirect*, *Web of Science*, *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), Portal de Periódicos da Capes e Google Acadêmico; relatórios técnicos desenvolvidos para a área, trabalhos acadêmicos, como teses, dissertações, monografias, etc., de instituições públicas e privadas dos estados de MG e ES.

5.1.3.3. Cordeiro, Marcelle C. et al

Cordeiro *et al* estudaram os efeitos causados pelo rompimento da barragem de Fundão na qualidade da água por meio de análise em parâmetros físico-químicos e metagenômicos no mês do acontecimento e novamente após seis e dez meses do desastre. Foram coletadas amostras de 16 pontos diferentes na bacia hidrográfica do rio Doce: Bento Rodrigues, Camargo Ponte Caída, rio Gualaxo, rio Carmo, rio Piranga, São José do Goiabal, Bom Jesus do Galho, Ipatinga, Governador Valadares, Tumiritinga, Resplendor, Aimorés, Baixo Guandu, Mascarenhas, Colatina e Linhares.

Para as análises físico-químicas, foram analisados os parâmetros pH, oxigênio dissolvido, condutividade, turbidez. Também foram analisados matéria orgânica dissolvida e em dispersão. As análises metagenômicas foram realizadas em 12 dos 16 pontos de amostragem em amostras de água e os resultados foram comparados com dados da literatura do rio Paraguaçu por falta de dados sobre o rio Doce.

Como resultado, o estudo mostrou que no mês do desastre os parâmetros físico-químicos de turbidez e oxigênio dissolvido estavam fora dos padrões legislativos, além de haver concentrações de ferro e alumínio extremamente altas. Após seis meses, os parâmetros físico-químicos já se encontravam em conformidade com os padrões legislativos. Os impactos a curto prazo nas comunidades microbianas causaram um aumento de actinobactérias e bacteroidetes, bem como sequência de genes relacionados a virulência microbiana, motilidade, respiração, transporte de membrana e metabolismo de ferro e nitrogênio.

5.1.3.4. Universidade Federal de Ouro Preto

O relatório de projeto, intitulado “Análise de metais traço em solos, vegetais, e seus visitantes florais, cultivados em regiões com e sem rejeitos oriundos do rompimento da barragem de Fundão”, tem como objetivo analisar quimicamente a concentração de metais em plantas alimentícias e forrageiras em áreas impactadas pelo rompimento da barragem, para subsidiar a gestão e reabilitação dessas áreas, além de garantir a segurança alimentar das

populações locais. O estudo foi separado em duas etapas, foi realizado no trecho entre os municípios de Mariana e Rio Doce, abrangendo os primeiros 77 km de cursos hídricos impactados. A primeira etapa do projeto foi apresentada em setembro e a segunda em dezembro de 2018.

Na primeira etapa do projeto foi realizada, em janeiro de 2018, uma análise exploratória das plantas cultivadas em áreas com deposição do rejeito nas propriedades representativas das formas de uso da terra na região. Para controle, parte das mesmas espécies de plantas investigadas foram analisadas em áreas não alcançadas pelo rejeito. Os resultados foram comparados com valores de referências brasileiros e internacionais, além da realização de análises estatísticas para verificar ocorrências de diferenças significativas entre concentrações de metais nos órgãos de interesse das plantas cultivadas em áreas com e sem rejeito. Em conclusão do estudo da primeira etapa, os resultados apresentam diferentes níveis de sensibilidade das plantas estudadas às condições pela deposição de rejeito, porém o número reduzido de amostras dificulta a análise robusta e acurada dos efeitos da deposição do rejeito sobre a concentração de metais potencialmente tóxicos nos tecidos vegetais. Os autores recomendam que, para se ter maior segurança nos resultados, é necessário aumentar o número de repetições por espécies, realizar análise espacial das concentrações dos elementos nos órgãos vegetais e realizar experimentação de campo com espécies de ciclo curto, para avaliar a resposta das plantas às condições geradas pela deposição do rejeito.

O relatório referente a segunda etapa apresenta apenas o trabalho realizado no período de outubro a dezembro de 2018, ainda sem resultados. Nesse período, foram realizadas parcelas experimentais em campo para cultivo de espécies vegetais de ciclo curto na presença e ausência de rejeito derivado do rompimento da barragem de Fundão em diferentes localidades entre Paracatu de Baixo e Barra Longa. Também foram instaladas colônias de abelhas nativas sem ferrão (*T. angustula*) para coleta de mel e pólen, ninhos armadilha para captura de abelhas e vespas solitárias, suas presas, parasitoides e barro do ninho.

5.1.3.5. Quantificação De Metais E Arsênio Em Peixes Coletados Durante Monitoramento Da Ictiofauna Da Bacia Do Rio Doce Conduzido Pela Universidade Federal De Viçosa - Ufv

O estudo desenvolvido pela **UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA** e emitido em setembro de 2019, intitulado “Quantificação de Metais e Arsênio em Peixes Coletados Durante

Monitoramento da Ictiofauna da Bacia do Rio Doce conduzido pela Universidade Federal de Viçosa - UFV” tem como objetivo geral avaliar as concentrações de metais e de arsênio no músculo de peixes coletados durante o monitoramento biológico. Os dados apresentados no relatório foram coletados entre setembro de 2018 a março de 2019.

Dentre os 40 pontos de monitoramento levantados, foram obtidas 908 amostras. Os pontos de monitoramento P1 e P3 estão inseridos, respectivamente em Área Alvo 1 e Área Alvo 3, onde foram obtidas 21 amostras. As 21 amostras se referem a cinco espécies, sendo três delas de interesse comercial. As amostras de peixes com interesse comercial colhidas nos pontos de monitoramento supracitados remetem a: *Astyanax bimaculatus* (7), *Rhamdia quelen* (9) e *Hoplias malabaricus* (1).

O estudo em questão é balizado por meio dos valores adotados pela Resolução RDC ANVISA nº 42 de 29 de agosto de 2013 e Decreto nº 55871, de 26 de março de 1965, que estabelecem concentrações limites para arsênio total, cádmio total, chumbo total, mercúrio total, níquel total, zinco total, cromo total e cobre total. Os analitos prata total, alumínio total, ferro total e manganês total não possuem valores estipulados.

Violações para mercúrio (Hg) foram verificadas em P1 nas três amostras colhidas, e em P3 em duas das 18 amostras colhidas. Violação para cromo (Cr) foi verificada em P3 em uma amostra colhida, de peixe de interesse comercial (*Rhamdia quelen*).

O estudo conclui que 4% das 908 amostras consideradas e colhidas no período chuvoso entre 2018 e 2019 reportaram violações do limite máximo para consumo humano. É recomendada uma análise de risco direcionada aos locais de amostragem e seus resultados. Por fim, apontam que não foi possível estabelecer nexos causal entre o rompimento da Barragem do Fundão com as violações verificadas nas amostras de peixe.

5.1.4. ESTUDOS SÓCIOAMBIENTAIS

Os estudos socioambientais são aqueles que relacionam os problemas e processos sociais com o meio ambiente. Neste item, serão destacados os estudos consultados que apresentam informações relevantes tanto em relação ao meio antrópico quanto ao meio físico.

5.1.4.1. Grupo Força-Tarefa - Governo Do Estado De Minas Gerais

O relatório, apresentado em fevereiro de 2016, denominado Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana - MG apresenta um compilado de dados levantados em relação aos danos ocasionados pelo rompimento da barragem de Fundão. A metodologia utilizada para o levantamento foi a consulta a 32 municípios localizados na calha do rio Doce, apontando os impactos causados pelo desastre, além de consultas e contribuições de órgãos ambientais, entidades públicas e privadas, profissionais independentes, acadêmicos, entre outros.

Foram analisados os impactos em escala microrregional para os municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado, enquanto o resto da bacia do rio Doce foi avaliado em escala macrorregional.

Em escala micro e macrorregional, pode-se destacar:

- i. **Dados sobre a qualidade e disponibilidade de água:** Análises realizadas pela COPASA e IGAM apontam parâmetros físico-químicos discrepantes da média histórica e padrões estipulados pelas normas de consumo. A água tratada se encontra dentro dos padrões considerados seguros para consumo. Há assoreamento drástico dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e parte do rio Doce até a barragem de Candonga.
- ii. **Danos na qualidade e disponibilidade de solo:** Ocorrência de remodelamento do relevo em fundos de várzea, planícies fluviais e áreas de colúvio, além de relatos de ravinamento de solo. Compactação de material depositado pelo rompimento das barragens com formação de uma barreira física. A grande quantidade de ferro no material causa encrostamento superficial, dificultando processo de recuperação. O solo apresenta baixa fertilidade, com baixo teor de matéria orgânica e alta acidez.
- iii. **Danos sobre a biodiversidade:** Impacto sobre a cobertura vegetal ao longo das calhas dos rios supracitados, além da modificação da paisagem devido à quantidade de sedimentos depositados.
- iv. **Danos materiais:** A economia regional foi impactada, tanto no setor privado quanto público, nos setores de agricultura, pecuária, indústria, comércio e serviços, além de afetar a base tributária e infraestrutura.

- v. **Danos humanos:** Em danos humanos, foram levantados dados referentes aos mortos, feridos, enfermos, desabrigados, desalojados, desaparecidos e outros. Também foi levado em consideração os danos à saúde e segurança pública, com a exposição de animais e doenças graves infecciosas, paralisação de serviços de vigilância a saúde, sanitária, ambiental, entre outros. Pode-se citar também impactos causados na educação e cultura, com a paralisação de escolas, perda de acervo artístico e mobiliário com valor histórico, além de danos a organização social, com a mudança drástica no cotidiano das pessoas, afetando suas identidades religiosas e culturais.

5.1.4.2. Institutos Lactec

Neste tópico, será discutida a parte de bens arqueológicos e culturais do Volume 2 do relatório da **Lactec**.

Analogamente aos temas de meio físico e biótico, o objetivo desse estudo foi definir a linha-base a respeito do patrimônio cultural da região do vale do rio Doce imediatamente antes do rompimento da barragem de Fundão. O patrimônio cultural engloba bens arqueológicos, tombados, registrados, valorados, além de referências culturais não acauteladas.

Neste levantamento foram considerados os municípios de Mariana, Barra Longa, rio Doce, Ponte Nova, Santa Cruz do Escalvado, Sem-Peixe, rio Casca, São Domingos do Prata, São José do Goiabal, São Pedro dos Ferros, Dionísio, Raul Soares, Córrego Novo, Marliéria, Pingo-d'Água, Bom Jesus do Galho, Timóteo, Caratinga, Ipatinga, Santana do Paraíso, Ipaba, Belo Oriente, Bugre, Iapu, Naque, Periquito, Sobrália, Fernandes Tourinho, Governador Valadares, Alpercata, Tumiritinga, Galileia, Conselheiro Pena, Resplendor, Itueta e Aimorés em Minas Gerais; e Baixo Guandu, Colatina, Marilândia e Linhares, no Espírito Santo.

A metodologia consistiu na consulta em diferentes formas de mídia e informações, como bancos de dados disponíveis em *websites*, bibliotecas, museus, universidades, além de instituições de preservação e fiscalização de patrimônio cultural, como DEPAM, CNEPAM, CNA, IPHAN e IEPHA. Outro levantamento realizado foi por meio de consulta a jornais, televisão e páginas de Internet.

A compilação dos dados foi utilizada com o intuito de criar um banco de dados unificado e construção de cartas temáticas. Para tal, foram considerados os elementos:

- i. Bens acautelados (arqueológicos, tombados, registrados e valorados) pelo órgão federal responsável (IPHAN);
- ii. Bens acautelados (arqueológicos, tombados, registrados e valorados) pelos órgãos estaduais responsáveis, nas duas unidades da federação afetadas pelo desastre: Minas Gerais (IEPHA) e Espírito Santo (Gerência de Memória e Patrimônio da Secretaria de Cultura do Estado do Espírito Santo);
- iii. Bens acautelados (arqueológicos, tombados, registrados e valorados) pelos municípios observados nesta pesquisa;
- iv. Bens indicados para inventário ou já inventariados pelos municípios observados nesta pesquisa;
- v. Referências a respeito de territórios tradicionais reconhecidos pela Funai, para o caso das terras indígenas, e pela Fundação Palmares, para o caso das comunidades quilombolas;
- vi. Comunidades tradicionais localizadas na área afetada pelo desastre (comunidades caiçaras e ribeirinhas).
- vii. Áreas dotadas de potencial, delineadas a partir do cotejo da bibliografia (para as quais se conta com referências a marcos históricos, arqueológicos, paisagísticos, artísticos, urbanísticos etc.), diante do histórico de ocupação das regiões afetadas pelo desastre. Particularmente úteis no estabelecimento dessas zonas de interesse, tem-se a cartografia histórica selecionada a respeito da região.

Como resultado de todo o levantamento realizado, foram contabilizados 4.478 bens e referências culturais, sendo 325 sítios arqueológicos cadastrados no CNSA/IPHAN, e outros 4.153 itens não relacionados as demais categorias. Vale ressaltar também a presença de cinco terras indígenas, sendo duas delas pertencente à etnia Krenak, uma às etnias Guarani Mbya e Tupiniquim, uma à Tupiniquim e outra aos Tupiniquim e Guarani.

O Volume I - Meio Físico e Volume II - Meio Biótico, Bens Arqueológicos e Culturais serviram de base para o desenvolvimento do resumo-executivo em novembro de 2018, apresentando os resultados de maneira sucinta dos dois volumes.

5.1.4.3. **Embaúba Ambiental Ltda.**

O estudo realizado pela **Embaúba Ambiental** em agosto de 2018 teve como objetivo averiguar os impactos causados pelo rompimento da barragem de Fundão em áreas que utilizam sistemas de irrigação pela captação de águas subterrâneas e superficiais. Este estudo é em atendimento a demanda apresentada pela Cláusula 180 no termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC).

Primeiramente foi realizado um estudo pela **ERG Engenharia**, o qual foi reprovado pelo Comitê Interfederativo, em Nota Técnica 25/2016 CIF, corroborada pelas Notas Técnicas 10/2017, 006/2017 CT/CIF/GRSA e INCAPER/IEMA - n° 001/2017.

Para revisar o estudo, a **Embaúba** teve como escopo a avaliação das informações colhidas e outros trabalhos disponibilizados pela **Fundação RENOVA**, além de ampliar a amostragem. O projeto apresentado é dividido em três fases: Fase I, de análise das informações disponíveis; Fase II, relatório de atividades de campo; Fase III, relatório final, compilação, análise e conclusão.

Na Fase I, a metodologia utilizada foi a consulta dos trabalhos realizados sobre a área de interesse, disponibilizados pela **Fundação RENOVA** e órgãos ambientais de Minas Gerais, Espírito Santo, entre outros. Os bancos de dados foram integrados, agrupados e reordenados, de forma a permitir cruzamento de informações.

Na Fase II, foram realizadas visitas técnicas em 838 propriedades e coletadas 516 amostras de solo, água e material vegetal para revalidar e ampliar os dados disponíveis anteriormente.

Na última fase, foram apresentadas propostas para reparação de danos, em um projeto básico conceitual, com a indicação das tecnologias a serem empregadas para as duas culturas predominantes na região.

A área de estudo foi dividida em 05 trechos:

- a. Trecho 1 (Fundão a Candonga, 148 km): trecho considerado como mais impactado, compreendendo os municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce, Ponte Nova e Santa Cruz do Escalvado.

- b. Trecho 2 (Candongia a Baguari, 208 km): compreende os municípios de Belo Oriente, Bom Jesus do Galho, Bugre, Caratinga, Córrego Novo, Dionísio, Fernandes Tourinho, Iapu, Ipaba, Ipatinga, Marliéria, Naque, Periquito, Pingo-D'Água, Raul Soares, Rio Casca, Santana do Paraíso, São Domingos do Prata, São José do Goiabal, São Pedro dos Ferros, Sem- Peixe, Sobrália e Timóteo.
- c. Trecho 3 (Baguari a Mascarenhas, 181 km): compreende os municípios de Aimorés, Alpercata, Conselheiro Pena, Galiléia, Governador Valadares, Itueta, Resplendor e Tumiritinga.
- d. Trecho 4 (Mascarenhas a Linhares, 117 km): delimitado pelo rio Doce, iniciado na barragem de Mascarenhas compreende os municípios de Linhares, Baixo Guandu, Colatina e Marilândia.
- e. Trecho 5 (Linhares a Foz do Rio Doce, 48 km): a oeste do município de Linhares até a foz do rio Doce.

A **Embaúba** (2018) conclui deste estudo que os impactos mais significativos encontrados no estudo foram a alteração da qualidade do solo (Fe, Mn, Zn, Cu e B), impactos nas propriedades, culturas e sistemas de irrigação e alteração na qualidade de água de diferentes origens (material detrítico, efluentes domésticos e industriais). O impacto nas propriedades que realizam culturas são relatos dos proprietários e não foram feitos levantamentos sobre alteração da produtividade após o rompimento da barragem. Não se pode afirmar a correlação direta entre o evento de rompimento com a presença de metais pesados no solo, uma vez que foram observadas concentrações fora da área impactada.

5.1.5. ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA

Os estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH) para a região de Mariana e Barra Longa utilizaram duas metodologias:

- a. Diretrizes do Ministério da Saúde (MS), desenvolvida pela **Ambios Engenharia e Processos Ltda.**, em setembro de 2018, para a região de Mariana - MG; e
- b. USEPA, desenvolvida pela **EPA Engenharia de Proteção Ambiental Ltda.**, em outubro de 2018, para a região de Barra Longa - MG.

Nos seguintes tópicos serão discutidos cada estudo desenvolvido.

5.1.5.1. Avaliação de Risco a Saúde Humana MS

A **Ambios** foi contratada pela **Fundação RENOVA** em julho de 2018 para a elaboração do estudo de ARSH para a região de Mariana. A metodologia utilizada foi a definida pelo documento “Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos” (Brasil, 2010), elaborado pelo Ministério da Saúde. Essa metodologia é específica para o setor da saúde, dividindo o escopo de avaliação em Ambiente, Social e Saúde. Essa organização estabelece as prioridades de atuação do setor de saúde em frente as implicações para a saúde pública em decorrência de contaminação ambiental.

O estudo para essa metodologia é dividido em sete etapas:

- Levantamento e Avaliação da Informação do Local;
- Levantamento das Preocupações da Comunidade;
- Seleção de Contaminantes de Interesse;
- Mecanismos de Transporte;
- Identificação e Avaliação das Rotas de Exposição;
- Determinação de Implicações para a Saúde Pública;
- Determinação de Conclusões e Recomendações.

A **Ambios** separou o trabalho em três fases. A FASE I, referente a localidade de Mariana e Barra Longa, é separada em quatro produtos, sendo três relatórios parciais e um relatório final.

1º Relatório Parcial

No 1º relatório parcial, de setembro de 2018, a **Ambios** apresenta seu conteúdo em três partes principais: 1) registro de atividades de reconhecimento de áreas a serem avaliadas na amostragem ambiental do município de Mariana/MG; 2) validação dos dados existentes disponibilizados pela **Fundação RENOVA**; 3) plano de amostragem ambiental e métodos de amostragem ambiental, segundo a metodologia MS.

O capítulo V do relatório envolve o levantamento de dados referentes a caracterização sócio demográfica do município de Mariana - MG, como o histórico e localização dos distritos Santa Rita Durão, Monsenhor Horta, Camargos, Claudio Manoel e Furquim, a caracterização da população, bases salariais, economia, escolaridade e expectativa de anos de estudo.

Nesse item, também foram levantados os dados referentes aos dados geocológicos de Mariana, discriminando-os em geologia, clima, geomorfologia, pedologia e vegetação.

O capítulo VII do relatório faz uma avaliação sobre a relevância dos relatórios disponibilizados pela **Fundação RENOVA** para o desenvolvimento da ARSH-MS.

O Capítulo VI do relatório apresenta sobre o plano de amostragem ambiental realizado em Mariana - MG pela Ambios. Nesta etapa foi realizada a visita de reconhecimento aos distritos de Mariana, para seleção dos pontos de amostragem. O ponto inicial de amostragem foi o distrito de Bento Rodrigues e o final no limite entre Mariana e Barra Longa. Para cada tipo de amostra, foram consideradas suas respectivas premissas de escolha de local e procedimento de amostragem. A **Tabela 1** apresenta as amostras de diversos tipos coletadas.

Tabela 1 - Consolidação de Amostras Realizadas pela AMBIOS para Estudo de ARSH MS

COMPARTIMENTO	QUANTIDADE DE AMOSTRAS	CRITÉRIO DE ESCOLHA DE PONTO DE AMOSTRAGEM
Sedimento	10	Sedimentos são localizados preferencialmente em áreas de menor velocidade de fluxo das drenagens, onde ocorre a deposição de material particulado mais leve, e de menor granulometria, carreadores principais dos contaminantes, orgânicos ou metálicos. Adicionalmente, numa perspectiva de pior cenário , buscou-se a coleta do sedimento dos 5 cm mais superficiais.
Água superficial	10	Análogo a amostragem de sedimentos. Adicionalmente, numa perspectiva de pior cenário , buscou-se a coleta de amostras de água superficial em áreas onde se observe a existência da lama de rejeitos nas margens.
Água subterrânea	7	Locais com influência de lama.
Água de consumo humano	10	
Solo superficial	9	Profundidade máxima de 10 cm. Adicionalmente, numa perspectiva de pior cenário , coleta em locais com lama, de cultivo e pastagem.
Poeira domiciliar	25	Em residências, principalmente próximas a depósitos de lama.
Leite bovino	6	Áreas com influência direta ou indireta do impacto (poeira, lama, etc).
Ovo de galinha	7	
Vegetais	18	Áreas com presença de lama.

Fonte: Ambios (2018).

2º Relatório Parcial

O 2º relatório parcial da Ambios, de dezembro de 2018, apresenta de destaque em seu conteúdo os contaminantes de interesse, seus mecanismos de transporte e de exposição, bem como as preocupações da comunidade com sua saúde.

A determinação dos contaminantes de interesse foi realizada por meio de comparação dos resultados analíticos obtidos da campanha de amostragem com os valores de referência de cada compartimento ambiental. Os valores de referência usados pela equipe da Ambios em todas as fases de estudo de ARSH nas localidades atingidas pelo rompimento de barragem foram:

- c. Águas para consumo humano e água superficial: Padrão de potabilidade da Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde
- d. Alimentos: ANVISA - RDC Nº 42/2013 e FAO - CODEX ALIMENTARIUM
- e. Sedimentos: Resolução CONAMA No 454/2012
- f. Solo: Resolução CONAMA No 420/2009 - Valor de Prevenção de acordo com seu Artigo 3, Parágrafo III.
- g. Poeira Domiciliar: Resolução CONAMA No 420/2009 - Valor de Prevenção de acordo com seu Artigo 3, Parágrafo III.

A partir desse método, o Capítulo IV do 2º relatório parcial da Ambios apresenta os contaminantes de interesse por compartimento. A **Tabela 2** apresenta o resumo dos resultados para os municípios de Mariana e Barra Longa - MG.

Tabela 2 - Resumo dos Resultados obtidos pela AMBIOS para Estudo de ARSH MS

COMPARTIMENTO	CONTAMINANTE DE INTERESSE
Sedimento	Cádmio
Água de consumo humano	Cádmio e Chumbo
Solo superficial	Cádmio
Poeira domiciliar	Cádmio, Cobre, Níquel e Zinco

Fonte: Ambios (2018).

Os Capítulos V e VI do relatório parcial apresentam as avaliações referentes ao mecanismo de transporte dos contaminantes de interesse e a identificação e avaliação das rotas de exposição, respectivamente. Como produto desses capítulos, foi criada um resumo das rotas de exposição, apresentado na **Tabela 3**.

Tabela 3 - Consolidação das Rotas de Exposição desenvolvidas pela AMBIOS para Estudo de ARSH MS

	Alimentos	Águas	Solos	Sedimento	Poeira
Fonte	Solo Contaminado	Água superficial e subterrânea	Solo superficial contaminado	Solo superficial contaminado	Solo superficial contaminado
Meio Ambiente	Tubérculos e Raízes	Água de Consumo Humano	Solo Contaminando e Poeira	Fauna Aquática Contaminada	Poeira Domiciliar
Ponto de Exposição	Local de consumo	Nas residências e outro local de consumo	Nas residências e outro local de consumo	Local de consumo da fauna aquática contaminada	Residências a até 1,5 Km a partir da emissão na direção dos ventos predominantes
Via de Exposição	Ingestão	Ingestão, contato dérmico	Ingestão, inalação e contato dérmico	Ingestão da fauna aquática contaminada	Ingestão involuntária e inalação
População Receptora	Consumidores de alimento	Consumidores de Águas Contaminadas	Residentes e pessoas com atividades nessas áreas	Consumidores da fauna aquática contaminada	Residências a até 1,5 Km a partir da emissão na direção dos ventos predominantes
Tempo	Futuro	Passado e Presente	Passado e Presente	Futuro	Passado, Presente e Futuro

Fonte: Ambios (2018).

Por último, o 2º relatório parcial trata, no segundo Capítulo VI (há dois capítulos VI no relatório), sobre as preocupações da comunidade com sua saúde. Para tal, foram realizadas entrevistas no município de Mariana - MG, nos distritos de Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo, Paracatu de Cima e Águas Clara, Borba, Pedras, e Campinas. A metodologia aplicada para o levantamento foi a identificação dos interlocutores da comunidade e a entrevista realizada por meio de questionários semiestruturados.

Como resultado do levantamento, as preocupações foram separadas nas categorias de saúde mental, impacto sobre a saúde física, consumo de água e alimentos e condições à qualidade de vida da população atingida.

Analogamente, foi realizada o mesmo estudo no município de Barra Longa - MG, chegando aos mesmos resultados de categorias de Mariana.

Relatório Final

O Relatório Final da **Ambios**, de março de 2019, contém informações referentes aos relatórios parciais e recomendações para cada área avaliada. Afirma que o propósito da avaliação de saúde é determinar as implicações para a saúde no local, discussão e recomendações para a condução de estudos de saúde e/ou ambientais futuros, identificação de ações necessárias para eliminação, mitigação e prevenção de efeitos adversos à saúde.

O método adotado para ARSH classifica o nível de perigo em 04 categorias: A. Perigo urgente para a Saúde Pública; B. Perigo para a Saúde Pública; C. Perigo Indeterminado para a Saúde Pública; D. Não há perigo para a Saúde Pública. Para isso, considera rotas potenciais de exposição humana, comparação dos níveis encontrados com as normas de saúde e avaliação de efeitos sobre a saúde da comunidade em questão. Determina-se se devem ser tomadas ações para eliminar ou reduzir a exposição humana às substâncias perigosas no local, se são necessárias informações adicionais sobre a exposição humana e riscos de saúde associados, e como devem ser obtidas essas informações: via amostragem ambiental, estudos epidemiológicos, programas de vigilância de saúde, etc.

O Capítulo VII: Conclusões e Recomendações indica que *“existiu, existe, e poderá haver rotas de exposição completas a uma ou mais substâncias carcinogênicas ou com potencial carcinogênico por mecanismo genotóxico”*. E/ou que *“Existiu, existe e poderá haver rotas de exposição completas a uma ou mais substâncias com efeitos tóxicos sistêmicos em níveis acima dos valores de referência”*;

- Categoria de Perigo para a Saúde Humana nos Municípios de Mariana e Barra Longa

No município de Mariana foram considerados como contaminantes de interesse: cádmio, como rota de exposição completa o solo superficial e poeira domiciliar. Para chumbo, cobre e zinco considera-se como rota de exposição completa a poeira domiciliar.

No município de Barra Longa foram considerados como contaminantes de interesse: cádmio, como rota de exposição completa o solo superficial e poeira domiciliar. Para níquel, cobre e zinco com rota de exposição completa a poeira domiciliar.

Em relação às doses de exposição, o relatório conclui que para cádmio, para as partículas oriundas do solo superficial e poeira domiciliar contaminados, a concentração está acima dos

limites de risco mínimo à saúde para todas as faixas etárias em Barra Longa e para crianças de até 11 anos em Mariana. Considera que as estimativas de exposição ao cádmio nas faixas etárias acima de 11 anos em Mariana estão subestimadas pela impossibilidade de cálculo da dose de exposição a partir da inalação de partículas de poeira ou absorção dérmica das mesmas.

Para o cobre, através de partículas oriundas da poeira domiciliar contaminada, está no limite de risco mínimo à saúde de exposição intermediária para crianças de até 01 ano em Mariana. Considera o cenário de exposição em Mariana como crônico, onde não há limite de risco mínimo (MRL) ou dose de referência (RfD).

Para chumbo, ao considerar a ingestão através de partículas oriundas da poeira domiciliar em Mariana, não existe limite de risco mínimo (MRL) ou dose de referência (RfD) estabelecidos para exposição humana.

Para níquel no município de Barra Longa o nível de risco mínimo (MRL) existente é para exposição crônica por via inalatória. Alerta que não é possível calcular a dose de exposição a partir da inalação das partículas de poeira.

Indica que houve impacto adverso na saúde humana e requer rápida intervenção. Relaciona à ardência e irritação ocular, irritação cutânea, e sintomas respiratórios ao contato ou inalação com poeiras contendo níquel.

Informa que o EPISUS (2016) *apud* Ambios (2019) reporta que os atendimentos por IVAS (Infecções de Vias Aéreas Superiores) nos últimos 6 meses de 2016 é 60% superior a todo o ano de 2015, e relaciona a poeira proveniente do rejeito da barragem. Relata 23% mais atendimentos entre julho e maior de 2018 (EPISUS, 2018, *apud* Ambios, 2019).

- Classificação da Categoria de Perigo para a Saúde Humano nos Municípios de Mariana e Barra Longa

A área foi classificada como **Local de Perigo Categoria A: Perigo urgente para a Saúde Pública**. Conclui que existe perigo para a saúde das populações expostas aos contaminantes definidos através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou poeira domiciliar contaminadas.

- Recomendações de Ações de Saúde

O relatório propõe 10 ações para os municípios de Mariana e Barra Longa:

- i. Estruturação de um Programa de Atenção e Vigilância à Saúde inserido no âmbito do Sistema Único de Saúde e dos Programas de Atenção Básica e de Saúde da Família de cada município, abrangendo ações de promoção, prevenção, assistência e vigilância da saúde. Para a estruturação deste Programa devem ser realizadas as seguintes ações;
- ii. Identificação e cadastramento de todos os moradores das zonas urbana e rural do município de Barra Longa, considerando a exposição disseminada nestas áreas aos contaminantes definidos, através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas;
- iii. Identificação e cadastramento de todos os moradores das localidades do município de Mariana, onde se constate exposição aos contaminantes definidos, através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas;
- iv. Elaboração do perfil sociodemográfico, de condições de vida e saúde e história de exposição incluindo informações sobre o local e distância da residência do leito do rio e o tempo de residência no local;
- v. Inclusão em um protocolo assistencial o qual deve prever;
- vi. Análise laboratorial dos Indicadores biológicos de exposição e de efeito para os compostos determinados como contaminantes de interesse: chumbo, cádmio, níquel, cobre e zinco, nas matrizes biológicas padronizadas nacionalmente. É necessário que se estabeleçam laboratórios de referência que realizem estrito controle de qualidade de seus procedimentos;
- vii. Implantação e implementação de uma rede de prevenção e assistência aos processos de sofrimento psíquico e adoecimento mental, com suporte profissional e oferta de atividades de promoção da saúde;
- viii. Sensibilização e capacitação das Equipes de pré-natal para a atenção à gestação e parto com particular vigilância ao crescimento e desenvolvimento intrauterino, parto e período neonatal;

- ix. Para a faixa etária infantil, desde o nascimento, deve ser previsto a avaliação e monitoramento do desenvolvimento neuromotor, cognitivo e psicológico. Implantação de uma rede para o desenvolvimento de atividades de promoção da saúde e de estímulo ao desenvolvimento infantil;
 - x. Deve ser estabelecido um padrão de periodicidade para o monitoramento clínico dos grupos populacionais expostos, assim como para o biomonitoramento da exposição aos contaminantes listados. Recomenda-se que o monitoramento clínico-laboratorial deva ser realizado pelo período mínimo de 10 anos.
- **Recomendações de Ações de Ambientais**

Quanto às recomendações de ações ambientais propostas, têm-se 1) a higienização das residências nas localidades atingidas pela lama de rejeitos, em relação à poeira contaminada e 2) o monitoramento do solo superficial nas áreas de ocorrência da deposição da lama de rejeito e nas suas proximidades.

A poeira domiciliar foi determinada como uma rota de exposição completa pelos metais cádmio, chumbo, cobre, zinco e níquel. Enquanto isso, estudos da AMBIOS determinou o consumo de vegetais cultivados nesse solo como uma potencial rota de exposição.

Outras recomendações foram a 3) remoção e disponibilização adequada da lama de rejeitos das áreas atingidas, ou quando estas foram inviabilizadas, 4) executar medidas de mitigação e remediação. Essas medidas consistiriam no monitoramento das ações no solo. Ainda, 5) monitorar permanentemente as águas para consumo humano em todas as formas de captação, que foram classificadas como rotas futuras potenciais, e, 6) desenvolver estudos criteriosos sobre os organismos aquáticos comestíveis, haja vista a biodisponibilidade de metais pesados no meio onde esses organismos vivem.

5.1.5.2. Avaliação de Risco a Saúde Humana USEPA

A avaliação de risco a saúde humana realizada através da metodologia da USEPA foi conduzida pela **EPA Engenharia de Proteção Ambiental Ltda.** e finalizado em outubro de 2018.

O estudo teve caráter piloto na avaliação de riscos à saúde humana (principal objetivo do trabalho) e foi dividido em seis etapas: Coleta, avaliação e validação dos dados; Avaliação da exposição; Análise da toxicidade; Caracterização dos riscos; Medidas de intervenção; e Gerenciamento e comunicação dos riscos.

A área piloto para a metodologia da avaliação de risco à saúde humana, referente à planície de inundação do Rio Gualaxo do Norte, apresenta, aproximadamente, 7 km de extensão e está a cerca de 65 km da Barragem do Fundão, no município de Barra Longa.

Além destas etapas foram levantadas várias informações preliminares sobre a região, realizando uma caracterização detalhada do meio físico, com a localização da área, descrição de todas as unidades geológicas encontradas na região bem como a evolução geotectônica destas unidades e a relação entre elas e também uma breve descrição do uso e ocupação regional.

Outra revisão bibliográfica realizada no estudo é sobre o *background* geoquímico da área, fornecendo as concentrações basais (de *background*) para possibilitar uma comparação pré e pós desastre, muito importante para a elaboração de um modelo conceitual robusto.

Para geração dos dados ambientais necessários para a ARSH, foi realizada uma nova campanha de investigações complementares, composta por:

- 72 pontos de *screening* por espectrometria de fluorescência de raio-X (FRX) objetivando-se o posicionamento das sondagens;
- 21 sondagens a trado manual;
- Amostragem de solo da área afetada;
- Instalação de 21 poços de monitoramento com amostragem de água subterrânea;
- Amostragem de sedimentos em 5 pontos da área afetada;
- Amostragem de água superficial em 5 pontos do Rio Gualaxo do Norte;
- Amostragem de 13 pontos de abastecimento doméstico de água;
- Realização de ensaios de permeabilidade em 10 poços de monitoramento instalados;

- Levantamento topográfico planialtimétrico.

Todos estes dados foram compilados para então definir os valores de concentração das SQI e suas distribuições espaciais, que será a base da avaliação de risco à saúde humana e definir o modelo conceitual da região.

Foram apresentados os resultados das análises de concentração das SQI, identificando concentrações acima de limites estabelecidos e uma tabela com as principais consequências da presença destas SQI no meio ambiente e no ser humano, finalizando com um diagrama resumo das informações apresentadas.

Conforme relatório, a área é de ocupação rural e as propriedades da região são utilizadas para a subsistência dos residentes, como criação de bovinos, suínos, equinos e galináceos e cultivos de verduras e legumes diversos. A região é cortada pelo Rio Gualaxo do Norte (principal rio da região), utilizado, antes do desastre, para dessedentação animal, o que não é mais feito na maioria dos casos, forçando a população a procurar outras nascentes não afetadas ou utilizarem água de poços semi artesianos instalados após o evento.

As estradas locais não são asfaltadas e os acessos das propriedades são de terra batida, enquanto que as casas locais são de alvenaria e predominantemente térreas, com pisos de cerâmica e janelas grandes, onde a maioria dos moradores são adultos, com algumas crianças residentes e visitantes.

Após o rompimento da Barragem do Fundão a dinâmica da área foi alterada, e a presença do rejeito proveniente da mineração localizada a montante da região faz com que ela possa ser considerada uma fonte secundária de possível contaminação.

Os elementos Bário, Arsênio, Cobalto, Cromo e Níquel foram detectados em concentrações acima dos valores de investigação agrícola ou residencial da Deliberação Normativa COPAM n° 166, nas análises de solo coletadas pelo **Grupo EPA** entre o final de 2017 e começo de 2018.

Em sedimentos os compostos acima dos limites da Resolução CONAMA n° 454 foram Arsênio e Níquel, em amostras de 2018. Já nas águas subterrâneas coletadas em poços de monitoramento instalados durante o trabalho. Bário, Cobalto, Ferro e Manganês foram detectados em frações totais e dissolvidas acima das concentrações estabelecidas na

Deliberação Normativa COPAM n° 166, enquanto que o Níquel está acima do limite apenas na fração total.

Água superficial amostrada em 2018 apresentaram concentrações de Arsênio e Manganês acima do que as estabelecidas na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n° 01.

Na região, os receptores potenciais considerados são a população residente e trabalhadores rurais, o próprio Rio Gualaxo do Norte, eventuais trabalhadores e turistas que possam vir a permanecer na área e a biota existente no entorno.

As vias de ingresso consideradas para os contaminantes entrar em contato com os seres humanos foram a inalação acidental de partículas de solo/sedimento ou de vapores, ingestão acidental de partículas de solo, sedimento, água e vegetais contaminados, contato dérmico com o solo, sedimento e água contaminada.

Ressalta-se que as SQI que apresentaram concentrações abaixo dos limites de quantificação dos laboratórios para um compartimento ambiental e, conseqüentemente abaixo dos valores de referência, foram descartadas da avaliação de riscos, com exceção dos elementos relacionados à composição do rejeito (alumínio, ferro e manganês).

A avaliação de riscos foi conduzida de forma bastante conservadora, considerando que todos os possíveis receptores se encontram sobre a área foco principal (*on site*).

Para a caracterização dos riscos foram utilizadas dois quadros, um mais conservador e outro mais verossímil, definidos como condições conservadoras e atuais, respectivamente, pela empresa contratada. A principal diferença entre os quadros é o valor da concentração utilizado no cálculo do risco, o quadro atual foi utilizado a maior concentração encontrada para cada SQI nas respectivas áreas, já no quadro conservador foi utilizado o método UCL 95% para definir a maior concentração média esperada com confiança de 95%.

Após definidos estes dois quadros, as análises foram conduzidas para os receptores “*on site*” e “*off site*” utilizando os 3 *softwares* já mencionados acima (CETESB, RBCA e RISC), avaliando os riscos para os cenários pertinentes, listados a seguir:

- a. Cenário 1 - Residencial Rural.

- b. Cenário 2 - Residencial Temporário.
- c. Cenário 3 - Trabalhador Rural.
- d. Cenários 4 e 5 - Funcionários da **Fundação RENOVA**, Prestadores de Serviços e Trabalhadores de Obras Cíveis.
- e. Cenário 6 - Rio Gualaxo do Norte - Desenquadramento do Corpo Receptor e Uso Para Atividades Recreativas.

Na planilha da CETESB foram avaliados os riscos relacionados aos solos e águas subterrâneas; no *software* da RBCA pode-se avaliar solos, águas subterrâneas e superficial para uso recreativo; e no *software* RISC foi avaliado solos e águas subterrâneas.

Os resultados obtidos para riscos carcinogênicos e não carcinogênicos são apresentados, de forma resumida, nas tabelas 69 a 107 do relatório do **Grupo EPA** e são apresentadas análises críticas e comparativas destes resultados de riscos no item 17.3 (página 494) do mesmo relatório.

Quanto a avaliação de riscos à saúde humana o relatório conclui que, para as condições atuais (quadro verossímil) os resultados para a área não afetada (*background*) indicaram riscos naturais principalmente para a ingestão de água subterrânea pelo cobalto e manganês e ingestão de vegetais pelo ferro. Já nas áreas afetadas os principais riscos estão associados à ingestão acidental de solo pelo manganês, ingestão de água subterrânea pelo cobalto, ferro e manganês, contato dérmico com água subterrânea pelo manganês e ingestão de vegetais por ferro e manganês. O rio Gualaxo do Norte foi desenquadrado da Classe 2 (água doce) devido à presença de ferro e manganês acima dos valores normativos. E pelas concentrações de arsênio, alumínio e ferro na água superficial do rio a ingestão acidental durante atividades de recreação apresentam riscos à saúde humana.

Para o quadro conservador (baseado na concentração obtida pelo UCL 95%) as modelagens indicaram riscos naturais nas áreas não afetadas (*background*) pela ingestão de água subterrânea devido à concentração de cobalto e riscos cumulativos para ingestão acidental de partículas de solo e vegetais. Na área afetada os principais riscos estão associados à ingestão acidental de solo pelo ferro, ingestão de água subterrânea pelo cobalto e manganês, contato dérmico com a água subterrânea pelo manganês e ingestão de vegetais pelo ferro. O rio Gualaxo

do Norte apresentou riscos para a ingestão de água superficial pelo arsênio, alumínio e ferro e ingestão de sedimentos pelo arsênio durante atividades de recreação.

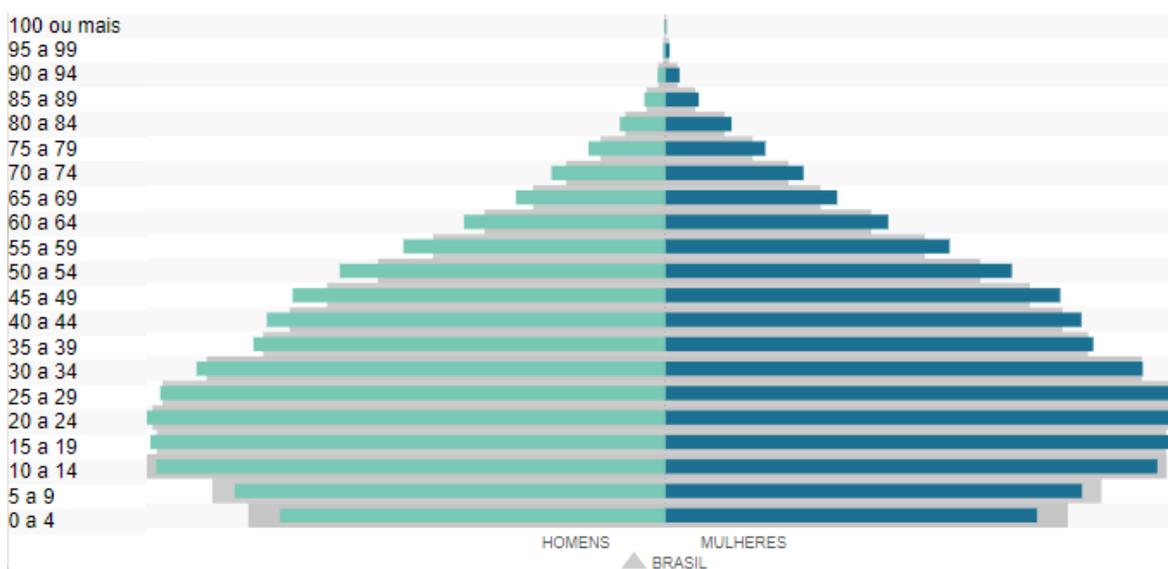
A principal recomendação feita pelo relatório não é sobre medidas de remediação ou engenharia e sim sobre a metodologia utilizada em si. Como o evento apresenta uma dimensão, tipos de fontes, mecanismos de transporte dos contaminantes incomuns esta recomendação é que seja estudada uma nova metodologia adequada para realizar a avaliação de riscos à saúde humana nas regiões afetadas pelo rompimento da barragem e elaborado um Termo de Referência Revisado específico para o evento.

5.2. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

Segundo os dados levantados no último censo realizado em 2010 pelo IBGE, a população de Minas Gerais era de 19.597.330 pessoas (segundo estado mais populoso do país), resultando em uma densidade demográfica de 33,41 habitantes por quilômetro quadrado. Deste total de aproximadamente 19,6 milhões levantado em 2010, 16,7 milhões são moradores de zonas urbanas e os demais 2,9 milhões residem em propriedades rurais.

A distribuição etária e por sexo da população é apresentada no **Gráfico 2**. A pirâmide mostra que as faixas etárias com maior número de pessoas é de 10 a 29 anos, totalizando, aproximadamente, 6,8 milhões de pessoas de ambos os sexos. A faixa etária de 25 a 29 anos marca a alternância do predomínio de indivíduos do sexo masculino para o predomínio do sexo feminino, que segue até o topo da pirâmide.

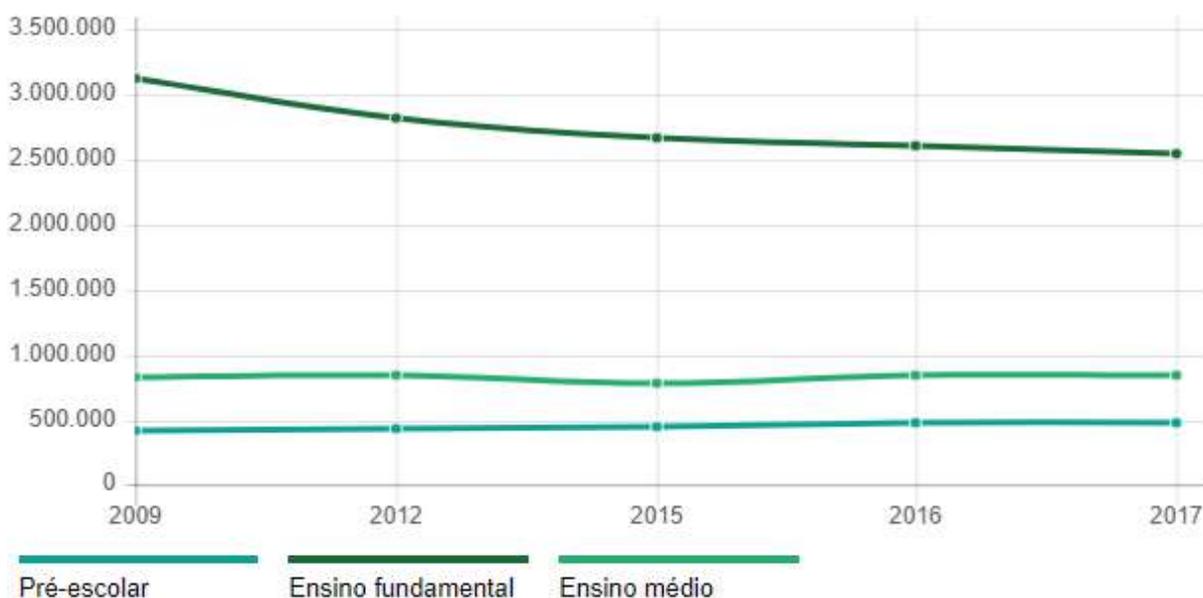
Gráfico 2 - Pirâmide etária do estado de Minas Gerais (verde e azul) em comparação com a pirâmide geral para todo o Brasil (cinza).



Fonte: IBGE (2010)

Sobre dados de educação, as matrículas realizadas foram contabilizadas em 2017 e totalizam 2.549.399 no ensino fundamental e 842.697 no ensino médio com 10.987 estabelecimentos de ensino fundamental e 3.162 de ensino médio. A série histórica destes dados mostra um decréscimo de aproximadamente 700 mil matrículas no ensino fundamental desde 2009, quando o dado estava por volta dos 3,2 milhões, já as matrículas no ensino médio e pré-escolar ficaram constantes desde então. O **Gráfico 3** mostra a evolução destes dados desde 2009.

Gráfico 3 - Número de matrículas nos ensinos fundamental, médio e pré-escolar para o estado de Minas Gerais.

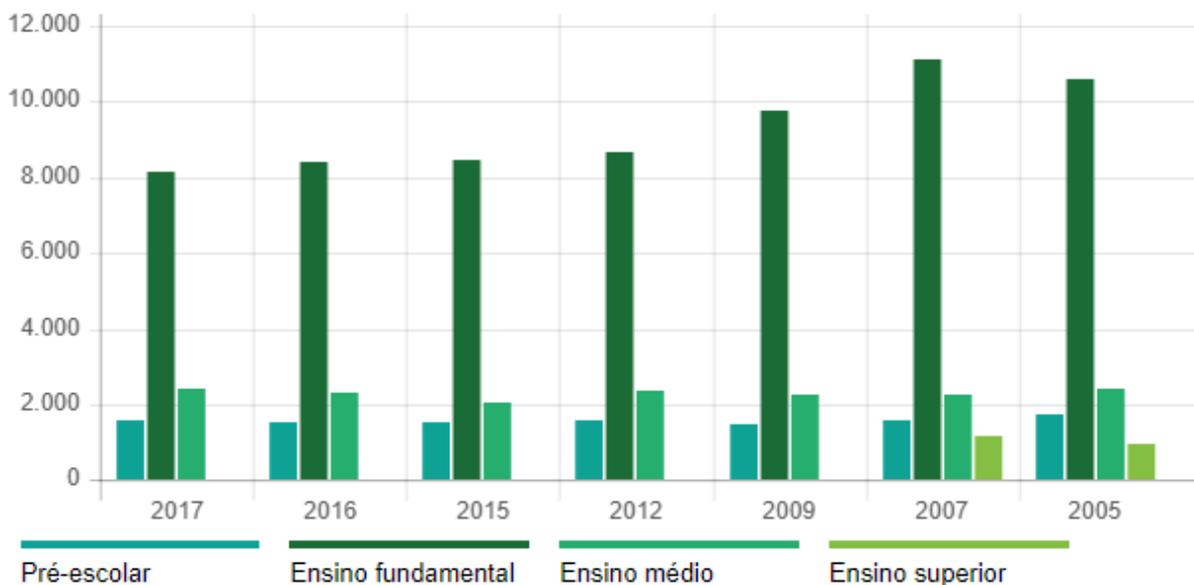


Fonte: IBGE (2009)

Especificamente no município de Mariana, a população em 2010 era de 54.219 pessoas, resultando em uma densidade demográfica de 45,40 habitantes por quilômetro quadrado, a estimativa de crescimento da população, segundo o IBGE, é de que no ano de 2018 havia 60.142 habitantes no município. O percentual da população com rendimento nominal mensal per capita de até meio salário mínimo é de 36,7%.

Na educação foram registradas 8.162 matrículas no ensino fundamental no ano de 2017, enquanto que no ensino médio este número é de 2.415. Os estabelecimentos de ensino totalizam 37 escolas de ensino fundamental e 10 de ensino médio. O **Gráfico 4** mostra as matrículas registradas desde 2005 até 2017 onde se observa o mesmo comportamento descrito para o estado de Minas Gerais como um todo, com uma diminuição das matrículas no ensino fundamental.

Gráfico 4 - Números de matrículas registradas por ano nos ensinos fundamental, médio, superior e pré-escolar para o município de Mariana.



Fonte: IBGE (2017)

Os últimos dados referentes à saúde em Mariana mostram uma mortalidade infantil de 12,67 óbitos por mil nascidos vivos (dados de 2014), já os estabelecimentos de saúde do SUS no município são, ao todo, 35 unidades (dados de 2009), e em 2016 foram registrados 0,8 internações por diarreia por mil habitantes.

Dados de 2010 mostram que o município apresenta 78% de esgotamento sanitário adequado, com arborização de vias públicas de 47,1% e urbanização de vias públicas de 34,5%.

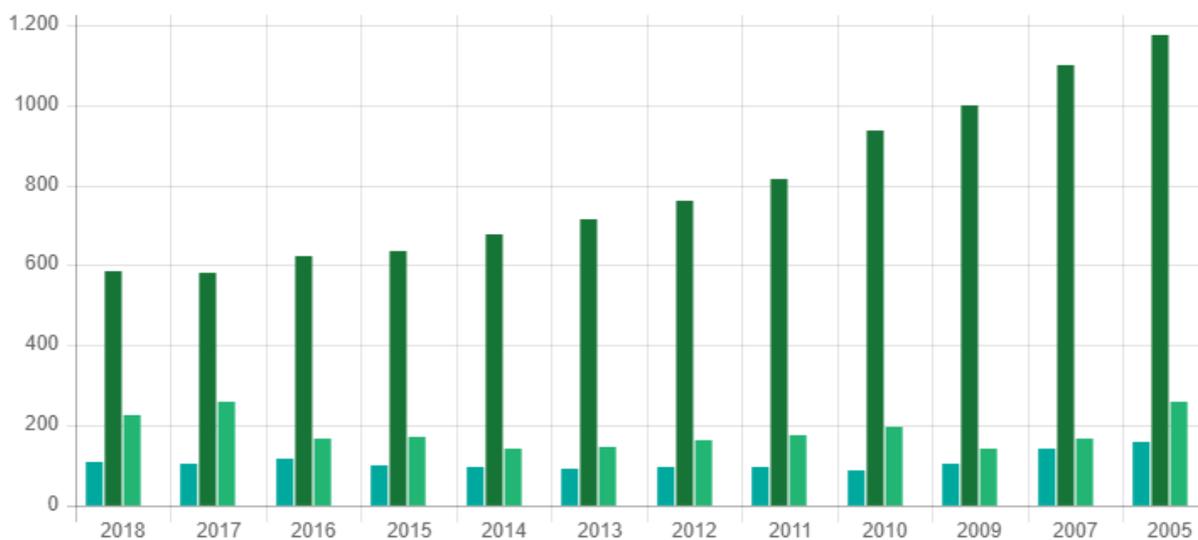
Nas questões socioeconômicas, o PIB per capita (2016) é de 35.859,82 reais. O índice de desenvolvimento humano (2010) é de 0,742. O total de receitas realizadas (2017) é de R\$ 309.158,77 (x1000) e o total de despesas empenhadas (2017) é de R\$ 257.822,34 (x1000).

Para o município de Barra Longa, a população em 2010 era de 6.143 pessoas, resultando em uma densidade demográfica de 16,01 habitantes por quilômetro quadrado. A estimativa da população, segundo o IBGE, é de 5.250 habitantes no ano de 2018. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total é de 8,9% (502) pessoas no ano de 2017. O percentual da população com rendimento nominal mensal per capita de até meio salário mínimo (2010).

Na educação foram registradas 586 matrículas no ensino fundamental no ano de 2018, enquanto que no ensino médio este número é de 227. Os estabelecimentos de ensino totalizam

12 escolas de ensino fundamental e 1 de ensino médio. O **Gráfico 5** mostra as matrículas registradas desde 2005 até 2017 onde se observa o mesmo comportamento descrito para o estado de Minas Gerais como um todo, com uma diminuição das matrículas no ensino fundamental.

Gráfico 5 - Números de matrículas registradas por ano nos ensinos fundamental, médio, superior e pré-escolar para o município de Barra Longa.



Fonte: IBGE (2018)

Os últimos dados referentes à saúde em Barra Longa mostram uma mortalidade infantil de 19,23 óbitos por mil nascidos vivos (dados de 2017), já os estabelecimentos de saúde do SUS no município são, ao todo, 04 unidades (dados de 2009), e em 2016 foram registrados 0,4 internações por diarreia por mil habitantes.

Dados de 2010 mostram que o município apresenta 60,9% de esgotamento sanitário adequado, com arborização de vias públicas de 24,2% e urbanização de vias públicas de 43,8%.

Nas questões socioeconômicas, o PIB per capita (2016) é de 12.061,73 reais. O percentual das receitas oriundas de fontes externas (2015) é de 93,8%. O índice de desenvolvimento humano (2010) é de 0,624. O total de receitas realizadas (2017) é de R\$ 19.109,25 (x1000) e o total de despesas empenhadas (2017) é de R\$ 16.229,08 (x1000).

5.2.1. RELATÓRIO DESCRITIVO: PERFIL DE MORBIMORTALIDADE DOS AGRAVOS E DOENÇAS, DOS ÚLTIMOS 10 ANOS, ANTES DA OCORRÊNCIA DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO FUNDÃO

O relatório descritivo elaborado pela **MOTA & ALMEIDA** em 2017 e intitulado “Relatório Descritivo: Perfil de Morbimortalidade dos Agravos e Doenças, dos Últimos 10 Anos, antes da ocorrência do Rompimento da Barragem do Fundão” tem como objetivo geral descrever o perfil de morbimortalidade dos agravos e doenças, considerando os últimos 10 anos, antes da ocorrência do rompimento da Barragem, ou seja, do ano de 2005 a 2015.

O relatório executa um levantamento de dados para os municípios inseridos no Estado de Minas Gerais e no Estado do Espírito Santo, totalizando 40 municípios. Foram utilizados os dados disponibilizados pelo DATASUS, o Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde.

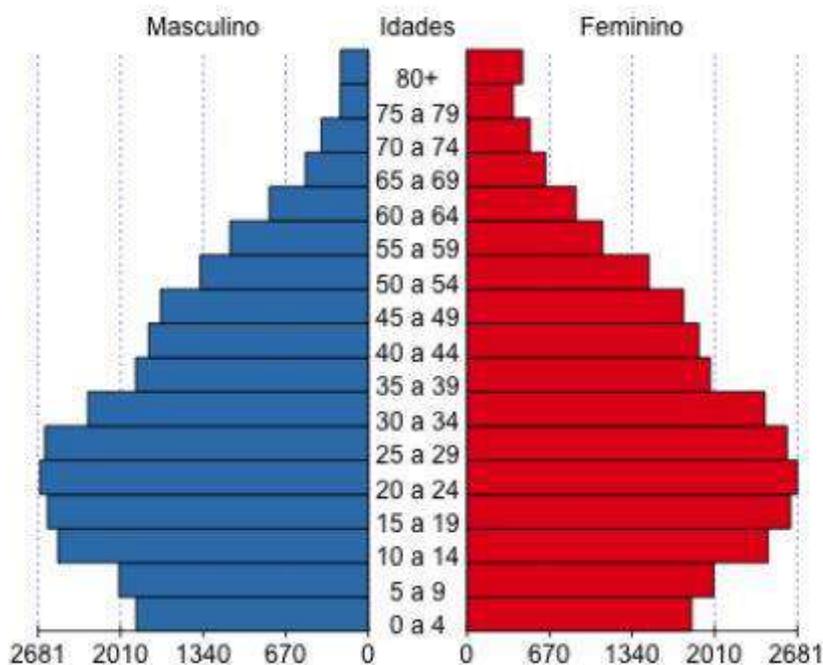
Para o município de Mariana, o censo realizado em 2010 reporta uma população de 54.219 pessoas, sendo 26.583 do sexo masculino e 27.636 do sexo feminino (Figura 22). A pirâmide etária reporta um estreitamento da sua base, que representaria uma diminuição na taxa de fecundidade (Figura 23).

Figura 22 - População do município de Mariana por faixa de sexo e faixa etária referente ao censo de 2010. Extraído de MOTA & ALMEIDA (2017)

FAIXA ETÁRIA	MASCULINO	FEMININO
0 a 4	1.885	1.823
5 a 9	2.024	2.004
10 a 14	2.520	2.443
15 a 19	2.605	2.626
20 a 24	2.665	2.681
25 a 29	2.625	2.598
30 a 34	2.277	2.419
35 a 39	1.888	1.974
40 a 44	1.783	1.881
45 a 49	1.685	1.757
50 a 54	1.364	1.477
55 a 59	1.122	1.100
60 a 64	802	884
65 a 69	509	636
70 a 74	380	511
75 a 79	226	374
80+	223	448
Total	26.583	27.636
	54.219	

Fonte: IBGE, Censo 2010.

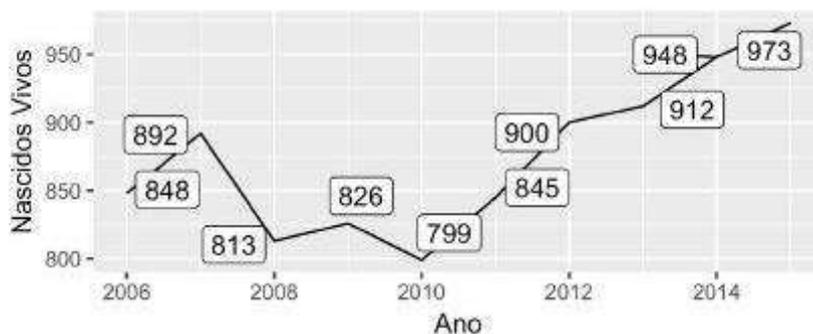
Figura 23 - População do município de Mariana conforme pirâmide faixa etária referente ao senso de 2010. Extraído de MOTA & ALMEIDA (2017)



Fonte: IBGE, Censo 2010.

Considerando o número de nascidos vivos (Figura 24) para o período entre 2006 e 2015 verifica-se queda de 892 para 799 nascidos vivos entre 2007 e 2010, e aumento entre 2010 e 2015, atingindo 973 nascidos vivos.

Figura 24 – Número de nascidos vivos para o município de Mariana para o período entre 2006 e 2015. Extraído de MOTA & ALMEIDA (2017)



Fonte: DATASUS, SINASC.

Os dados de morbimortalidade (Figura 25) avaliados para o período de 2006 a 2015 apontam que cinco causas de morte remetem a cerca de 75% das mortes. O principal grupo foi

o de *doenças do aparelho circulatório*, responsável por 25% das mortes no período, seguido por *sintomas, sinais e achados anormais de exames clínicos e de laboratório, não classificados em outra parte, neoplasias, doenças do aparelho respiratório*, e por *causas externas de morbidade e mortalidade*.

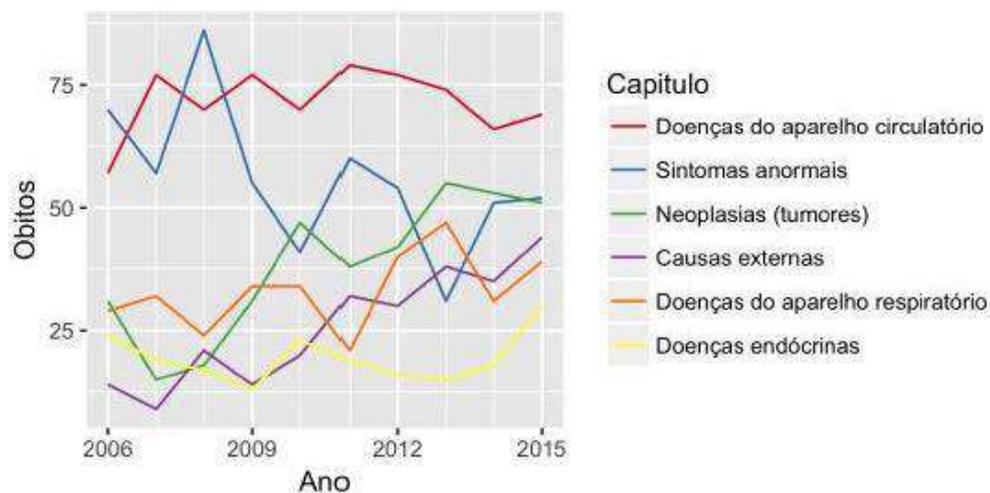
A ausência de diagnósticos (sintomas, sinais e achados anormais de exames clínicos e de laboratório, não classificados em outra parte) reduziu entre 2008 e 2015, e por consequência os diagnósticos supracitados aumentaram, com exceção das doenças do aparelho circulatório que não houve alteração.

Figura 25 - Causas básicas de mortalidade para o município de Mariana para o período entre 2006 e 2015. Extraído de MOTA & ALMEIDA (2017)

CAUSA BASICA DE MORTE	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL	%
Doenças do aparelho circulatório	57	77	70	77	70	79	77	74	66	69	716	24,4%
Sintomas anormais	70	57	86	55	41	60	54	31	51	52	557	19,0%
Neoplasias (tumores)	31	15	18	31	47	38	42	55	53	51	381	13,0%
Doenças do aparelho respiratório	29	32	24	34	34	21	40	47	31	39	331	11,3%
Causas externas	14	9	21	14	20	32	30	38	35	44	257	8,8%
Doenças endócrinas	24	19	17	13	23	19	16	15	18	30	194	6,6%
Doenças infecciosas e parasitárias	28	19	19	9	6	15	12	8	10	6	132	4,5%
Doenças do aparelho digestivo	9	6	21	12	19	10	12	13	12	15	129	4,4%
Doenças do aparelho geniturinário	7	2	6	5	2	4	7	11	2	10	56	1,9%
Doenças do período perinatal	10	8	4	3	5	6	3	2	6	5	52	1,8%
Doenças do sistema nervoso	4	2	5	6	7	5	0	5	3	5	42	1,4%
Transtornos mentais	6	3	2	2	5	4	4	5	0	1	32	1,1%
Malformações congênitas	3	2	2	0	1	3	8	2	5	1	27	0,9%
Doenças do sangue	3	3	1	1	2	1	6	0	0	1	18	0,6%
Doenças osteomusculares	0	0	0	1	2	0	0	1	2	0	6	0,2%
Doenças da pele	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	5	0,2%
Gravidez, parto e puerpério	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0%
Total	295	254	298	263	285	298	312	307	295	329	2.936	100,0%

Fonte: DATASUS, SIM.

Figura 26 – Principais causas básicas de mortalidade para o município de Mariana para o período entre 2006 e 2015. Extraído de MOTA & ALMEIDA (2017)



Fonte: DATASUS, SIM.

Para as doenças de notificação compulsória (Figura 27), no período de 2006 a 2015, no município de Mariana foram notificados 2.410 casos de *atendimento anti-rábico humano* e 2.095 casos de *varicela*. Notificações de menor incidência remetem a *dengue* (824), *esquistossomose* (640) e *acidente por animais peçonhentos* (692). A lista completa consta na

Figura 27 - Doenças de notificação compulsória por ano para o município de Mariana para o período entre 2006 e 2015. Extraído de MOTA & ALMEIDA (2017)

Tabela 54 - Mariana, Doenças de notificação compulsória por ano

ITENS	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL
Acidente por animais peçonhentos	36	29	38	52	98	110	55	86	84	104	692
Atendimento anti-rábico humano	67	124	165	206	420	368	263	264	234	299	2.410
Coqueluche	0	0	0	0	0	0	6	1	2	1	10
Dengue	5	19	74	25	113	57	35	400	34	62	824
Doenças de chagas aguda	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Doenças exantemáticas	2	4	10	3	8	2	2	2	1	1	35
Esquistossomose	0	0	146	101	314	78	0	1	0	0	640
Febre amarela	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Febre maculosa	0	0	2	0	0	2	0	0	4	1	9
Hanseníase	1	1	3	0	4	0	1	1	2	0	13
Hepatites virais	2	8	2	0	4	2	2	0	1	6	27
Intoxicações exógenas	0	0	0	0	20	112	68	96	37	95	428
Leishmaniose tegumentar	0	5	1	1	12	4	1	3	0	0	27
Leishmaniose visceral	5	12	7	1	20	0	1	0	1	0	47
Leptospirose	3	0	2	0	0	0	3	0	1	8	17
Malaria	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	4
Meningite	2	0	3	1	10	16	7	12	5	4	60
Rotavírus	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
Tuberculose	22	34	21	21	26	42	19	18	12	10	225
Varicela	10	255	14	7	600	262	79	255	584	29	2.095
Violência autoprovocada	0	0	0	0	38	50	18	10	69	128	313

Fonte: DATASUS, SINAN

5.3. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

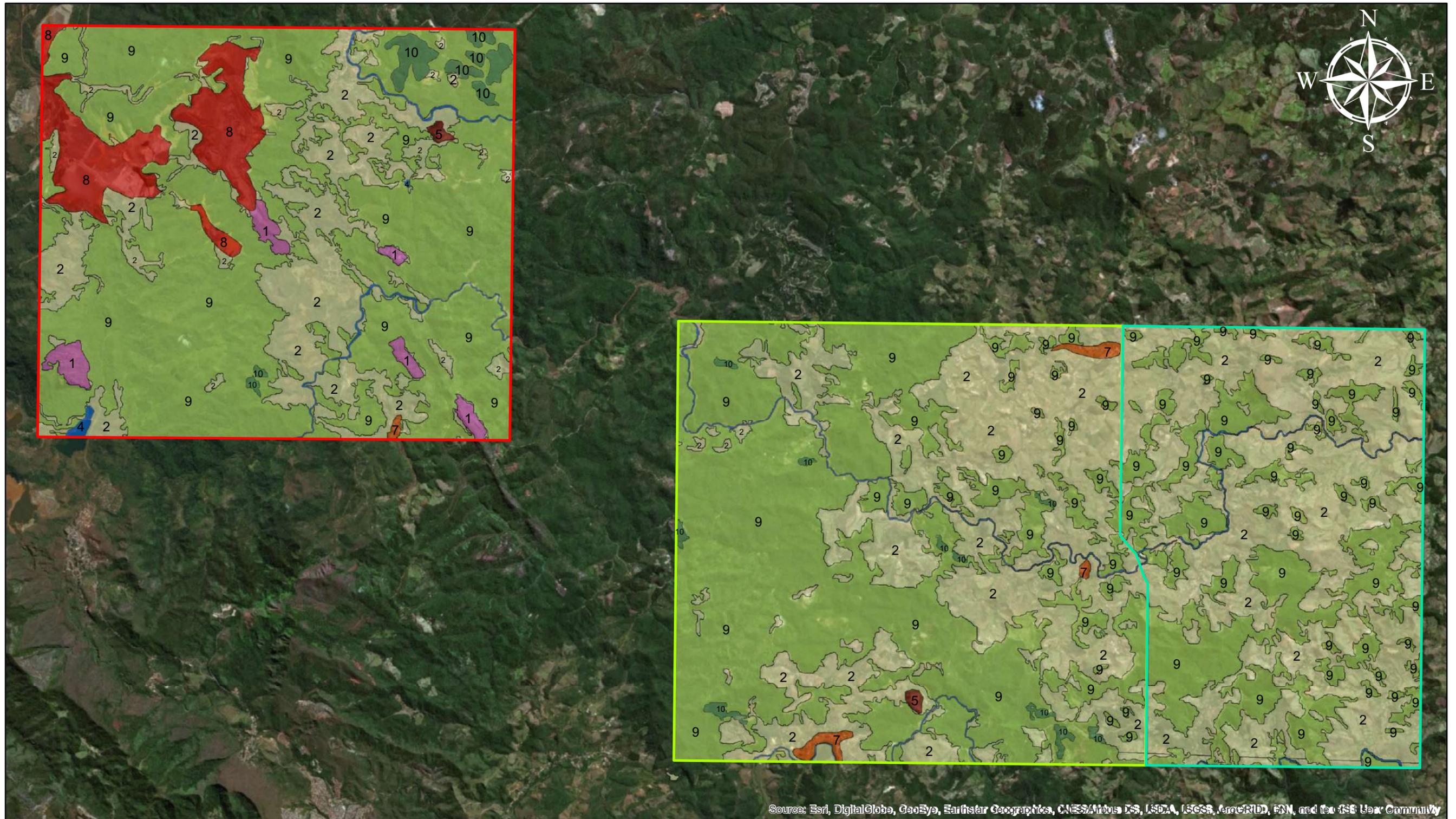
As informações referentes ao Uso e Ocupação das Áreas Alvo são fundamentadas principalmente pelo relatório técnico do **Grupo EPA**, denominado “Relatório Final de Investigação Ambiental Complementar e Execução de Avaliação de Risco à Saúde Humana (Método ATSDR) - Mariana - MG” (2009).

As Áreas-Alvo são compostas majoritariamente por vegetação nativa densa e grandes áreas de pastagens, com pequenas concentrações de residências. O uso do solo se dá principalmente por atividades rurais, como a agricultura (com cultivo de milho, mandioca, alface e cebolinha por exemplo) e a pecuária de subsistência (com destaque a criação de bovinos, galináceas, suínos e equinos). Além disso existe uma grande área voltada para mineração na Área-Alvo 1. Vale citar também as áreas de reflorestamento e os grandes afloramentos rochosos.

A infraestrutura da comunidade é constituída, de maneira geral, de vias não asfaltadas e o fornecimento de água para consumo humano, atividades domésticas e criação de animais é proveniente de nascentes localizadas nas escarpas ao redor das propriedades. As propriedades verificadas pela equipe do Grupo EPA são fundadas principalmente por alvenaria e a coleta de esgoto é caracterizada por despejo em córregos ou fossas.

A distribuição de residências é variada. Em menor número são as propriedades localizadas próximas ao leito do rio, e estão relacionadas às atividades que utilizam a água do próprio rio ou de córregos, como atividades de lazer, dessedentação animal e, em menor número, plantio de vegetais para consumo humano. A maior concentração de propriedades se encontra um pouco mais distante do rio, sendo residências, plantios e criação de animais.

A **Figura 28** apresenta o mapa de Uso e Ocupação do Solo.



Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Legenda

- 1 Afloramento Rochoso
- 2 Pastagem
- 3 Vegetação Nativa
- 4 Água
- 5 Áreas Abertas (úmidas + Secas)
- 6 Áreas Agrícolas
- 7 Áreas Urbanas
- 8 Áreas de Mineração
- 9 Áreas de Reflorestamento
- 10 Vegetação Nativa

Coordinate System: SIRGAS 2000 UTM Zone 23N

FONTE: imagem de satélite do Google Earth/2018.

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.

			CLIENTE:		FIGURA N°:	
			Fundação Renova		28	
GEÓLOGOS: <small>Nome e Assinatura</small> Igor Hirayama e Tiago Manzoli <small>03 / 2019</small>			PROJETO: Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III) -- Metodologia USEPA (Rags, 1989) -- Áreas-alvo 1, 2 e 3.		FIGURA: Mapa de Uso e Ocupação do Solo	
DESENHISTA: <small>Nome e Assinatura</small> Emerson Rocha <small>03 / 2019</small>			RESPONSÁVEL: Alexandre Maximiano		ASSINATURA:	
VERIF./APROV.: <small>Nome e Assinatura</small> Alexandre Maximiano <small>03 / 2019</small>			LOGRADOURO R. João Adolfo, 118 - Sala 103 - Anhangabaú, São Paulo - SP, 01050-020		CREA: 5060882384	
FORMATO: A3	ESCALA: Gráfica	REVISÃO: 1			ÁREA EDIFICADA -	ÁREA TOTAL -

5.4. CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

5.4.1. SERVIÇOS DE CAMPO

Os serviços de campo foram executados pela **EPA Engenharia de Proteção Ambiental Ltda.** no trecho entre os distritos de Bento Rodrigues (Mariana) e Barretos (Barra Longa), durante o período de 30 de outubro a 27 de novembro de 2018, conforme reportado em seu relatório “RELATÓRIO FINAL DE INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL COMPLEMENTAR” de abril de 2019. O trecho supramencionado engloba as AA1, AA2 e AA3, considerando as RED, REI e RNE associadas as estas AA descritas e definidas no capítulo 3.

Conforme descrito no relatório supramencionado, foi adotado como procedimento para orientar o controle de qualidade da amostragem a norma ABNT NBR 16.435 (Controle da qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas - Procedimento, Ago/2015). Adicionalmente, todos os procedimentos de amostragem e controle de qualidade de campo foram descritos detalhadamente e possuem rastreabilidade a partir de cadeias de custódia, *checklist* de recebimento de amostras, fichas de campo e fotos de identificação dos serviços com UTME, UTMN, data e horário de execução do procedimento.

O **Anexo 2** apresenta os mapas de localização das amostragens.

5.4.1.1. Amostragem de Compartimentos Ambientais

Os seguintes compartimentos ambientais foram investigados por meio de coleta de amostras representativas dos Pontos de Exposição (PDE) e das áreas fontes de contaminação secundárias, distribuídas nas RED, REI e RNE das AA1, AA2 e AA3, conforme a seguir:

- Amostragem de Solo Superficial e Subsuperficial;
- Sedimentos de Rios;
- Água Superficial;
- Água Subterrânea;
- Água de Rede de Abastecimento;
- Poeira Domiciliar;

- Raspagem de Parede;
- Leite Bovino;
- Ovos;
- Frutas, Tubérculos e Hortaliças.

O laboratório para o qual foram encaminhadas todas as amostras coletadas é o **Mérieux Nutrisciences**, com sede na cidade de Piracicaba - SP. Ressalta-se que este laboratório é acreditado de acordo com a NBR ISO-IEC 17.025. As amostras de solo foram mantidas em caixas térmicas para serem encaminhadas ao laboratório, devidamente acompanhadas pela documentação da cadeia de custódia (COC).

As amostras de **solo superficial** foram nomeadas como SSP-xx-A1/EPA/18/yyyy, sendo que SSP é a sigla considerada para solo, “xx” é o número do ponto de coleta, “yyyy” é a numeração interna da amostra para controle do Grupo EPA e “A1” é o indicativo que a amostra é proveniente da circunferência. Todas as amostras “A1” de solo superficial foram enviadas para a análise laboratorial de Metais Totais (presentes na Resolução CONAMA nº 420), além de especificação de Arsênio.

As amostras de **solo subsuperficial** foram nomeadas como SSP-xx-Bz/EPA/18/yyyy, sendo que SSP é a sigla considerada para solo, “xx” é o número do ponto de coleta, “yyyy” é a numeração interna da amostra para controle do **Grupo EPA**, “B” é o indicativo que a amostra é proveniente da coleta do *liner* e “z” é o número da amostra do *liner* (iniciando com 1 e podendo ir até a numeração da quantidade de tipos litológicos verificados). Todas as amostras “Bz” de solo superficial foram enviadas para a análise laboratorial de Metais Totais (presentes na Resolução CONAMA nº 420).

A amostra de **sedimento superficial** foi nomeada como SED-xx-A1/EPA/18/yyyy, sendo que SED é a sigla considerada para sedimento, “xx” é o número do ponto de coleta, “yyyy” é a numeração interna da amostra para controle do **Grupo EPA** e “A1” é o indicativo que a amostra é proveniente da circunferência. Todas as amostras “A1” de sedimento superficial foram enviadas para a análise laboratorial de Metais Totais (presentes na Resolução CONAMA nº 420), além de especificação de Arsênio.

As amostras de **sedimento subsuperficial** coletadas dos *liners* foram nomeadas como SED-xx-Bz/EPA/18/yyyy, sendo que “B” é o indicativo que a amostra é proveniente da coleta do *liner* e “z” é o número da amostra do *liner* (iniciando com 1 e podendo ir até a numeração da quantidade de tipos litológicos verificados). Todas as amostras “Bz” de solo superficial foram enviadas para a análise laboratorial de Metais Totais (presentes na Resolução CONAMA nº 420).

As amostras de **águas superficiais** foram nomeadas como ASP-xx/EPA/18/yyyy, sendo que ASP é a sigla considerada para água superficial, “xx” é o número do ponto de coleta e “yyyy” é a numeração interna da amostra para controle do **Grupo EPA**. Todas as amostras de água superficial foram enviadas para a análise laboratorial de Metais Totais e Dissolvidos (presentes na Resolução CONAMA nº 420), além de especificação de Arsênio.

As amostras de **águas subterrâneas** foram nomeadas como ASB-xx/EPA/18/yyyy, sendo que ASB é a sigla considerada para água subterrânea, “xx” é o número do ponto de coleta e “yyyy” é a numeração interna da amostra para controle do **Grupo EPA**. Todas as amostras de água subterrânea foram enviadas para a análise laboratorial de Metais Totais e Dissolvidos (presentes na Resolução CONAMA nº 420), além de especificação de Arsênio.

Inicialmente previa-se que as amostras de águas de abastecimento fossem coletadas em torneiras nas saídas das residências ou nos registros medidores de vazão, sendo essa água proveniente da concessionária de abastecimento da região ou de caminhões pipa fornecidos pela **Fundação RENOVA**, que levava água até as propriedades. Entretanto, conforme já comentado no presente documento, ao realizarem-se as primeiras visitas às propriedades presentes nas áreas de estudo, verificou-se que a maioria delas utiliza as nascentes como água de abastecimento para as atividades domésticas e agropastoris.

As amostras de **águas de abastecimento** foram nomeadas como SAC-xx/EPA/18/yyyy, sendo que SAC é a sigla considerada para água de abastecimento, “xx” é o número do ponto de coleta e “yyyy” é a numeração interna da amostra para controle do **Grupo EPA**. Todas as amostras de água de abastecimento foram enviadas para a análise laboratorial de Metais Totais e Dissolvidos (presentes na Resolução CONAMA nº 420), além de especificação de Arsênio. Para a análise de Metais Dissolvidos, bem como para especificação de Arsênio, procedeu-se com a filtração das amostras em campo, através da utilização de filtros de metais.

As amostras de **poeira domiciliar** foram nomeadas como POE-xx/EPA/18/yyyy, sendo que POE é a sigla considerada para poeira, “xx” é o número do ponto de coleta e “yyyy” é a numeração interna da amostra para controle do **Grupo EPA**. Todas as amostras de água superficial foram enviadas para a análise laboratorial de Metais Totais (presentes na Resolução CONAMA nº 420), além de especificação de Arsênio.

As amostras de **raspagem de parede** foram nomeadas como POETINTA-xx/EPA/18/yyyy, sendo que POETINTA é a sigla considerada para poeira proveniente da tinta, “xx” é o número do ponto de coleta e “yyyy” é a numeração interna da amostra para controle do **Grupo EPA**. Todas as amostras de poeira foram enviadas para a análise laboratorial de Metais Totais (presentes na Resolução CONAMA nº 420), além de especificação de Arsênio.

As amostras de **leite** foram nomeadas como LEI-xx/EPA/18/yyyy, sendo que LEI é a sigla considerada para leite, “xx” é o número do ponto de coleta e “yyyy” é a numeração interna da amostra para controle do **Grupo EPA**. Todas as amostras de leite foram enviadas para a análise laboratorial de Metais Totais (presentes na Resolução CONAMA nº 420), além de especificação de Arsênio.

As amostras de **ovo** foram nomeadas como OVO-xx/EPA/18/yyyy, sendo que OVO é a sigla considerada para ovo de galinha, “xx” é o número do ponto de coleta e “yyyy” é a numeração interna da amostra para controle do **Grupo EPA**. Todas as amostras de ovo foram enviadas para a análise laboratorial de Metais Totais (presentes na Resolução CONAMA nº 420), além de especificação de Arsênio.

As amostras de **tubérculos** foram nomeadas como VEG-xx/EPA/18/yyyy e as amostras de hortaliças foram nomeadas como HORT-xx/EPA/18/yyyy, sendo que VEG e HORT são as siglas consideradas para tubérculos e hortaliças, respectivamente, “xx” é o número do ponto de coleta e “yyyy” é a numeração interna da amostra para controle do **Grupo EPA**. Todas as amostras de vegetais foram enviadas para a análise laboratorial de Metais Totais (presentes na Resolução CONAMA nº 420), além de especificação de Arsênio.

5.4.1.2. Procedimentos de Amostragem

5.4.1.2.1. SOLO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL

Em campo, os pontos de amostragem de solo superficial foram preparados com a retirada de gramíneas e pedras na área de coleta, atentando-se também para que os locais escolhidos estivessem distantes de áreas de disposição inadequada de lixo doméstico, os quais poderiam influenciar nos resultados analíticos.

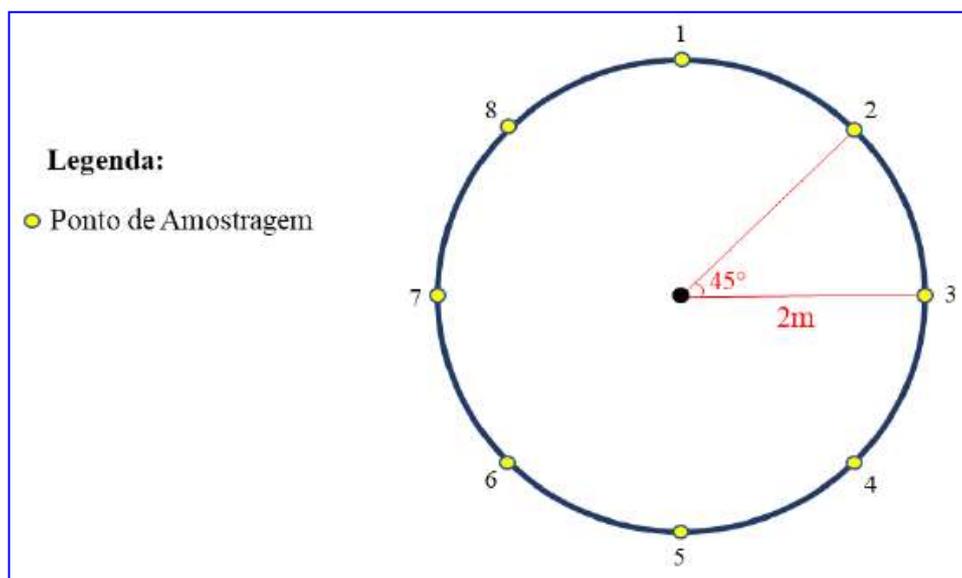
Os locais de amostragem de solo superficial foram definidos em função da produção de alimentos ou em áreas com população residente, que tenha sido impactado pela deposição de resíduos durante o evento ocorrido em 2015, ou potencialmente transformados pela dispersão atmosférica de poeira contaminada.

Em cada ponto de amostragem de solo superficial, procedeu-se com a coleta de duas maneiras distintas.

A primeira delas contemplou a delimitação de uma circunferência com 2,0 metros de diâmetro, a qual foi subdividida em 8 partes iguais, conforme indicado na **Figura 29**. Em cada uma das 8 partes realizou-se uma coleta superficial de solo por meio da utilização de um tubo de PVC com aproximadamente 10 cm, o qual foi trocado a cada ponto coletado. Essas 8 amostras provindas do círculo foram misturadas, homogeneizadas e quarteadas, sendo que para a composição da amostra do ponto de interesse, foram coletadas alíquotas de solo presentes em quadrantes opostos. Essa amostragem foi denominada como composta.

O procedimento de coleta por meio dos tubos de PVC se deu da seguinte maneira: os tubos foram cravados do solo superficial, em sentido vertical. A parte superior do tubo enterrado, faceando a superfície do solo, foi então fechada com *caps* plástico. O tubo fechado com *caps* foi retirado por meio de movimentos giratórios, ascendentes, permitindo - através do vácuo formado - sua retirada sem derrame da amostra de coletada.

Figura 29 - Delimitação da circunferência para amostragem



Fonte: Grupo EPA, 2018.

Na segunda forma de coleta de solo superficial foi realizada uma amostragem por ponto, através da técnica *Direct Push*, onde foi realizado o cravamento de amostrador metálico tubular acoplado de um amostrador descartável do tipo liner de polietileno contínuo, com amostragem estratificada até, no máximo, a profundidade de 2,0 metros, para que fosse possível a compreensão das variações das substâncias químicas de interesse (SQI's) em profundidades maiores onde não ocorreu influência do rejeito da barragem ou de particulado fino (poeira) advindas destes rejeitos. A amostragem de solo pela técnica do *Direct Push* ocorreu no centro da circunferência utilizada para a primeira forma de coleta de solo, ou então logo ao lado dessa circunferência. Essa amostragem por *Direct Push* foi denominada como estratificada, e para a execução da sondagem seguiu-se a norma ABNT NBR 9.603.

Após a retirada da amostra de solo coletada em *liner*, utilizou-se uma ferramenta de corte para a confecção de uma abertura longitudinal no mesmo que permitisse identificar visualmente diferentes tipos litológicos. Assim, cada tipo de solo diferente verificado no *liner* gerava uma amostra para análise laboratorial.

Como procedimento adotado, utilizou-se a norma ABNT NBR 16.435 (Controle da qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas - Procedimento, Ago/2015) para orientar o controle de qualidade da amostragem.

As coordenadas dos pontos de coleta de solo superficial foram obtidas com um GPS da GARMIN, modelo eTrex 30x, com erro avaliado pelo fabricante de $\pm 3,6$ metros dentro do sistema de coordenadas WGS 84, pré definido no dispositivo do GPS.

O procedimento de coleta, armazenamento e transporte seguiu as diretrizes estabelecidas pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras, da Agência Nacional de Águas.

A **Foto 1** e **Foto 2** apresentam os registros fotográficos do procedimento de amostragem de solo.

Foto 1 - Registro do procedimento de amostragem de solo



Coleta de solo superficial (até 20 cm), seguindo a mesma técnica de coleta utilizada pela AMBIOS, onde definiu-se uma circunferência de 2m de raio e a dividiu em 8 pontos localizados a 2m do centro da mesma. A coleta foi realizada através do cravamento de um tubo de PVC, até a profundidade definida.



Homogeneização de solo proveniente das 8 partes da divisão da circunferência.



Quarteamento da amostra de solo coletada e seleção das porções opostas para composição da alíquota a ser encaminhada para análises químicas.

Fonte: Grupo EPA, 2018.

Foto 2 - Continuação do registro de amostragem de solo



Amostragem de solo estratificada até 2,0 m de profundidade, utilizando-se amostrador tubular e liner descartável para armazenamento da alíquota de solo.



Amostragem de solo de alíquota coletada a cada mudança litológica observada no liner.

Fonte: Grupo EPA, 2018.

5.4.1.2.2. SEDIMENTO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL

Os locais de amostragem de sedimento superficial foram definidos em função da baixa velocidade de fluxo das águas superficiais (pontos de “remanso”) onde ocorrem a deposição de particulado de granulometria mais fina. Preferencialmente a coleta de sedimentos ocorreu nas margens dos rios/córregos, uma vez que, segundo o Guia Nacional de Coleta e Preservação de

Amostras da Agência Nacional de Águas (2011), é nessa região que normalmente os contaminantes são retidos e a comunidade bentônica é mais desenvolvida.

Os trabalhos de coleta de sedimento em Mariana - MG foram executados durante o período de 31 de outubro a 27 de novembro de 2018. Ressalta-se que até o final do mês de janeiro de 2019, a coleta de amostras das matrizes de interesse nas propriedades mais atingidas pelo evento de 2015 no distrito de Bento Rodrigues não havia sido autorizada.

O procedimento de coleta do sedimento nas margens dos rios foi procedido de duas maneiras distintas, sendo a primeira com a obtenção de amostras superficiais de sedimento até 10 cm de profundidade e a segunda obtendo amostras até no máximo 2,0 m de profundidade, ambas através da técnica *Direct Push* pelo uso de um amostrador descartável (*liner*). Essa amostragem por *Direct Push* foi denominada como estratificada, e para a execução da sondagem seguiu-se a norma ABNT NBR 9.603.

Como procedimento adotado, utilizou-se a norma ABNT NBR 16435 (Controle da qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas - Procedimento, Ago/2015) para orientar o controle de qualidade da amostragem.

As coordenadas dos pontos de coleta de sedimento superficial foram obtidas com um GPS da GARMIN, modelo eTrex 30x, com erro avaliado pelo fabricante de $\pm 3,6$ metros dentro do sistema de coordenadas WGS 84, pré definido no dispositivo do GPS.

A **Foto 3** apresenta o registro Fotográfico da Execução de Sondagens Rasas e Amostragem de Sedimento.

Foto 3 - Registro fotográfico de amostragem de sedimento



Amostragem de sedimento estratificada até 2,0 m de profundidade, utilizando-se amostrador tubular e *liner* descartável para armazenamento da alíquota de sedimento.

Fonte: Grupo EPA, 2018.

5.4.1.2.3. ÁGUA SUPERFICIAL

Os trabalhos de coleta de água superficial em Mariana - MG foram executados durante o período de 31 de outubro a 26 de novembro de 2018.

A amostragem de água superficial seguiu os procedimentos apresentados no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas (2011), bem como as normas ABNT NBR 9.897:1987 - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, e ABNT NBR 9.898:1987 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.

Ressalta-se que a EPA Engenharia obteve acreditação no CGCRE segundo os requisitos estabelecidos na ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, reconhecendo as competências da empresa para realizar atividades de amostragem de água superficial conforme Escopo de Acreditação CRL 1153.

O recipiente de coleta utilizado em cada ponto (caneca em inox) foi posicionado em sentido contrário ao fluxo da água, seguindo o procedimento adotado pela empresa Ambios no Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas Pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG, (março, 2019), afundando lentamente o recipiente, evitando-se a imersão brusca do recipiente coletor. O procedimento foi repetido até que todos os frascos para armazenamento das alíquotas de água necessárias para análise laboratorial estivessem preenchidos.

Uma alíquota de água superficial coletada em cada ponto foi utilizada para medição dos parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica (CE), temperatura, oxigênio dissolvido (OD) e potencial oxirredução (Eh)) por meio do multiparâmetro.

Utilizou-se como procedimento a norma ABNT NBR 16.435 (Controle da qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas - Procedimento, Ago/2015) para orientar o controle de qualidade da amostragem.

Para a análise de Metais Dissolvidos, bem como para especificação de Arsênio, procedeu-se com a filtração das amostras em campo, através da utilização de filtros de metais.

A **Foto 4** indica registros da coleta de água superficial. Ressalta-se que no caso das amostras controle, as quais estão em áreas de *background*, nem todas puderam ser coletadas nos locais alocados, uma vez que não havia nenhum corpo hídrico nas proximidades.

As coordenadas dos pontos de coleta de água superficial foram obtidas com um GPS da GARMIN, modelo eTrex 30x, com erro avaliado pelo fabricante de $\pm 3,6$ metros dentro do sistema de coordenadas WGS 84, prédefinido no dispositivo do GPS.

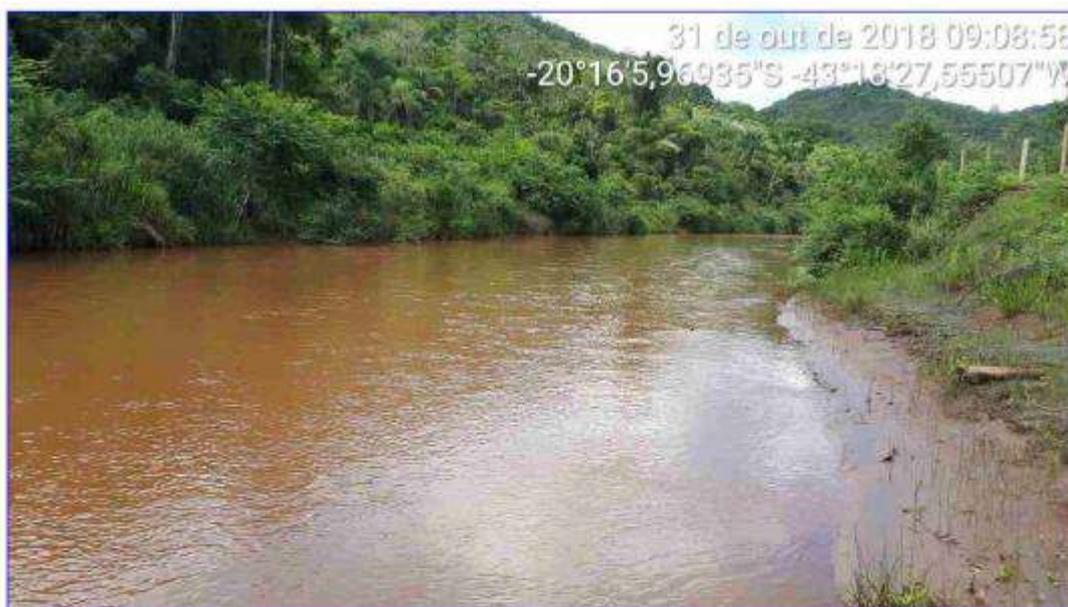
A **Tabela 4** apresenta os parâmetros *in situ* medidos em campo nas amostras de água superficial coletadas no Rio Gualaxo do Norte e em demais corpos hídricos amostrados na Região de Não Exposição (RNE).

Tabela 4 - Parâmetros In Situ Medidos na Água Superficial

Ponto	Data de medição	Hora de medição	pH	Temperatura (°C)	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Potencial oxirredução (mV)	Oxigênio dissolvido (mg/L)
ASP-01	07/11/2018	14:16	7,27	26,4	84	169,9	5,37
ASP-02	07/11/2018	11:35	7,09	26,4	89	194,2	6,20
ASP-03	32/10/2018	09:08	7,61	23,6	76	121,6	6,39
ASP-04	26/11/2018	10:15	6,74	24,9	24	129,0	5,16
ASP-06	26/11/2018	11:30	6,40	25,8	20	118,7	5,08
ASP-07	26/11/2018	14:00	7,12	29,6	79	207,5	4,28
ASP-09	10/11/2018	14:47	7,52	22,3	67	274,3	6,80
ASP-10	11/11/2018	09:28	7,49	24,2	99	161,4	5,70
ASP-11	11/11/2018	11:18	7,22	23,4	69	202,2	5,50
ASP-12	11/11/2018	14:05	7,13	25,1	67	248,4	4,83
ASP-13	11/11/2018	15:13	7,59	27,4	69	196,7	6,83
ASP-14	15/11/2018	09:07	7,73	25,8	84	137,8	6,29
ASP-15	15/11/2018	16:12	6,81	27,9	68	201,3	6,39
ASP-16	16/11/2018	12:48	7,21	29,2	55	154,0	10,80
ASP-17	16/11/2018	13:13	7,25	28,5	54	201,0	13,39
ASP-18	16/11/2018	12:15	7,23	26,9	56	127,1	10,70
ASP-20	31/10/2018	10:55	7,70	24,4	75	132,0	6,72
AC-03-ASP	26/11/2018	09:23	5,89	20,7	21	150,1	4,85
AC-04-ASP	20/11/2018	11:45	6,99	22,5	28	135,1	4,11
AC-06-ASP	24/11/2018	11:05	6,74	23,9	29	78,0	3,62
AC-08-ASP	24/11/2018	14:35	6,53	23,5	31	93,4	3,60

Fonte: Grupo EPA, 2018.

Foto 4 - Registro fotográfico de amostragem de água superficial



Rio Gualaxo do Norte, onde foram realizadas amostragem de águas superficiais



Amostragem de água superficial

Fonte: Grupo EPA, 2018.

5.4.1.2.4. ÁGUA SUBTERRÂNEA

Inicialmente previa-se que as amostras de águas subterrâneas fossem coletadas em poços de captação de água para consumo humano. Entretanto, ao realizarem-se as primeiras

visitas às propriedades presentes nas áreas de estudo, verificou-se que pouquíssimas delas apresentavam poços de captação de água (por exemplo, cacimba) e que a principal forma de abastecimento de água para consumo humano e atividades agropastoris se dava através de vários metros de mangueiras que chegavam às propriedades trazendo águas de nascentes. Ressalta-se que algumas residências se distanciavam até mais de 1,0 km da nascente que a abastecia, sendo o acesso a estes pontos complicado pela presença de vegetação densa e altas elevações.

Dessa forma, a coleta de águas subterrâneas passou a ocorrer em pontos de abastecimento de água provinda de nascentes, em que, sempre que possível, preferenciava-se que a amostragem ocorresse diretamente nos frascos de coleta apropriados para envio ao laboratório de análise.

Os trabalhos de coleta de água subterrânea em Mariana - MG foram executados durante o período de 07 a 27 de novembro de 2018.

Caso as amostras de água subterrânea tivessem sido coletadas em poços de captação, previa-se que a amostragem ocorresse em baixa vazão, seguindo diretrizes da norma ABNT NBR 15.847 - Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento - Métodos de purga, de 21 de julho de 2010, complementando o procedimento pode ser usada a Norma ASTM D 6634-01. Entretanto, o fato de ter-se coletado água subterrânea em pontos de abastecimento de água provinda de nascentes não permitiu que o referido procedimento fosse executado.

A forma de coleta passou então a ser semelhante à da água superficial, onde uma alíquota de água subterrânea coletada era utilizada para medição dos parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica (CE), temperatura, oxigênio dissolvido (OD) e potencial oxirredução (Eh)) por meio do multiparâmetro, e em seguida preenchia-se com as alíquotas necessárias os frascos próprios para envio ao laboratório.

Utilizou-se como procedimento a norma ABNT NBR 16.435 (Controle da qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas - Procedimento, Ago/2015) para orientar o controle de qualidade da amostragem.

Ressalta-se que a EPA Engenharia obteve acreditação no CGCRE segundo os requisitos estabelecidos na ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, reconhecendo as competências da empresa

para realizar atividades de amostragem de água subterrânea conforme Escopo de Acreditação CRL 1153.

Para a análise de Metais Dissolvidos, bem como para especificação de Arsênio, procedeu-se com a filtração das amostras em campo, através da utilização de filtros de metais.

A **Foto 5** apresenta os registros da coleta de água subterrânea. Ressalta-se que nem todas as amostras previstas puderam ser coletadas nos locais alocados, uma vez que não havia poço de captação ou nascente no local.

As coordenadas dos pontos de coleta de água subterrânea foram obtidas com um GPS da GARMIN, modelo eTrex 30x, com erro avaliado pelo fabricante de $\pm 3,6$ metros dentro do sistema de coordenadas WGS 84, pré definido no dispositivo do GPS.

A **Tabela 5** apresenta os parâmetros *in situ* medidos em campo nas amostras de água subterrânea coletadas.

Tabela 5 - Parâmetros *In Situ* Medidos na Água Subterrânea

Ponto	Data de medição	Hora de medição	pH	Temperatura (°C)	Condutividade (µS/cm)	Potencial oxirredução (mV)	Oxigênio dissolvido (mg/L)
ASB-01	16/11/2018	10:25	5,20	24,8	43	209,0	2,59
ASB-02	15/11/2018	11:05	5,63	25,4	34	220,2	4,56
ASB-04	15/11/2018	10:37	5,98	28,8	36	213,9	4,92
ASB-05	17/11/2018	11:17	6,57	26,0	39	206,7	4,19
ASB-06	17/11/2018	11:41	6,44	28,5	39	207,3	3,29
ASB-07	17/11/2018	12:00	6,79	26,8	38	150,6	3,49
ASB-08	16/11/2018	16:55	6,76	26,4	42	190,0	9,68
ASB-09	17/11/2018	14:33	6,12	25,5	41	76,5	2,92
ASB-10	07/11/2018	15:02	7,28	24,3	46	183,2	5,69
ASB-11	10/11/2018	09:25	7,54	21,7	30	251,4	4,96
ASB-15	10/11/2018	08:36	6,21	20,5	39	246,8	5,84
ASB-16	07/11/2018	11:00	6,22	23,6	31	280,1	5,46
ASB-20	15/11/2018	18:00	5,89	24,3	43	237,8	3,11
ASB-21	10/11/2018	16:05	6,11	22,7	31	302,9	4,07
ASB-22	19/11/2018	11:37	7,49	22,9	33	79,6	3,16
ASB-23	15/11/2018	10:10	6,19	23,5	41	225,6	7,40
ASB-24	15/11/2018	13:58	5,61	28,7	52	158,1	4,95
ASB-25	15/11/2018	14:55	5,85	27,3	22	202,3	7,25
ASB-26	17/11/2018	10:45	5,66	26,6	35	239,8	2,69
AC-01-ASB	20/11/2018	13:53	6,03	21,6	39	110,1	3,30
AC-03-ASB	26/11/2018	08:45	5,97	21,0	67	256,1	2,37
AC-04-ASB	20/11/2018	11:18	6,26	22,3	80	153,7	2,65
AC-05-ASB	27/11/2018	09:40	5,39	23,3	28	196,3	1,53
AC-06-ASB	24/11/2018	10:17	6,27	23,8	80	131,0	2,80
AC-07-ASB	23/11/2018	16:15	6,94	23,7	82	84,9	3,21
AC-08-ASB	24/11/2018	14:25	5,54	23,3	24	189,6	3,44

Fonte: Grupo EPA, 2018.

Foto 5 - Registro fotográfico de amostragem de água subterrânea



Nascente utilizada para amostragem da água subterrânea ASB-09.

Amostragem de água subterrânea em ponto de coleta provindo de nascente.



Filtragem de água subterrânea para análise de metais dissolvidos.

Fonte: Grupo EPA, 2018.

5.4.1.2.5. ÁGUA DE ABASTECIMENTO

Inicialmente previa-se que as amostras de águas de abastecimento fossem coletadas em torneiras nas saídas das residências ou nos registros medidores de vazão, sendo essa água proveniente da concessionária de abastecimento da região ou de caminhões pipa fornecidos pela Fundação Renova que levava água até as propriedades. Entretanto, conforme já comentado no presente documento, ao realizarem-se as primeiras visitas às propriedades presentes nas áreas de estudo, verificou-se que a enorme maioria delas utiliza como água de abastecimento para as atividades domésticas e agropastoris as nascentes.

Assim sendo, do total de pontos alocados para coleta de água da rede de abastecimento (concessionária de água ou caminhões pipa), uma quantidade reduzida de amostras pode ser coletada.

Os trabalhos de coleta de água de abastecimento em Mariana - MG foram executados durante o período de 31 de outubro de 2018 a 30 de novembro de 2018.

Sempre que possível, o ponto de amostragem foi fixado antes das caixas d'água das residências e antes da tubulação de entrada nas mesmas (por exemplo, em registros de medição de vazão), haja visto que não há um controle na manutenção e limpeza da tubulação e caixas d'água particulares, o que pode alterar os resultados analíticos.

Uma alíquota de água de abastecimento coletada foi utilizada para medição dos parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica (CE), temperatura, oxigênio dissolvido (OD) e potencial oxirredução (Eh)) por meio do multiparâmetro, e em seguida preenchia-se com as alíquotas necessárias os frascos próprios para envio ao laboratório.

Utilizou-se como procedimento a norma ABNT NBR 16.435 (Controle da qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas - Procedimento, Ago/2015) para orientar o controle de qualidade da amostragem.

Ressalta-se que a EPA Engenharia obteve acreditação no CGCRE segundo os requisitos estabelecidos na ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, reconhecendo as competências da empresa para realizar atividades de amostragem de água subterrânea conforme Escopo de Acreditação CRL 1153.

Para a análise de Metais Dissolvidos, bem como para especiação de Arsênio, procedeu-se com a filtração das amostras em campo, através da utilização de filtros de metais.

A **Foto 6** apresenta os registros de campo da coleta de água de abastecimento.

As coordenadas dos pontos de coleta de água de abastecimento foram obtidas com um GPS da GARMIN, modelo eTrex 30x, com erro avaliado pelo fabricante de $\pm 3,6$ metros dentro do sistema de coordenadas WGS 84, pré definido no dispositivo do GPS.

A **Tabela 6** apresenta os parâmetros *in situ* medidos em campo nas amostras de água de abastecimento coletadas.

Tabela 6 - Parâmetros *In Situ* Medidos na Água de Abastecimento

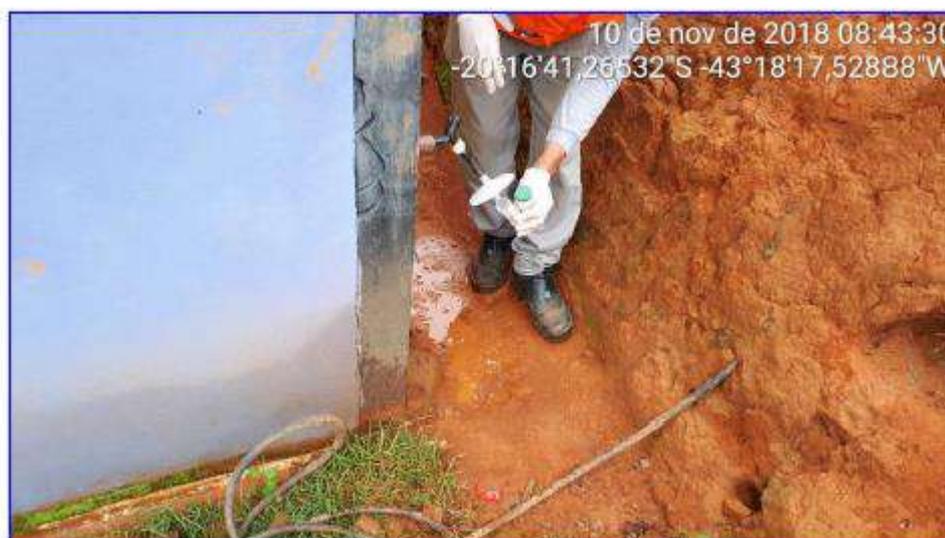
Ponto	Data de medição	Hora de medição	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio dissolvido (mg/L)
SAC-01	30/11/2018	08:11	5,87	25,28	3,71
SAC-02	11/11/2018	14:40	7,28	27,2	5,35
SAC-03	11/11/2018	13:35	6,42	23,8	4,04
SAC-04	11/11/2018	09:55	6,79	23,6	5,08
SAC-06	31/10/2018	14:02	7,13	25,7	3,52
SAC-10	30/11/2018	11:05	6,89	24,8	4,94
SAC-13	30/11/2018	10:00	6,04	22,6	4,25
SAC-14	07/11/2018	10:55	6,07	27,4	5,47
SAC-15	10/11/2018	08:47	8,09	20,1	5,5
SAC-19	10/11/2018	16:15	5,94	21,8	5,34
SAC-21	30/11/2018	10:30	7,16	24,3	6,61
AC-02-SAC	26/11/2018	15:30	4,74	23,9	75,7

Fonte: Grupo EPA, 2018.

Foto 6 - Registro fotográfico de amostragem de água de abastecimento



Amostragem de água de abastecimento diretamente em caixa d'água.



Amostragem de água de abastecimento em saída de propriedade.

Fonte: Grupo EPA, 2018.

5.4.1.2.6. POEIRA DOMICILIAR

Os trabalhos de coleta de poeira domiciliar em Mariana - MG foram executados durante o período de 30 de outubro a 30 de novembro de 2018.

A poeira domiciliar de granulometria micrométrica pode estar associada à deposição de contaminantes em fração particulada gerados nas áreas diretamente impactadas pelo evento de rompimento da barragem, e podem ter sido transportados por dispersão atmosférica.

A amostragem de poeira domiciliar foi realizada em residências nas proximidades do eixo do Rio Gualaxo do Norte, em cômodos internos de residências localizadas na área de estudo.

O método de coleta adotado foi o proposto por SILVA (1996). Inicialmente, na casa amostrada, identificou-se as áreas internas onde ocorria a presença de depósitos recônditos de poeira¹⁰. A coleta foi realizada em diferentes locais da residência, de modo a criar uma amostra representativa da poeira. A poeira foi coletada com o auxílio de um mini aspirador de pó com filtro, o qual foi trocado a cada mudança de propriedade. A poeira coletada em cada ponto foi transferida para frascos fornecidos pelo laboratório, os quais foram identificados, na sequência as amostras coletadas foram pesadas a fim de confirmar a obtenção da massa mínima, de 2,0 gramas por amostra, necessária para a realização das análises químicas, conforme orientação fornecida pelos responsáveis técnicos do laboratório *Mérieux Nutrisciences*.

Como recomendação para as próximas coletas, sugere-se utilizar uma espécie de encamisamento que envolva a parte interna do tubo de aspiração. Esse encamisamento deve ser trocado a cada coleta. Esse cuidado adicional trará menos chance de contaminação cruzada, visto que o tubo de aspiração deve ser limpo a cada aspiração.

A coleta de amostras de controle de qualidade (branco de campo e duplicata) utilizou como referência o estabelecido na norma ABNT NBR 16.435:2015 - Controle de qualidade na

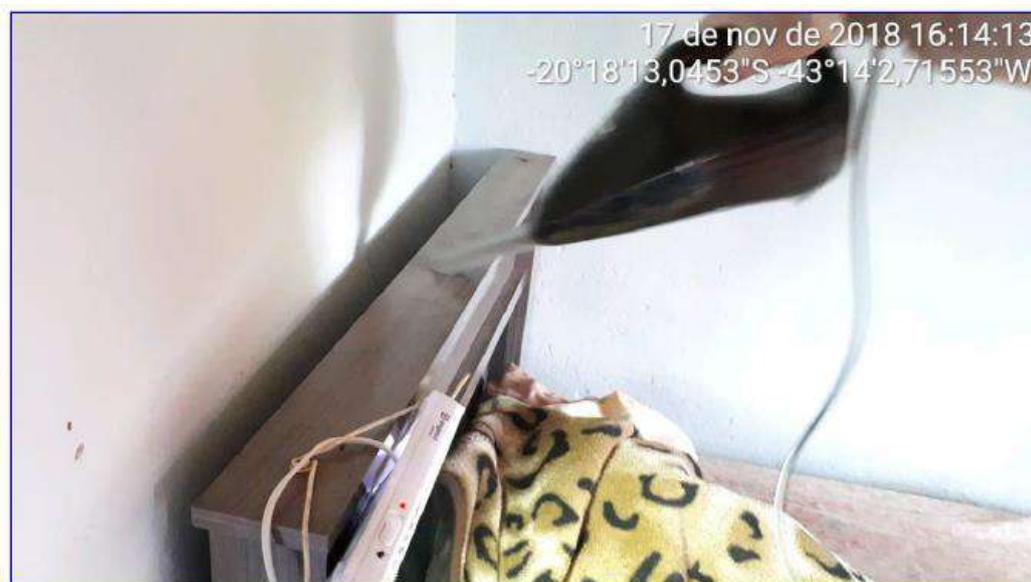
¹⁰ *Depósitos recônditos de poeira* são aqueles localizados na parte interna das casas, acima de 1,5 metros de altura e que não são comumente limpos quando se efetuam as limpezas domésticas normais. Nesses locais, forma-se um depósito de poeira e materiais particulados de granulometria bastante fina formada pelo carreamento de materiais particulados pelo ar, representando, dessa forma, um testemunho conveniente de processos de contaminação por dispersão atmosférica. Por este motivo, as poeiras coletadas devem (a) estar dentro das casas - local propício para a lenta deposição de material particulado de baixa granulometria; (b) acima de 1,5 metros - altura a partir da qual a contaminação das amostras por partículas provenientes do chão das casas é mínima; e (c) em locais de difícil acesso às pessoas que efetuam a limpeza doméstica - permitindo que seja formada uma camada de poeira tal que indique um histórico de contaminação no tempo - como, por exemplo, atrás ou em cima de armários, atrás de quadros, etc.

amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas - Procedimento, e pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011).

A **Foto 7** apresenta registros de campo da coleta dessa poeira.

As coordenadas dos pontos de coleta de poeira domiciliar foram obtidas com um GPS da GARMIN, modelo eTrex 30x, com erro avaliado pelo fabricante de $\pm 3,6$ metros dentro do sistema de coordenadas WGS 84, pré definido no dispositivo do GPS.

Foto 7 - Registro fotográfico de amostragem de poeira domiciliar



Amostragem de poeira domiciliar em diferentes locais.

Fonte: Grupo EPA, 2018.

5.4.1.2.7. RASPAGEM DE PAREDE

Os trabalhos de coleta de raspagem de parede em Mariana - MG foram executados durante o período de 15 a 30 de novembro de 2018.

A coleta de poeira proveniente de paredes e portas (vernizes) foi realizada com o objetivo de verificar se as concentrações obtidas na poeira domiciliar foram correlacionáveis com os resultados analíticos da poeira de tinta, uma vez que na composição das tintas e vernizes existem alguns metais presentes. A necessidade dessa coleta se deu após uma breve análise nos resultados de alguns metais detectados na poeira domiciliar no estudo da AMBIOS Engenharia e Processos Ltda., denominado Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas Pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG, (março, 2019), porém que não são característicos do rejeito oriundo do evento do rompimento da barragem.

A poeira da tinta foi coletada com o auxílio de uma ferramenta de corte (estilete) para a raspagem da parede, janelas e batentes, por exemplo. A porção de poeira gerada foi armazenada em recipiente plástico fornecido pelo laboratório, sendo necessária uma alíquota mínima de 2,0 g desse material por amostra para a realização das análises.

Recomenda-se para as próximas coletas de tinta a utilização de bisturi ou estilete em aço inox.

A coleta de amostras de controle de qualidade (branco e duplicatas) utilizou como referência o estabelecido na norma ABNT NBR 16.435:2015 - Controle de qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas - Procedimento, e pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011).

A **Foto 8** apresenta registros de campo da coleta dessa poeira.

As coordenadas dos pontos de coleta de poeira de tinta foram obtidas com um GPS da GARMIN, modelo eTrex 30x, com erro avaliado pelo fabricante de $\pm 3,6$ metros dentro do sistema de coordenadas WGS 84, pré-definido no dispositivo do GPS.

Foto 8 - Registro fotográfico de amostragem de raspagem de alvenaria



Amostragem de poeira proveniente de tinta em diferentes locais.

Fonte: Grupo EPA, 2018.

5.4.1.2.8. LEITE BOVINO

Os trabalhos de coleta de leite em Mariana - MG foram executados durante o período de 30 de outubro de 2018 a 18 de janeiro de 2019. Em janeiro de 2019 algumas amostras de leite precisaram ser recoletadas devido à perda de holding time pelo laboratório *Mérieux Nutrisciences*, conforme exposto pelo mesmo na carta (e-mail) que encontra-se no **Anexo VI**.

A coleta de amostras de leite foi realizada junto aos pequenos produtores presentes na área de interesse para o estudo, nas localidades onde havia criação de gado leiteiro influenciadas e não influenciadas pelo evento de rompimento da barragem de Fundão. A maior parte das amostras de leite coletadas foi composta pela ordenha de várias vacas presentes em cada propriedade.

A coleta de amostras de controle de qualidade (branco e duplicatas) utilizou como referência o estabelecido na norma ABNT NBR 16.435:2015 - Controle de qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas - Procedimento, e pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011).

A **Foto 9** indica registros da coleta desse leite.

As coordenadas dos pontos de coleta de leite foram obtidas com um GPS da GARMIN, modelo eTrex 30x, com erro avaliado pelo fabricante de $\pm 3,6$ metros dentro do sistema de coordenadas WGS 84, pré definido no dispositivo do GPS.

Nos dias em que foi coletado leite cru, as amostras foram enviadas a unidade do laboratório em Belo Horizonte - MG para que o leite fosse imediatamente congelado, antes de completar 12h após a coleta, e dessa forma preservar a amostra até a entrada na unidade do laboratório em Piracicaba - SP.

Foto 9 - Registro fotográfico de amostragem de leite



Amostragem de leite



Amostras de leite coletadas e armazenadas em frascos fornecidos pelo laboratório responsável pelas análises

Fonte: Grupo EPA, 2018.

5.4.1.2.9. OVOS

Os trabalhos de coleta de ovo em Mariana - MG foram executados durante o período de 07 de novembro de 2018 a 18 de janeiro de 2019. Em janeiro de 2019 algumas amostras de ovo precisaram ser recoletadas por problemas internos laboratoriais.

Ressalta-se que até o final do mês de janeiro de 2019, a coleta de amostras das matrizes de interesse nas propriedades mais atingidas pelo evento de 2015 no distrito de Bento Rodrigues não havia sido autorizada.

A coleta de amostras de ovo foi realizada junto aos pequenos produtores das áreas de interesse, nas localidades onde havia criação de galináceos, as quais foram influenciadas e/ou não influenciadas pelo evento de rompimento da Barragem de Fundão.

A coleta de amostras de controle de qualidade (branco e duplicatas) utilizou como referência o estabelecido na norma ABNT NBR 16.435:2015 - Controle de qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas - Procedimento, e pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011).

A **Foto 10** indica registros da coleta.

As coordenadas dos pontos de coleta de ovo foram obtidas com um GPS da GARMIN, modelo eTrex 30x, com erro avaliado pelo fabricante de $\pm 3,6$ metros dentro do sistema de coordenadas WGS 84, pré definido no dispositivo do GPS.

A cada dia que havia coleta de ovo, tais amostras eram enviadas ao laboratório no mesmo dia para que não estragassem. Esse procedimento ocorreu com todas as amostras de alimentos coletadas.

Foto 10 - Registro fotográfico de amostragem de ovos



Amostragem de ovo



Galinheiro onde foi coletada uma das amostras de ovo
(OVO-04)

Fonte: Grupo EPA, 2018.

5.4.1.2.10. VEGETAIS, TUBÉRCULOS E HORTALIÇAS

Os trabalhos de coleta de vegetais em Mariana - MG foram executados durante o período de 30 de outubro de 2018 a 18 de janeiro de 2019. Em janeiro de 2019 algumas amostras de tubérculos e hortaliças precisaram ser recoletadas por problemas internos laboratoriais.

A coleta de amostras de vegetais foi realizada junto aos pequenos produtores das áreas de interesse para o estudo em questão, nas localidades onde houve plantio de espécies mais consumidas pela população e as mais plantadas pelos produtores locais, as quais estavam em áreas influenciadas e não influenciadas pelo evento de rompimento da Barragem de Fundão.

A coleta de amostras de controle de qualidade (branco e duplicatas) utilizou como referência o estabelecido na norma ABNT NBR 16.435:2015 - Controle de qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas - Procedimento, e pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011).

A **Foto 11** indica registros da coleta.

As coordenadas dos pontos de coleta de vegetais foram obtidas com um GPS da GARMIN, modelo eTrex 30x, com erro avaliado pelo fabricante de $\pm 3,6$ metros dentro do sistema de coordenadas WGS 84, pré definido no dispositivo do GPS.

Nos dias em que houve coletas de vegetais, as amostras foram entregues ao laboratório responsável pelas análises químicas no mesmo dia da coleta, a fim de evitar qualquer possível perda de qualidade das mesmas.

Foto 11 - Registro fotográfico de vegetais, tubérculos e horatliças



Coleta de amostra de caruru roxo



Coleta de amostra de couve



Coleta de amostra de tomate



Coleta de amostra de chuchu

Fonte: Grupo EPA, 2018.

5.4.1.2.11. FRUTAS

Os trabalhos de coleta de frutas em Mariana - MG foram executados durante o período de 30 de outubro de 2018 a 18 de janeiro de 2019. Em janeiro de 2019 algumas amostras de frutas precisaram ser recoletadas por problemas internos laboratoriais, uma vez que o laboratório não conseguiu realizar a extração antes de vencer o *holding time* das primeiras amostras coletadas e, com isso, foi necessário realizar uma reamostragem. No **Anexo VI do relatório técnico do Grupo EPA** há uma carta/e-mail do laboratório com a justificativa sobre a perda do *holding time*.

A coleta de amostras de frutas foi realizada junto aos pequenos produtores das áreas de interesse para o estudo em questão, nas localidades onde houve plantio de espécies mais consumidas pela população e as mais plantadas pelos produtores locais, as quais estavam em regiões de exposição direta (RED), de exposição indireta (REI) ou de não exposição (RNE) pelo evento de rompimento da Barragem de Fundão.

A coleta de amostras de controle de qualidade (branco e duplicatas) utilizou como referência o estabelecido na norma ABNT NBR 16.435:2015 - Controle de qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas - Procedimento, e pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011).

A **Foto 12** indica registros da coleta.

As coordenadas dos pontos de coleta de frutas foram obtidas com um GPS da GARMIN, modelo eTrex 30x, com erro avaliado pelo fabricante de $\pm 3,6$ metros dentro do sistema de coordenadas WGS 84, pré definido no dispositivo do GPS.

Nos dias em que houve coletas de frutas, as amostras foram entregues ao laboratório responsável pelas análises químicas no mesmo dia da coleta, a fim de evitar qualquer possível perda de qualidade das mesmas.

Foto 12 - Registro fotográfico de amostragem de frutas



Coleta de amostra de mamão



Coleta de amostra de pitanga



Coleta de amostra de manga

Fonte: Grupo EPA, 2018.

5.4.1.3. Controle de Qualidade Analítica Laboratorial

Fez parte do escopo de trabalho desenvolvido pelo **Grupo EPA** a coleta de amostras para controle de qualidade. Dessa forma, sempre que possível para todas as matrizes ambientais e alimentos coletados (sendo eles, solo, sedimento, água superficial, água subterrânea, água de abastecimento, poeira domiciliar, poeira oriunda da raspagem de tintas em portas/janelas/batentes, leite, ovo, vegetal/tubérculo, hortaliça (foliácea) e fruta), coletou-se também amostras duplicatas e brancos de campo.

A preocupação com influência do processo de amostragem nos resultados tem sido cada vez maior, dentre outros motivos, em consequência dos processos de acreditação dos ensaios na NBR ISO/IEC 17.025 (Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras, 2011).

Segundo definições presentes no Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras, da Agência Nacional de Águas, branco de campo é usado para a verificação de contaminações ambientais que podem ser adicionadas às amostras durante os procedimentos de coleta. Já a amostra duplicata é usada para medir a precisão e repetitividade dos procedimentos de coleta, através da comparação dos resultados da análise de duas amostras coletadas de um mesmo local, que são encaminhadas ao laboratório como amostras “cegas” (USEPA, 2005).

Para amostras em duplicatas, são considerados resultados aceitáveis as variações dentro do limite de 20% (Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras, 2011).

A seguir a **Tabela 7** apresenta as amostras utilizadas como controle de qualidade e se as mesmas atenderam os critérios de aceitação, com observações sobre as mesmas.

Tabela 7 - Amostras de Controle de Qualidade

Ponto	Identificação da amostra	Observações
		<u>Solo</u>
BC-01 (coletado com SSP-11)	BC-01-SSP-A1/EPA/18/4423	Amostra não apresentou quantificação para o Sb e nem ultrapassou o VI agrícola para o Cr, diferentemente da amostra original para o SSP-11
	BC-01-SSP-B1/EPA/18/4611	-
	BC-01-SSP-B2/EPA/18/4612	Amostra não ultrapassou o valor limite da RSL para o Fe, diferentemente da amostra original para o SSP-11
	BC-01-SSP-B3/EPA/18/4613	-
BC-02 (coletado com SSP-12)	BC-02-SSP-A1/EPA/18/4424	Amostra ultrapassou o valor limite da RSL para o Fe, diferentemente da amostra original para o SSP-12
	BC-02-SSP-B1/EPA/18/4614	Amostra ultrapassou o valor limite da RSL para o Mn, diferentemente da amostra original para o SSP-12
	BC-02-SSP-B2/EPA/18/4615	-
	BC-02-SSP-B3/EPA/18/4616	-
BC-03 (coletado com SSP-26)	BC-03-SSP-A1/EPA/18/4425	Amostra não ultrapassou o valor limite da RSL para o Fe, diferentemente da amostra original para o SSP-26
	BC-03-SSP-B1/EPA/18/4617	-
	BC-03-SSP-B2/EPA/18/4618	-
BC-04 (coletado com SSP-25)	BC-04-SSP-A1/EPA/18/4426	-
	BC-04-SSP-B1/EPA/18/4620	Amostra ultrapassou o valor limite da RSL para o Fe, diferentemente da amostra original para o SSP-25
	BC-04-SSP-B2/EPA/18/4621	Amostra ultrapassou o valor limite da RSL para o Fe, diferentemente da amostra original para o SSP-25
	BC-04-SSP-B3/EPA/18/4622	-
	BC-04-SSP-B4/EPA/18/4979	-
BC-05 (coletado com SSP-29)	BC-05-SSP-A1/EPA/18/4427	Amostra não ultrapassou o valor limite da RSL para o Fe, diferentemente da amostra original para o SSP-29
	BC-05-SSP-B1/EPA/18/4623	-
	BC-05-SSP-B2/EPA/18/4624	-
BC-06 (coletado com SSP-39)	BC-06-SSP-A1/EPA/18/4428	-
	BC-06-SSP-B1/EPA/18/4626	-
	BC-06-SSP-B2/EPA/18/4627	-
	BC-06-SSP-B3/EPA/18/4628	-
BC-07 (coletado com SSP-40)	BC-07-SSP-A1/EPA/18/4429	-
	BC-07-SSP-B1/EPA/18/4629	-
	BC-07-SSP-B2/EPA/18/4630	-
BC-08 (coletado com SSP-30)	BC-08-SSP-A1/EPA/18/4430	-
	BC-08-SSP-B1/EPA/18/4632	-
	BC-08-SSP-B2/EPA/18/4633	-
	BC-08-SSP-B3/EPA/18/4634	-
BC-09 (coletado com SSP-41)	BC-09-SSP-A1/EPA/18/4431	Amostra não apresentou quantificação para o Sb e nem ultrapassou o VI agrícola ou residencial para o Ba, Co e Mn (para esse último parâmetro, o valor limite da RSL), diferentemente da amostra original para o SSP-41
	BC-09-SSP-B1/EPA/18/4635	Amostra não apresentou quantificação para o Sb e nem ultrapassou o VI agrícola ou residencial para o Ni, Al e Fe (para esses dois últimos parâmetros, o valor limite da RSL), diferentemente da amostra original para o SSP-41
	BC-09-SSP-B2/EPA/18/4636	Amostra não apresentou quantificação para o Sb e nem ultrapassou o VI agrícola ou residencial para o Ni e Al (para esse último parâmetro, o valor limite da RSL), diferentemente da amostra original para o SSP-41
	BC-09-SSP-B3/EPA/18/4637	Amostra não apresentou quantificação para o Sb e nem ultrapassou o VI agrícola ou residencial para o Co, Cr e Ni, diferentemente da amostra original para o SSP-41

Ponto	Identificação da amostra	Observações
<u>Sedimento</u>		
Duplicata (coletado com SED-04)	SED-DUP-A1/EPA/18/4138	Não houve variação superior à 20% para nenhum parâmetro de interesse, quando comparado a amostra original SED-04
	SED-DUP-B1/EPA/18/4528	Não houve variação superior à 20% para nenhum parâmetro de interesse, quando comparado a amostra original SED-04
	SED-DUP-B2/EPA/18/4529	Não houve variação superior à 20% para nenhum parâmetro de interesse, quando comparado a amostra original SED-04
	SED-DUP-B3/EPA/18/4530	Não houve variação superior à 20% para nenhum parâmetro de interesse, quando comparado a amostra original SED-04
Duplicata (coletado com SED-13)	SED-DUP-A1/EPA/18/4149	Os parâmetros Ba, Cr, Ni e Zn apresentaram variação superior à 20% quando comparado com a amostra original SED-13
	SED-DUP-B1/EPA/18/4561	Os parâmetros Ni e Zn apresentaram variação superior à 20% quando comparado com a amostra original SED-13
	SED-DUP-B2/EPA/18/4562	Os parâmetros Co, Cu, Cr e Ni apresentaram variação superior à 20% quando comparado com a amostra original SED-13
	SED-DUP-B3/EPA/18/4563	Os parâmetros Ba, Cu, Cr, Hg e Zn apresentaram variação superior à 20% quando comparado com a amostra original SED-13
Duplicata (coletado com SED-18)	SED-DUP-A1/EPA/18/4155	Os parâmetros As, Ba, Co, Cr e Ni apresentaram variação superior à 20% quando comparado com a amostra original SED-18
	SED-DUP-B1/EPA/18/4579	Os parâmetros Cr e Zn apresentaram variação superior à 20% quando comparado com a amostra original SED-18
BC-01 (coletado com SED-15)	BC-01-SED-A1/EPA/18/4434	-
	BC-01-SED-B1/EPA/18/4588	-
BC-02 (coletado com SED-18)	BC-02-SED-A1/EPA/18/4435	-
	BC-02-SED-B1/EPA/18/4591	-
<u>Água Superficial</u>		
Duplicata (coletado com ASP-04)	ASP-DUP/EPA/18/4011	Os parâmetros Al e Ba apresentaram variação superior à 20% quando comparado com a amostra original ASP-04
Duplicata (coletado com ASP-13)	ASP-DUP/EPA/18/4022	Não houve variação superior à 20% para nenhum parâmetro de interesse, quando comparado a amostra original ASP-13
Duplicata (coletado com ASP-18)	ASP-DUP/EPA/18/4028	Não houve variação superior à 20% para nenhum parâmetro de interesse, quando comparado a amostra original ASP-18
BC-01 (coletado com ASP-14)	BC-01-ASP/EPA/18/4408	-
<u>Água Subterrânea</u>		
Duplicata (coletado com ASB-07)	ASB-DUP/EPA/18/4039	Não houve variação superior à 20% para nenhum parâmetro de interesse, quando comparado a amostra original ASB-07
Duplicata (coletado com ASB-11)	ASB-DUP/EPA/18/4044	O parâmetro Al apresentou variação superior à 20% quando comparado com a amostra original ASB-11
BC-01 (coletado com ASB-26)	BC-01-ASB/EPA/18/4410	-
<u>Água de Abastecimento</u>		
Duplicata (coletado com SAC-03)	SAC-DUP/EPA/18/4063	Não houve variação superior à 20% para nenhum parâmetro de interesse, quando comparado a amostra original SAC-03
Duplicata (coletado com SAC-13)	SAC-DUP/EPA/18/4075	Não houve variação superior à 20% para nenhum parâmetro de interesse, quando comparado a amostra original SAC-13
Duplicata (coletado com SAC-21)	SAC-DUP/EPA/18/4086	Não houve variação superior à 20% para nenhum parâmetro de interesse, quando comparado a amostra original SAC-21
<u>Poeira Domiciliar</u>		
Duplicata (coletado com POE-07)	POE-DUP/EPA/18/4165	O parâmetro Ni apresentou variação superior à 20% quando comparado com a amostra original POE-07
Duplicata (coletado com POE-10)	POE-DUP/EPA/18/4177	Não houve variação superior à 20% para nenhum parâmetro de interesse, quando comparado a amostra original POE-10
Duplicata (coletado com POE-20)	POE-DUP/EPA/18/4180	Os parâmetros Co e Ni apresentaram variação superior à 20% quando comparado com a amostra original POE-20
BC-01 (coletado com POE-11)	BC-01-POE/EPA/18/4414	-
BC-02 (coletado com POE-22)	BC-02-POE/EPA/18/4415	-

Ponto	Identificação da amostra	Observações
<u>Poeira de Tinta</u>		
Duplicata (coletado com POETINTA-07)	POETINTA-DUP/EPA/18/4848	Não houve variação superior à 20% para nenhum parâmetro de interesse, quando comparado a amostra original POE-10
Duplicata (coletado com POETINTA-10)	POETINTA-DUP/EPA/18/4860	O parâmetro Co apresentou variação superior à 20% quando comparado com a amostra original POETINTA-10
Duplicata (coletado com POETINTA-20)	POETINTA-DUP/EPA/18/4863	O parâmetro Ni apresentou variação superior à 20% quando comparado com a amostra original POETINTA-20
BC-01 (coletado com POETINTA-11)	BC-01-POETINTA/EPA/18/4872	-
BC-02 (coletado com POETINTA-22)	BC-02-POETINTA/EPA/18/4873	-
<u>Leite</u>		
Duplicata (coletado com LEI-10)	LEI-DUP/EPA/18/5422	Não houve variação superior à 20% para nenhum parâmetro de interesse, quando comparado a amostra original LEI-10
Duplicata (coletado com LEI-13)	LEI-DUP/EPA/18/4203	Não houve variação superior à 20% para nenhum parâmetro de interesse, quando comparado a amostra original LEI-13
BC-01 (coletado com LEI-05)	BC-01-LEI/EPA/18/4416	-
BC-02 (coletado com LEI-06)	BC-02-LEI/EPA/18/4417	-
<u>Ovo</u>		
BC-01 (coletado com OVO-12)	BC-01-OVO/EPA/18/4418	-
BC-02 (coletado com OVO-01)	BC-02-OVO/EPA/18/4419	-
<u>Vegetal/Tubérculo</u>		
Duplicata (coletado com VEG-07)	VEG-DUP/EPA/18/4227	Os parâmetros Al, Ba, Fe, Mn e Zn apresentaram variação superior à 20% quando comparado com a amostra original VEG-07
BC-01 (coletado com VEG-08)	BC-01-VEG/EPA/18/4422	-
<u>Hortaliça (foliácea)</u>		
BC-01 (coletado com HORT-08)	BC-01-HORT/EPA/18/4911	-
<u>Fruta</u>		
BC-01 (coletado com FRT-02)	BC-01-FRT/EPA/18/4420	-
BC-02 (coletado com FRT-04)	BC-02-FRT/EPA/18/4421	-

5.4.2. REJEITOS DE MINERAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO

Este item tem como objetivo identificar as características físicas, físico-químicas e químicas dos rejeitos encontrados na Barragem de Fundão no momento de sua ruptura, que possam influenciar na quantificação do risco a saúde humana pela metodologia MS/ATSDR (MS, 2010 e ATSDR, 2005). Adicionalmente, está será a base para escolha das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) a serem avaliadas no presente relatório.

Para tanto, foram analisados os seguintes relatórios técnicos:

- **ENVIRONMENTAL RESOURCES MANAGEMENT (ERM)**. Relatório Consolidado de informações técnicas sobre a investigação e resposta ao rompimento da barragem de Fundão. São Paulo: **ERM**, 2017;

INSTITUTOS LACTEC (LACTEC). Diagnostico Socioambiental dos danos causados pelo rompimento da Barragem de Fundão na Bacia do Rio Doce. Relatório de Linha Base Volume I - Meio Físico. Projeto 4500173758. Curitiba: **LACTEC**, 2017.

5.4.2.1. Caracterização do Rejeito - Golder Associates e ERM

O Memorando Técnico **MT-023_159-515-2282_01-B**, elaborado pela **Golder Associates** (2016a) apresentou os resultados de caracterização disponibilizados pela **SAMARCO** de duas amostras de rejeito, coletadas da unidade Germano. A amostra T01, datada de junho de 2013, apresentava características arenosas, enquanto a amostra T02, datada de fevereiro de 2014, características finas, sendo intitulada como lama. Ambas as amostras foram avaliadas, conforme a norma ABNT NBR 10004:2004, para extrato lixiviado e solubilizado. A composição química e mineralógica da amostra T01 foi analisada por espectrometria de FRX, DRX e microscopia óptica. A amostra T02 não foi avaliada por FRX. Como resultados, a amostra T01 apresentou composição formada por quartzo (88,69%) e hematita (9,46%), com a presença de óxido de alumínio (0,34%) e perda ao fogo de 0,43%. Apesar de T02 não ter sido avaliado por FRX, informações cedidas pela **SAMARCO** indicaram a predominância de óxidos de ferro. Ambos os materiais foram classificados como Classe II B, não perigoso e inerte.

No relatório técnico **RT-023_159-515-2282_00-J**, também apresentado pela **Golder Associates**, foram analisadas amostras provenientes de material residual de Germano, além da caracterização de quatro amostras compostas. Neste estudo, a caracterização do rejeito foi realizada por meio de análises de granulometria, DRX, FRX, métodos de digestão, balanço de ácido e base e classificação conforme a norma ABNT NBR 10004:2004. Como resultado dessas análises, pode-se destacar:

- Divisão em dois tipos de materiais, sendo um mais arenoso e o outro fino. O material mais arenoso é mais rico em sílica, enquanto o mais fino apresenta maiores concentrações de ferro;

- A análise de FRX indicou a ocorrência predominante de sílica (60%) e hematita (36%), além da presença de metais-traço, como arsênio, bário, cobalto, cobre, chumbo, níquel, prata, vanádio e zinco;
- A análise de DRX nas amostras compostas indicou a predominância de quartzo (55,4 a 85,3%), seguido de hematita (12 a 28%) e goethita (2,7 a 13%). Foi verificada a presença de gibbsita e caulinita (inferiores a 5%);
- Dos métodos de digestão por água-régia e ácida, os metais antimônio, arsênio, bário, chumbo, cobalto, cromo, mercúrio, molibdênio, níquel, prata e zinco excederam os valores de referência da COPAM N° 166/2011. Os metais antimônio, arsênio, bário e cromo excederam os valores de prevenção e o valor de investigação agrícola só foi ultrapassado pelo antimônio. Foi ressaltado, porém, que os métodos de digestão, por serem diferentes do método prescrito na legislação para solo, podem interferir no resultado comparativo;
- Os metais arsênio, manganês, molibdênio, chumbo e zinco apresentam tendência geral de maior concentração no material mais fino, possivelmente devido à própria ocorrência de ferro em maior teor;
- O balanço de ácido e base apresentou resultados baixos e inferiores ao limite de detecção das técnicas e equipamentos utilizados, indicando o potencial de neutralização dos materiais, com valores de pH entre 6,2 e 7,5;
- O material foi classificado como Classe II A, não perigoso e não inerte.

O relatório técnico da **ERM**, denominado “**Relatório consolidado de informações técnicas sobre a investigação e resposta ao rompimento da barragem de Fundão**”, separou o rejeito em dois tipos: (i) grosso ou arenoso, composto por mistura de partículas de tamanho de grãos de areia e partículas mais finas de silte; (ii) fino ou lama, composto por mistura de partículas mais finas com características argilosas e água. A composição química de material contido na barragem de Fundão apresenta predominantemente quartzo (88,68%) e hematita (9,46%), além de outros dois minerais de ocorrência natural não citados no trabalho. Os materiais foram classificados como Classe II B, não perigoso e inerte, conforme ABNT NBR 10004:2004. O trabalho de Morgenstern *et al* (2016), citado pela **ERM** neste estudo, também

dividiu o material em duas granulometrias (a. material não coesivo, acinzentado, composto 40% de silte; b. material coesivo, avermelhado, composto por silte e argila). Além disso, a composição química do rejeito é composta por hematita (30,9%), goethita (19,2%) e quartzo (42,9%), por FRX. A DRX apresentou a ocorrência de caulinita, illita-muscovita e plagioclásio, além de traços de calcopirita.

5.4.2.2. Caracterização do Rejeito - Institutos Lactec

Os **Institutos Lactec**, no relatório técnico denominado “Diagnóstico Socioambiental dos Danos Decorrentes do Rompimento da Barragem de Fundão na Bacia do Rio Doce - Volume I - Meio Físico”, fizeram um levantamento de trabalhos históricos relacionados a caracterização de rejeito. Os trabalhos históricos citados pelos Institutos Lactec foram: Pires *et al* (2003); Bradt Meio Ambiente (2005); Pereira (2005); Milonas (2006); Motta (2008); Wolff (2009); Bastos (2013); Rezende (2013); Florez, Barbosa e Esposito (2015); Golder Associates (2016a e 2016b); Morgenstern *et al* (2016); Pereira (2016); COPPE (2017); e ERM (2017).

Ao avaliar os trabalhos de caracterização físico-química de rejeitos de mineração de ferro, em especial aqueles desenvolvidos para as áreas pertencentes às operações da **SAMARCO**, concluiu-se:

1. O rejeito tende a apresentar dois tipos de material em relação a granulometria e cor: material arenoso e acinzentado e material fino avermelhado;
2. A composição química é caracterizada por óxidos de silício e ferro (quartzo, hematita, goethita), além de concentrações menores de compostos de alumínio (caulinita, gibbsita, magnetita e martita);
3. Os metais traços, presentes em pequenas concentrações, foram arsênio, bário, cobalto, cobre, chumbo, níquel, prata, vanádio e zinco. Suas presenças foram relacionadas à característica de argilomineral da goethita e a ocorrência de silicatos, aos quais o zinco pode estar associado;
4. Não foi confirmada a geração de ácidos pelo rejeito em nenhum estudo, possivelmente devido à ausência de sulfetos minerais entre as fases principais;

5. A classificação do resíduo (ABNT NBR 10004:2004) apresenta resultados divergentes, com a predominância do resultado de Classe II, material não perigoso e não inerte, devido à ocorrência de metais como ferro, alumínio e fósforo em concentrações acima dos limites para os testes de extrato solubilizado;
6. Trabalhos de caracterização físico-química de rejeitos provenientes da barragem de Fundão são escassos, sendo a maioria dos dados fornecida pela **SAMARCO**, referentes a estudos realizados antes do evento de rompimento;

Em visto disso, os **Institutos Lactec** realizaram seu próprio estudo de caracterização do rejeito após a ruptura da barragem de Fundão. As respectivas metodologias utilizadas na amostragem e ensaios podem ser consultadas nos subitens do item 3.2.5 do relatório supracitado. O Plano de Amostragem PEA 412, apresentado no Apêndice G do referido relatório, foi definido com base nas normas ABNT NBR 9604:2016 e ABNT NBR 10007:2014, devido a inexistência de normas nacionais para amostragem de rejeito de mineração.

Neste estudo, em julho de 2017, foram coletadas amostras deformadas e indeformadas do rejeito durante visita técnica ao Complexo de Germano. No total, foram coletadas cinco amostras, sendo três delas da barragem de Germano, uma da barragem de Fundão e a última próxima a barragem de Santarém. Para a coleta das amostras obtidas de camadas superficiais, foram descartados os primeiros 10 cm de profundidade, por conta da ação do intemperismo. A localização dos pontos de coleta é apresentada na Figura 57 e Tabela 15 do referido relatório.

Os ensaios realizados para a caracterização dos rejeitos foram: massa específica dos grãos; granulometria por peneiramento e sedimentação; granulometria a laser; difração de raios X (DRX); fluorescência de raios X (FRX); microscopia eletrônica de varredura com análise elementar por sonda de energia dispersiva; teor de umidade; massa específica natural; massa específica seca e aparente *in situ*; cromatografia gasosa com espectrometria de massa (GC-MS) para determinação de compostos orgânicos voláteis e fenóis. A seguir são apresentados os resultados obtidos, divididos em ensaios de caracterização físicos e químicos.

5.4.2.2.1. ENSAIOS FÍSICOS DE CARACTERIZAÇÃO

Os resultados dos ensaios de teor de umidade, massa específica natural, massa específica aparente seca *in situ* e dos grãos são apresentados na **Tabela 8**, refletindo a Tabela 16 do relatório supracitado.

Conforme interpretado pela **Lactec**, as amostras coletadas na barragem do Germano (2.0186.17 e 2.0187.17) apresentam valores de massa específica dos grãos superiores devido ao seu maior percentual de Fe₂O₃, característica das amostras de rejeito “argiloso” ou “lama”, justificando também o valor mais elevado da amostra coletada próximo a barragem de Santarém (2.0193.17). Os valores de massa específica natural e aparente seca *in situ* são condizentes com a composição mineral presente nas amostras.

As análises granulométricas por peneiramento e sedimentação mostraram maior concentração de partículas do tamanho silte (0,002 a 0,05 mm), com exceção da amostra 2.0188.17 coletada na barragem de Germano, que apresentou material mais arenoso. Em paralelo, a análise granulométrica a laser detectou diferentes características modais e tamanhos médios do material particulado, com variação de 2,3 a 120 µm.

Tabela 8 - Resultados dos ensaios físicos de caracterização do rejeito

Amostra	Teor de umidade (%)	Massa específica dos grãos (g/cm ³)	Massa específica natural (g/cm ³)	Massa específica aparente seca <i>in situ</i> (g/cm ³)
2.0186.17	15,3	3,97	2,06	1,79
2.0187.17	14,8	3,99	2,14	1,86
2.0188.17	4,2	3	2,16	2,07
2.0192.17	2,1	2,97	-	-
2.0193.17	19,7	3,29	2,05	1,71

Fonte: Institutos Lactec (2017).

5.4.2.2.2. ENSAIOS QUÍMICOS DE CARACTERIZAÇÃO

Segundo o resultado da FRX, a composição química elementar é composta principalmente por ferro e silício, com teores menores de alumínio e traços de potássio, manganês, sódio, fósforo, cálcio, titânio e magnésio. Nas amostras mais argilosas e coloração mais avermelhada, há maior concentração de ferro em relação ao silício. Nas amostras de característica mais arenosa, ocorre o inverso. Essa relação é condizente com o apresentado nos estudos de Pires *et al* (2003), Wolff (2009) e Morgenstern *et al* (2016), que indicaram a ocorrência de dois tipos principais de rejeito com diferentes características físico-químicas. O resultado do ensaio de FRX é apresentado na **Tabela 9**.

Tabela 9 - Caracterização do rejeito expressa em óxidos por FRX

Amostra	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	MnO (%)	Na ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)	CaO (%)	TiO ₂ (%)	MgO (%)	Perda ao Fogo (%)
2.0186.1 7	73,3	16	3,7	0,1	0,3	--	0,2	0,2	0,1	<0,1	6,17
2.0187.1 7	75,5	14,8	3,4	0,1	0,2	--	0,2	0,2	0,1	0,1	5,43
2.0188.1 7	24,5	74,6	0,4	--	--	--	<0,1	--	--	--	0,49
2.0192.1 7	21	78,3	0,2	--	--	--	<0,1	--	--	--	0,51
2.0193.1 7	46,7	39,6	8,4	0,7	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	

Fonte: Institutos Lactec (2017).

Conforme o **Quadro 1** apresentado a seguir, e as Figuras 70 a 74 do relatório técnico da **Lactec**, as amostras de rejeito são compostas, principalmente, por hematita, goethita e quartzo. O quartzo tem predominância nas amostras de rejeito arenoso coletada na barragem de Germano e nas amostras coletadas em Fundão e Santarém. É importante ressaltar que pode haver a presença de outras fases minerais não detectadas, seja devido à baixa concentração ou falta de cristalinidade.

Quadro 1 - Resultados da caracterização das fases químicas e mineralógicas do rejeito por DRX

Amostra	Fases químicas predominantes
2.0186.17	Hematita (Fe ₂ O ₃), H; Goethita (FeOOH), G; Greenalita (H ₈ Fe ₆ O ₁₈ SiO ₄), Gr
2.0187.17	Hematita (Fe ₂ O ₃), H; Goethita (FeOOH), G; Titanita (CaTiSiO ₅), T
2.0188.17	Quartzo (SiO ₂), Q; Hematita (Fe ₂ O ₃), H
2.0192.17	Quartzo (SiO ₂), Q; Hematita (Fe ₂ O ₃), H; Goethita (FeOOH), G
2.0193.17	Quartzo (SiO ₂), Q; Hematita (Fe ₂ O ₃), H; Goethita (FeOOH), G

Fonte: Institutos Lactec (2017).

As figuras 75 a 84 do referido relatório mostram as micrografias e espectros das amostras de rejeito. Como resultado, as amostras de rejeito apresentam estrutura granular, não arredondada, facetada, com bordas angulares e diferentes tamanhos de grãos.

Na pré-moagem (Figuras 75 a 79 do relatório supracitado), foram identificados grãos de tamanho entre 4 µm e 200 µm, com duas morfologias granulares de coloração escura e clara, além de uma terceira textura similar a um conglomerado de grãos menores. O EDS identificou

a presença de ferro, silício e proporções menores de alumínio e potássio, que podem estar arrançados nas formas de quartzo, hematita e goethita (Pereira, 2005).

Na pós-moagem (Figuras 80 a 84), destaca-se a desagregação dos cristais de goethita e sua associação com a ocorrência de traços de cromo, cobre e tálio nas amostras. Isso ocorre devido a capacidade de retenção de metais pesados da goethita (Pires *et al.*, 2003; Muniz e Oliveira-Filho, 2004). A ocorrência desses metais-traço também foi constatada nos trabalhos da Golder Associates (2016a, 2016b) e da Fundação COPPETEC (2017), que os relacionaram à presença de goethita e à ocorrência de silicatos, aos quais metais, em especial zinco, podem estar associados.

A avaliação e quantificação de compostos orgânicos voláteis (VOC) resultou na presença de diclorometano nas amostras da barragem de Germano, nos valores de 0,016 ppm, 0,007 ppm e 0,038 ppm. Para fenóis, resultou na presença em todas as amostras nos valores de 0,01 ppm e 0,02 ppm. A presença desses compostos pode ser decorrente dos insumos utilizados no processo de beneficiamento do minério de ferro (Franco *et al.*, 2004; Bastos, 2013; e Batista *et al.*, 2016).

5.4.2.3. Investigação de Radionuclídeos

A presença de elementos radioativos no rejeito da barragem de Fundão foi estudada nos relatórios técnicos da **PSG do Brasil Ltda.** e **EPA Engenharia de Proteção Ambiental Ltda.**, respectivamente denominados “Relatório de Revisão de Dados Secundários: Avaliação da Possibilidade da Presença de Mineral Radioativo de Ocorrência Natural no Rejeito” e “Relatório de Investigação de Radionuclídeos em Rejeito da Barragem do Fundão - Mariana - MG”.

O relatório da **PSG** apresenta um extenso levantamento bibliográfico referente ao tema no Quadrilátero Ferrífero. O capítulo 3, em especial, reúne informações com o objetivo de identificar fontes de informação e correlacionar a ocorrência de urânio e tório na região, com enfoque nas Formações Moeda e Cauê. Em conclusão do estudo, concluiu-se que:

- A. As faixas de expressão da Formação Moeda foram de interesse de prospecção de uraninita, porém as duas anomalias encontraram não eram economicamente viáveis e se encontram afastadas da área do Complexo de Germano.

- B. Na formação Cauê, os resultados analíticos para itabiritos apresentaram concentrações médias na ordem dos valores crustais médios para urânio.
- C. Poucos trabalhos com resultados derivados de amostras ambientais foram encontrados. No trabalho de Segura *et al.* (2016), a amostragem realizada em Bento Rodrigues em 28 de novembro de 2015 não indicou concentração de urânio acima dos valores crustais médios.
- D. De modo geral, não foi possível correlacionar o rompimento da barragem de Fundão com a presença de radionuclídeos no ambiente.

O relatório do **Grupo EPA** apresenta os resultados da investigação da presença de radionuclídeos em amostras de rejeito da barragem de Fundão. Os parâmetros analisados foram U-238, Th-232, Ra-226, Ra-228, Pb-210, K-40, Po-210, alfa e beta total. Ao todo, foram coletadas quatro amostras na área fonte do evento de rompimento, sendo duas de rejeito mais arenoso e duas de rejeito mais argiloso. As amostras foram coletadas superficialmente, até 0,6 metros de profundidade. O **Quadro 2** apresenta os dados das amostras coletadas.

Quadro 2 - Amostras de rejeito coletadas na Barragem de Fundão para análises de Radionuclídeos

ID da Amostra	UTME	UTMN	Data da Coleta	Hora da Coleta
Rejeito 01/EPA/18/1313	660442	7764549	25.04.2018	10:10
Rejeito 02/EPA/18/1314	660538	7764609	25.04.2018	10:35
Rejeito 03/EPA/18/1315	659924	7764626	25.04.2018	11:00
Rejeito 04/EPA/18/1316	659930	7764589	25.04.2018	11:21

Fonte: EPA Engenharia de Proteção Ambiental Ltda (2018).

Foram utilizados como valores orientadores o disposto na Posição Regulatória 3.01/011:2011 da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), bem como os valores da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) e pela Comunidade Europeia (EURO), conforme os estudos de Dellamano & Sordi (2005). Os parâmetros K-40, alfa e beta total não possuem limites de liberação definidos pelos órgãos supracitados. A **Tabela 10** apresenta os resultados analíticos para as amostras coletadas.

Tabela 10 - Resultados para radionuclídeos nas amostras de rejeito da barragem de Fundão

Radionuclídeos	Unidade	Normas			ID Amostra			
		CNEN	IAEA	EURO	01-EPA/18-1313	02-EPA/18-1314	03-EPA/18-1315	04-EPA/18-1316
U-238	Bq/kg	7,40E+04	1,00E+03	1,00E+03	<7	<7	<7	41±7
Th-232	Bq/kg	7,40E+04	1,00E+03	1,00E+03	<2	<2	<2	45±8
Ra-226	Bq/kg	7,40E+04	1,00E+04	1,00E+04	2,5±0,2	2,4±0,1	11±1	32±1
Ra-228	Bq/kg	7,40E+04	1,00E+04	1,00E+04	1,5±0,4	<2,4	4,7±0,2	17±1
Pb-210	Bq/kg	7,40E+04	1,00E+04	1,00E+04	<4	<4	<5,1	36±9
K-10	Bq/kg	-	-	-	18±2	<10	<10	112±6
Po-210	Bq/kg	7,40E+04	1,00E+04	1,00E+04	4,6±1	5,9±1	10±2	45±7
Alfa total	Bq/kg	-	-	-	<350	<350	<350	<350
Beta total	Bq/kg	-	-	-	662±63	530±55	745±67	1026±82

Fonte: EPA Engenharia de Proteção Ambiental Ltda (2018).

Os resultados mostram que para os radionuclídeos analisados, os valores de concentração não ultrapassam os valores orientadores adotados para nenhum parâmetro. Embora não haja valores orientadores para K-40, alfa e beta total, nota-se que os valores de concentração detectados se encontram muito abaixo dos limites adotados dos outros parâmetros. Sendo assim, os resultados indicam que, em relação ao rejeito, esses parâmetros não devem ser preocupantes para a saúde humana.

Para reforçar esse indício, os resultados analíticos obtidos também são comparados com o estudo de Peixoto (2013). No relatório do **Grupo EPA**, as Tabelas 7.5 (Radioatividade das rochas) e 4 (Valores de Referência de Qualidade para U e Th em solo no estado de Minas Gerais) apresentam valores maiores que os encontrados pela análise de rejeito da barragem de Fundão, corroborando para o fato de que o rejeito não apresenta perigo de contaminação para estes parâmetros.

5.4.3. RESULTADOS ANALÍTICOS E AVALIAÇÃO ESPACIAL

Neste item será discutido qualitativa e quantitativamente os resultados analíticos dos serviços de campo. O objetivo desta discussão é analisar os resultados analíticos de cada matriz espacialmente em relação à segmentação com base na exposição, definida no item 3.1, para validar quais SQI estão associadas ao evento de rompimento da barragem de Fundão.

A metodologia de análise espacial compreendeu: segmentação das amostras com base na exposição (RED, REI e RNE); comparação da variância e significância dos resultados analíticos brutos; análise comparativa dos resultados analíticos em gráficos do tipo *Boxplot*; e comparação entre os resultados de Análise Espacial três Áreas Alvo.

5.4.3.1. Solo Superficial

Foram coletadas amostras de solo superficial ao longo do rio Gualaxo do Norte (principal rio da área de estudo) e em pontos de controle para caracterização das concentrações basais (de *background*) na região. Ao todo foram 44 pontos de coleta separados nas três áreas-alvo, que por sua vez foram divididas em regiões de cenários de exposição (RED, REI e RNE). Dessas amostras, 24 estão localizadas na RED, 6 na REI e as outras 14 na RNE. A **Tabela 11** apresenta a quantidade de amostras por AA e Região de Exposição.

Tabela 11 - Amostras coletadas de Solo Superficial por AA e Região de Exposição

Área-Alvo	AA-1	AA-2	AA-3
RED	1	12	11
REI	-	3	3
RNE	2	9	3

Nos itens a seguir serão apresentados os resultados das amostragens de Solo Superficial para cada área-alvo.

5.4.3.1.1. RESULTADOS AMOSTRAS DE SOLO SUPERFICIAL DA AA-1

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 12**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) agrícola e residencial estabelecidos pelo Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009, e COPAM N° 166, de 29 de junho de 2011. Para os metais Alumínio, Boro, Ferro, Manganês, Selênio e Vanádio, utilizaram-se os VI para solo residencial estabelecidos pela EPA RSL. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Antimônio, Cádmio, Molibdênio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Os metais Alumínio, Boro, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.

- ✓ O Bário apresentou concentrações superiores ao VI agrícola adotado (300 mg/kg) na amostra SSP-09 (**342** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.
- ✓ O Ferro apresentou concentrações superiores ao VI adotado (55.000 mg/kg) nas amostras SSP-09 (**228.000** mg/kg) e AC-02-SSP (**85.700** mg/kg). A amostra AC-03-SSP apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado.
- ✓ O Manganês apresentou concentrações superiores ao VI adotado (1.800 mg/kg) nas amostras SSP-09 (**6.080** mg/kg) e AC-02-SSP (**4.190** mg/kg). A amostra AC-03-SSP apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado.

Conforme descrito na Resolução CONAMA 420, uma área que está submetida ao processo de gerenciamento ambiental deve ser classificada segundo sua qualidade, considerando a concentração de substâncias químicas. De acordo com os resultados apresentados neste item, o solo é classificado como Classe 4 nesta AA.

Tabela 12 - Resultados Analíticos de Solo Superficial AA-1

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 420/COPAM N° 166		Pontos de Amostragem		
			Investigação		SSP-09	AC-02-SSP	AC-03-SSP
			Agrícola	Residencial	A1	A1	A1
Profundidade	-	m	-	-	0,10	0,10	0,10
Litologia					Rejeito	SA(r)	Ar(r)
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	< 12,5	< 12,5	< 12,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	61,20	< 25	< 25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	61,20	< 12,5	< 12,5
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	5.080,00	32.100,00	49.500,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	19,00	10,00	1,88
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	342,00	219,00	35,00
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	729,00	278,00	115,00
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	16,80	17,00	9,27
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	8,18	14,50	2,80
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	22,60	16,50	18,70
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	34,10	145,00	70,00
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	228.000,00	85.700,00	31.800,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	6.080,00	4.190,00	177,00
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	0,84	0,20	0,16
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	13,80	20,90	11,90
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	35,10	55,60	52,10
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	16,30	29,30	27,90

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola	RED
0,00 > V.I. Residencial ou EPA	REI
0,00 - V.I. EPA RSL	RNE

Litologia: S - Silte, A - Areia, Ar - Argila, (r) - raízes, (c) - Cascalho;

5.4.3.1.2. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE SOLO SUPERFICIAL DA AA-1

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

O **Quadro 3** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-1. Não foi realizada a análise por gráficos em *boxplot* por região, devido à quantidade limitada de amostras.

Quadro 3 - Identificação de Amostra de Solo Superficial por Região de Exposição AA-1

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	SSP-09
REI	-
RNE	AC-02-SSP, AC-03-SSP

Ressalta-se que, como há poucas amostras na RED e RNE, as interpretações sobre a correlação espacial das concentrações e as regiões devem ser consideradas com a limitação do número de amostras.

Alumínio

O Alumínio apresenta a concentração na RED (5.080 mg/kg) significativamente menor quando comparada às concentrações encontradas na RNE (32.100 a 49.500 mg/kg).

Bário

O Bário apresenta concentrações de 35 e 219 mg/kg na RNE, enquanto a amostra que apresenta concentração superior ao VI agrícola adotado, SSP-09 (342 mg/kg), se encontra na RED.

Boro

O Boro apresenta maior concentração na RED (729 mg/kg), enquanto na RNE as concentrações são menores (115 a 278 mg/kg).

Ferro

O Ferro apresenta maior concentração na RED (228.000 mg/kg), enquanto na RNE estão localizadas as menores concentrações (31.800 a 85.700 mg/kg).

Manganês

O Manganês apresenta concentrações superiores ao VI adotado, SSP-09 (**6.080** mg/kg) e AC-02-SSP (**4.190** mg/kg), respectivamente na RED e RNE.

Demais Metais

Esses metais foram agrupados devido às suas concentrações serem inferiores aos seus respectivos VI em todas as amostras analisadas e não apresentarem diferenças significativas entre as concentrações na RED, REI e RNE. Os metais deste grupo são Arsênio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel, Vanádio e Zinco.

5.4.3.1.3. RESULTADOS AMOSTRAS DE SOLO SUPERFICIAL DA AA-2

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 13**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) agrícola e residencial estabelecidos pelo Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009, e COPAM N° 166, de 29 de junho de 2011. Para os metais Alumínio, Boro, Ferro, Manganês, Selênio e Vanádio, utilizaram-se os VI para solo residencial estabelecidos pela EPA RSL. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Cádmio, Molibdênio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Os metais Bário, Boro, Chumbo, Cobre, Mercúrio, Níquel, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.
- ✓ O Arsênio apresentou concentrações detectáveis nas amostras SSP-10, SSP-11, SSP-12, SSP-13, SSP-18, SSP-20, SSP-21, SSP-32, SSP-33, SSP-35, SSP-37 e AC-06-SSP,

porém inferiores aos VI adotados. O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.

- ✓ O Alumínio apresentou concentração superior ao VI adotado (77.000 mg/kg) na amostra SSP-10 (**79.400** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.
- ✓ O Antimônio apresentou concentração superior ao VI agrícola adotado (5 mg/kg) na amostra SSP-11 (**5,95** mg/kg). As amostras SSP-01, SSP-02 e SSP-15 apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados. O restante das amostras não apresentou concentração detectável.
- ✓ O Cobalto apresentou concentração superior ao VI agrícola adotado (35 mg/kg) na amostra SSP-14 (**46,1** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.
- ✓ O Cromo apresentou concentração superior ao VI agrícola adotado (150 mg/kg) na amostra SSP-11 (**187** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.
- ✓ O Manganês apresentou concentração superior ao VI adotado (1.800 mg/kg) na amostra SSP-12 (**2.450** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.
- ✓ O Ferro apresentou concentrações superiores ao VI adotado (55.000 mg/kg) nas amostras SSP-01 (**203.000** mg/kg), SSP-02 (**162.000** mg/kg), SSP-11 (**168.000** mg/kg), SSP-12 (**102.000** mg/kg), SSP-13 (**119.000** mg/kg), SSP-14 (**80.100** mg/kg), SSP-15 (**247.000** mg/kg), SSP-17 (**191.000** mg/kg), SSP-18 (**175.000** mg/kg), SSP-19 (**199.000** mg/kg), SSP-20 (**183.000** mg/kg) e SSP-37 (**57.800** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.

Conforme descrito na Resolução CONAMA 420, uma área que está submetida ao processo de gerenciamento ambiental deve ser classificada segundo sua qualidade, considerando a concentração de substâncias químicas. De acordo com os resultados apresentados neste item, o solo é classificado como Classe 4 nesta AA.

Tabela 13 - Resultados Analíticos de Solo Superficial AA-2

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 420/COPAM N° 166		Pontos de Amostragem											
			Investigação		SSP-01	SSP-02	SSP-10	SSP-11	SSP-12	SSP-13	SSP-14	SSP-15	SSP-16	SSP-17	SSP-18	SSP-19
			Agrícola	Residencial	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1
Profundidade	-	m	-	-	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Litologia					Rejeito	Rejeito	S Ar	A	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	S A	Rejeito	Rejeito	Rejeito
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	< 12,5	< 12,5	< 12,5	12,60	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	<25	54,00	42,80	61,70	54,90	65,30	85,50	39,60	96,30	53,60	50,90	37,80
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	21,60	44,10	42,80	49,10	54,90	65,30	85,50	39,60	96,30	44,60	41,90	37,80
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	2.970,00	12.800,00	79.400,00	21.200,00	38.300,00	38.000,00	39.300,00	4.640,00	27.100,00	6.420,00	3.470,00	4.040,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	2,15	2,02	< 1	5,95	< 1	< 1	< 1	1,98	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	< 1	< 1	1,93	3,82	23,70	3,89	< 1	< 1	< 1	< 1	1,34	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	23,20	29,10	20,60	44,10	145,00	42,70	89,90	102,00	20,20	20,50	21,80	24,60
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	672,00	536,00	73,70	536,00	372,00	429,00	302,00	824,00	172,00	663,00	618,00	688,00
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	10,40	10,30	4,15	16,00	15,20	10,90	21,90	13,20	13,40	16,30	15,20	15,60
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	3,25	4,88	1,71	4,35	6,32	3,76	46,10	3,68	3,04	3,06	2,76	3,28
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	2,71	12,20	10,40	7,74	14,20	6,67	45,40	4,00	7,26	4,56	4,42	5,39
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	16,80	52,10	30,90	187,00	25,40	23,90	46,70	22,00	19,30	14,90	13,50	15,60
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	203.000,00	162.000,00	17.300,00	168.000,00	102.000,00	119.000,00	80.100,00	247.000,00	51.900,00	191.000,00	175.000,00	199.000,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	404,00	414,00	39,90	397,00	2.450,00	594,00	1.100,00	663,00	258,00	351,00	398,00	434,00
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	0,10	0,13	0,09	0,07	0,24	0,15	0,06	0,13	0,10	0,12	0,10	0,11
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	4,27	14,70	10,70	8,69	11,40	7,25	24,30	7,57	4,07	3,78	3,11	4,18
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	21,40	38,50	31,50	31,80	30,50	28,70	174,00	26,30	24,50	23,20	18,20	20,30
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	25,40	15,30	24,50	20,20	31,60	23,20	48,30	32,40	20,60	10,60	3,97	18,20

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola	RED
0,00 > V.I. Residencial ou EPA	REI
0,00 - V.I. EPA RSL	RNE

Litologia: S - Silte, A - Areia, Ar - Argila, (r) - raízes, (c) - Cascalho;

Tabela 13 - Resultados Analíticos de Solo Superficial AA-2

Elementos	CONAMA 420/COPAM N° 166						Pontos de Amostragem											
	CAS	Unidade	Prevenção	Investigação			SSP-20	SSP-21	SSP-22	SSP-32	SSP-33	SSP-34	SSP-35	SSP-37	SSP-38	AC-05-SSP	AC-06-SSP	AC-08-SSP
				Agrícola	Residencial	Industrial	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1
Profundidade	-	m	-	-	-	-	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Litologia							Ar S	S Ar	Rejeito	S A	Ar	S Ar	S Ar	S A	S A	Ar A	S Ar	A
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 2,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 25	< 25	28,40	83,30	< 25	< 5	97,70	26,60	77,40	< 25	30,20	51,80
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	17,60	15,80	28,40	83,30	< 12,5	< 2,5	97,70	26,60	77,40	16,20	30,20	51,80
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	77.000,00	-	6.050,00	51.300,00	50.100,00	47.000,00	61.300,00	44.800,00	70.700,00	56.100,00	48.100,00	20.800,00	58.100,00	57.100,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	2,00	5,00	10,00	25,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	15,00	35,00	55,00	150,00	2,25	1,87	< 1	2,41	7,01	< 1	1,30	1,01	< 1	< 1	7,65	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	150,00	300,00	500,00	750,00	34,50	9,59	20,40	132,00	44,60	33,30	21,40	43,70	22,50	15,80	39,60	51,70
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	16.000,00	-	682,00	101,00	96,40	119,00	92,10	66,30	82,80	215,00	45,10	39,20	69,30	110,00
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	1,30	3,00	8,00	20,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	72,00	180,00	300,00	900,00	16,90	< 1	15,00	8,87	18,10	30,00	12,40	16,00	10,40	2,46	20,20	8,95
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	25,00	35,00	65,00	90,00	3,29	1,71	3,04	8,47	2,74	6,77	3,53	6,37	1,92	1,57	1,72	12,20
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	60,00	200,00	400,00	600,00	4,33	3,71	7,66	13,10	11,20	8,35	9,08	15,90	6,37	6,08	6,44	12,60
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	75,00	150,00	300,00	400,00	16,20	51,30	21,80	39,10	32,20	25,70	37,30	46,90	15,50	19,80	20,30	37,40
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	-	55.000,00	-	183.000,00	25.700,00	25.900,00	28.100,00	22.700,00	15.400,00	24.000,00	57.800,00	13.000,00	10.600,00	20.000,00	30.600,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	-	1.800,00	-	398,00	17,20	109,00	193,00	526,00	345,00	53,20	233,00	284,00	75,00	115,00	338,00
Mercurio Total	7439-97-6	mg/kg	0,50	12,00	36,00	70,00	0,09	0,14	0,10	0,09	0,12	< 0,05	0,10	0,12	0,13	< 0,05	0,19	0,13
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	30,00	50,00	100,00	120,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	30,00	70,00	100,00	130,00	4,40	10,10	4,31	12,10	8,63	6,77	9,17	7,60	4,88	5,17	4,46	12,90
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	2,00	25,00	50,00	100,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	5,00	-	3.900,00	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	3.900,00	1.000,00	20,20	57,00	64,80	57,10	26,10	39,70	46,40	118,00	25,30	19,50	28,30	59,80
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	300,00	450,00	1.000,00	2.000,00	13,90	12,30	31,60	44,60	64,70	36,90	17,70	27,80	30,70	21,30	38,40	31,10

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola

RED

0,00 > V.I. Residencial ou EPA

REI

0,00 - V.I. EPA RSL

RNE

Litologia: S - Silte, A - Areia, Ar - Argila, (r) - raízes, (c) - Cascalho;

5.4.3.1.4. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE SOLO SUPERFICIAL DA AA-2

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

O **Quadro 4** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-2.

Quadro 4 - Identificação de Amostra de Solo Superficial por Região de Exposição AA-2

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	SSP-01, SSP-02, SSP-11, SSP-12, SSP-13, SSP-14, SSP-15, SSP-17, SSP-18, SSP-19, SSP-20
REI	SSP-10, SSP-16, SSP-21, SSP-22
RNE	SSP-32, SSP-33, SSP-34, SSP-35, SSP-37, SSP-38, AC-05-SSP, AC-06-SSP, AC-08-SSP

Alumínio

O Alumínio apresenta tendência de menores concentrações na RED quando comparada às concentrações encontradas na REI e RNE, conforme **Gráfico 6**.

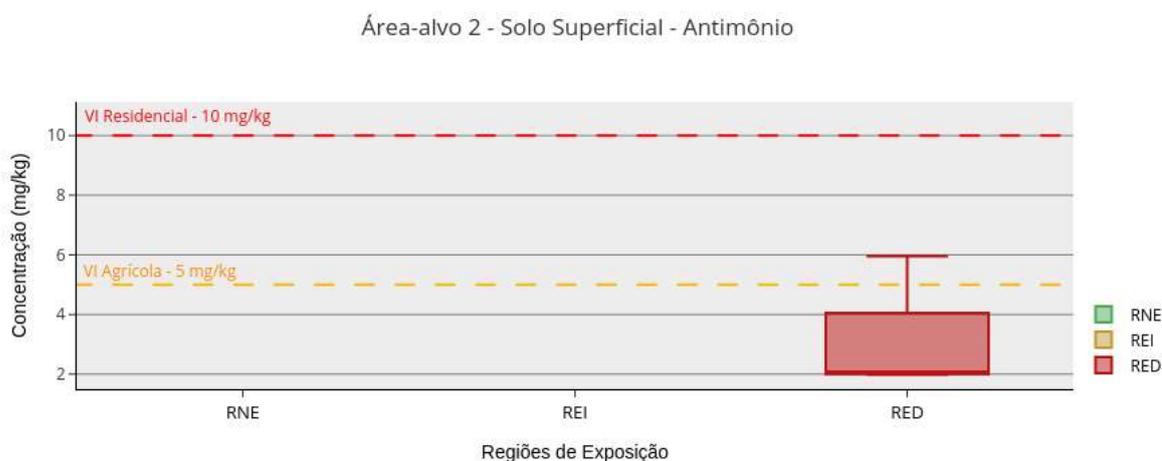
Gráfico 6 - Concentrações de Alumínio de Solo Superficial AA2



Antimônio

Para o Antimônio, quatro de doze amostras (SSP-01, SSP-02, SSP-11 e SSP-15) presentes na RED apresentaram concentrações acima do limite de quantificação do laboratório, conforme **Gráfico 7**. As amostras analisadas presentes na REI e RNE não apresentaram concentrações acima do limite de quantificação do laboratório.

Gráfico 7 - Concentrações de Antimônio de Solo Superficial AA2



Boro

O Boro apresenta maiores concentrações na RED em relação a REI e RNE, porém inferiores ao VI adotado em todas as regiões, conforme **Gráfico 8**.

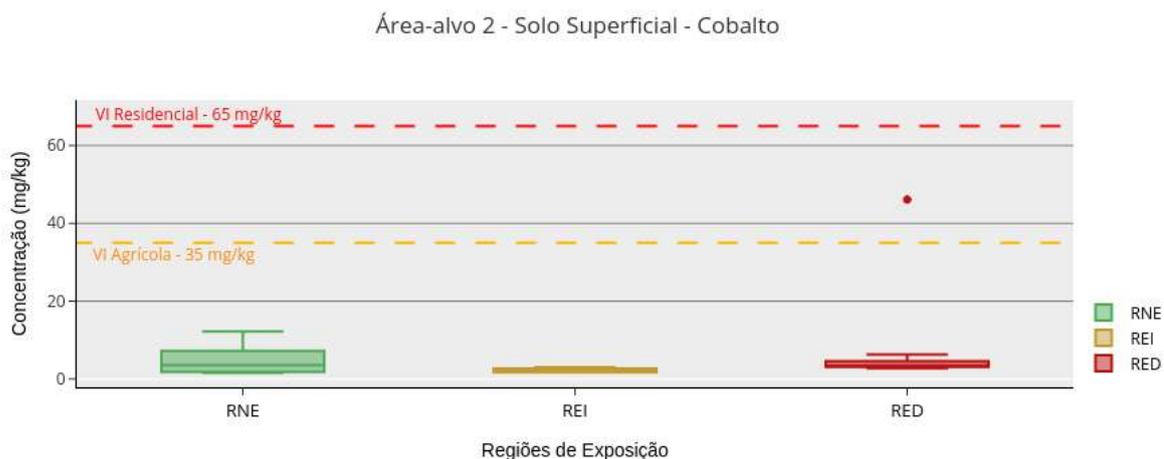
Gráfico 8 - Concentrações de Boro de Solo Superficial AA2



Cobalto

As amostras de Cobalto apresentam concentrações abaixo de 10 mg/kg tanto na RED, quanto na REI e RNE. A única amostra que apresenta valores de concentração acima do VI é a SSP-14 (**46,1 mg/kg**), conforme **Gráfico 9**.

Gráfico 9 - Concentrações de Cobalto de Solo Superficial AA2



Cromo

O Cromo apresenta a maioria das amostras analisadas abaixo de 50 mg/kg tanto na RED, quanto na REI e RNE. A amostra analisada que apresenta valor de concentração fora dos padrões é a SSP-11 (**187 mg/kg**), presente na RED, conforme **Gráfico 10**.

Gráfico 10 - Concentrações de Cromo de Solo Superficial AA2



Ferro

O Ferro apresenta comportamento oposto ao Alumínio, sendo semelhante ao Boro. Os maiores valores de concentração estão localizados em sua maioria na RED, enquanto as menores concentrações estão localizadas na REI e na RNE, conforme **Gráfico 11**.

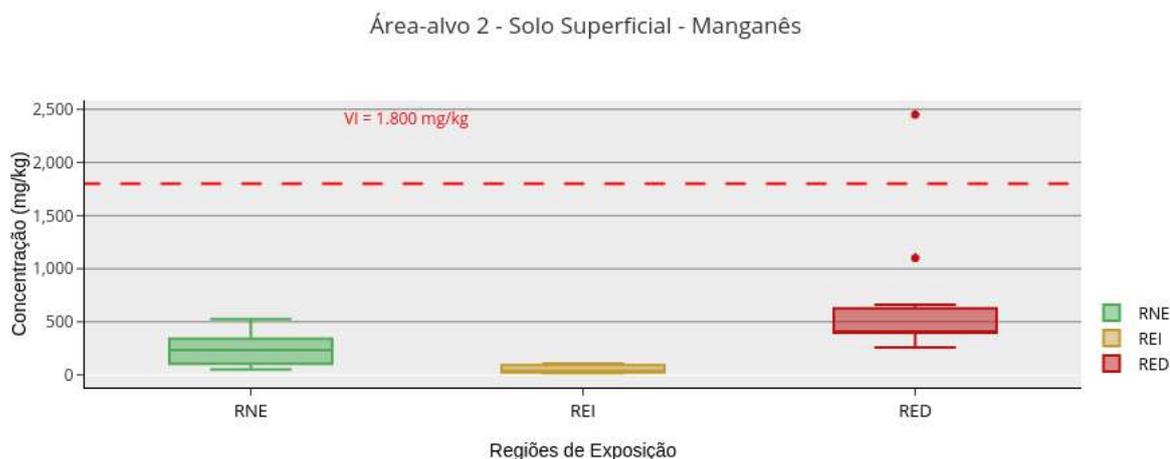
Gráfico 11 - Concentrações de Ferro de Solo Superficial AA2



Manganês

O Manganês apresenta, assim como Ferro e Boro, maiores concentrações na RED em relação a REI e RNE, apesar de apresentar dois *outliers* nas amostras SSP-12 (2.450 mg/kg) e SSP-14 (1.100 mg/kg), conforme **Gráfico 12**.

Gráfico 12 - Concentrações de Manganês de Solo Superficial AA2



Demais Metais

Esses metais foram agrupados devido às suas concentrações serem inferiores aos seus respectivos VI em todas as amostras analisadas e não apresentarem diferenças significativas entre as concentrações na RED, REI e RNE. Os metais deste grupo são Arsênio, Bário, Chumbo, Cobre, Mercúrio, Níquel, Vanádio e Zinco.

5.4.3.1.5. RESULTADOS AMOSTRAS DE SOLO SUPERFICIAL DA AA-3

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 14**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) agrícola e residencial estabelecidos pelo Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009, e COPAM N° 166, de 29 de junho de 2011. Para os metais Alumínio, Boro, Ferro, Manganês, Selênio e Vanádio, utilizaram-se os VI para solo residencial estabelecidos pela EPA RSL. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Cádmio, Molibdênio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Os metais Alumínio, Boro, Chumbo, Cobre, Mercúrio, Níquel, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.

- ✓ O Arsênio apresentou concentrações detectáveis nas amostras SSP-25, SSP-30, SSP-39, SSP-40, SSP-41, SSP-42, SSP-43, AC-01-SSP e AC-07-SSP, porém inferiores aos VI adotados. O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ O Antimônio apresentou concentração superior ao VI agrícola adotado (5 mg/kg) na amostra SSP-41 (**5,8** mg/kg). O restante das amostras analisadas apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ O Bário apresentou concentrações superiores aos VI residenciais adotados (500 mg/kg) nas amostras SSP-41 (**1.090** mg/kg) e AC-01-SSP (**1.290** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.
- ✓ O Cobalto apresentou concentração superior ao VI residencial adotado na amostra SSP-41 (**188** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.
- ✓ O Cromo apresentou concentração superior ao VI agrícola adotado (150 mg/kg) na amostra SSP-41 (**204** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.
- ✓ O Ferro apresentou concentrações superiores ao VI adotado (55.000 mg/kg) nas amostras SSP-23 (**199.000** mg/kg), SSP-24 (**140.000** mg/kg), SSP-25 (**86.600** mg/kg), SSP-26 (**83.800** mg/kg), SSP-27 (**209.000** mg/kg), SSP-28 (**152.000** mg/kg), SSP-29 (**108.000** mg/kg) e SSP-31 (**126.000** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.
- ✓ O Manganês apresentou concentrações superiores ao VI adotado (1.800 mg/kg) nas amostras SSP-41 (**10.000** mg/kg) e AC-01-SSP (**5.530** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.

Conforme descrito na Resolução CONAMA 420, uma área que está submetida ao processo de gerenciamento ambiental deve ser classificada segundo sua qualidade, considerando a concentração de substâncias químicas. De acordo com os resultados apresentados neste item, o solo é classificado como Classe 4 nesta AA.

Tabela 14 - Resultados Analíticos de Solo Superficial AA-3

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 420/COPAM N° 166		Pontos de Amostragem								
			Investigação		SSP-23	SSP-24	SSP-25	SSP-26	SSP-27	SSP-28	SSP-29	SSP-30	SSP-31
			Agrícola	Residencial	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1
Profundidade	-	m	-	-	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Litologia					Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	63,50	82,40	54,00	62,10	99,90	62,10	63,00	90,50	56,30
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	63,50	82,40	54,00	62,10	99,90	62,10	63,00	90,50	56,30
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	9.760,00	15.900,00	33.700,00	21.700,00	4.930,00	4.540,00	34.600,00	38.900,00	23.500,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	< 1	< 1	1,27	< 1	< 1	< 1	< 1	13,90	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	34,20	53,50	41,40	107,00	35,10	46,40	19,40	34,80	81,70
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	610,00	479,00	291,00	271,00	689,00	464,00	337,00	124,00	400,00
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	16,70	13,20	13,40	15,90	14,80	11,90	9,18	19,70	14,60
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	3,88	3,76	3,84	4,22	4,75	3,80	3,04	10,00	7,66
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	6,98	5,22	5,09	5,00	8,44	7,92	5,29	17,90	12,50
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	23,70	16,10	11,60	18,40	21,40	16,20	15,90	22,40	55,10
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	199.000,00	140.000,00	86.600,00	83.800,00	209.000,00	152.000,00	108.000,00	31.000,00	126.000,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	390,00	518,00	204,00	322,00	644,00	502,00	218,00	224,00	460,00
Mercurio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	0,12	0,14	0,11	0,08	0,22	0,10	0,14	0,07	0,13
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	7,12	4,90	4,74	6,96	7,62	5,49	4,16	9,35	30,40
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	21,60	22,30	22,40	15,80	22,30	19,30	36,10	81,20	33,50
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	14,50	16,30	20,50	29,50	8,72	7,07	16,30	27,20	28,90

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola	RED
0,00 > V.I. Residencial ou EPA	REI
0,00 - V.I. EPA RSL	RNE

Litologia: S - Silte, A - Areia, Ar - Argila, (r) - raízes, (c) - Cascalho;

Tabela 14 - Resultados Analíticos de Solo Superficial AA-3

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 420/COPAM N° 166		Pontos de Amostragem							
			Investigação		SSP-39	SSP-40	SSP-41	SSP-42	SSP-43	AC-01-SSP	AC-04-SSP	AC-07-SSP
			Agrícola	Residencial	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1
Profundidade	-	m	-	-	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Litologia					S Ar	Ar S	S Ar	Ar S	S	S A	S A (r)	S Ar (r)
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	63,50	61,20	< 25	< 25	59,00	68,00	43,20	104,00
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	63,50	61,20	22,50	18,00	59,00	68,00	43,20	104,00
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	48.600,00	56.900,00	44.400,00	58.900,00	46.100,00	15.900,00	28.100,00	32.800,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	< 1	< 1	5,80	< 1	< 1	< 1	< 1	3,15
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	3,97	1,50	1,04	3,16	3,42	7,84	< 1	13,50
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	28,80	35,30	1.090,00	35,60	26,40	1.290,00	42,80	49,60
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	132,00	118,00	147,00	114,00	119,00	71,00	37,60	169,00
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	12,70	5,90	123,00	13,40	3,39	5,93	11,30	16,80
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	2,18	2,93	188,00	6,10	3,33	2,29	3,98	5,58
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	4,89	13,90	47,20	34,80	20,40	8,78	7,12	12,60
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	26,40	56,40	204,00	68,80	77,60	52,90	15,10	130,00
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	37.000,00	35.400,00	40.900,00	31.000,00	31.900,00	17.400,00	10.700,00	51.500,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	108,00	86,50	10.000,00	82,60	40,30	5.530,00	115,00	443,00
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	0,12	0,27	0,22	0,17	0,21	0,10	0,09	0,17
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	5,47	16,10	61,30	33,10	24,00	14,70	5,38	16,80
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	22,90	63,90	95,20	79,90	83,40	26,20	22,70	56,30
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	29,30	27,50	31,60	35,00	15,20	25,60	41,80	21,40

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola	RED
0,00 > V.I. Residencial ou EPA	REI
0,00 - V.I. EPA RSL	RNE

Litologia: S - Silte, A - Areia, Ar - Argila, (r) - raízes, (c) - Cascalho;

5.4.3.1.6. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE SOLO SUPERFICIAL DA AA-3

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

O **Quadro 5** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-3.

Quadro 5 - Identificação de Amostra de Solo Superficial por Região de Exposição AA-3

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	SSP-23, SSP-24, SSP-25, SSP-26, SSP-27, SSP-28, SSP-29, SSP-39, SSP-40, SSP-41, SSP-42
REI	SSP-30, SSP-31, SSP-43
RNE	AC-01-SSP, AC-04-SSP, AC-07-SSP

Alumínio

Para o alumínio, observa-se que as concentrações encontradas na RED tendem a ser menores quando comparadas às concentrações encontradas na REI e RNE, conforme **Gráfico 13**.

Gráfico 13 - Concentrações de Alumínio de Solo Superficial AA3



Antimônio

Antimônio apresentou apenas dois valores de concentração acima do limite de quantificação do laboratório, sendo um superior ao VI agrícola adotado, localizado na RNE. A diferença entre os valores é pequena (5,8 e 3,15 mg/kg), conforme **Gráfico 14**. Ambos os pontos estão localizados na RNE, ocorrendo o oposto a AA-2.

Gráfico 14 - Concentrações de Antimônio de Solo Superficial AA3



Bário

O Bário apresenta concentrações que variam de 19,4 a 107 mg/kg, distribuídos aleatoriamente entre a RED, REI e RNE. As amostras que apresentam concentrações superiores ao VI residencial adotado, SSP-41 (1.090 mg/kg) e AC-01-SSP (1.290 mg/kg), estão ambas localizadas na RNE, conforme **Gráfico 15**.

Gráfico 15 - Concentrações de Bário de Solo Superficial AA3



Boro

O Boro apresenta maiores concentrações na RED em relação às encontradas na REI e RNE, conforme **Gráfico 16**.

Gráfico 16 - Concentrações de Boro de Solo Superficial AA3



Cobalto

Cobalto apresenta concentrações similares (entre 2 a 8 mg/kg) na RED, REI e RNE, ocorrendo um *outlier* na amostra SSP-41 (123 mg/kg), localizada na RNE, de concentração superior ao VI, conforme **Gráfico 17**.

Gráfico 17 - Concentrações de Cobalto de Solo Superficial AA3



Cromo

O cromo apresenta concentrações relativamente maiores na RNE em relação a REI e RED, devido a presença de um *outlier* na amostra SSP-41 (204 mg/kg), localizada na RNE, de concentração superior ao VI, conforme **Gráfico 18**. Porém, há clara interposição das concentrações das três regiões, o que reforça a ideia da influência do *outlier* na representação dos resultados analíticos em *boxplot*.

Gráfico 18 - Concentrações de Cromo de Solo Superficial AA3



Ferro

O Ferro apresenta maiores concentrações na RED, enquanto há gradação na diminuição das concentrações encontradas na REI e RNE, conforme **Gráfico 19**.

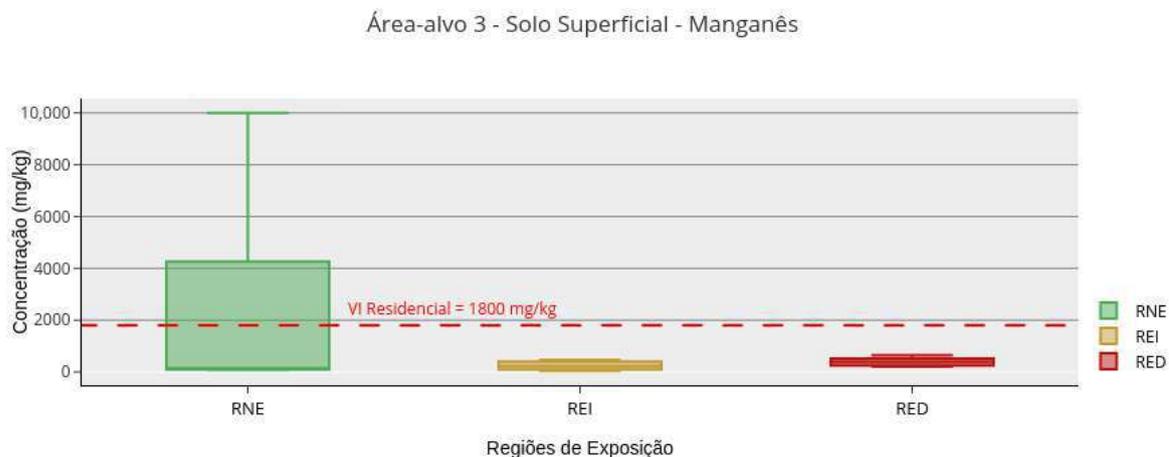
Gráfico 19 - Concentrações de Ferro de Solo Superficial AA3



Manganês

O Manganês apresenta comportamento semelhante ao Bário. As amostras que apresentam concentrações superiores ao VI adotado, SSP-41 (**10.000 mg/kg**) e AC-01-SSP (**5.530 mg/kg**), estão ambas localizadas na RNE. Fora isso, assim como ocorre com o Cromo, há clara interposição nas concentrações das três regiões, conforme **Gráfico 20**.

Gráfico 20 - Concentrações de Manganês de Solo Superficial AA3



Demais Metais

Esses metais foram agrupados devido às suas concentrações serem inferiores aos seus respectivos VI em todas as amostras analisadas e não apresentarem diferenças significativas entre as concentrações na RED, REI e RNE. Os metais deste grupo são Arsênio, Chumbo, Cobre, Mercúrio, Níquel, Vanádio e Zinco e apresentaram concentrações semelhantes em todas as regiões.

5.4.3.2. Solo Subsuperficial

Foram coletadas amostras de solo subsuperficial em diferentes profundidades (B1 até B5) ao longo do rio Gualaxo do Norte (principal rio da região de estudo) e em pontos de controle para caracterização das concentrações basais na região. Ao todo foram 44 pontos de coleta separados nas três áreas-alvo, que por sua vez foram divididas em regiões de cenários de exposição (RED, REI e RNE). Destes 44 pontos de amostra, 20 estão localizadas na RED, 6 na REI e 18 na RNE. A divisão das amostras para cada área-alvo é apresentada na **Tabela 15**.

Tabela 15 - Amostras coletadas de Solo Subsuperficial em cada área-alvo e regiões de exposição.

Área-Alvo	AA-1	AA-2	AA-3
RED	1	12	7
REI	-	3	3
RNE	2	9	7

Nos itens a seguir serão apresentados os resultados das amostragens em solo subsuperficial para cada área-alvo.

5.4.3.2.1. RESULTADOS AMOSTRAS DE SOLO SUBSUPERFICIAL DA AA-1

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 16**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) agrícola e residencial estabelecidos pelo Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009, e COPAM N° 166, de 29 de junho de 2011. Para os metais Alumínio, Boro, Ferro, Manganês, Selênio e Vanádio, utilizaram-se os VI para solo residencial estabelecidos pela EPA RSL. Neste contexto, têm-se:

As profundidades, em metros, de cada amostra serão apresentadas na seguinte nomenclatura: SSP-XX-Profundidade e AC-XX-SSP-Profundidade. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Cádmio, Molibdênio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Os metais Alumínio, Boro, Chumbo, Cobre, Mercúrio, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.
- ✓ Antimônio apresentou concentrações superiores aos VI agrícola (4 mg/kg) e residencial (10 mg/kg) adotados nas amostras SSP-09-0,2 (**10,5** mg/kg), SSP-09-1,6 (**11,5** mg/kg) e AC-02-SSP-0,3 (**6,73** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Arsênio apresentou concentrações superiores ao VI residencial adotado (55 mg/kg) nas amostras SSP-09-0,2 (**70** mg/kg) e SSP-09-1,6 (**135** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.

- ✓ Bário apresentou concentrações superiores ao VI residencial adotado (500 mg/kg) nas amostras SSP-09-0,2 (**1.850** mg/kg) e SSP-09-1,6 (**665** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Cobalto apresentou concentração superior ao VI agrícola adotado (35 mg/kg) na amostra SSP-09-0,2 (**48,7** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Cromo apresentou concentração superior ao VI agrícola adotado (150 mg/kg) na amostra AC-02-SSP-0,3 (**211** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro apresentou concentrações superiores ao VI adotado (55.000 mg/kg) nas amostras SSP-09-0,2 (**280.000** mg/kg), SSP-09-1,6 (**431.000** mg/kg), AC-02-SSP-0,3 (**85.700** mg/kg), AC-02-SSP-0,3 (**195.000** mg/kg), AC-03-SSP-0,1 (**85.200** mg/kg) e AC-03-SSP-0,25 (**81.500** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Manganês apresentou concentrações superiores ao VI adotado (1.800 mg/kg) nas amostras SSP-09-0,2 (**17.100** mg/kg), SSP-09-1,6 (**9.680** mg/kg), AC-02-SSP-0,3 (**4.190** mg/kg) e AC-02-SSP-0,3 (**1.940** mg/kg).

Conforme descrito na Resolução CONAMA 420, uma área que está submetida ao processo de gerenciamento ambiental deve ser classificada segundo sua qualidade, considerando a concentração de substâncias químicas. De acordo com os resultados apresentados neste item, o solo é classificado como Classe 4 nesta AA.

Tabela 16 - Resultados Analíticos de Solo Subsuperficial AA-1

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 420/COPAM N° 166		SSP-09		AC-02-SSP		AC-03-SSP		
			Investigação		B1	B2	B1	B2	B1	B2	B3
			Agrícola	Residencial							
Profundidade	-	m	-	-	0,20	1,60	0,30	0,80	0,10	0,25	0,70
Litologia					Rejeito	A	SA(r)	SA(c)	Ar(r)	Ar(c)	Ar(c)
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	11.700,00	6.680,00	17.300,00	55.300,00	65.500,00	22.000,00	27.200,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	10,50	11,50	6,73	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	70,00	135,00	3,53	5,25	< 1	13,20	3,51
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	1.850,00	665,00	74,80	47,00	12,50	44,70	112,00
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	841,00	1.320,00	586,00	158,00	261,00	262,00	38,60
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	54,00	35,80	20,00	2,46	7,59	8,79	4,36
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	48,70	26,40	17,10	2,79	4,13	5,46	6,18
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	77,10	24,60	26,60	3,86	44,30	14,60	12,10
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	81,70	62,10	211,00	125,00	38,80	49,70	6,76
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	280.000,00	431.000,00	195.000,00	49.100,00	85.200,00	81.500,00	10.600,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	17.100,00	9.680,00	1.940,00	111,00	96,00	451,00	78,10
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	1,34	0,97	0,17	0,17	0,08	0,20	< 0,05
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	32,90	39,20	42,60	8,35	12,80	12,20	7,79
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	46,60	48,60	53,10	56,50	178,00	49,00	8,41
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	21,90	25,30	29,40	8,17	26,80	19,40	45,20

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola

RED

0,00 > V.I. Residencial ou EPA

REI

0,00 - V.I. EPA RSL

RNE

Litologia: S - Silte, A - Areia, Ar - Argila, (r) - raízes, (c) - Cascalho;

5.4.3.2.2. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE SOLO SUBSUPERFICIAL DA AA-1

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

O **Quadro 6** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-1. Não foi realizada a análise por modelos de interpolação, devido à quantidade limitada de amostras.

Quadro 6 - Identificação de Amostra de Solo Subsuperficial por Região de Exposição AA-1

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	SSP-09
REI	-
RNE	AC-02-SSP, AC-03-SSP

Alumínio

Para a amostra na RED, observa-se empobrecimento na concentração de Alumínio em maior profundidade, enquanto para as amostras na RNE, ocorrem tanto o empobrecimento quanto enriquecimento em maior profundidade. Logo, não foi possível observar correlação espacial em relação à profundidade.

Já em relação as regiões, as concentrações na RED são relativamente menores as encontradas na RNE, tanto em subsuperfície quanto em profundidade.

Antimônio

Para a amostra na RED, a concentração não tem diferença em subsuperfície e em profundidade. Na RNE, há a concentração em subsuperfície para uma das amostras, sendo abaixo do limite de quantificação do laboratório para todas as outras profundidades. A outra amostra apresenta apenas concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório. Logo, não foi possível observar correlação espacial em relação à profundidade.

Já em relação as regiões, as concentrações na RED são relativamente maiores que a encontrada na RNE, tanto em subsuperfície quanto em profundidade.

Arsênio

Para a amostra na RED, a concentração aumenta em profundidade, enquanto para as amostras na RNE, não há foi observada correlação espacial de profundidade com as concentrações.

Já em relação as regiões, as concentrações na RED são relativamente maiores que as encontradas na RNE, tanto em subsuperfície quanto em profundidade.

Bário

Para a amostra na RED, a concentração aumenta em profundidade, enquanto para as amostras na RNE, não há foi observada correlação espacial de profundidade com as concentrações.

Já em relação as regiões, as concentrações na RED são relativamente maiores que as encontradas na RNE, tanto em subsuperfície quanto em profundidade.

Boro

Para a amostra na RED, a concentração aumenta em profundidade, enquanto para as amostras na RNE, o oposto é observado em relação as concentrações.

Já em relação as regiões, as concentrações na RNE são relativamente maiores que as encontradas na RED, tanto em subsuperfície quanto em profundidade.

Chumbo

Tanto para RED quanto para RNE, observa-se que há um enriquecimento em subsuperfície em relação a maiores profundidades.

Já em relação as regiões, as concentrações na RED são relativamente maiores que as encontradas na RNE, tanto em subsuperfície quanto em profundidade.

Cobalto

Para a amostra na RED, a concentração diminui em profundidade, enquanto para as amostras na RNE, não foi possível observar correlação espacial em profundidade.

Já em relação as regiões, as concentrações na RED são relativamente maiores que as encontradas na RNE, tanto em subsuperfície quanto em profundidade.

Cobre

Tanto para RED quanto para RNE, observa-se que há um enriquecimento em subsuperfície em relação a maiores profundidades.

Já em relação as regiões, as concentrações na RED são relativamente maiores que as encontradas na RNE, tanto em subsuperfície quanto em profundidade.

Cromo

Tanto para RED quanto para RNE, não foi possível observar correlação espacial em profundidade, visto que as concentrações não apresentam diferenças significativas em duas de três amostras. A amostra que apresenta enriquecimento em subsuperfície se encontra na RNE.

Ferro

Para a amostra na RED, a concentração aumenta em profundidade, enquanto para as amostras na RNE, o oposto é observado em relação as concentrações.

Já em relação as regiões, as concentrações na RED são relativamente maiores que as encontradas na RNE, tanto em subsuperfície quanto em profundidade.

Manganês

Para a amostra na RED, a concentração diminui em profundidade, enquanto para uma amostra na RNE, ocorre o mesmo observado na RED, porém a outra não apresenta correlação espacial em profundidade.

Já em relação as regiões, as concentrações na RED são relativamente maiores que as encontradas na RNE, tanto em subsuperfície quanto em profundidade.

Demais Metais

Os metais Mercúrio, Níquel, Vanádio e Zinco apresentaram traços, porém não apresentaram correlação espacial tanto em profundidade quanto em relação à RED, REI e RNE.

5.4.3.2.3. RESULTADOS AMOSTRAS DE SOLO SUBSUPERFICIAL DA AA-2

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 17**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) agrícola e residencial estabelecidos pelo Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009, e COPAM N° 166, de 29 de junho de 2011. Para os metais Alumínio, Boro, Ferro, Manganês, Selênio e Vanádio, utilizaram-se os VI para solo residencial estabelecidos pela EPA RSL. Neste contexto, têm-se:

As profundidades, em metros, de cada amostra serão apresentadas na seguinte nomenclatura: SSP-XX-Profundidade e AC-XX-SSP-Profundidade. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Cádmiio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Os metais Boro, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.
- ✓ Alumínio apresentou concentrações superiores ao VI adotado (77.000 mg/kg) nas amostras SSP-10-0,15 (**81.500** mg/kg), SSP-10-0,4 (**79.800** mg/kg), SSP-10-1,5 (**97.800** mg/kg), SSP-11-1,15 (**79.100** mg/kg), SSP-13-0,4 (**86.600** mg/kg), SSP-16-1,60 (**91.700** mg/kg), SSP-33-0,20 (**77.800** mg/kg), SSP-33-0,32 (**111.000** mg/kg), SSP-33-0,63 (**112.000** mg/kg), SSP-34-0,15 (**95.800** mg/kg), SSP-34-1,6 (**77.800** mg/kg), SSP-35-0,3 (**80.500** mg/kg), SSP-38-1,6 (**111.000** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado.
- ✓ Antimônio apresentou concentrações superiores ao VI agrícola adotado (5 mg/kg) nas amostras SSP-28-1,7 (**5,01** mg/kg), SSP-31-0,5 (**5,44** mg/kg), SSP-41-0,1 (**8,42** mg/kg) e SSP-41-0,4 (**8,29** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior aos VI adotados.
- ✓ Arsênio apresentou concentrações superiores aos VI agrícola (35 mg/kg) e residencial (55 mg/kg) adotados nas amostras SSP-02-1,2 (**59,5** mg/kg), SSP-02-1,5 (**77,4** mg/kg), SSP-12-1,4 (**138** mg/kg), SSP-13-0,25 (**37,9** mg/kg), SSP-13-1,0 (**40,1** mg/kg), SSP-15-

1,4 (**49,2** mg/kg), SSP-15-1,8 (**75,6** mg/kg) e SSP-18-1,4 (**82,2** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior aos VI adotados.

- ✓ Bário apresentou concentrações superiores aos VI agrícola (300 mg/kg) e residencial (500 mg/kg) adotados nas amostras SSP-12-1,4 (**763** mg/kg), SSP-13-0,25 (**305** mg/kg), SSP-15-1,4 (**432** mg/kg), SSP-15-1,8 (**559** mg/kg) e SSP-18-1,4 (**624** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior aos VI adotados.
- ✓ Cobalto apresentou concentração superior ao VI residencial adotado (65 mg/kg) na amostra SSP-14-0,45 (**115** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior aos VI adotados.
- ✓ Ferro apresentou concentrações superiores ao VI adotado (55.000 mg/kg) nas amostras SSP-01-0,5 (**201.000** mg/kg), SSP-01-0,7 (**121.000** mg/kg), SSP-01-1,2 (**130.000** mg/kg), SSP-02-0,5 (**212.000** mg/kg), SSP-02-0,7 (**215.000** mg/kg), SSP-02-1,2 (**96.700** mg/kg), SSP-02-1,5 (**120.000** mg/kg), SSP-11-0,35 (**138.000** mg/kg), SSP-12-0,25 (**156.000** mg/kg), SSP-12-0,35 (**92.300** mg/kg), SSP-12-1,4 (**231.000** mg/kg), SSP-13-0,25 (**138.000** mg/kg), SSP-13-1,0 (**74.500** mg/kg), SSP-14-0,45 (**96.900** mg/kg), SSP-14-1,35 (**64.500** mg/kg), SSP-15-0,25 (**244.000** mg/kg), SSP-15-0,35 (**148.000** mg/kg), SSP-15-1,4 (**165.000** mg/kg), SSP-15-1,8 (**192.000** mg/kg), SSP-17-0,25 (**208.000** mg/kg), SSP-17-0,4 (**445.000** mg/kg), SSP-17-0,65 (**56.200** mg/kg), SSP-18-0,05 (**160.000** mg/kg), SSP-18-0,55 (**213.000** mg/kg), SSP-18-1,4 (**188.000** mg/kg), SSP-19-0,3 (**179.000** mg/kg) e SSP-20-0,4 (**190.000** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.
- ✓ Manganês apresentou concentrações superiores ao VI adotado (1.800 mg/kg) nas amostras SSP-02-1,2 (**4.480** mg/kg), SSP-02-1,5 (**4.580** mg/kg), SSP-12-0,35 (**2.540** mg/kg), SSP-12-1,4 (**13.900** mg/kg), SSP-13-0,25 (**3.920** mg/kg), SSP-13-1,0 (**3.440** mg/kg), SSP-14-0,45 (**2.460** mg/kg), SSP-15-0,35 (**3.410** mg/kg), SSP-15-1,4 (**6.210** mg/kg), SSP-15-1,8 (**9.720** mg/kg) e SSP-18-1,4 (**10.700** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.
- ✓ Níquel apresentou concentração superior ao VI agrícola adotado (70 mg/kg) na amostra SSP-14-0,45 (**72,74** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior aos VI adotados.

Conforme descrito na Resolução CONAMA 420, uma área que está submetida ao processo de gerenciamento ambiental deve ser classificada segundo sua qualidade, considerando a concentração de substâncias químicas. De acordo com os resultados apresentados neste item, o solo é classificado como Classe 4 nesta AA.

Tabela 17 - Resultados Analíticos de Solo Subsuperficial AA-2

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 420/COPAM N° 166		Pontos de Amostragem													
			Investigação		SSP-01			SSP-02					SSP-10			SSP-11		
			Agrícola	Residencial	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B4	B5	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Profundidade	-	m	-	-	0,50	0,70	1,20	0,50	0,70	1,20	1,50	1,80	0,15	0,40	1,50	0,35	1,15	1,42
Litologia					Rejeito	A	A	Rejeito	A	A	A	A	S Ar	S Ar	S Ar	A	A	A
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	33,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	122,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	88,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	3.300,00	16.100,00	16.400,00	2.950,00	6.920,00	59.300,00	24.300,00	42.100,00	81.500,00	79.800,00	97.800,00	14.000,00	79.100,00	53.500,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	1,27	5,22	2,42	2,30	1,59	2,21	6,37	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	< 1	25,10	30,10	< 1	< 1	59,50	77,40	1,88	2,75	2,81	5,07	1,90	4,69	3,54
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	16,10	107,00	19,50	17,40	164,00	224,00	272,00	21,90	22,80	18,50	19,80	41,20	122,00	61,20
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	647,00	411,00	413,00	685,00	672,00	317,00	395,00	114,00	70,00	82,60	89,10	510,00	159,00	92,30
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	9,79	11,40	8,13	10,70	10,50	9,67	14,60	1,44	3,88	2,15	1,09	15,50	23,90	15,80
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	2,69	7,68	6,77	2,85	4,58	7,76	9,41	1,99	2,00	1,60	2,01	3,90	7,00	5,17
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	2,34	12,90	14,80	2,24	5,37	19,90	20,60	6,17	9,97	8,73	10,80	5,96	17,40	9,53
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	14,90	60,60	37,20	14,20	21,10	58,50	82,00	39,80	34,30	33,00	31,70	25,30	40,40	71,40
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	201.000,00	121.000,00	130.000,00	212.000,00	215.000,00	96.700,00	120.000,00	30.100,00	16.600,00	19.300,00	22.500,00	138.000,00	22.000,00	21.900,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	337,00	1.640,00	155,00	366,00	1.780,00	4.480,00	4.580,00	106,00	72,30	35,70	16,70	451,00	118,00	44,10
Mercurio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	0,10	0,20	0,07	0,19	0,10	0,64	0,56	0,12	0,11	0,19	0,25	0,12	0,07	0,11
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	3,66
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	3,63	16,10	10,50	3,40	6,66	20,00	26,30	9,50	12,20	9,64	11,40	7,63	20,50	33,70
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	19,90	35,30	20,80	20,80	29,20	69,90	62,10	48,10	31,20	37,60	40,50	23,30	39,40	35,40
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	7,54	19,70	8,46	9,07	11,40	31,60	26,70	13,20	24,40	40,70	21,20	12,00	52,20	27,40

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola	RED
0,00 > V.I. Residencial ou EPA REI	
0,00 - V.I. EPA RSL	RNE

Litologia: S - Silte, A - Areia, Ar - Argila, (r) - raízes, (c) - Cascalho;

Tabela 17 - Resultados Analíticos de Solo Subsuperficial AA-2

Elementos	CAS	Unidade	Investigação		Pontos de Amostragem														
					SSP-12			SSP-13			SSP-14			SSP-15			SSP-16		
					Agrícola	Residencial	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3
Profundidade	-	m	-	-	0,25	0,35	1,40	0,25	0,40	1,00	0,45	1,35	0,25	0,35	1,40	1,80	0,10	0,55	1,60
Litologia					Rejeito	Ar S	Ar S	Rejeito	Ar S	Ar S	Rejeito	S A	Rejeito	Ar S	Ar S	Ar S	S A	S	S A
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	25.500,00	29.900,00	13.400,00	37.000,00	86.600,00	41.500,00	39.700,00	31.100,00	3.850,00	9.790,00	17.700,00	18.000,00	37.000,00	27.300,00	91.700,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	< 1	< 1	9,42	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2,51	3,19	5,55	4,92	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	< 1	27,90	138,00	37,90	20,10	40,10	2,90	17,40	49,20	75,60	28,80	10,40	2,61	2,61	2,61
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	40,30	157,00	763,00	305,00	57,60	88,70	72,30	48,60	43,20	213,00	432,00	559,00	28,80	10,40	87,40
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	547,00	332,00	784,00	490,00	148,00	269,00	355,00	232,00	807,00	491,00	538,00	598,00	55,70	43,30	48,00
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	17,80	14,30	26,50	17,40	8,19	11,40	25,80	22,10	11,30	9,18	13,00	15,70	20,30	10,60	37,10
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	4,47	5,88	14,10	10,60	6,02	6,41	115,00	32,90	3,49	6,01	9,75	13,60	3,51	1,21	5,55
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	6,62	9,14	34,90	19,60	12,30	13,10	81,80	32,70	2,36	7,85	13,90	20,80	4,85	6,23	3,09
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	22,10	20,10	38,90	47,30	27,30	31,40	49,20	33,90	15,50	22,50	38,90	48,80	11,30	11,80	4,59
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	156.000,00	92.300,00	231.000,00	138.000,00	39.000,00	74.500,00	96.900,00	64.500,00	244.000,00	148.000,00	165.000,00	192.000,00	12.800,00	11.100,00	12.200,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	541,00	2.540,00	13.900,00	3.920,00	1.560,00	3.440,00	2.460,00	757,00	676,00	3.410,00	6.210,00	9.720,00	1.230,00	37,20	139,00
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	0,15	0,20	1,14	0,48	0,25	0,45	0,05	< 0,05	0,13	0,29	0,45	0,69	0,11	0,07	< 0,05
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	8,15	10,40	30,00	21,20	13,70	16,00	72,70	24,00	4,18	10,50	19,80	27,80	5,23	3,22	4,04
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	23,70	26,50	45,40	54,00	44,00	34,60	192,00	112,00	23,20	26,60	41,10	46,80	14,30	15,70	13,00
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	20,70	24,30	37,80	42,50	51,20	28,70	98,00	47,10	8,97	15,70	24,50	26,70	23,20	12,90	77,00

Legenda:

- 0,00 > V.I. Agrícola RED
- 0,00 > V.I. Residencial ou EPA REI REI
- 0,00 - V.I. EPA RSL RNE

Litologia: S - Silte, A - Areia, Ar - Argila, (r) - raízes, (c) - Cascalho;

Tabela 17 - Resultados Analíticos de Solo Subsuperficial AA-2

Elementos	CAS	Unidade	Investigação		Pontos de Amostragem																
					SSP-17					SSP-18			AC-08-SSP				SSP-19			SSP-20	
					Agrícola	Residencial	B1	B2	B3	B4	B5	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B1	B2
Profundidade	-	m	-	-	0,25	0,40	0,65	1,40	1,60	0,05	0,55	1,40	0,40	0,70	1,00	1,20	0,30	0,60	1,60	0,40	1,50
Litologia					Rejeito	Rejeito	S A	S A	S A	Rejeito	Rejeito	S Ar	A	A	A	A	Rejeito	S	S	Ar S	Ar S
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	4.130,00	3.630,00	61.300,00	72.800,00	64.300,00	2.510,00	4.670,00	29.700,00	37.200,00	37.800,00	34.800,00	50.200,00	3.420,00	34.300,00	52.900,00	3.610,00	37.400,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	10,50	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	< 1	< 1	2,84	5,80	2,72	< 1	< 1	82,20	2,76	2,42	1,26	< 1	< 1	2,88	3,19	1,11	3,68
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	23,80	16,90	15,70	10,70	21,20	14,30	31,50	624,00	68,70	46,70	29,40	58,20	18,70	24,20	22,70	25,00	58,50
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	726,00	1.610,00	206,00	57,30	54,20	570,00	733,00	637,00	76,30	51,70	45,10	142,00	546,00	34,00	82,10	657,00	46,80
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	17,90	37,50	6,47	4,79	123,00	14,20	19,40	26,00	11,40	9,93	7,46	12,00	11,30	14,80	10,60	16,00	11,70
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	3,77	4,97	4,08	1,46	8,28	2,41	3,62	18,50	7,53	3,91	4,34	7,79	3,77	2,97	2,65	2,97	4,22
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	5,22	< 1	7,08	3,84	20,70	4,80	5,26	36,70	6,48	6,55	5,40	14,70	5,23	4,80	3,82	5,05	9,35
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	18,40	66,30	21,10	9,83	2,87	10,60	17,40	65,60	26,10	20,40	21,60	54,30	18,30	29,50	78,60	14,80	16,70
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	208.000,00	445.000,00	56.200,00	13.000,00	13.000,00	160.000,00	213.000,00	188.000,00	21.100,00	14.100,00	11.600,00	42.800,00	179.000,00	9.070,00	19.600,00	190.000,00	10.900,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	453,00	128,00	74,90	21,40	151,00	273,00	502,00	10.700,00	167,00	127,00	290,00	50,10	323,00	208,00	68,80	434,00	113,00
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	0,13	0,28	0,15	0,11	< 0,05	0,06	0,12	1,09	0,06	0,14	0,05	0,14	0,06	0,05	0,09	0,11	0,10
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	4,53	9,64	6,70	4,96	5,73	2,78	4,84	38,40	11,70	8,19	5,96	16,50	3,36	11,10	17,10	3,86	8,41
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	21,90	53,50	80,40	22,30	14,20	15,30	22,10	64,40	35,60	31,20	30,30	139,00	15,80	11,60	35,60	19,50	18,90
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	10,10	1,19	21,80	31,60	31,90	6,19	13,00	43,30	41,90	22,50	21,90	36,00	5,95	31,10	37,20	4,07	42,30

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola RED

0,00 > V.I. Residencial ou EPA REI

0,00 - V.I. EPA RSL RNE

Litologia: S - Silte, A - Areia, Ar - Argila, (r) - raízes, (c) - Cascalho;

Tabela 17 - Resultados Analíticos de Solo Subsuperficial AA-2

Elementos	CAS	Unidade	Pontos de Amostragem																				
			Investigação		SSP-21			SSP-22			SSP-32			SSP-33					SSP-34				
			Agrícola	Residencial	B1	B2	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B4	B5	B1	B2	B3	B4	B5	
Profundidade	-	m	-	-	0,40	1,50	0,15	0,45	1,60	0,06	0,40	1,30	0,20	0,32	0,63	1,21	1,50	0,15	0,30	0,45	0,60	1,60	
Litologia	-	-	-	-	S Ar	S Ar	Rejeito	S A	S A	S A	S A	A Ar	Ar	Ar	Ar	A	A	-	S Ar	S Ar	S Ar	S Ar	
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	75.600,00	70.200,00	37.400,00	59.600,00	72.500,00	52.800,00	30.500,00	29.700,00	77.800,00	111.000,00	112.000,00	74.600,00	65.700,00	95.800,00	69.700,00	49.700,00	29.400,00	77.800,00	
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	4,11	1,50	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	2,45	<1	2,70	1,38	2,41	4,52	3,57	4,06	2,70	4,56	3,47	4,27	2,43	1,74	2,08	1,51	1,63	1,50		
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	13,40	11,70	61,70	26,00	24,00	145,00	122,00	111,00	20,80	12,80	21,90	12,00	11,70	25,30	33,40	30,60	12,10	14,30	
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	115,00	125,00	116,00	95,80	137,00	132,00	78,50	97,60	62,60	56,60	95,50	70,20	42,20	75,10	45,40	43,00	22,20	82,20	
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	<1	<1	14,60	11,70	6,98	10,90	10,60	9,67	8,25	3,76	9,29	9,83	10,90	20,20	36,20	26,20	7,99	15,70	
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	1,94	1,60	2,92	2,76	3,64	8,69	7,48	12,50	2,31	1,41	2,53	1,31	1,76	2,88	4,48	3,63	1,62	2,13	
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	3,85	4,03	8,18	7,25	7,95	13,30	7,81	10,80	5,60	8,01	7,46	5,82	6,13	3,67	7,04	3,94	3,20	4,78	
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	59,70	57,00	23,90	16,40	31,30	41,60	19,80	26,50	21,40	40,00	28,90	20,60	26,40	9,52	9,68	5,90	37,20	53,20	
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	32.600,00	35.800,00	28.000,00	25.900,00	37.300,00	32.300,00	17.500,00	22.200,00	15.800,00	13.600,00	24.200,00	16.900,00	10.800,00	17.700,00	11.700,00	11.300,00	5.800,00	21.100,00	
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	20,90	14,20	446,00	101,00	59,60	207,00	169,00	154,00	102,00	65,00	32,60	25,40	29,10	96,20	547,00	246,00	159,00	28,90	
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	0,19	0,25	0,15	0,16	0,15	0,07	<0,05	0,06	0,22	0,16	0,29	0,15	0,05	0,12	<0,05	0,06	<0,05	0,07	
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,33	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	15,00	9,83	4,20	4,80	6,99	12,80	10,40	12,30	7,84	11,90	9,75	5,23	6,06	4,64	4,88	3,99	4,54	5,30	
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	67,20	72,70	76,90	63,60	76,40	63,70	34,50	45,60	29,70	21,30	47,00	33,40	15,00	27,30	16,40	19,10	8,69	26,10	
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	20,70	17,80	20,00	23,50	17,70	59,80	40,00	36,20	32,00	19,40	31,10	17,20	18,70	41,00	60,40	46,20	12,50	15,90	

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola RED0,00 > V.I. Residencial ou EPA REI RNE0,00 - V.I. EPA RSL RNE

Litologia: S - Silte, A - Areia, Ar - Argila, (r) - raízes, (c) - Cascalho;

Tabela 17 - Resultados Analíticos de Solo Subsuperficial AA-2

Elementos	CAS	Unidade	Pontos de Amostragem																		
			Investigação		SSP-35				SSP-37			SSP-38			AC-05-SSP			AC-06-SSP			
			Agrícola	Residencial	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B4
Profundidade	-	m	-	-	0,10	0,30	0,60	1,50	0,20	1,00	0,50	1,00	1,60	0,30	0,90	1,40	0,10	0,40	0,70	1,40	
Litologia	-				S Ar	Ar	S Ar	S Ar	S A	S A	S A	S A	Ar A	Ar A	Ar A	S Ar					
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	71.500,00	80.500,00	59.600,00	28.000,00	49.200,00	55.500,00	54.700,00	39.900,00	111.000,00	30.800,00	29.300,00	20.400,00	67.200,00	55.600,00	44.000,00	49.500,00	
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	3,42	< 1	< 1	
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	1,15	3,05	2,38	2,89	3,66	< 1	4,39	< 1	2,29	1,89	3,05	2,90	5,64	3,29	1,88	< 1	
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	19,70	26,60	23,00	57,50	29,40	25,30	7,14	4,49	6,05	6,06	5,22	5,14	19,80	30,50	16,50	10,50	
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	121,00	71,90	58,60	40,20	106,00	169,00	65,90	17,50	35,80	55,00	82,40	8,75	63,20	51,60	80,10	92,00	
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	16,50	10,60	10,70	39,90	13,60	23,90	3,00	< 1	< 1	1,99	3,30	3,88	23,70	13,60	15,90	10,10	
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	5,76	3,99	3,17	5,06	4,43	5,02	1,67	1,08	2,46	1,17	1,06	< 1	1,17	1,47	1,61	1,07	
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	18,70	8,72	4,11	3,25	4,80	5,56	3,06	2,54	1,23	3,34	2,56	3,94	5,15	10,20	4,93	3,86	
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	49,30	21,90	17,30	6,26	28,50	34,90	18,60	3,78	1,08	12,20	13,10	17,30	19,60	17,80	22,00	33,50	
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	30.400,00	18.000,00	13.600,00	10.700,00	24.700,00	43.100,00	19.700,00	4.920,00	9.720,00	15.200,00	22.500,00	2.660,00	17.500,00	13.900,00	21.500,00	26.300,00	
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	101,00	34,50	18,40	51,10	103,00	107,00	39,20	5,51	15,70	10,50	< 1	1,39	49,10	132,00	26,00	3,83	
Mercurio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	0,09	0,13	0,16	< 0,05	0,12	0,07	0,16	0,05	< 0,05	0,07	0,06	< 0,05	0,24	0,27	0,13	0,10	
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	11,20	11,20	7,20	6,00	6,02	10,60	5,28	3,14	1,45	3,69	2,80	2,42	3,32	4,19	2,75	1,88	
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	73,00	33,80	27,70	11,50	55,50	98,30	38,40	9,76	4,03	18,70	21,50	43,70	28,40	25,10	38,00	43,00	
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	27,50	24,30	21,80	33,50	15,20	20,90	14,80	38,60	15,00	8,83	6,60	5,33	15,20	25,80	8,77	7,85	

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola

RED

0,00 > V.I. Residencial ou EPA

REI

0,00 - V.I. EPA RSL

RNE

Litologia: S - Silte, A - Areia, Ar - Argila, (r) - raízes, (c) - Cascalho;

5.4.3.2.4. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE SOLO SUBSUPERFICIAL DA AA-2

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em diferentes profundidades em relação a RED e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

A análise espacial foi realizada por meio dos modelos de interpolação, conforme citado anteriormente.

O **Quadro 7** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-2.

Quadro 7 - Identificação de Amostra de Solo Subsuperficial por Região de Exposição AA-2

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	SSP-01, SSP-02, SSP-11, SSP-12, SSP-13, SSP-14, SSP-15, SSP-16, SSP-17, SSP-18, SSP-19, SSP-20
REI	SSP-10, SSP-21, SSP-22
RNE	SSP-32, SSP-33, SSP-34, SSP-35, SSP-37, SSP-38, AC-05-SSP, AC-06-SSP, AC-08-SSP

Alumínio

As concentrações na RED tendem a aumentar em profundidade, enquanto na RNE o oposto ocorre. Das duas amostras na REI, uma apresenta aumento de concentração em profundidade, enquanto a outra a mantém na mesma ordem.

Antimônio

Quando há concentração detectável, as maiores concentrações (superior ao VI) são encontradas em profundidade na RED. O mesmo ocorre com uma amostra na RNE, porém inferior ao VI.

Arsênio

As concentrações na RED tendem a aumentar em profundidade, enquanto na REI e na RNE elas se mantêm.

Já em relação às regiões, as concentrações na RED tendem a ser maiores que as encontradas na REI e RNE.

Bário

As concentrações na RED, REI e RNE não apresentam correlação espacial observável para as amostras com concentrações inferiores ao VI. As amostras que apresentam concentrações superiores ao VI são encontradas na RED e tendem a ter suas maiores concentrações em profundidade.

Boro

As concentrações de Boro na RED tendem a diminuir em profundidade. As concentrações na REI e RNE apresentam certa variância, porém não há uma tendência clara.

Já em relação às regiões, as amostras na RED apresentam concentrações relativamente maiores que as encontradas na REI e RNE.

Cobalto

As concentrações na RED, REI e RNE apresentam variância não significativa em profundidade, com exceção da concentração superior ao VI, encontrada em subsuperfície na RED.

Já em relação às regiões, a concentração na RED, REI e RNE são similares, não apresentando diferenças significativas.

Ferro

As concentrações na RED, REI e RNE apresentam empobrecimento significativo do metal em profundidade.

Já em relação às regiões, as concentrações na RED são significativamente maiores que as encontradas na REI e RNE.

Manganês

As concentrações na RED, REI e RNE apresentam variância significativa, porém não foi possível observar correlação espacial em profundidade com enriquecimento ou empobrecimento do metal.

Já em relação às regiões, as concentrações superiores ao VI estão localizadas na RED e são, no geral, significativamente maiores que as encontradas na REI e RNE.

Níquel

Níquel não apresentou correlação espacial tanto em profundidade quanto em relação a RED, REI e RNE, apesar de apresentar um *outlier* com concentração superior ao VI.

Demais Metais

Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Vanádio e Zinco não apresentaram correlação espacial tanto em profundidade quanto em relação a RED, REI e RNE, além de não apresentarem concentrações superiores aos VI.

5.4.3.2.5. RESULTADOS AMOSTRAS DE SOLO SUBSUPERFICIAL DA AA-3

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 18**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) agrícola e residencial estabelecidos pelo Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009, e COPAM N° 166, de 29 de junho de 2011. Para os metais Alumínio, Boro, Ferro, Manganês, Selênio e Vanádio, utilizaram-se os VI para solo residencial estabelecidos pela EPA RSL. Neste contexto, têm-se:

As profundidades, em metros, de cada amostra serão apresentadas na seguinte nomenclatura: SSP-XX-Profundidade e AC-XX-SSP-Profundidade. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Cádmio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.

- ✓ Os metais Boro, Chumbo, Cobre, Mercúrio, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.
- ✓ Alumínio apresentou concentrações superiores ao VI adotado (77.000 mg/kg) nas amostras SSP-41-0,1 (**83.200** mg/kg), SSP-41-0,4 (**87.200** mg/kg) e AC-07-SSP-0,3 (**79.000** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado.
- ✓ Antimônio apresentou concentrações superiores ao VI agrícola adotado (5 mg/kg) nas amostras SSP-28-1,7 (**5,01** mg/kg), SSP-31-0,5 (**5,44** mg/kg), SSP-41-0,1 (**8,42** mg/kg) e SSP-41-0,4 (**8,29** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior aos VI adotados.
- ✓ Arsênio apresentou concentrações superiores ao VI agrícola adotado (35 mg/kg) nas amostras SSP-24-0,8 (**48,4** mg/kg) e SSP-24-1,6 (**37,8** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior aos VI adotados.
- ✓ Bário apresentou concentração superior ao VI agrícola adotado (300 mg/kg) na amostra SSP-24-0,8 (**324** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior aos VI adotados.
- ✓ Cobalto apresentou concentração superior ao VI agrícola adotado (35 mg/kg) na amostra SSP-41-1,5 (**35,9** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior aos VI adotados.
- ✓ Cromo apresentou concentrações superiores ao VI agrícola (150 mg/kg) e residencial (300 mg/kg) adotados nas amostras SSP-41-0,1 (**265** mg/kg), SSP-41-0,4 (**322** mg/kg), SSP-41-1,5 (**150** mg/kg) e AC-01-SSP-0,9 (**208** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior aos VI adotados.
- ✓ Ferro apresentou concentrações superiores ao VI adotado (55.000 mg/kg) nas amostras SSP-23-0,2 (**220.000** mg/kg), SSP-24-0,15 (**116.000** mg/kg), SSP-24-0,45 (**96.300** mg/kg), SSP-24-0,8 (**161.000** mg/kg), SSP-24-1,6 (**277.000** mg/kg), SSP-26-0,25 (**212.000** mg/kg), SSP-26-0,45 (**100.000** mg/kg), SSP-27-0,3 (**211.000** mg/kg), SSP-27-1,0 (**144.000** mg/kg), SSP-27-1,7 (**174.000** mg/kg), SSP-28-0,5 (**150.000** mg/kg), SSP-28-1,7 (**156.000** mg/kg), SSP-41-0,4 (**64.000** mg/kg), SSP-41-1,5 (**67.800** mg/kg), AC-

01-SSP-0,9 (**61.000** mg/kg) e AC-07-SSP-0,3 (**59.000** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior aos VI adotados.

- ✓ Manganês apresentou concentrações superiores ao VI adotado (1.800 mg/kg) nas amostras SSP-24-0,45 (**1.910** mg/kg), SSP-24-0,8 (**4.120** mg/kg), SSP-24-1,6 (**2.710** mg/kg), SSP-26-0,45 (**1.970** mg/kg) e SSP-27-1,0 (**2.380** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior aos VI adotados.
- ✓ Níquel apresentou concentrações superiores ao VI agrícola (70 mg/kg) e residencial (100 mg/kg) adotados nas amostras SSP-41-0,1 (**97,30** mg/kg), SSP-41-0,4 (**97,70** mg/kg) e SSP-41-1,5 (**107** mg/kg).

Conforme descrito na Resolução CONAMA 420, uma área que está submetida ao processo de gerenciamento ambiental deve ser classificada segundo sua qualidade, considerando a concentração de substâncias químicas. De acordo com os resultados apresentados neste item, o solo é classificado como Classe 4 nesta AA.

Tabela 18 - Resultados Analíticos de Solo Subsuperficial AA-3

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 420/COPAM Nº 166		Pontos de Amostragem												
			Investigação		SSP-23		SSP-24			SSP-25		SSP-26		SSP-27			
			Agrícola	Residencial	B1	B2	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B3
Profundidade	-	m	-	-	0,20	0,50	0,15	0,45	0,80	1,60	0,30	0,90	0,25	0,45	0,30	1,00	1,70
Litologia					Rejeito	S	Rejeito	A	A	A	Rejeito	A	Rejeito	A	Rejeito	A	A
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	5.910,00	45.500,00	6.720,00	18.200,00	9.610,00	3.780,00	39.000,00	56.300,00	3.360,00	20.300,00	3.430,00	16.900,00	2.980,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	< 1	< 1	< 1	3,76	4,45	4,99	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	13,80	< 1	26,00	48,40	37,80	1,40	5,57	< 1	25,20	< 1	20,70	< 1	
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	27,70	54,50	26,20	173,00	324,00	156,00	43,00	44,10	21,10	209,00	82,60	184,00	37,20
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	688,00	112,00	420,00	314,00	541,00	882,00	87,20	93,20	693,00	324,00	682,00	462,00	523,00
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	17,50	10,60	11,70	14,40	17,40	24,60	8,88	14,70	15,30	11,90	15,20	14,30	11,90
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	5,09	3,45	2,82	5,56	8,63	8,25	2,90	2,71	3,58	6,48	3,98	8,22	3,14
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	10,90	3,09	4,22	10,70	18,60	21,80	2,84	3,38	5,97	7,71	6,00	11,70	6,17
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	36,10	25,10	9,08	37,30	53,10	66,10	7,79	21,00	17,30	21,30	21,80	42,80	11,40
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	220.000,00	31.300,00	116.000,00	96.300,00	161.000,00	277.000,00	21.700,00	27.500,00	212.000,00	100.000,00	211.000,00	144.000,00	174.000,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	436,00	102,00	303,00	1.910,00	4.120,00	2.710,00	73,50	56,00	398,00	1.970,00	872,00	2.380,00	714,00
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	0,16	0,10	0,12	0,26	0,48	0,27	0,09	0,20	0,15	0,21	0,29	0,27	0,16
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	31,10	6,29	2,67	10,00	18,50	21,50	3,18	4,78	4,47	8,79	5,02	18,40	4,16
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	24,40	18,90	15,40	27,60	40,70	44,80	19,70	41,10	21,20	24,00	21,90	38,00	17,90
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	6,47	40,00	9,87	19,20	21,00	9,93	19,80	21,30	4,47	25,00	7,03	43,50	4,12

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola	RED
0,00 > V.I. Residencial ou EPA REI	REI
0,00 - V.I. EPA RSL	RNE

Litologia: S - Silte, A - Areia, Ar - Argila, (r) - raízes, (c) - Cascalho;

Tabela 18 - Resultados Analíticos de Solo Subsuperficial AA-3

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 420/COPAM N° 166		Pontos de Amostragem														
			Investigação		SSP-28		SSP-29		SSP-30			SSP-31				SSP-39			
			Agrícola	Residencial	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	
Profundidade	-	m	-	-	0,50	1,70	0,30	0,90	0,30	1,50	1,80	0,15	0,50	1,40	1,80	0,40	1,00	1,50	
Litologia					Rejeito	A	Rejeito	A S	Rejeito	S	S	Rejeito	Ar S	Ar S	Ar S	S Ar	S Ar	S Ar	
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	696,00	2.200,00	62.000,00	68.100,00	38.200,00	#####	15.200,00	36.400,00	51.700,00	45.800,00	58.100,00	56.600,00	18.400,00	18.100,00	
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	< 1	5,01	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	5,44	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	< 1	1,21	3,12	3,29	5,40	15,30	15,90	3,23	3,53	2,28	5,21	4,83	2,14	2,46	
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	19,60	20,40	13,50	15,80	37,80	37,40	40,90	138,00	184,00	139,00	146,00	62,30	18,30	21,80	
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	485,00	533,00	123,00	106,00	84,30	24,70	34,60	90,30	102,00	84,10	96,00	131,00	53,80	42,70	
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	10,30	12,20	1,70	3,30	18,00	33,20	45,60	15,00	16,10	11,50	11,20	18,60	10,50	13,20	
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	1,84	3,18	2,59	2,60	11,70	3,10	3,38	13,00	13,70	9,48	12,00	5,03	2,26	2,46	
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	1,63	3,56	5,16	5,84	17,90	14,30	8,14	23,80	23,20	15,10	20,30	12,00	4,11	3,75	
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	3,92	23,90	16,60	17,10	12,50	2,21	7,42	93,60	108,00	96,60	90,10	59,10	27,30	26,50	
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	150.000,00	156.000,00	32.200,00	31.900,00	24.100,00	#####	9.760,00	25.000,00	27.700,00	25.200,00	29.400,00	34.100,00	13.800,00	10.800,00	
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	213,00	313,00	47,40	61,80	228,00	123,00	154,00	563,00	771,00	323,00	269,00	80,20	33,50	46,70	
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	0,07	0,12	0,17	0,15	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,12	0,16	0,16	0,18	0,21	0,08	0,08	
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	1,13	7,39	5,17	5,68	7,82	2,55	1,61	55,60	69,60	51,50	64,00	15,90	4,16	3,50	
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	11,70	16,10	56,90	46,40	50,90	6,75	9,63	40,30	50,60	43,60	51,90	68,10	30,70	24,90	
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	9,43	6,34	18,80	25,30	30,80	48,10	40,40	47,50	64,70	33,60	37,30	23,00	13,90	15,90	

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola	RED
0,00 > V.I. Residencial ou EPA	REI
0,00 - V.I. EPA RSL	RNE

Litologia: S - Silte, A - Areia, Ar - Argila, (r) - raízes, (c) - Cascalho;

Tabela 18 - Resultados Analíticos de Solo Subsuperficial AA-3

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 420/COPAM N° 166		Pontos de Amostragem																				
			Investigação		SSP-40			SSP-41			SSP-42			SSP-43			AC-01-SSP			AC-04-SSP			AC-07-SSP		
			Agrícola	Residencial	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3			
Profundidade	-	m	-	-	0,20	0,40	0,10	0,40	1,50	0,40	0,20	0,40	0,90	0,40	0,70	1,80	0,30	1,20	1,70						
Litologia			Ar S	Ar S	S Ar	S Ar	S Ar	S Ar	S Ar	S Ar	S	S A	S A	S A (r)	S A (c)	S A (c)	S Ar (r)	S Ar	S Ar						
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	43.000,00	66.600,00	83.200,00	87.200,00	66.000,00	74.100,00	56.200,00	45.600,00	37.900,00	26.700,00	14.000,00	33.700,00	79.000,00	46.900,00	59.600,00						
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	< 1	< 1	8,42	8,29	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	3,11	< 1	< 1	3,17						
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	3,20	< 1	4,60	3,93	3,08	2,96	3,79	4,24	< 1	1,31	< 1	< 1	1,20	< 1	2,45						
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	23,80	43,20	70,40	44,40	242,00	43,30	33,70	82,60	150,00	48,40	4,21	7,28	33,50	25,40	24,30						
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	130,00	140,00	158,00	212,00	222,00	130,00	123,00	152,00	217,00	41,60	27,00	11,00	184,00	101,00	156,00						
Cádmio Total	7440-43-9-1	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1						
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	6,90	4,29	7,23	6,57	13,90	11,70	4,31	10,60	17,80	11,10	2,13	< 1	16,60	13,60	9,38						
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	2,43	3,49	15,10	9,91	35,90	8,29	2,84	4,47	17,70	4,36	< 1	1,39	5,63	2,98	2,88						
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	10,20	15,10	46,50	58,40	106,00	40,70	16,70	18,50	34,30	7,67	1,21	2,85	17,30	12,20	16,50						
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	54,60	117,00	265,00	322,00	150,00	74,80	76,40	109,00	208,00	15,40	60,40	44,00	129,00	70,50	100,00						
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	36.400,00	41.500,00	47.900,00	64.100,00	67.800,00	36.500,00	34.100,00	48.400,00	61.600,00	11.300,00	1.690,00	3.160,00	59.000,00	27.800,00	48.400,00						
Manganês Total	7439-96-5-I	mg/kg	-	1.800,00	81,70	110,00	1.170,00	203,00	674,00	90,70	51,30	118,00	330,00	131,00	11,10	19,00	102,00	281,00	225,00						
Merúrio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	0,32	0,28	0,23	0,34	0,08	0,20	0,21	0,28	0,08	0,08	< 0,05	< 0,05	0,49	0,22	0,25						
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1						
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	10,70	22,20	97,30	97,70	107,00	45,60	30,60	27,20	63,70	5,27	3,22	3,23	36,20	17,00	16,70						
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1						
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1						
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	71,50	75,30	107,00	151,00	146,00	97,70	84,30	88,10	133,00	23,20	3,19	6,11	94,80	50,60	90,80						
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	35,80	35,30	40,80	29,50	97,10	27,20	14,90	22,30	34,90	26,90	4,51	5,12	17,80	13,00	13,60						

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola

RED

0,00 > V.I. Residencial ou EPA

REI

0,00 - V.I. EPA RSL

RNE

Litologia: S - Silte, A - Areia, Ar - Argila, (r) - raízes, (c) - Cascalho;

5.4.3.2.6. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE SOLO SUBSUPERFICIAL DA AA-3

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em diferentes profundidades em relação a RED e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

A análise espacial foi realizada por meio dos modelos de interpolação, conforme citado anteriormente.

O **Quadro 8** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-3.

Quadro 8 - Identificação de Amostra de Solo Subsuperficial por Região de Exposição AA-3

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	SSP-23, SSP-24, SSP-25, SSP-26, SSP-27, SSP-28, SSP-29, SSP-39, SSP-40, SSP-41, SSP-42
REI	SSP-30, SSP-31, SSP-43
RNE	AC-01-SSP, AC-04-SSP, AC-07-SSP

Alumínio

As concentrações na RED tendem a aumentar em profundidade, enquanto na RNE o oposto ocorre. Das duas amostras na REI, uma apresenta aumento de concentração em profundidade, enquanto a outra diminui.

Antimônio

As concentrações de Antimônio, quando detectáveis, aparecem em profundidade para a RED, REI e RNE, com exceção do ponto SSP-41, que aparece em subsuperfície com concentração superior ao VI.

Arsênio

As concentrações na RED, REI e RNE não apresentaram correlação espacial significativa em profundidade. O único valor superior ao VI foi encontrado em profundidade na RED.

Cobalto

As concentrações na RED, REI e RNE não apresentaram correlação espacial significativa em profundidade, havendo uma variância mas não uma tendência clara. O único valor superior ao VI foi encontrado em profundidade na RNE.

Ferro

As concentrações na RED, REI e RNE apresentam correlação espacial significativa em profundidade, havendo uma tendência de empobrecimento da subsuperfície para maiores profundidades.

Já em relação às regiões, as concentrações na RED tendem a ser maiores que as encontradas na REI e RNE.

Manganês

As concentrações na RED, REI e RNE não apresentaram correlação espacial significativa em profundidade, havendo uma variância mas não uma tendência clara. As concentrações superiores ao VI foram encontradas em profundidade na RED.

Níquel

As concentrações na RED, REI e RNE não apresentaram correlação espacial significativa em profundidade, havendo uma variância mas não uma tendência clara. O único valor superior ao VI foi encontrado em profundidade na RNE.

Demais Metais

Bário, Boro, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Vanádio e Zinco não apresentaram correlação espacial tanto em profundidade quanto em relação a RED, REI e RNE, além de não apresentarem concentrações superiores aos VI.

5.4.3.3. Sedimento Superficial

Foram coletadas amostras de sedimento superficial ao longo do rio Gualaxo do Norte (principal rio da região de estudo) e em pontos de controle para caracterização das concentrações basais na região. Ao todo foram 23 pontos de coleta separados nas três áreas-alvo, que por sua vez foram divididas em regiões de cenários de exposição (RED, REI e RNE). Destas 23 amostras realizadas, 18 estão localizadas na RED e as outras 5 na RNE. A amostragem de sedimentos na REI não foi realizada, pois o rio Gualaxo do Norte está totalmente dentro da RED. A divisão das amostras para cada área-alvo é apresentada na **Tabela 19**.

Tabela 19 - Amostras coletadas de Sedimento Superficial em cada área-alvo e regiões de exposição.

Área-Alvo	AA-1	AA-2	AA-3
RED	3	10	5
REI	-	-	-
RNE	1	3	1

Nos itens a seguir serão apresentados os resultados das amostragens em sedimentos superficiais para cada área-alvo.

5.4.3.3.1. RESULTADOS AMOSTRAS DE SEDIMENTO SUPERFICIAL DA AA-1

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 20**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) para Classe 2 de Água Doce, estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 454, de 01 de novembro de 2012. Para os metais Antimônio, Ferro, Manganês e Prata, utilizaram-se os VI para estabelecidos pelo *Technical Guidance for screening Contaminated Sediments (1998)* publicado pelo Departamento de Conservação Ambiental do Estado de Nova York. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Antimônio, Cádmio, Molibdênio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório em todas as amostras analisadas.
- ✓ Os metais Alumínio, Bário, Boro, Cobalto e Vanádio apresentaram concentrações detectáveis, porém nenhuma delas está contemplada na lista orientadora do CONAMA 454 e do *TGSCS*. Portanto, não são feitas considerações a respeito de intervenções.
- ✓ Os metais Chumbo, Cobre, Cromo, Níquel e Zinco apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.
- ✓ Arsênio apresentou concentração superior ao VI adotado (17 mg/kg) na amostra SED-07 (**20,9** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.
- ✓ Ferro apresentou concentrações superiores ao VI adotado (2.000 mg/kg) nas amostras SED-04 (**123.000** mg/kg), SED-06 (**189.000** mg/kg), SED-07 (**135.000** mg/kg) e AC-03-SED (**132.000** mg/kg).
- ✓ Manganês apresentou concentração superior ao VI adotado (460 mg/kg) na amostra SED-07 (**4.780** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.
- ✓ Mercúrio apresentou concentração superior ao VI adotado (0,486 mg/kg) na amostra SED-07 (**1,01** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.

Tabela 20 - Resultados Analíticos de Sedimento Superficial AA-1

Resultados Analíticos para Solo Superficial (Nível A)

Elementos	CAS	Unidade	Lista Orientadora		Pontos de Amostragem			
			CONAMA 454/2012 - Água Doce - Classe 2	NY - DEC	SED-04	SED-06	SED-07	AC-03-SED
					A1	A1	A1	A1
Profundidade					0,20	0,20	0,20	0,20
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	< 12,5	< 12,5	< 12,5	96,80
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	83,30	65,30	70,20	167,00
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	83,30	65,30	70,20	69,80
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	5.640,00	3.370,00	6.120,00	13.300,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	17,00	-	1,31	< 1	20,90	6,66
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	23,30	20,60	176,00	53,10
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	386,00	561,00	429,00	392,00
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,50	-	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	91,30	-	9,44	14,70	12,70	11,90
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	3,31	2,75	6,53	8,63
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	197,00	-	5,98	5,59	15,10	11,80
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	90,00	-	13,80	17,20	21,70	67,70
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	2.000,00	123.000,00	189.000,00	135.000,00	132.000,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	460,00	191,00	292,00	4.780,00	317,00
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	0,49	-	0,09	0,19	1,01	0,07
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	35,90	-	6,40	4,26	10,20	21,40
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	1,00	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	16,90	19,00	27,00	49,70
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	315,00	-	6,10	3,21	9,32	21,80

Legenda:

0,00 > V.I. NY DEC

0,00 > V.I. CONAMA 454

RED
REI
RNE

5.4.3.3.2. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE SEDIMENTO SUPERFICIAL DA AA-1

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

O **Quadro 9** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-1. Não foi realizada a análise por gráficos em *boxplot* por região, devido a quantidade limitada de amostras.

Quadro 9 - Identificação de Amostra de Sedimento Superficial por Região de Exposição AA-1

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	SED-04, SED-06, SED-07
REI	-
RNE	AC-03-SED

Ressalta-se que, como há apenas uma amostra na RNE, as interpretações sobre a correlação espacial das concentrações e as regiões devem ser consideradas com a limitação do número de amostras.

Alumínio

A concentração encontrada na RNE (13.300 mg/kg) é significativamente maior que as encontradas na RED (3.370 a 6.120 mg/kg).

Arsênio

Arsênio apresentou concentração superior ao VI na amostra SED-07 (**20,9** mg/kg) localizada na RED, porém as outras amostras localizadas na mesma região apresentaram concentrações inferiores à concentração da amostra AC-03-SED (6,66 mg/kg) localizada na RNE. Em vista disso, não foi observada correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Ferro

Ferro apresentou concentrações superiores ao VI tanto nas amostras localizadas na RED quanto na RNE, na mesma ordem de grandeza (**123.000 a 189.000** mg/kg). Em vista disso, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Manganês

Manganês apresentou concentração superior ao VI na amostra SED-07 (**4.780** mg/kg) localizada na RED, porém o restante das amostras (191 a 292 mg/kg) apresentou concentrações inferiores ao encontrado na RNE (317 mg/kg). Em vista disso, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Mercúrio

Mercúrio apresenta comportamento similar ao Manganês. A amostra SED-07 (**1,01** mg/kg) localizada na RED, apresenta concentração superior ao VI, enquanto o restante das amostras não apresentou diferenças significativas de concentrações (0,073 a 0,192 mg/kg). Em vista disso, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Demais Metais

Esses metais foram agrupados devido às suas concentrações serem inferiores aos seus respectivos VI em todas as amostras analisadas e não apresentarem diferenças significativas entre as concentrações na RED, REI e RNE. Os metais deste grupo são Antimônio, Bário, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Níquel, Vanádio e Zinco.

5.4.3.3.3. RESULTADOS AMOSTRAS DE SEDIMENTO SUPERFICIAL DA AA-2

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 21**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) para Classe 2 de Água Doce, estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 454, de 01 de novembro de 2012. Para os metais Antimônio, Ferro, Manganês e Prata, utilizaram-se os VI para estabelecidos pelo *Technical Guidance for screening Contaminated Sediments (1998)* publicado pelo Departamento de Conservação Ambiental do Estado de Nova York. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Cádmio, Molibdênio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório em todas as amostras analisadas.
- ✓ Os metais Alumínio, Bário, Boro, Cobalto e Vanádio apresentaram concentrações detectáveis, porém nenhuma delas está contemplada na lista orientadora do CONAMA 454 e, portanto, não são feitas considerações a respeito de intervenções.
- ✓ Os metais Arsênio, Chumbo, Cobre, Mercúrio, Níquel e Zinco apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.
- ✓ Antimônio apresentou concentrações superiores ao VI adotado (2 mg/kg) nas amostras SED-03 (**2,47** mg/kg) e SED-20 (**6,85** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentrações inferiores ao limite de detecção do laboratório.
- ✓ Cromo apresentou concentração superior ao VI adotado (90 mg/kg) na amostra SED-02 (**121** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectáveis, porém inferiores ao VI adotado.
- ✓ Ferro apresentou concentrações superiores ao VI adotado (2.000 mg/kg) nas amostras SED-01 (**225.000** mg/kg), SED-02 (**202.000** mg/kg), SED-03 (**278.000** mg/kg), SED-09 (**174.000** mg/kg), SED-10 (**203.000** mg/kg), SED-11 (**158.000** mg/kg), SED-12 (**145.000** mg/kg), SED-13 (**175.000** mg/kg), SED-20 (**417.000** mg/kg), AC-05-SED (**8.150** mg/kg), AC-06-SED (**19.200** mg/kg) e AC-08-SED (**18.300** mg/kg).
- ✓ Manganês apresentou concentrações superiores ao VI adotado (460 mg/kg) nas amostras SED-01 (**1.320** mg/kg), SED-02 (**584** mg/kg), SED-03 (**2.380** mg/kg), SED-09 (**1.760** mg/kg), SED-10 (**2.050** mg/kg), SED-11 (**747** mg/kg), SED-12 (**1.250** mg/kg), SED-13 (**839** mg/kg) e SED-20 (**6.030** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado.

Tabela 21 - Resultados Analíticos de Sedimento Superficial AA-2

Elementos	CAS	Unidade	Lista Orientadora		Pontos de Amostragem											
					SED-01	SED-02	SED-03	SED-09	SED-10	SED-11	SED-12	SED-13	SED-20	AC-05-SED	AC-06-SED	AC-08-SED
					A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1
Profundidade			CONAMA 454/2012 - Água Doce - Classe 2	NY - DEC	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	47,70	59,90	37,40	111,00	48,20	46,80	68,00	80,60	75,20	< 25	29,70	< 25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	47,70	59,90	37,40	111,00	48,20	46,80	68,00	80,60	63,90	19,80	29,70	< 12,5
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	3.120,00	3.770,00	7.110,00	4.980,00	4.670,00	2.090,00	3.560,00	2.600,00	3.980,00	17.800,00	20.600,00	34.700,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	< 1	< 1	2,47	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	6,85	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	17,00	-	2,50	4,71	< 1	7,20	16,00	< 1	4,62	< 1	12,90	14,30	2,96	2,48
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	81,40	35,70	69,30	86,40	125,00	47,50	72,70	52,20	597,00	7,40	34,00	72,20
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	796,00	721,00	889,00	569,00	733,00	583,00	527,00	561,00	1.710,00	29,80	71,90	73,50
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,50	-	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	91,30	-	16,90	19,10	14,30	12,60	15,90	12,30	12,00	10,80	18,50	1,41	7,93	10,70
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	5,30	3,46	5,97	5,21	6,62	3,28	4,19	3,90	7,29	< 1	3,22	5,63
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	197,00	-	5,97	7,79	14,10	9,05	6,01	3,24	5,44	4,54	5,39	8,23	6,03	7,52
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	90,00	-	11,70	121,00	25,30	16,60	18,90	7,90	12,00	11,90	58,70	27,30	17,70	25,40
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	2.000,00	225.000,00	202.000,00	278.000,00	174.000,00	203.000,00	158.000,00	145.000,00	175.000,00	417.000,00	8.150,00	19.200,00	18.300,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	460,00	1.320,00	584,00	2.380,00	1.760,00	2.050,00	747,00	1.250,00	839,00	6.030,00	150,00	192,00	169,00
Mercurio Total	7439-97-6	mg/kg	0,49	-	0,14	0,07	0,17	0,32	0,13	0,11	0,16	0,15	0,19	< 0,05	< 0,05	0,13
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	35,90	-	5,70	7,04	7,83	6,60	11,00	3,48	5,84	5,15	18,60	5,52	3,55	7,31
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	1,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	24,60	39,20	34,00	23,70	28,80	16,60	18,30	18,30	45,20	16,30	20,00	37,80
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	315,00	-	5,18	12,00	14,60	7,94	15,50	4,33	8,82	6,21	25,50	21,50	21,10	27,00

Legenda:

0,00 > V.I. NY DEC

RED

0,00 > V.I. CONAMA 454

REI

RNE

5.4.3.3.4. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE SEDIMENTO SUPERFICIAL DA AA-2

Neste item será feita a análise espacial, em relação a segmentação em RED, REI e RNE, das amostras que apresentaram valores de concentração superiores aos valores de investigação adotados.

O **Quadro 10** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-2.

Quadro 10 - Identificação de Amostra de Sedimento Superficial por Região de Exposição AA-2

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	SED-01, SED-02, SED-03, SED-09, SED-10, SED-11, SED-12, SED-13, SED-20.
REI	-
RNE	AC-05-SED, AC-06-SED, AC-08-SED.

Alumínio

O Alumínio apresenta maiores concentrações na RNE em relação a RED, conforme **Gráfico 21**.

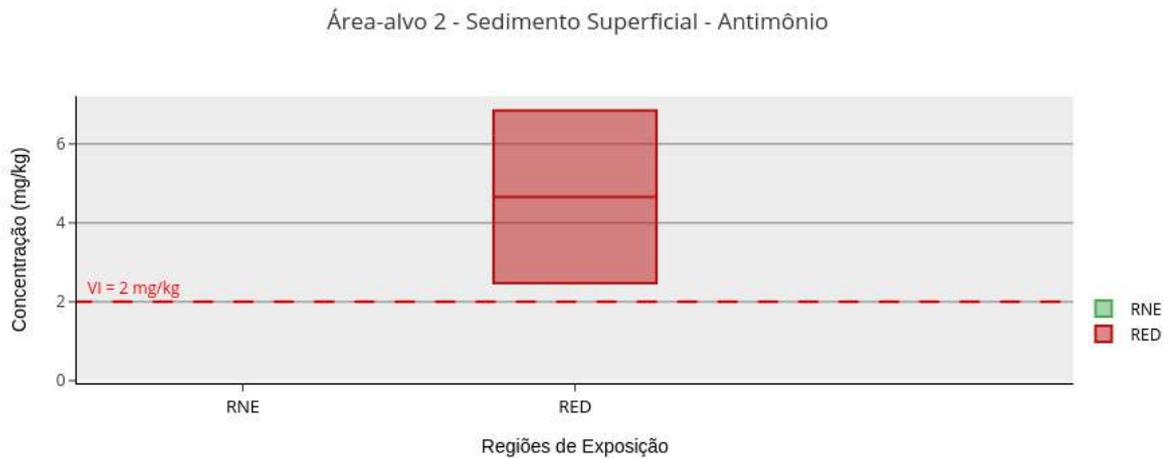
Gráfico 21 - Concentrações de Alumínio de Sedimento Superficial AA2



Antimônio

O antimônio foi encontrado acima do limite de quantificação do laboratório em duas de oito amostras analisadas, ambas localizadas na RED, conforme **Gráfico 22**. As amostras SED-03 (**2,47 mg/kg**) e SED-20 (**6,85 mg/kg**) apresentam concentrações superiores ao VI adotado.

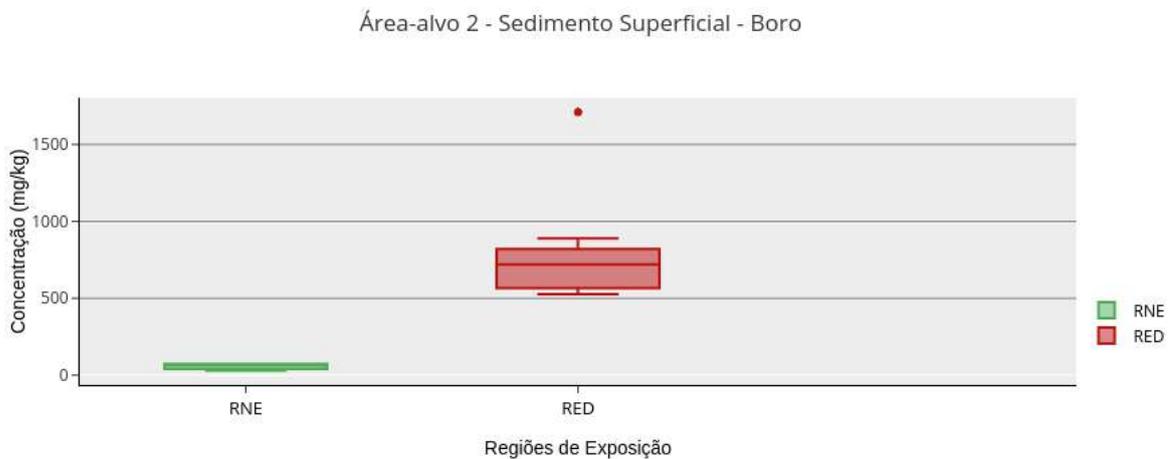
Gráfico 22 - Concentrações de Antimônio de Sedimento Superficial AA2



Boro

O Boro apresenta maiores concentrações na RED em relação a RNE, conforme **Gráfico 23**.

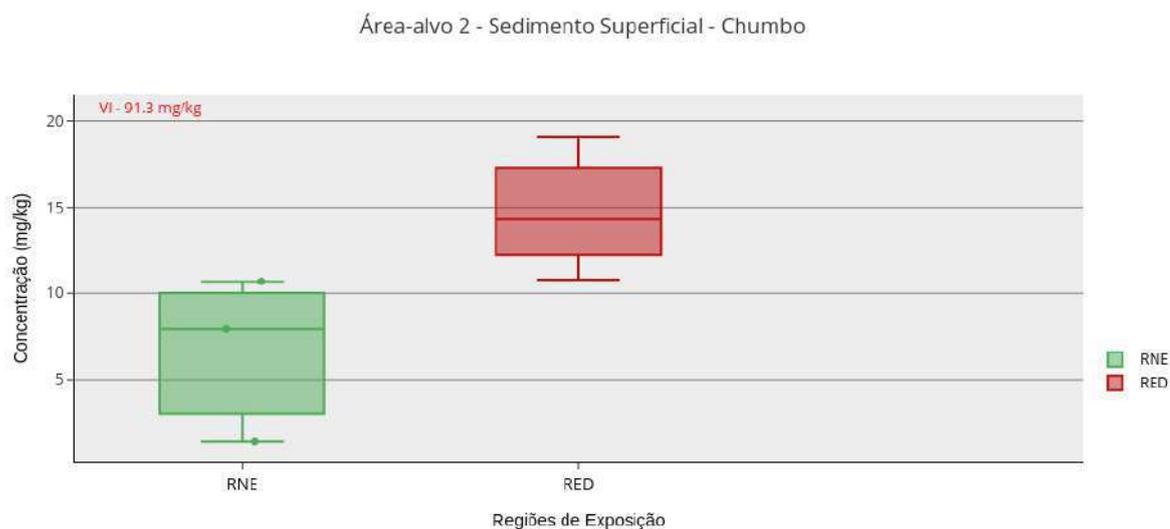
Gráfico 23 - Concentrações de Boro de Sedimento Superficial AA2



Chumbo

O Chumbo apresenta maiores concentrações na RED em relação a RNE, porém inferiores ao VI, conforme **Gráfico 24**.

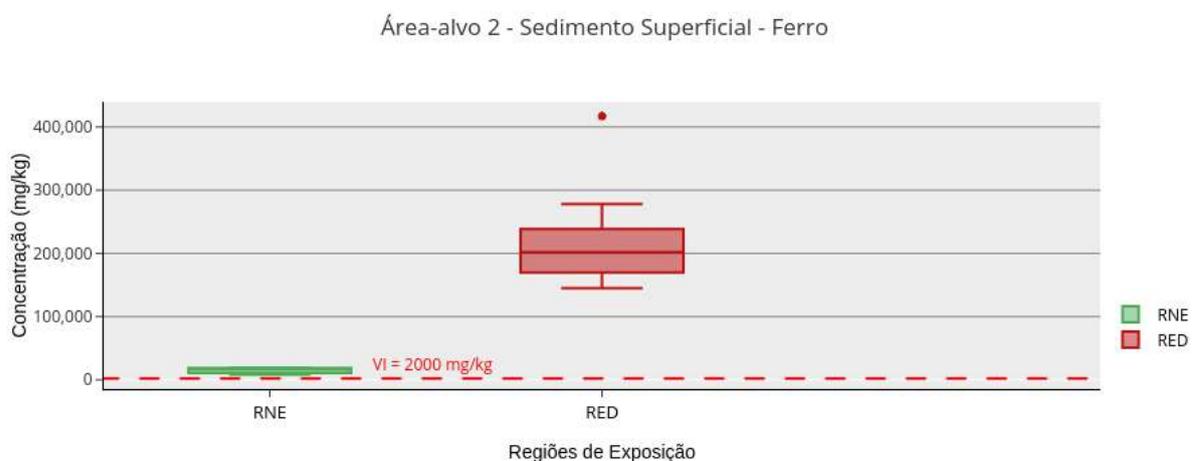
Gráfico 24 - Concentrações de de Sedimento Superficial AA2



Ferro

O Ferro apresenta maiores concentrações na RED em relação a RNE. Ambas as regiões apresentam concentrações superiores ao VI adotado, conforme **Gráfico 25**.

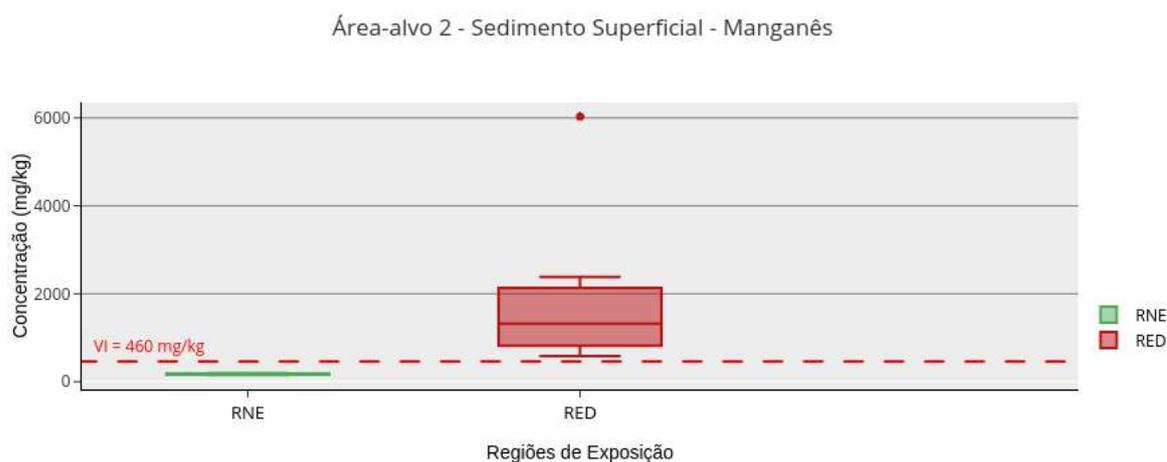
Gráfico 25 - Concentrações de Ferro de Sedimento Superficial AA2



Manganês

O Manganês apresenta maiores concentrações na RED em relação a RNE e superiores ao VI adotado, conforme **Gráfico 26**.

Gráfico 26 - Concentrações de Manganês de Sedimento Superficial AA2



Demais Metais

Esses metais foram agrupados devido às suas concentrações serem inferiores aos seus respectivos VI em todas as amostras analisadas e não apresentarem diferenças significativas entre as concentrações, apesar de existirem *outliers* na RED, REI e RNE. Os metais deste grupo são Arsênio, Bário, Cobalto, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel, Vanádio e Zinco.

5.4.3.3.5. RESULTADOS AMOSTRAS DE SEDIMENTO SUPERFICIAL DA AA-3

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 22**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) para Classe 2 de Água Doce, estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 454, de 01 de novembro de 2012. Para os metais Antimônio, Ferro, Manganês e Prata, utilizaram-se os VI para estabelecidos pelo *Technical Guidance for screening Contaminated Sediments (1998)* publicado pelo Departamento de Conservação Ambiental do Estado de Nova York. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Cádmio, Molibdênio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório em todas as amostras analisadas.

- ✓ Os metais Alumínio, Bário, Boro, Cobalto e Vanádio apresentaram concentrações detectáveis, porém nenhuma delas está contemplada na lista orientadora do CONAMA 454 e, portanto, não são feitas considerações a respeito de intervenções.
- ✓ Os metais Arsênio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio e Zinco apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.
- ✓ Antimônio apresentou concentração superior ao VI adotado (2 mg/kg) na amostra SED-19 (**3,53** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro apresentou concentrações superiores ao VI adotado (2.000 mg/kg) nas amostras SED-15 (**125.000** mg/kg), SED-16 (**141.000** mg/kg), SED-17 (**134.000** mg/kg), SED-18 (**123.000** mg/kg), SED-19 (**141.000** mg/kg) e AC-04-SED (**10.300** mg/kg).
- ✓ Manganês apresentou concentrações superiores ao VI adotado (460 mg/kg) nas amostras SED-15 (**787** mg/kg), SED-16 (**1.230** mg/kg), SED-17 (**511** mg/kg), SED-18 (**692** mg/kg) e SED-19 (**556** mg/kg). A amostra AC-04-SED apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado.

Tabela 22 - Resultados Analíticos de Sedimento Superficial AA-3

Elementos	CAS	Unidade	Lista Orientadora		Pontos de Amostragem						
					SED-14	SED-15	SED-16	SED-17	SED-18	SED-19	AC-04-SED
			CONAMA 454/2012 - Água Doce - Classe 2	NY - DEC	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1
Profundidade					0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	60,30	90,90	84,20	82,40	51,30	70,70	103,00
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	60,30	90,90	84,20	82,40	51,30	70,70	103,00
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	3.190,00	1.620,00	4.240,00	1.240,00	1.190,00	1.570,00	15.600,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	2,33	< 1	< 1	< 1	< 1	3,53	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	17,00	-	< 1	< 1	6,29	< 1	1,75	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	33,10	58,20	64,20	32,50	44,40	35,80	20,30
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	543,00	419,00	458,00	439,00	477,00	460,00	36,40
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,50	-	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	91,30	-	13,00	7,60	10,20	11,30	7,14	9,66	3,50
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	3,00	2,90	4,50	2,77	2,54	2,68	2,99
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	197,00	-	5,48	3,98	6,08	3,34	2,79	3,03	2,17
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	90,00	-	12,40	9,97	13,60	5,32	7,39	7,10	22,90
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	2.000,00	155.000,00	125.000,00	141.000,00	134.000,00	123.000,00	141.000,00	10.300,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	460,00	692,00	787,00	1.230,00	511,00	692,00	556,00	100,00
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	0,49	-	0,13	0,22	0,17	0,07	0,09	0,08	< 0,05
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	35,90	-	4,12	4,49	5,76	2,47	3,09	2,91	2,54
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	1,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	17,70	13,00	19,20	12,30	12,70	14,00	10,80
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	315,00	-	10,10	9,94	14,90	9,23	9,90	8,28	13,70

Legenda:

0,00 > V.I. NY DEC
0,00 > V.I. CONAMA 454

RED
REI
RNE

5.4.3.3.6. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE SEDIMENTO SUPERFICIAL DA AA-3

Neste item será feita a análise espacial, em relação a segmentação em RED, REI e RNE, das amostras que apresentaram valores de concentração superiores aos valores de investigação adotados.

O Quadro 11 apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-3.

Quadro 11 - Identificação de Amostra de Sedimento Superficial por Região de Exposição AA-3

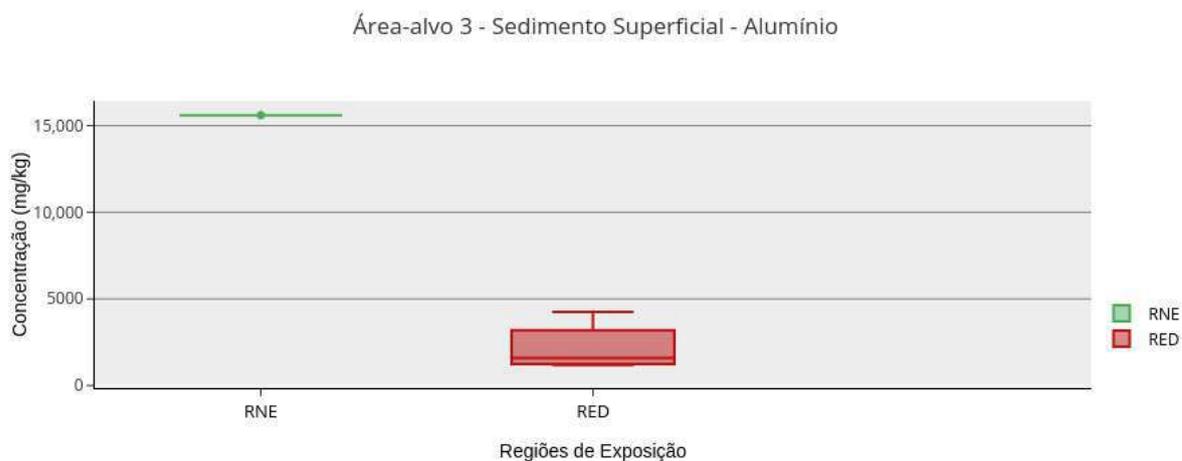
Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	SED-14, SED-15, SED-16, SED-17, SED-18, SED-19
REI	-
RNE	AC-04-SED

Ressalta-se que, como há apenas uma amostra na RNE, as interpretações sobre a correlação espacial das concentrações e as regiões devem ser consideradas com a limitação do número de amostras.

Alumínio

O Alumínio apresenta maiores concentrações na RNE em relação a RED, conforme **Gráfico 27**.

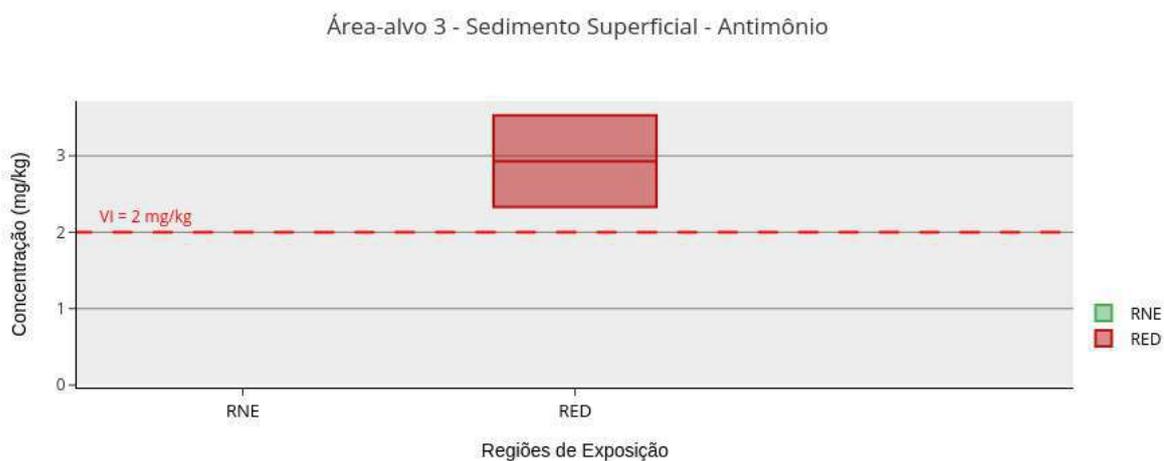
Gráfico 27 - Concentrações de Alumínio de Sedimento Superficial AA3



Antimônio

O Antimônio apresenta concentrações detectáveis e superiores ao VI nas amostras SED-14 (**2,33 mg/kg**) e SED-19 (**3,53 mg/kg**), ambas localizadas na RED, conforme **Gráfico 28**. As outras quatro amostras localizadas na RED apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório, assim como a amostra localizada na RNE.

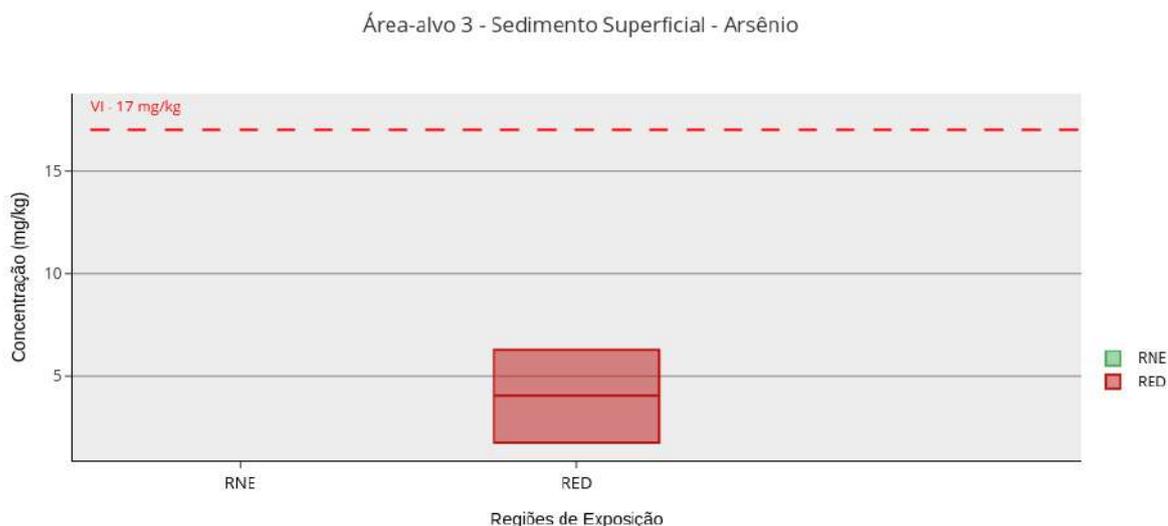
Gráfico 28 - Concentrações de Antimônio de Sedimento Superficial AA3



Arsênio

O Arsênio apresenta concentrações detectáveis em duas de seis amostras localizadas na RED, porém inferiores ao VI adotado. A amostra localizada na RNE apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório, conforme **Gráfico 29**.

Gráfico 29 - Concentrações de Arsênio de Sedimento Superficial AA3

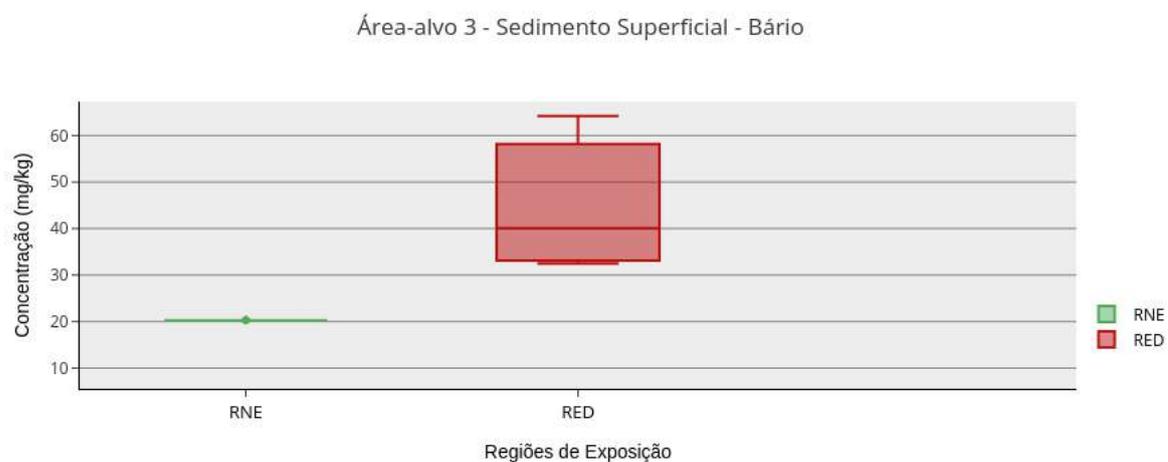


Bário

O Bário apresenta maiores concentrações na RED em relação a RNE, conforme **Gráfico 30**.

30.

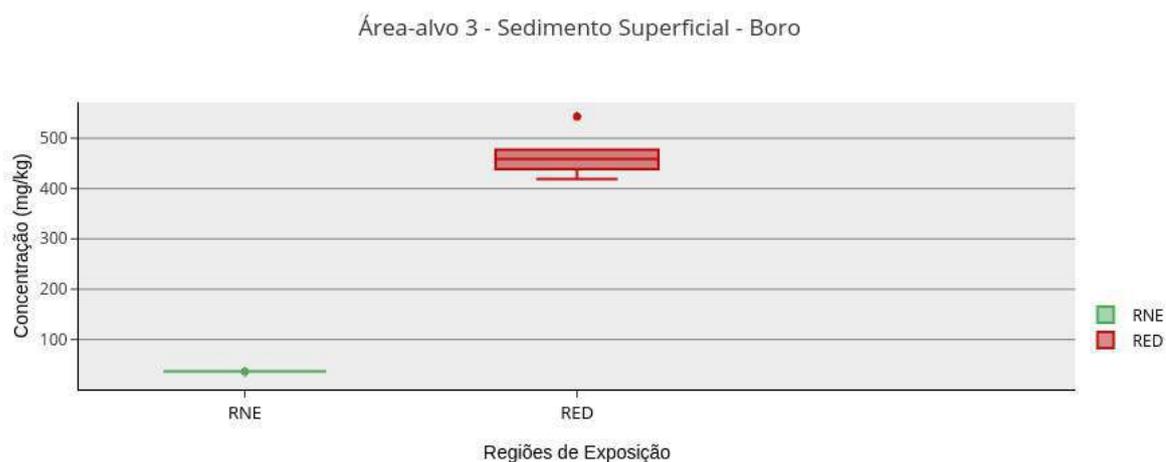
Gráfico 30 - Concentrações de Alumínio de Sedimento Superficial AA3



Boro

O Boro apresenta maiores concentrações na RED em relação a RNE, conforme **Gráfico 31**.

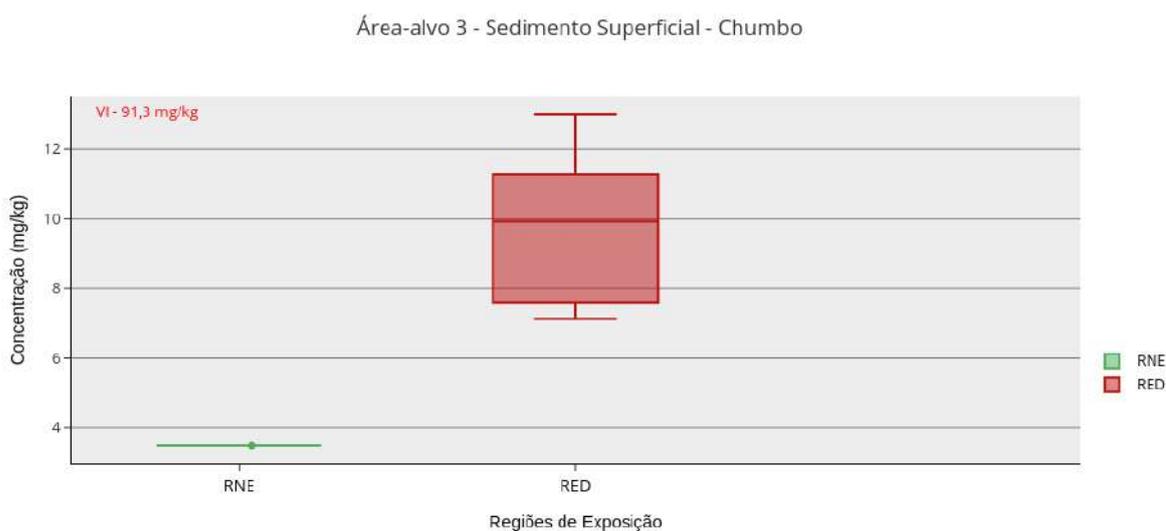
Gráfico 31 - Concentrações de Boro de Sedimento Superficial AA3



Chumbo

O Chumbo apresenta maiores concentrações na RED em relação a RNE, porém inferiores ao VI, conforme **Gráfico 32**.

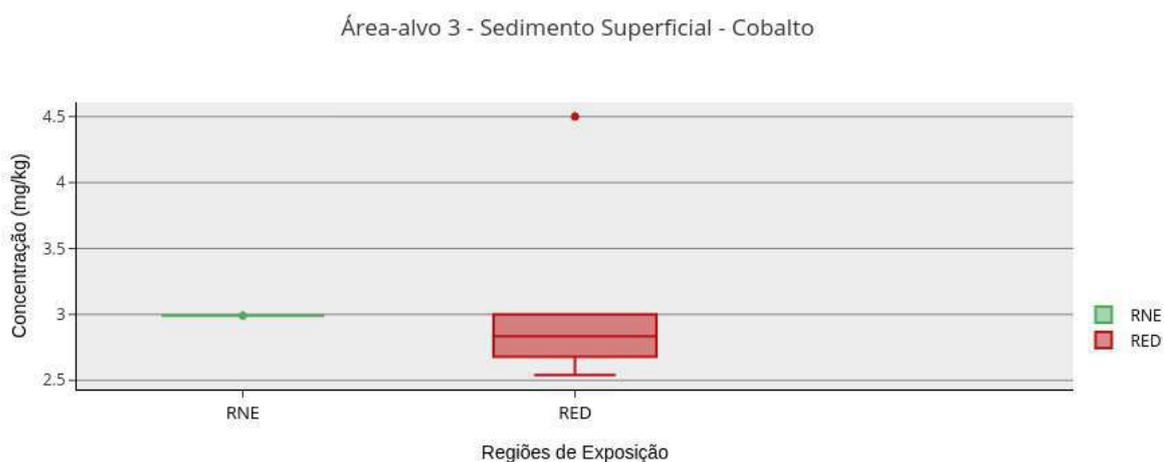
Gráfico 32 - Concentrações de Chumbo de Sedimento Superficial AA3



Cobalto

O Cobalto apresenta concentrações similares na RED e RNE, havendo a presença de um *outlier*, conforme **Gráfico 33**.

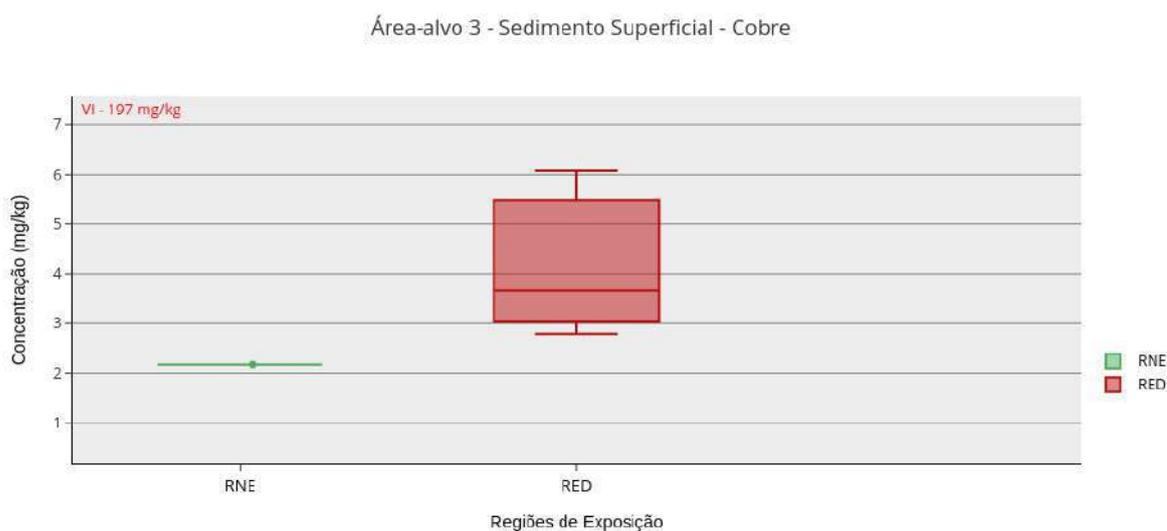
Gráfico 33 - Concentrações de Cobalto de Sedimento Superficial AA3



Cobre

O Cobalto apresenta concentrações similares na RED e RNE, porém inferiores ao VI, conforme **Gráfico 34**.

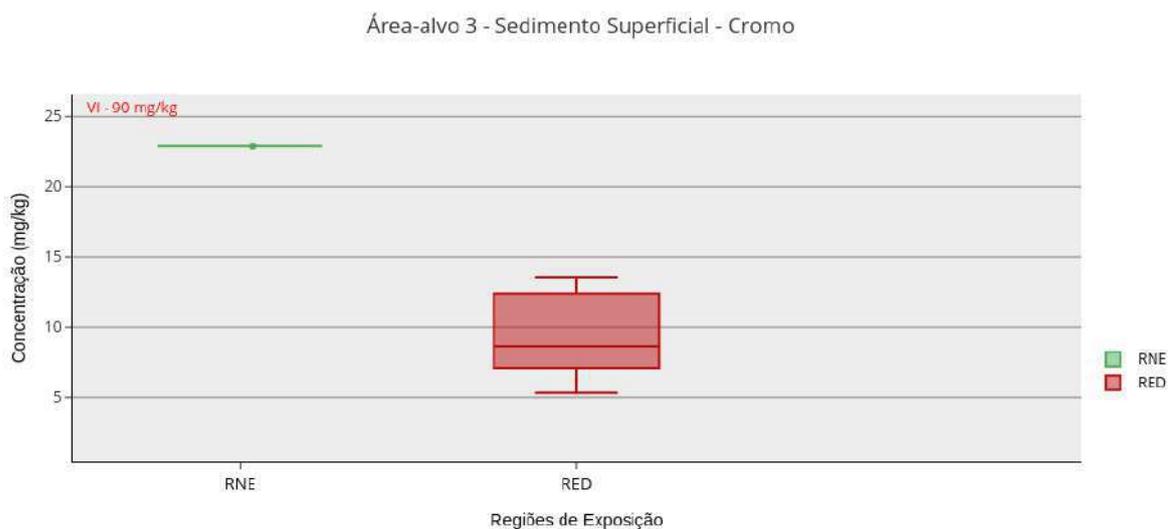
Gráfico 34 - Concentrações de Cobre de Sedimento Superficial AA3



Cromo

O Cromo apresenta concentrações maiores na RNE em relação a RED, porém inferiores ao VI em ambas as regiões, conforme **Gráfico 35**.

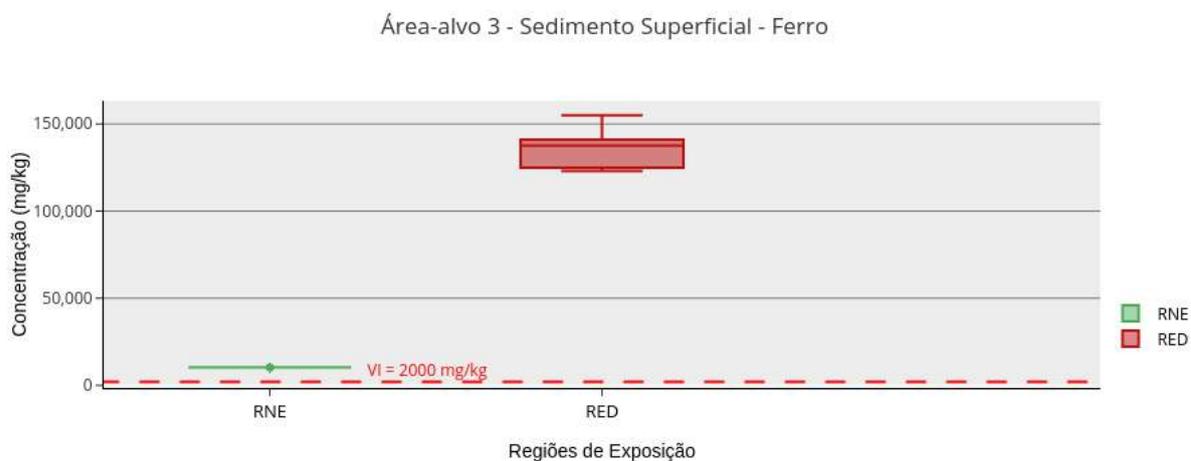
Gráfico 35 - Concentrações de Cromo de Sedimento Superficial AA3



Ferro

O Ferro apresenta maiores concentrações na RED em relação a RNE, superiores ao VI em ambas as regiões, conforme **Gráfico 36**.

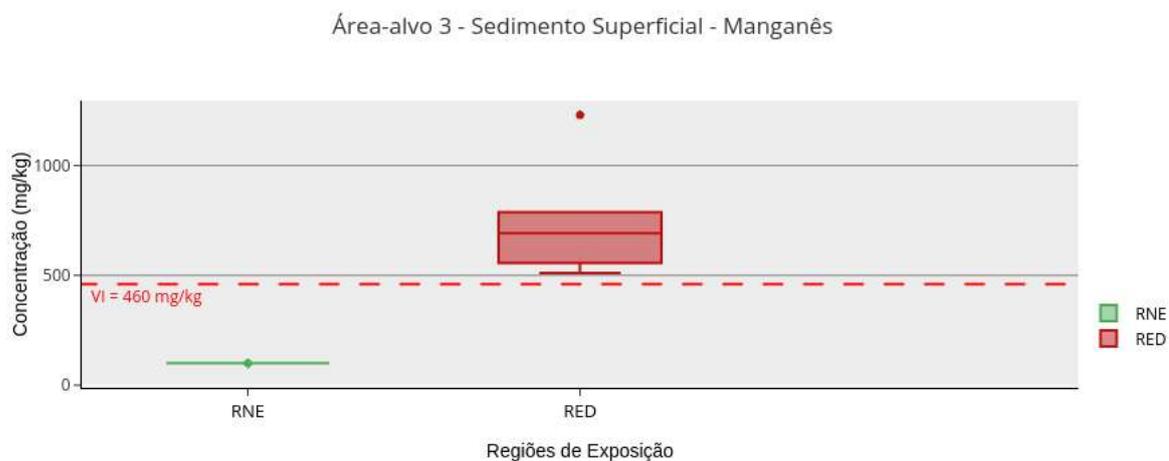
Gráfico 36 - Concentrações de Ferro de Sedimento Superficial AA3



Manganês

O Manganês apresenta maiores concentrações na RED em relação a RNE, superiores ao VI, conforme **Gráfico 37**.

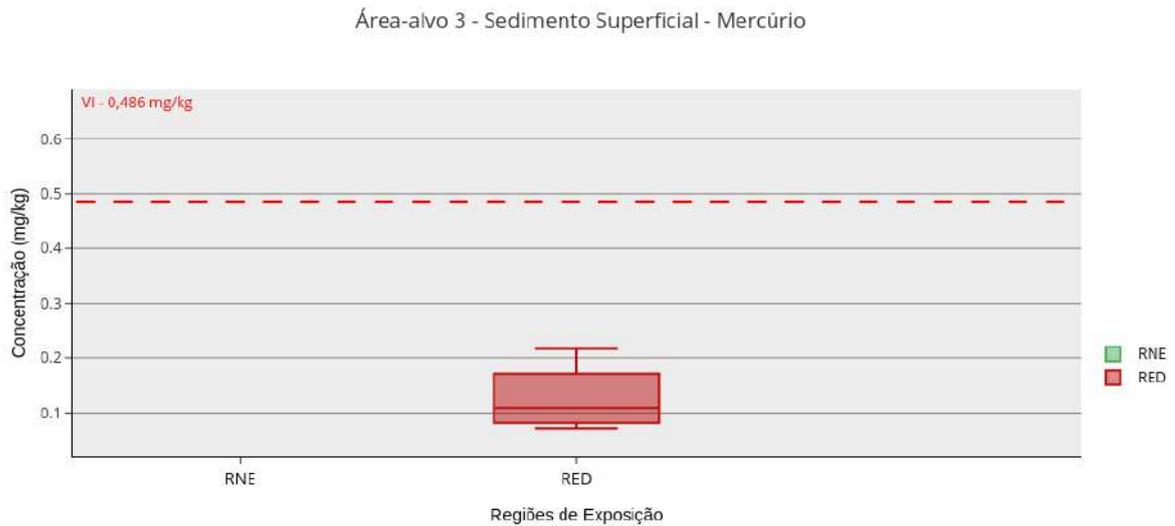
Gráfico 37 - Concentrações de Manganês de Sedimento Superficial AA3



Mercúrio

O Mercúrio apresenta concentrações nas seis amostras localizadas na RED, porém inferiores ao VI adotado. A amostra localizada na RNE apresentou concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório, conforme **Gráfico 38**.

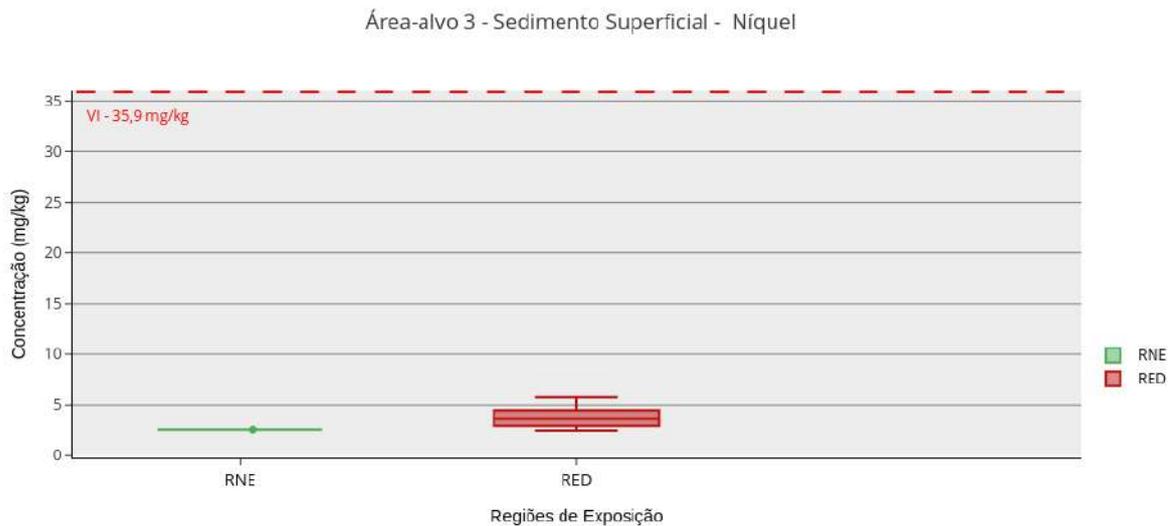
Gráfico 38 - Concentrações de Mercúrio de Sedimento Superficial AA3



Níquel

O Níquel apresenta concentrações similares na RED (2,47 a 5,76 mg/kg) e RNE (2,54 mg/kg). Como há apenas uma amostra na RNE, não é possível verificar se há variância similar a observada na RED, conforme **Gráfico 39**. As concentrações de ambas as regiões apresentam concentrações inferiores ao VI adotado.

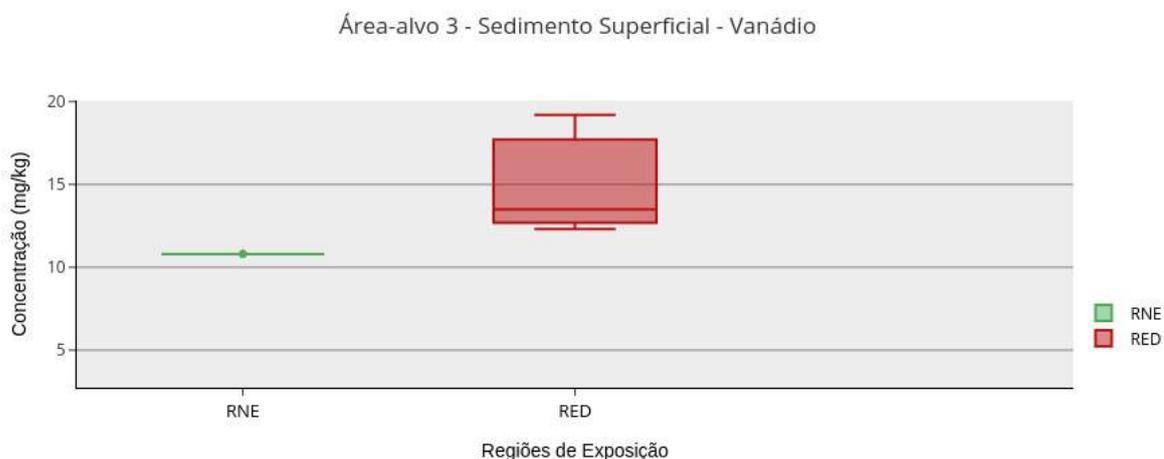
Gráfico 39 - Concentrações de Níquel de Sedimento Superficial AA3



Vanádio

O Vanádio apresenta concentrações maiores na RED (12,3 a 19,2 mg/kg) em relação a RNE (10,8 mg/kg), porém não com diferença significativa, conforme **Gráfico 40**.

Gráfico 40 - Concentrações de Vanádio de Sedimento Superficial AA3



Zinco

O Zinco apresenta maior concentração na amostra AC-04-SED (13,7 mg/kg) localizada na RNE, em relação as encontradas na RED (8,28 a 10,1 mg/kg), apesar de haver um *outlier* na amostra SED-16 (14,9 mg/kg), conforme **Gráfico 41**. Ambas as regiões apresentam concentrações inferiores ao VI adotado e não há diferença significativa das concentrações entre elas.

Gráfico 41 - Concentrações de Zinco de Sedimento Superficial AA3



5.4.3.4. Sedimento Subsuperficial

Foram coletadas amostras de sedimento subsuperficial em diferentes profundidades (B1 até B5) ao longo do rio Gualaxo do Norte (principal rio da região de estudo) e em pontos de controle para caracterização das concentrações basais na região. Ao todo foram 44 pontos de coleta separados nas três áreas-alvo, que por sua vez foram divididas em regiões de cenários de exposição (RED, REI e RNE). Destes 44 pontos de amostra, 20 estão localizadas na RED, 6 na REI e 18 na RNE. A divisão das amostras para cada área-alvo é apresentada na **Tabela 23** abaixo.

Tabela 23 - Amostras de Sedimento Subsuperficial coletadas em cada área-alvo e regiões de exposição.

Área-Alvo	AA-1	AA-2	AA-3
RED	4	12	6
REI	-	-	-
RNE	1	3	1

Nos itens a seguir serão apresentados os resultados das amostragens em sedimento subsuperficial para cada área-alvo.

5.4.3.4.1. RESULTADOS AMOSTRAS DE SEDIMENTO SUBSUPERFICIAL DA AA-1

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 24**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) para Classe 2 de Água Doce, estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 454, de 01 de novembro de 2012. Para os metais Antimônio, Ferro, Manganês e Prata, utilizaram-se os VI para estabelecidos pelo *Technical Guidance for screening Contaminated Sediments (1998)* publicado pelo Departamento de Conservação Ambiental do Estado de Nova York. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Antimônio, Cádmio, Molibdênio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório em todas as amostras analisadas.
- ✓ Os metais Alumínio, Bário, Boro, Cobalto e Vanádio apresentaram concentrações detectáveis, porém nenhuma delas está contemplada na lista orientadora do CONAMA 454 e do TGSCS. Portanto, não são feitas considerações a respeito de intervenções.
- ✓ Os metais Arsênio, Chumbo, Cobre, Cromo, Níquel e Zinco apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.
- ✓ Ferro apresentou concentrações superiores ao VI adotado (2.000 mg/kg) nas amostras SED-04-0,2 (**102.000** mg/kg), SED-04-0,9 (**130.000** mg/kg), SED-04-1,6 (**23.200** mg/kg), SED-06-0,2 (**187.000** mg/kg), SED-06-1,0 (**36.800** mg/kg), SED-06-1,2 (**27.900** mg/kg), SED-07-0,2 (**176.000** mg/kg), SED-07-0,5 (**146.000** mg/kg) e AC-03-SED-0,1 (**74.500** mg/kg).

- ✓ Manganês apresentou concentrações superiores ao VI adotado (460 mg/kg) nas amostras SED-07-0,2 (**2.230** mg/kg), SED-07-0,5 (**3.500** mg/kg) e AC-03-SED-0,1 (**1.230** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.
- ✓ Mercúrio apresentou concentração superior ao VI adotado (0,486 mg/kg) na amostra SED-07-0,5 (**0,648** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.

Tabela 24 - Resultados Analíticos de Sedimento Subsuperficial AA-1

Elementos	CAS	Unidade	Lista Orientadora		SED-04			SED-06			SED-07		AC-03-SED
			CONAMA 454/2012 - Água Doce - Classe 2	NY - DEC	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B1
Profundidade					0,20	0,90	1,60	0,20	1,00	1,20	0,20	0,50	0,10
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	8.040,00	20.900,00	23.500,00	3.240,00	16.200,00	13.000,00	2.100,00	3.020,00	25.300,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	17,00	-	< 1	< 1	< 1	8,80	< 1	< 1	4,60	15,80	4,79
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	20,10	44,40	113,00	23,40	36,90	31,50	124,00	175,00	68,30
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	365,00	219,00	81,00	549,00	126,00	97,60	530,00	442,00	240,00
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,50	-	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	91,30	-	8,66	9,77	8,31	13,30	8,33	6,59	12,10	10,40	22,20
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	3,59	4,94	9,30	3,18	7,10	6,58	3,84	4,66	10,30
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	197,00	-	7,40	13,00	37,40	6,24	13,40	10,50	5,90	9,14	20,20
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	90,00	-	20,50	49,20	7,99	21,70	55,60	43,30	11,10	12,40	63,70
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	2.000,00	102.000,00	130.000,00	23.200,00	187.000,00	36.800,00	27.900,00	176.000,00	146.000,00	74.500,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	460,00	277,00	40,00	196,00	409,00	169,00	61,70	2.230,00	3.500,00	1.230,00
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	0,49	-	0,06	< 0,05	< 0,05	0,07	< 0,05	< 0,05	0,42	0,65	0,22
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	35,90	-	4,76	13,10	10,10	4,12	14,30	12,90	4,73	7,27	20,30
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	1,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	21,50	48,70	31,20	22,10	41,50	32,70	17,30	18,00	44,40
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	315,00	-	6,71	15,70	34,70	4,88	15,10	13,50	3,27	5,80	21,80

Legenda:

0,00 > V.I. NY DEC

0,00 > V.I. CONAMA 454

RED
REI
RNE

5.4.3.4.2. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE SEDIMENTO SUBSUPERFICIAL DA AA-1

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em diferentes profundidades em relação a RED. Não serão feitas considerações referentes a RNE devido à falta de amostras analisadas em profundidade. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

O **Quadro 12** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-1. Não foi realizada a análise por modelos de interpolação, devido à quantidade limitada de amostras.

Quadro 12 - Identificação de Amostra de Sedimento Subsuperficial por Região de Exposição AA-1

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	SED-04, SED-06, SED-07
REI	-
RNE	AC-03-SED

Alumínio

As concentrações de Alumínio apresentam maiores concentrações em profundidade em relação a subsuperfície.

Bário

As concentrações de Bário apresentam um aumento pouco significativo nas concentrações em profundidade em relação a subsuperfície.

Boro

As concentrações de Boro apresentam maiores concentrações em subsuperfície em relação a maiores profundidades.

Ferro

As concentrações de Boro apresentam maiores concentrações em subsuperfície em relação a maiores profundidades.

Manganês

As concentrações de Manganês apresentam tanto enriquecimento quanto empobrecimento em profundidade, não sendo possível correlacionar espacialmente uma tendência das concentrações.

Mercúrio

As concentrações de Mercúrio tendem a ser detectáveis em subsuperfície e inferiores ao limite de quantificação do laboratório em profundidade, com exceção da amostra SED-07, que apresenta concentração superior ao VI em profundidade.

Demais Metais

Antimônio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio não apresentaram correlação espacial significativa das concentrações com a profundidade.

5.4.3.4.3. RESULTADOS AMOSTRAS DE SEDIMENTO SUBSUPERFICIAL DA AA-2

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 25**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) para Classe 2 de Água Doce, estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 454, de 01 de novembro de 2012. Para os metais Antimônio, Ferro, Manganês e Prata, utilizaram-se os VI para estabelecidos pelo *Technical Guidance for screening Contaminated Sediments (1998)* publicado pelo Departamento de Conservação Ambiental do Estado de Nova York. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Cádmio, Molibdênio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório em todas as amostras analisadas.
- ✓ Os metais Alumínio, Bário, Boro, Cobalto e Vanádio apresentaram concentrações detectáveis, porém nenhuma delas está contemplada na lista orientadora do CONAMA 454 e do TGSCS. Portanto, não são feitas considerações a respeito de intervenções.

- ✓ Os metais Cobre e Zinco apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.
- ✓ Antimônio apresentou concentrações superiores ao VI adotado (2 mg/kg) nas amostras SED-03-0,2 (**2,7** mg/kg), SED-13-0,25 (**2,59** mg/kg), SED-13-1,2 (**4,72** mg/kg) e SED-20-0,3 (**6,81** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de detecção do laboratório, com exceção da amostra SED-03-1,2, que apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado.
- ✓ Arsênio apresentou concentrações superiores ao VI adotado (17 mg/kg) nas amostras SED-01-0,3 (**31,6** mg/kg), SED-01-1,5 (**36,5** mg/kg), SED-02-1,3 (**29,3** mg/kg), SED-03-0,2 (**18,7** mg/kg), SED-13-1,2 (**45,9** mg/kg) e SED-20-0,3 (**208** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado.
- ✓ Chumbo apresentou concentração superior ao VI adotado (91,3 mg/kg) na amostra SED-10-0,2 (**294** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado.
- ✓ Cromo apresentou concentrações superiores ao VI adotado (90 mg/kg) nas amostras SED-02-1,3 (**147** mg/kg) e SED-20-0,3 (**119** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado.
- ✓ Ferro apresentou concentrações superiores ao VI adotado (2.000 mg/kg) nas amostras SED-01-0,15 (**170.000** mg/kg), SED-01-0,3 (**109.000** mg/kg), SED-01-1,5 (**31.200** mg/kg), SED-02-0,1 (**222.000** mg/kg), SED-02-0,35 (**183.000** mg/kg), SED-02-1,3 (**199.000** mg/kg), SED-03-0,2 (**340.000** mg/kg), SED-03-1,2 (**70.500** mg/kg), SED-09-0,1 (**187.000** mg/kg), SED-09-0,8 (**33.400** mg/kg), SED-10-0,2 (**260.000** mg/kg), SED-10-0,5 (**205.000** mg/kg), SED-10-1,6 (**25.300** mg/kg), SED-11-0,2 (**176.000** mg/kg), SED-11-1,3 (**77.200** mg/kg), SED-12-0,25 (**228.000** mg/kg), SED-13-0,05 (**142.000** mg/kg), SED-13-0,25 (**150.000** mg/kg), SED-13-1,2 (**138.000** mg/kg), SED-13-1,5 (**3.480** mg/kg), SED-20-0,3 (**314.000** mg/kg), AC-05-SED-0,3 (**142.000** mg/kg), AC-05-SED-1,0 (**10.000** mg/kg), AC-05-SED-1,3 (**12.800** mg/kg), AC-06-SED-0,2 (**10.100** mg/kg), AC-06-SED-0,9 (**6.590** mg/kg), AC-06-SED-1,6 (**2.420** mg/kg), AC-08-SED-0,1 (**38.400** mg/kg), AC-08-SED-0,6 (**7.670** mg/kg), AC-08-SED-1,0 (**6.770** mg/kg), AC-08-SED-1,1 (**6.180** mg/kg).

- ✓ Manganês apresentou concentrações superiores ao VI adotado (460 mg/kg) nas amostras SED-01-0,15 (**840** mg/kg), SED-01-0,3 (**3.470** mg/kg), SED-01-1,5 (**1.450** mg/kg), SED-02-0,1 (**948** mg/kg), SED-02-0,35 (**2.840** mg/kg), SED-02-1,3 (**4.500** mg/kg), SED-03-0,2 (**8.750** mg/kg), SED-03-1,2 (**2.310** mg/kg), SED-09-0,1 (**1.180** mg/kg), SED-10-0,2 (**4.370** mg/kg), SED-10-0,5 (**507** mg/kg), SED-12-0,25 (**592** mg/kg), SED-13-0,05 (**748** mg/kg), SED-13-0,25 (**1.020** mg/kg), SED-13-1,2 (**4.990** mg/kg), SED-20-0,3 (**5.920** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.

- ✓ Mercúrio apresentou concentrações superiores ao VI adotado (0,486 mg/kg) nas amostras SED-03-0,2 (**0,53** mg/kg) e SED-13-0,05 (**0,732** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.

- ✓ Níquel apresentou concentrações superiores ao VI adotado (35,9 mg/kg) nas amostras SED-03-0,2 (**38,5** mg/kg), SED-09-0,8 (**36,9** mg/kg) e SED-20-0,3 (**55** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.

Tabela 25 - Resultados Analíticos de Sedimento Subsuperficial AA-2

Elementos	CAS	Unidade	Lista Orientadora		Pontos de Amostragem														
					SED-01			SED-02			SED-03		SED-09		SED-10			SED-11	
					B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B3	B1	B2
Profundidade			CONAMA 454/2012 - Água Doce - Classe 2	NY - DEC	0,15	0,30	1,50	0,10	0,35	1,30	0,20	1,20	0,10	0,80	0,20	0,50	1,60	0,20	1,30
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	1.970,00	2.860,00	8.690,00	4.610,00	6.850,00	5.730,00	2.780,00	4.200,00	4.530,00	30.600,00	4.670,00	3.870,00	40.700,00	836,00	910,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2,70	1,90	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	17,00	-	1,24	31,60	36,50	4,54	< 1	29,30	18,70	12,60	< 1	2,97	5,82	< 1	6,15	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	45,90	491,00	117,00	88,90	679,00	614,00	611,00	67,20	48,20	99,10	245,00	72,70	83,40	20,60	12,00
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	637,00	418,00	141,00	778,00	658,00	676,00	1.030,00	239,00	568,00	110,00	878,00	713,00	105,00	630,00	294,00
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,50	-	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	91,30	-	13,50	11,10	7,03	19,80	15,70	23,10	16,50	4,85	14,00	11,00	294,00	17,50	13,40	11,80	5,68
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	3,60	8,56	5,71	6,06	16,20	7,55	11,10	4,29	3,97	8,68	14,40	3,98	2,41	2,03	1,63
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	197,00	-	2,79	13,20	9,35	7,00	10,50	6,31	5,11	4,82	6,50	15,50	70,10	5,04	2,55	2,11	3,08
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	90,00	-	7,69	24,20	35,30	58,80	46,00	147,00	25,20	14,20	14,20	83,90	71,50	17,90	14,20	3,59	3,75
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	2.000,00	170.000,00	109.000,00	31.200,00	222.000,00	183.000,00	199.000,00	340.000,00	70.500,00	187.000,00	33.400,00	260.000,00	205.000,00	25.300,00	176.000,00	77.200,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	460,00	840,00	3.470,00	1.450,00	948,00	2.840,00	4.500,00	8.750,00	2.310,00	1.180,00	280,00	4.370,00	507,00	103,00	244,00	271,00
Mercurio Total	7439-97-6	mg/kg	0,49	-	0,07	0,38	0,15	0,12	0,13	0,13	0,53	0,19	0,19	0,11	0,19	0,11	0,06	< 0,05	< 0,05
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	35,90	-	3,75	12,70	11,70	23,70	13,10	18,70	38,50	6,89	5,23	36,90	15,20	4,60	5,84	1,44	1,65
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	1,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	17,80	17,50	12,30	27,90	24,40	21,40	39,50	14,40	22,20	48,00	31,40	22,80	18,70	14,70	8,19
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	315,00	-	5,95	9,67	9,96	12,30	11,30	18,90	13,50	10,80	7,38	29,60	9,86	8,43	30,60	2,90	3,40

Legenda:

0,00 > V.I. NY DEC	RED
0,00 > V.I. CONAMA 454	REI
	RNE

Tabela 25 - Resultados Analíticos de Sedimento Subsuperficial AA-2

Elementos	CAS	Unidade	Lista Orientadora		Pontos de Amostragem												
					SED-12		SED-13			SED-20		AC-05-SED			AC-06-SED		
					B1	B2	B1	B2	B3	B4	B1	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Profundidade			CONAMA 454/2012 - Água Doce - Classe 2	NY - DEC	0,25	1,30	0,05	0,25	1,20	1,50	0,30	0,30	1,00	1,30	0,20	0,90	1,60
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	3.720,00	3.720,00	2.240,00	3.710,00	4.160,00	9.300,00	8.190,00	42.900,00	25.000,00	41.200,00	22.900,00	21.300,00	10.900,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	< 1	< 1	< 1	2,59	4,72	< 1	6,81	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	17,00	-	3,26	3,26	< 1	< 1	45,90	< 1	208,00	< 1	1,13	1,34	< 1	1,85	1,67
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	33,70	33,70	37,20	37,20	338,00	21,40	297,00	8,55	18,60	16,80	35,80	25,80	8,46
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	666,00	666,00	451,00	646,00	619,00	12,20	980,00	47,20	36,20	45,80	37,40	25,10	10,10
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,50	-	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	91,30	-	16,90	16,90	9,07	16,00	9,12	5,86	19,10	1,47	2,34	3,06	7,20	8,29	4,00
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	7,86	7,86	2,85	4,27	12,20	< 1	17,80	1,70	1,25	1,29	3,69	3,45	2,02
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	197,00	-	8,02	8,02	2,86	6,33	12,20	1,42	18,30	4,59	2,73	5,01	4,55	5,39	2,05
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	90,00	-	15,60	15,60	7,50	15,10	66,70	< 1	119,00	20,60	23,50	16,40	10,00	11,10	4,00
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	2.000,00	228.000,00	228.000,00	142.000,00	150.000,00	138.000,00	3.480,00	314.000,00	0,00	10.000,00	12.800,00	10.100,00	6.590,00	2.420,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	460,00	592,00	592,00	748,00	1.020,00	4.990,00	19,90	5.920,00	25,40	62,30	10,90	135,00	48,60	36,10
Mercurio Total	7439-97-6	mg/kg	0,49	-	0,07	0,07	0,09	0,21	0,73	< 0,05	0,34	0,07	< 0,05	0,09	0,09	< 0,05	< 0,05
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	35,90	-	11,60	11,60	3,08	4,06	16,40	< 1	55,00	5,89	2,93	5,57	4,53	4,05	1,55
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	1,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	36,40	36,40	13,90	20,50	42,40	2,53	39,80	28,40	17,10	26,70	15,10	19,90	6,30
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	315,00	-	7,31	7,31	6,81	8,03	7,97	13,00	38,80	12,10	8,85	16,70	19,70	17,40	10,30

Legenda:

0,00 > V.I. NY DEC	RED
0,00 > V.I. CONAMA 454	REI
	RNE

5.4.3.4.4. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE SEDIMENTO SUBSUPERFICIAL DA AA-2

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em diferentes profundidades em relação a RED e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

A análise espacial foi realizada por meio dos modelos de interpolação, conforme citado anteriormente.

O **Quadro 13** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-2.

Quadro 13 - Identificação de Amostra de Sedimento Subsuperficial por Região de Exposição AA-2

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	SED-01, SED-02, SED-03, SED-09, SED-10, SED-11, SED-12, SED-13, SED-20.
REI	-
RNE	AC-05-SED, AC-06-SED, AC-08-SED.

Alumínio

As concentrações de Alumínio tendem a aumentar com a profundidade na RED e a diminuir na RNE. As concentrações encontradas na RNE tendem a ser maiores as encontradas na RED.

Antimônio

As concentrações de Antimônio não apresentam uma clara tendência de correlação espacial das concentrações com a profundidade. Porém, observa-se que somente a RED apresenta concentrações detectáveis e superiores ao VI, enquanto a RNE apresenta concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.

Arsênio

Apresenta comportamento similar ao Antimônio, não apresentando clara tendência de correlação espacial das concentrações com a profundidade. Porém, observa-se que somente a RED apresenta concentrações detectáveis e superiores ao VI, enquanto a RNE apresenta concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.

Bário

As concentrações de Bário não apresentam uma tendência clara de correlação espacial das concentrações com a profundidade. Porém, observa-se que as concentrações encontradas na RED tendem a ser maiores que as encontradas na RNE.

Boro

As concentrações de Boro na RED apresentam uma tendência de empobrecimento do metal em profundidade. Na RNE, as concentrações apresentam pouca variância, mantendo-se similares ao longo do perfil.

Já em relação às regiões, as concentrações na RED são significativamente maiores que as encontradas na RNE.

Chumbo

As concentrações de Chumbo não apresentam correlação espacial com as profundidades, assim como não apresentam diferenças significativas entre a RED e a RNE. O único ponto que apresentou concentração superior ao VI é encontrado na RED e em subsuperfície.

Cobre

Cobre apresenta comportamento similar ao Chumbo. As concentrações não apresentam correlação espacial com as profundidades, assim como não apresentam diferenças significativas entre a RED e a RNE. Os únicos pontos que apresentaram concentrações superiores ao VI são encontrados na RED, tanto em subsuperfície quanto em profundidade.

Ferro

As concentrações de Ferro apresentam maiores concentrações em subsuperfície em relação a maiores profundidades.

Já em relação às regiões, as concentrações encontradas na RED são superiores as encontradas na RNE.

Manganês

As concentrações de Manganês apresentam tanto enriquecimento quanto empobrecimento em profundidade, não sendo possível correlacionar espacialmente uma tendência das concentrações com a profundidade. Porém, observa-se que as concentrações de manganês se apresentam significativamente maiores na RED em relação a RNE.

Mercúrio

As concentrações de Mercúrio não apresentam correlação espacial com a profundidade. Porém, observa-se que as concentrações superiores ao VI se encontram na RED.

Demais Metais

Cádmio, Cobalto, Cobre, Molibdênio, Prata, Selênio, Vanádio e Zinco não apresentaram correlação espacial significativa das concentrações com a profundidade.

5.4.3.4.5. RESULTADOS AMOSTRAS DE SEDIMENTO SUBSUPERFICIAL DA AA-3

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 26**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) para Classe 2 de Água Doce, estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 454, de 01 de novembro de 2012. Para os metais Antimônio, Ferro, Manganês e Prata, utilizaram-se os VI para estabelecidos pelo *Technical Guidance for screening Contaminated Sediments (1998)* publicado pelo Departamento de Conservação Ambiental do Estado de Nova York. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Cádmio, Molibdênio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório em todas as amostras analisadas.

- ✓ Os metais Alumínio, Bário, Boro, Cobalto e Vanádio apresentaram concentrações detectáveis, porém nenhuma delas está contemplada na lista orientadora do CONAMA 454 e do *TGSCS*. Portanto, não são feitas considerações a respeito de intervenções.
- ✓ Os metais Chumbo, Cobre, Cromo, Níquel e Zinco apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.
- ✓ Antimônio apresentou concentrações superiores ao VI adotado (2 mg/kg) nas amostras SED-17-0,6 (**5,5** mg/kg) e SED-19-0,3 (**6,73** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Arsênio apresentou concentrações superiores ao VI adotado (17 mg/kg) nas amostras SED-17-0,6 (**48,4** mg/kg) e SED-19-0,3 (**39,5** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.
- ✓ Ferro apresentou concentrações superiores ao VI adotado (2.000 mg/kg) nas amostras SED-14-0,05 (**194.000** mg/kg), SED-14-0,3 (**134.000** mg/kg), SED-14-1,5 (**2.160** mg/kg), SED-15-0,3 (**172.000** mg/kg), SED-16-0,3 (**151.000** mg/kg), SED-17-0,2 (**237.000** mg/kg), SED-17-0,6 (**249.000** mg/kg), SED-18-0,3 (**151.000** mg/kg), SED-19-0,3 (**200.000** mg/kg), SED-19-0,9 (**133.000** mg/kg), SED-19-1,2 (**233.000** mg/kg), AC-04-SED-0,3 (**2.420** mg/kg) e AC-04-SED-1,0 (**78.800** mg/kg).
- ✓ Manganês apresentou concentrações superiores ao VI adotado (460 mg/kg) nas amostras SED-14-0,3 (**2.170** mg/kg), SED-16-0,3 (**2.400** mg/kg), SED-17-0,2 (**651** mg/kg), SED-17-0,6 (**13.900** mg/kg), SED-18-0,3 (**599** mg/kg), SED-19-0,3 (**3.440** mg/kg) e SED-19-0,9 (**798** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.
- ✓ Mercúrio apresentou concentração superior ao VI adotado (0,486 mg/kg) na amostra SED-17-0,6 (**1,28** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.
- ✓ Níquel apresentou concentração superior ao VI adotado (35,9 mg/kg) na amostra AC-04-SED-1,0 (**36,5** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.

Tabela 26 - Resultados Analíticos de Sedimento Subsuperficial AA-3

Elementos	CAS	Unidade	Lista Orientadora		SED-14		SED-15	SED-16	SED-17		SED-18		SED-19			AC-04-SED	
			CONAMA	NY - DEC	B1	B2	B3	B1	B1	B1	B2	B1	B1	B2	B3	B1	B2
			454/2012 - Água Doce - Classe 2		0,05	0,30	1,50	0,30	0,30	0,20	0,60	0,30	0,30	0,90	1,20	0,30	1,00
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	3.560,00	3.680,00	35.000,00	1.660,00	7.280,00	875,00	4.190,00	937,00	3.150,00	2.080,00	4.350,00	14.100,00	68.000,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	5,50	< 1	6,73	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	17,00	-	< 1	13,10	2,41	< 1	8,82	< 1	48,40	< 1	39,50	< 1	< 1	1,97	1,96
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	37,50	106,00	85,60	35,50	106,00	47,20	1.720,00	43,10	345,00	49,60	28,50	7,92	194,00
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	692,00	441,00	7,64	553,00	483,00	747,00	784,00	488,00	724,00	465,00	827,00	8,64	242,00
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,50	-	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	91,30	-	14,80	11,10	67,80	12,90	15,90	15,10	22,60	10,10	24,20	9,79	17,90	1,92	1,59
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	3,46	5,01	< 1	3,42	5,84	3,41	14,40	2,87	7,43	3,84	3,71	1,07	37,40
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	197,00	-	4,10	6,79	1,86	2,97	23,00	2,53	17,00	2,51	9,92	6,04	5,37	2,29	< 1
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	90,00	-	14,80	17,70	< 1	5,81	19,60	5,93	51,90	6,66	80,60	8,25	18,10	18,30	54,30
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	2.000,00	194.000,00	134.000,00	2.160,00	172.000,00	151.000,00	237.000,00	249.000,00	151.000,00	200.000,00	133.000,00	233.000,00	2.420,00	78.800,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	460,00	433,00	2.170,00	53,10	454,00	2.400,00	651,00	13.900,00	599,00	3.440,00	798,00	432,00	15,10	132,00
Mercurio Total	7439-97-6	mg/kg	0,49	-	0,11	0,19	< 0,05	0,08	0,39	0,07	1,28	0,07	0,42	0,12	0,12	< 0,05	< 0,05
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	35,90	-	4,06	8,65	< 1	2,86	8,83	2,83	23,20	2,93	14,40	4,64	4,85	2,24	36,50
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	1,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	19,60	19,10	1,02	15,70	26,00	19,40	32,30	12,70	27,50	14,80	26,00	4,68	392,00
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	315,00	-	3,76	13,30	25,50	18,80	29,80	8,32	31,00	4,45	10,70	3,86	3,04	5,58	178,00

Legenda:

0,00 > V.I. NY DEC

RED

0,00 > V.I. CONAMA 454

REI

RNE

5.4.3.4.6. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE SEDIMENTO SUBSUPERFICIAL DA AA-3

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em diferentes profundidades em relação a RED e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

A análise espacial foi realizada por meio dos modelos de interpolação, conforme citado anteriormente.

O **Quadro 14** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-3.

Quadro 14 - Identificação de Amostra de Sedimento Subsuperficial por Região de Exposição AA-3

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	SED-14, SED-15, SED-16, SED-18, SED-19
REI	-
RNE	AC-04-SED

Alumínio

As concentrações de Alumínio tendem a aumentar com a profundidade na RED e a diminuir na RNE. As concentrações encontradas na RNE tendem a ser maiores as encontradas na RED.

Antimônio

As concentrações de Antimônio não apresentam concentrações superiores ao limite de quantificação do laboratório, com exceção de duas amostras na RED, uma em subsuperfície e outra em profundidade.

Arsênio

Apresenta comportamento similar ao Antimônio, porém há concentrações detectáveis tanto na RED quanto na RNE, não sendo observada uma tendência de correlação espacial das concentrações com a profundidade.

Bário

As concentrações de Bário tendem a aumentar em profundidade, tanto na RED quanto na RNE.

Boro

As concentrações de Boro não apresentaram correlação espacial clara com a profundidade na RED. As concentrações na RNE apresentam um enriquecimento em profundidade. Porém, observa-se que as concentrações na RNE são significativamente inferiores as encontradas na RED.

Ferro

As concentrações de Ferro apresentam maiores concentrações em subsuperfície em relação a maiores profundidades na RED. O oposto ocorre na amostra analisada na RNE. As concentrações encontradas na RED são superiores as encontradas na RNE.

Manganês

As concentrações de Manganês apresentam tanto enriquecimento quanto empobrecimento em profundidade, não sendo possível correlacionar espacialmente uma tendência das concentrações com a profundidade. Porém, observa-se que as concentrações de manganês se apresentam significativamente maiores na RED em relação a RNE.

Mercúrio

As concentrações de Mercúrio não apresentam correlação espacial com a profundidade. Porém, observa-se que as concentrações detectáveis se encontram na RED.

Níquel

As concentrações de Níquel não apresentaram correlação espacial clara com a profundidade na RED. A concentração superior ao VI se encontra em profundidade na RED.

Demais Metais

Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Molibdênio, Prata, Selênio, Vanádio e Zinco não apresentaram correlação espacial significativa das concentrações com a profundidade

5.4.3.5. Água Superficial

Foram coletadas amostras de água superficial ao longo do rio Gualaxo do Norte (principal rio da região de estudo) e em pontos de controle para caracterização das concentrações basais na região. Ao todo foram 21 pontos de coleta separados nas três áreas-alvo, que por sua vez foram divididas em regiões de cenários de exposição (RED, REI e RNE). Destas 21 amostras realizadas, 17 estão localizadas na RED e as outras 4 na RNE. A amostragem de sedimentos na REI não foi realizada, pois o rio Gualaxo do Norte está totalmente dentro da RED. A divisão das amostras para cada área-alvo é apresentada na **Tabela 27** abaixo.

Tabela 27 - Amostras coletadas de Água Superficial em cada área-alvo e regiões de exposição.

Área-Alvo	AA-1	AA-2	AA-3
RED	3	9	5
REI	-	-	-
RNE	1	2	1

Nos itens a seguir serão apresentados os resultados das amostragens em águas superficiais para cada área-alvo.

5.4.3.5.1. RESULTADOS AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL DA AA-1

Os resultados analíticos obtidos para análise de metais totais e dissolvidos são representados na **Tabela 28** e **Tabela 29**. Os resultados analíticos foram comparados com os

valores máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, e COPAM N° 01 para águas doces de Classe 2, de 05 de maio de 2008. Neste contexto, têm-se:

Metais Totais

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Alumínio não possui valor de referência no CONAMA 357, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. As amostras ASP-04 (52,4 µg/L), ASP-06 (78,3 µg/L), ASP-07 (344 µg/L) e AC-03-ASP (111 µg/L) apresentaram concentrações detectáveis.
- ✓ Bário apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras, porém inferiores ao VI adotado (700 µg/L).
- ✓ Ferro não possui valor de referência no CONAMA 357, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. As amostras ASP-04 (642 µg/L), ASP-06 (1040 µg/L), ASP-07 (1920 µg/L) e AC-03-ASP (887 µg/L) apresentaram concentrações detectáveis.
- ✓ Manganês apresentou concentração superior ao VI (100 µg/L) na amostra ASP-04 (**503** µg/L). As amostras SP-06 (46,4 µg/L), SP-07 (20,9 µg/L) e AC-03-ASP (28 µg/L) apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.

Tabela 28 - Resultados Analíticos de Água Superficial Total AA-1

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 357/COPAM N° Água Doce Classe 2	Pontos de Amostragem			
				ASP-04	ASP-06	ASP-07	AC-03-ASP
Alumínio Total	7429-90-5	µg/L	-	52,40	78,30	344,00	111,00
Antimônio Total	7440-36-0	µg/L	5,00	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	µg/L	10,00	< 1	< 1	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	µg/L	700,00	4,38	5,48	28,50	5,02
Boro Total	7440-42-8	µg/L	500,00	< 1	< 1	< 1	< 1
Cádmio Total	7440-43-9-A	µg/L	1,00	< 1	< 1	< 1	< 1
Chumbo Total	7439-92-1	µg/L	10,00	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	µg/L	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobre Total	7440-50-8	µg/L	-	< 1	< 1	< 1	< 1
Cromo Total	7440-47-3	µg/L	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1
Ferro Total	7439-89-6	µg/L	-	642,00	1.040,00	1.920,00	887,00
Manganês Total	7439-96-5-B	µg/L	100,00	20,90	46,40	503,00	28,00
Mercúrio Total	7439-97-6	µg/L	0,20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Molibdênio Total	7439-98-7	µg/L	-	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	µg/L	25,00	< 1	< 1	< 1	< 1
Prata Total	7440-22-4	µg/L	10,00	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	µg/L	10,00	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	µg/L	100,00	< 1	< 1	< 1	< 1
Zinco Total	7440-66-6	µg/L	180,00	< 1	< 1	< 1	< 1

Legenda:

0,00 > V.I. CONAMA 357	RED
	REI
	RNE

Metais Dissolvidos

- ✓ Os metais Alumínio, Antimônio, Arsênio, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Bário não possui valor de referência no CONAMA 357, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. As amostras ASP-04 (0,00406 mg/L), ASP-06 (0,00535 mg/L), ASP-07 (0,0189 mg/L) e AC-03-ASP (0,00462 mg/L) apresentaram concentrações detectáveis.
- ✓ Ferro apresentou concentrações detectáveis, porém inferiores ao VI adotado (0,3 mg/L).
- ✓ Manganês não possui valor de referência no CONAMA 357, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. As amostras ASP-04 (0,0204 mg/L), ASP-06 (0,046 mg/L), ASP-07 (0,139 mg/L) e AC-03-ASP (0,0218 mg/L) apresentaram concentrações detectáveis.

Tabela 29 - Resultados Analíticos de Água Superficial Dissolvidos AA-1

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 357		Pontos de Amostragem			
			Água Doce Classe 2		ASP-04	ASP-06	ASP-07	AC-03-ASP
Arsênio III (As III)	-	µg/L	-	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/L	-	< 5	< 5	< 5	< 5	
Arsênio V (As V)	-	µg/L	-	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	
Alumínio Dissolvido	7429-90-5	mg/L	0,10	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Antimônio Dissolvido	7440-36-0	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Arsênio Dissolvido	7440-38-2	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Bário Dissolvido	7440-39-3	mg/L	-	0,00	0,01	0,02	0,00	
Boro Dissolvido	7440-42-8	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Cádmio Dissolvido	7440-43-9-A	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo Dissolvido	7439-92-1	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Cobalto Dissolvido	7440-48-4	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Cobre Dissolvido	7440-50-8	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Cromo Dissolvido	7440-47-3	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Ferro Dissolvido	7439-89-6	mg/L	0,30	0,22	0,22	0,03	0,18	
Manganês Dissolvido	7439-96-5-B	mg/L	-	0,02	0,05	0,14	0,02	
Mercúrio Dissolvido	7439-97-6	mg/L	-	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	
Molibdênio Dissolvido	7439-98-7	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Níquel Dissolvido	7440-02-0	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Prata Dissolvido	7440-22-4	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Selênio Dissolvido	7782-49-2	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Vanádio Dissolvido	NA-J	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Zinco Dissolvido	7440-66-6	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	

Legenda:

0,00 > V.I. CONAMA 357

RED

REI

RNE

5.4.3.5.2. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL DA AA-1

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

O **Quadro 15** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-1. Não foi realizada a análise por gráficos em *boxplot* por região, devido a quantidade limitada de amostras.

Quadro 15 - Identificação de Amostra de Água Superficial por Região de Exposição AA-1

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	ASP-04, ASP-06, ASP-07
REI	-
RNE	AC-03-ASP

Ressalta-se que, como há apenas uma amostra na RNE, as interpretações sobre a correlação espacial das concentrações e as regiões devem ser consideradas com a limitação do número de amostras.

Metais Totais

Os metais Alumínio (52,4 a 111µg/L), Bário (4,38 a 5,48 µg/L), Ferro (642 a 1.040 µg/L) e Manganês (20,9 a 46,4 µg/L) não apresentaram concentrações significativamente diferentes na RED e RNE nas amostras ASP-04, ASP-06 e AC-03-ASP, além de todas se apresentarem inferiores aos VI adotados. A amostra ASP-07 apresenta concentrações de Alumínio (344 mg/kg), Bário (28,5 µg/L), Ferro (1.920 µg/L) e Manganês (**503 µg/L**) significativamente superiores às outras amostras. Somente Manganês se apresentou superior ao VI adotado. Logo, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação a RED e RNE.

Metais Dissolvidos

Os metais Bário (4,06 a 5,35 µg/L), Ferro (181 a 262 µg/L) e Manganês (20,4 a 46 mg/kg) não apresentaram concentrações significativamente diferentes na RED e RNE nas amostras ASP-04, ASP-06 e AC-03-ASP. A amostra ASP-07 apresenta concentrações de Bário (18,9 µg/L), Ferro (26,2 mg/kg) e Manganês (139 µg/L) significativamente diferentes às outras amostras. Destes metais, somente Ferro apresenta VI e todas as amostras se apresentaram inferior ao VI adotado. Logo, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação a RED e RNE.

5.4.3.5.3. RESULTADOS AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL DA AA-2

Os resultados analíticos obtidos para análise de metais totais e dissolvidos são representados nas **Tabela 30** e **Tabela 31**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, e COPAM N° 01 para águas doces de Classe 2, de 05 de maio de 2008. Neste contexto, têm-se:

Metais Totais

- ✓ Os metais Antimônio, Cádmio, Mercúrio, Molibdênio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Alumínio não possui valor de referência no CONAMA 357, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Todas as amostras apresentaram concentrações detectáveis (161 a 3.030 µg/L).
- ✓ Arsênio apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASP-01, ASP-02, ASP-09, ASP-10, ASP-11, ASP-12 e ASP-13, porém inferiores ao VI adotado (10 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Bário apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras, porém inferiores ao VI adotado (700 µg/L).

- ✓ Boro apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASP-03, ASP-09, ASP-10, ASP-12 e ASP-13, porém inferiores ao VI adotado (500 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Chumbo apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASP-01, ASP-02, ASP-09, ASP-10, ASP-11, ASP-12 e ASP-13, porém inferiores ao VI adotado (10 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Cobalto apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASP-01, ASP-02, ASP-09, ASP-10, ASP-11, ASP-12 e ASP-13, porém inferiores ao VI adotado (50 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Cobre não possui valor de referência no CONAMA 357, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. O Cobre apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASP-01, ASP-02, AS-03, ASP-09, ASP-10, ASP-11, ASP-12 e ASP-13 (1,06 a 6,69 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Cromo apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASP-01, ASP-03, ASP-09, ASP-10, ASP-11, ASP-12 e ASP-13, porém inferiores ao VI adotado (50 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro não possui valor de referência no CONAMA 357, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Todas as amostras apresentaram concentrações detectáveis, sendo elas ASP-01 (5.060 µg/L), ASP-02 (3.800 µg/L), ASP-03 (1.080 µg/L), ASP-09 (8.340 µg/L), ASP-10 (18.900 µg/L), ASP-11 (21.200 µg/L), ASP-12 (13.300 µg/L), ASP-13 (18.200 µg/L), ASP-20 (711 µg/L), AC-06-ASP (1.940 µg/L) e AC-08-ASP (777 µg/L).
- ✓ Manganês apresentou concentração superior ao VI (100 µg/L) nas amostras ASP-01 (**1.330** µg/L), ASP-02 (**1.010** µg/L), ASP-03 (**277** µg/L), ASP-09 (**1.970** µg/L), ASP-10 (**2.390** µg/L), ASP-11 (**3.220** µg/L), ASP-12 (**1.890** µg/L), ASP-13 (**2.380** µg/L) e ASP-

20 (**178** µg/L). As amostras AC-06-ASP e AC-08-ASP apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.

- ✓ Níquel apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASP-02, ASP-09, ASP-10, ASP-11, ASP-12 e ASP-13, porém inferiores ao VI adotado (25 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Vanádio apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASP-01, ASP-02, ASP-09, ASP-10, ASP-11, ASP-12 e ASP-13, porém inferiores ao VI adotado (100 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras, com exceção das amostras AC-06-ASP e AC-08-ASP, porém inferiores ao VI adotado (180 µg/L).

Tabela 30 - Resultados Analíticos de Água Superficial Total AA-2

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 357/COPAM N° 1												
			Água Doce Classe 2	Pontos de Amostragem											
				ASP-01	ASP-02	ASP-03	ASP-09	ASP-10	ASP-11	ASP-12	ASP-13	ASP-20	AC-06-ASP	AC-08-ASP	
Alumínio Total	7429-90-5	µg/L	-	1.250,00	951,00	291,00	1.490,00	3.030,00	2.110,00	2.070,00	2.500,00	161,00	467,00	277,00	
Antimônio Total	7440-36-0	µg/L	5,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Arsênio Total	7440-38-2	µg/L	10,00	2,56	2,15	< 1	3,48	5,23	6,47	4,48	5,62	< 1	< 1	< 1	
Bário Total	7440-39-3	µg/L	700,00	81,90	72,60	53,30	125,00	240,00	200,00	203,00	223,00	48,70	6,96	10,80	
Boro Total	7440-42-8	µg/L	500,00	< 1	< 1	3,30	7,76	4,10	< 1	4,26	6,23	< 1	< 1	< 1	
Cádmio Total	7440-43-9-A	µg/L	1,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Chumbo Total	7439-92-1	µg/L	10,00	1,50	1,21	< 1	1,66	1,67	2,51	3,09	1,56	< 1	< 1	< 1	
Cobalto Total	7440-48-4	µg/L	50,00	1,39	1,13	< 1	3,18	3,96	5,57	2,90	3,96	< 1	< 1	< 1	
Cobre Total	7440-50-8	µg/L	-	2,23	2,23	1,06	3,53	5,85	6,69	3,92	5,40	< 1	< 1	< 1	
Cromo Total	7440-47-3	µg/L	50,00	1,56	< 1	1,13	5,51	9,99	12,40	6,58	8,63	< 1	< 1	< 1	
Ferro Total	7439-89-6	µg/L	-	5.060,00	3.800,00	1.080,00	8.340,00	18.900,00	21.200,00	13.300,00	18.200,00	711,00	1.940,00	777,00	
Manganês Total	7439-96-5-B	µg/L	100,00	1.330,00	1.010,00	277,00	1.970,00	2.390,00	3.220,00	1.890,00	2.380,00	178,00	18,10	19,30	
Mercúrio Total	7439-97-6	µg/L	0,20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Molibdênio Total	7439-98-7	µg/L	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Níquel Total	7440-02-0	µg/L	25,00	< 1	3,06	< 1	3,34	4,91	5,68	3,33	4,73	< 1	< 1	< 1	
Prata Total	7440-22-4	µg/L	10,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Selênio Total	7782-49-2	µg/L	10,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Vanádio Total	NA-J	µg/L	100,00	2,43	1,80	< 1	4,29	8,26	9,91	5,48	7,55	< 1	< 1	< 1	
Zinco Total	7440-66-6	µg/L	180,00	18,30	6,78	26,90	81,80	9,62	11,90	6,06	13,20	10,40	< 1	< 1	

Legenda:

0,00 > V.I. CONAMA 357

RED

REI

RNE

Metais Dissolvidos

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Alumínio apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras, porém inferiores ao VI adotado (0,1 mg/L), com exceção das amostras ASP-01 e ASP-02, que apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Bário não possui valor de referência no CONAMA 357, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Todas as amostras analisadas apresentaram concentrações detectáveis (0,006 a 0,0537 mg/L).
- ✓ Cobre apresentou concentração detectável na amostra ASP-09 (0,0013 mg/L), porém inferior ao VI adotado (0,009 mg/L). O resto das amostras apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro apresentou concentrações detectáveis, porém inferiores ao VI adotado (0,3 mg/L), com exceção das amostras ASP-09 (**0,349** mg/L), AC-06-ASP (**0,737** mg/L) e AC-08-ASP (**0,346** mg/L).
- ✓ Manganês não possui valor de referência no CONAMA 357, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Todas as amostras apresentaram concentrações detectáveis.
- ✓ Zinco não possui valor de referência no CONAMA 357, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. As amostras ASP-01, ASP-02, ASP-03, ASP-09, ASP-11 e ASP-20 apresentaram concentrações detectáveis. O resto das amostras apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.

Tabela 31 - Resultados Analíticos de Água Superficial Dissolvidos AA-2

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 357/COPAM N° 1		Pontos de Amostragem									
			Água Doce Classe 2											
				ASP-01	ASP-02	ASP-03	ASP-09	ASP-10	ASP-11	ASP-12	ASP-13	ASP-20	AC-06-ASP	AC-08-ASP
Arsênio III (As III)	-	µg/L	-	< 2,5	< 2,5	< 2,5	2,6	3	< 2,5	< 2,5	< 2,5	3	< 2,5	< 2,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/L	-	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Arsênio V (As V)	-	µg/L	-	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Alumínio Dissolvido	7429-90-5	mg/L	0,1	< 0,001	< 0,001	0,0254	0,0236	0,0144	0,037	0,01	0,0107	0,0256	0,0049	0,0019
Antimônio Dissolvido	7440-36-0	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Arsênio Dissolvido	7440-38-2	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Bário Dissolvido	7440-39-3	mg/L	-	0,0285	0,0314	0,05	0,0537	0,0258	0,019	0,0253	0,0234	0,0481	0,006	0,0101
Boro Dissolvido	7440-42-8	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cádmio Dissolvido	7440-43-9-A	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Chumbo Dissolvido	7439-92-1	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cobalto Dissolvido	7440-48-4	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cobre Dissolvido	7440-50-8	mg/L	0,009	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,0013	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cromo Dissolvido	7440-47-3	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Ferro Dissolvido	7439-89-6	mg/L	0,3	0,0118	0,0128	0,124	0,349	0,213	0,191	0,257	0,255	0,158	0,737	0,346
Manganês Dissolvido	7439-96-5-B	mg/L	-	0,0264	0,0282	0,0511	0,149	0,0662	0,0487	0,0624	0,0622	0,0325	0,0172	0,0164
Merúrio Dissolvido	7439-97-6	mg/L	-	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Molibdênio Dissolvido	7439-98-7	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Níquel Dissolvido	7440-02-0	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Prata Dissolvido	7440-22-4	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Selênio Dissolvido	7782-49-2	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Vanádio Dissolvido	NA-J	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zinco Dissolvido	7440-66-6	mg/L	-	0,0101	0,0019	0,0106	0,0745	< 0,001	0,006	< 0,001	< 0,001	0,0051	< 0,001	< 0,001

Legenda:

0,00 > V.I. CONAMA 357

RED
REI
RNE

5.4.3.5.4. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL DA AA-2

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

O **Quadro 16** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-2.

Quadro 16 - Identificação de Amostra de Água Superficial por Região de Exposição AA-2

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	ASP-01, ASP-02, ASP-03, ASP-09, ASP-11, ASP-12, ASP-13, ASP-20
REI	-
RNE	AC-06-ASP, AC-08-ASP

Ressalta-se que, como há apenas duas amostras na RNE, as interpretações sobre a correlação espacial das concentrações e as regiões devem ser consideradas com a limitação do número de amostras.

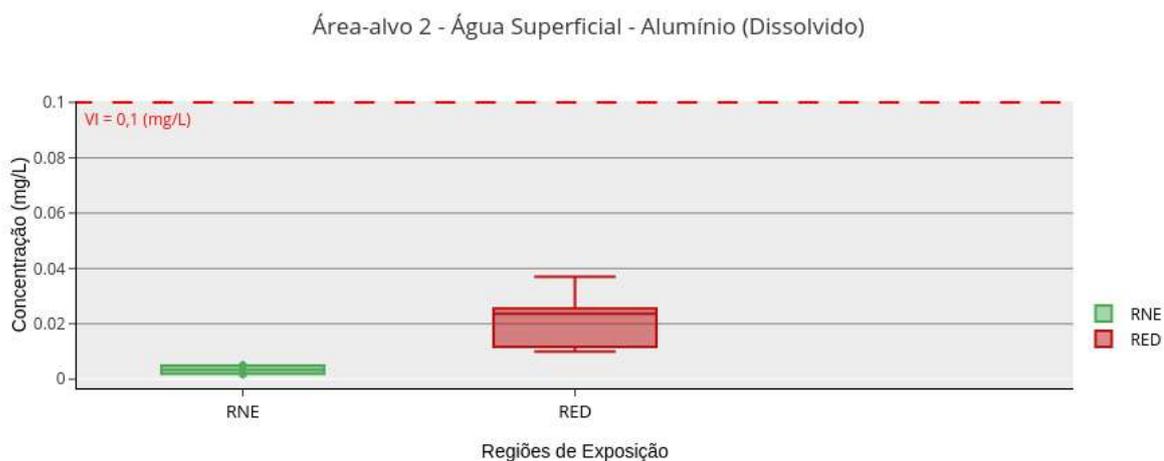
Alumínio

As maiores concentrações de Alumínio Total se concentram na RED, enquanto na RNE as concentrações são menores. O mesmo comportamento ocorre com Alumínio Dissolvido, conforme **Gráfico 42** e **Gráfico 43**. Esse comportamento é o oposto às concentrações apresentadas para solo e sedimento superficial.

Gráfico 42 - Concentrações de Alumínio Total de Água Superficial AA2



Gráfico 43 - Concentrações de Alumínio Dissolvido de Água Superficial AA2



Bário

As maiores concentrações de Bário Total se concentram na RED, enquanto as menores são encontradas na RNE. O mesmo comportamento ocorre com Bário Dissolvido, conforme **Gráfico 44** e **Gráfico 45**.

Gráfico 44 - Concentrações de Bário Total de Água Superficial AA2



Gráfico 45 - Concentrações de Bário Dissolvido de Água Superficial AA2



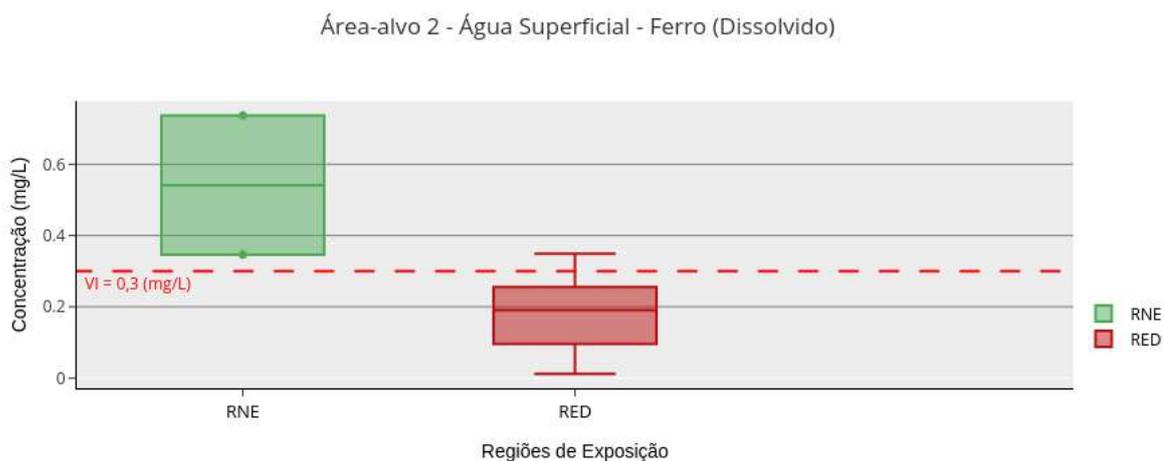
Ferro

As maiores concentrações de Ferro Total estão localizadas na RED, enquanto as menores são encontradas na RNE. No entanto, para Ferro Dissolvido, o oposto é observado, estando as duas amostras com concentrações superiores ao VI, conforme **Gráfico 46** e **Gráfico 47**.

Gráfico 46 - Concentrações de Ferro Total de Água Superficial AA2



Gráfico 47 - Concentrações de Ferro Dissolvido de Água Superficial AA2



Manganês

As maiores concentrações de Manganês Total se concentram na RED, enquanto as menores são encontradas na RNE. O mesmo comportamento ocorre com Manganês Dissolvido, conforme **Gráfico 48** e **Gráfico 49**.

Gráfico 48 - Concentrações de Manganês Total de Água Superficial AA2

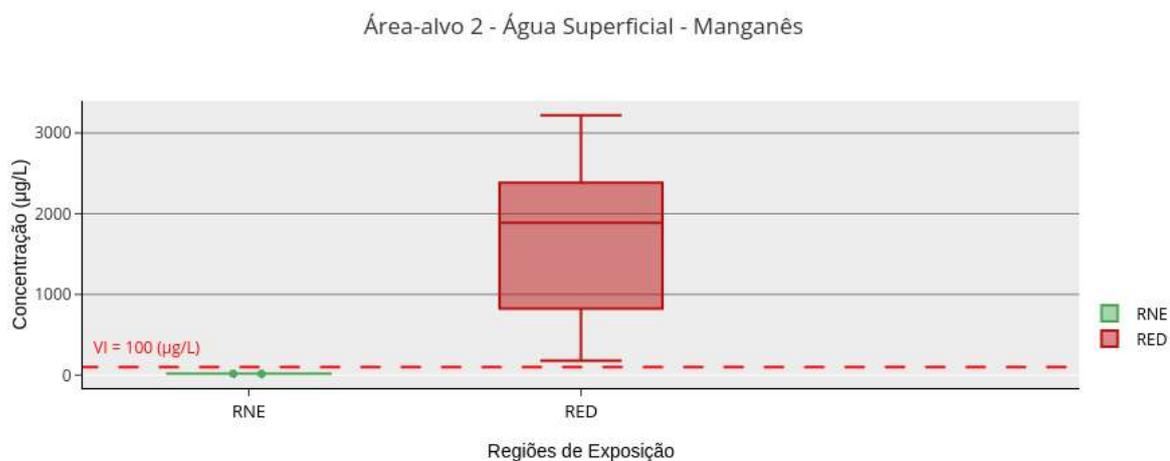


Gráfico 49 - Concentrações de Manganês Dissolvido de Água Superficial AA2



Cobre e Zinco

As concentrações de Cobre Total e Zinco Total apresentaram traços apenas na RED. O Cobre Dissolvido apresentou concentração detectável em uma amostra presente na RED, enquanto o Zinco Dissolvido apresentou traços em seis de nove amostras localizadas na RED. Ambos os metais dissolvidos não apresentaram traços na RNE.

Demais Metais

Os metais Arsênio, Boro, Chumbo, Cobalto, Cromo, Níquel e Vanádio apresentaram traços para análise de metal total nas amostras localizadas na RED, enquanto as amostras localizadas na RNE não apresentaram concentrações detectáveis. Para a fase dissolvida, não foi detectada concentração tanto para RED quanto para RNE.

5.4.3.5.5. RESULTADOS AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL DA AA-3

Os resultados analíticos obtidos para análise de metais totais e dissolvidos são representados na **Tabela 32** e **Tabela 33**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, e COPAM N° 01 para águas doces de Classe 2, de 05 de maio de 2008. Neste contexto, têm-se:

Metais Totais

- Os metais Antimônio, Boro, Cádmiio, Molibdênio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- Alumínio não possui valor de referência no CONAMA 357, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Todas as amostras apresentaram concentrações detectáveis (621 a 8.660 µg/L).
- Arsênio apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferiores ao VI adotado (10 µg/L), com exceção da amostra AC-04-ASP, que apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- Bário apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferiores ao VI adotado (700 µg/L).
- Chumbo apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferiores ao VI adotado (10 µg/L), com exceção da amostra AC-04-ASP, que apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.

- Cobalto apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferiores ao VI adotado (50 µg/L), com exceção das amostras ASP-14 e AC-04-ASP, que apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- Cobre não possui valor de referência no CONAMA 357, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Cobre apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas (1,13 a 5,81 µg/L), com exceção da amostra ASP-14, que apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- Cromo apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferiores ao VI adotado (50 µg/L), com exceção da amostra AC-04-ASP, que apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- Ferro não possui valor de referência no CONAMA 357, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Todas as amostras apresentaram concentrações detectáveis, sendo elas ASP-14 (4.150 µg/L), ASP-15 (55 µg/L), ASP-16 (19.300 µg/L), ASP-17 (12.600 µg/L), ASP-18 (18.100 µg/L) e AC-04-ASP (4.810 µg/L).
- Manganês apresentou concentração superior ao VI (100 µg/L) nas amostras ASP-14 (**388** µg/L), ASP-15 (**813** µg/L), ASP-16 (**1.050** µg/L), ASP-17 (**796** µg/L) e ASP-18 (**1.100** µg/L). A amostra AC-04-ASP (80,9 µg/L) apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado.
- Mercúrio apresentou concentração detectável na amostra ASP-15 (0,134 µg/L), porém inferior ao VI adotado (0,2 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- Níquel apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferiores ao VI adotado (25 µg/L).
- Vanádio apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferiores ao VI adotado (100 µg/L).
- Zinco apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferiores ao VI adotado (180 µg/L).

Tabela 32 - Resultados Analíticos de Água Superficial Total AA-3

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 357/COPAM N° 1		Pontos de Amostragem					
			Água Doce Classe 2		ASP-14	ASP-15	ASP-16	ASP-17	ASP-18	AC-04-ASP
Alumínio Total	7429-90-5	µg/L	-		621,00	4.110,00	8.400,00	5.460,00	8.660,00	1.820,00
Antimônio Total	7440-36-0	µg/L	5,00		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	µg/L	10,00		1,84	3,04	4,47	3,37	4,47	< 1
Bário Total	7440-39-3	µg/L	700,00		59,90	79,00	91,20	80,10	99,80	21,30
Boro Total	7440-42-8	µg/L	500,00		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cádmio Total	7440-43-9-A	µg/L	1,00		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Chumbo Total	7439-92-1	µg/L	10,00		1,05	3,54	6,39	4,53	6,99	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	µg/L	50,00		< 1	1,96	3,20	2,30	3,30	< 1
Cobre Total	7440-50-8	µg/L	-		< 1	3,43	5,44	3,51	5,81	1,13
Cromo Total	7440-47-3	µg/L	50,00		3,39	6,26	10,30	7,14	10,10	< 1
Ferro Total	7439-89-6	µg/L	-		4.150,00	55,00	19.300,00	12.600,00	18.100,00	4.810,00
Manganês Total	7439-96-5-B	µg/L	100,00		388,00	813,00	1.050,00	796,00	1.100,00	80,90
Merúrio Total	7439-97-6	µg/L	0,20		< 0,1	0,13	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Molibdênio Total	7439-98-7	µg/L	-		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	µg/L	25,00		1,52	4,48	4,58	3,06	4,78	1,43
Prata Total	7440-22-4	µg/L	10,00		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	µg/L	10,00		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	µg/L	100,00		1,79	5,63	12,90	8,40	12,70	1,44
Zinco Total	7440-66-6	µg/L	180,00		48,40	5,65	13,20	15,10	11,20	7,40

Legenda:

0,00 > V.I. CONAMA 357

RED

REI

RNE

Metais Dissolvidos

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ O Alumínio apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferiores ao VI adotado (0,1 mg/L), com exceção da amostra ASP-17 (**0,151** mg/L).
- ✓ Bário não possui valor de referência no CONAMA 357, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Todas as amostras analisadas apresentaram concentrações detectáveis (0,0164 a 0,0398 mg/L).
- ✓ Ferro apresentou concentrações detectáveis, porém inferiores ao VI adotado (0,3 mg/L), com exceção das amostras ASP-17 (**0,326** mg/L) e AC-04-ASP (**0,575** mg/L).
- ✓ Manganês não possui valor de referência no CONAMA 357, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Todas as amostras apresentaram concentrações detectáveis.
- ✓ Zinco não possui valor de referência no CONAMA 357, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. As amostras ASP-14, ASP-15, ASP-17 e AC-04-ASP apresentaram concentrações detectáveis. O resto das amostras apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.

Tabela 33 - Resultados Analíticos de Água Superficial Dissolvidos AA-3

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 357/COPAM N° 1		Pontos de Amostragem					
			Água Doce Classe 2		ASP-14	ASP-15	ASP-16	ASP-17	ASP-18	AC-04-ASP
Arsênio III (As III)	-	µg/L	-		< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	5,90
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/L	-		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	5,90
Arsênio V (As V)	-	µg/L	-		< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Alumínio Dissolvido	7429-90-5	mg/L	0,10		0,0257	0,0437	0,0310	0,1510	0,0290	0,0364
Antimônio Dissolvido	7440-36-0	mg/L	-		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Arsênio Dissolvido	7440-38-2	mg/L	-		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Bário Dissolvido	7440-39-3	mg/L	-		0,0373	0,0398	0,0269	0,0310	0,0257	0,0164
Boro Dissolvido	7440-42-8	mg/L	-		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cádmio Dissolvido	7440-43-9-A	mg/L	-		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Chumbo Dissolvido	7439-92-1	mg/L	-		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cobalto Dissolvido	7440-48-4	mg/L	-		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cobre Dissolvido	7440-50-8	mg/L	0,009		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cromo Dissolvido	7440-47-3	mg/L	-		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Ferro Dissolvido	7439-89-6	mg/L	0,30		0,1500	0,0149	0,0178	0,3260	0,0150	0,5750
Manganês Dissolvido	7439-96-5-B	mg/L	-		0,0254	0,0571	0,0107	0,1070	0,0099	0,0261
Merúrio Dissolvido	7439-97-6	mg/L	-		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Molibdênio Dissolvido	7439-98-7	mg/L	-		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Níquel Dissolvido	7440-02-0	mg/L	-		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Prata Dissolvido	7440-22-4	mg/L	-		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Selênio Dissolvido	7782-49-2	mg/L	-		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Vanádio Dissolvido	NA-J	mg/L	-		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zinco Dissolvido	7440-66-6	mg/L	-		0,0139	0,0040	< 0,001	0,0071	< 0,001	0,0069

Legenda:

0,00 > V.I. CONAMA 357

RED

REI

RNE

5.4.3.5.6. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL DA AA-3

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

O **Quadro 17** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-3.

Quadro 17 - Identificação de Amostra de Água Superficial por Região de Exposição AA-3

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	ASP-14, ASP-15, ASP-16, ASP-17, ASP-18
REI	-
RNE	AC-04-ASP

Ressalta-se que, como há apenas uma amostra na RNE, as interpretações sobre a correlação espacial das concentrações e as regiões devem ser consideradas com a limitação do número de amostras.

Alumínio

As maiores concentrações de Alumínio Total se concentram na RED, enquanto na RNE a concentração da amostra analisada é menor. Para Alumínio Dissolvido, há apenas um *outlier* na amostra ASP-17 (**151** µg/L) com concentração acima do VI, enquanto o resto das amostras apresentam concentrações similares (25,7 a 43,7 µg/L), conforme **Gráfico 50** e **Gráfico 51**.

Gráfico 50 - Concentrações de Alumínio Total de Água Superficial AA3

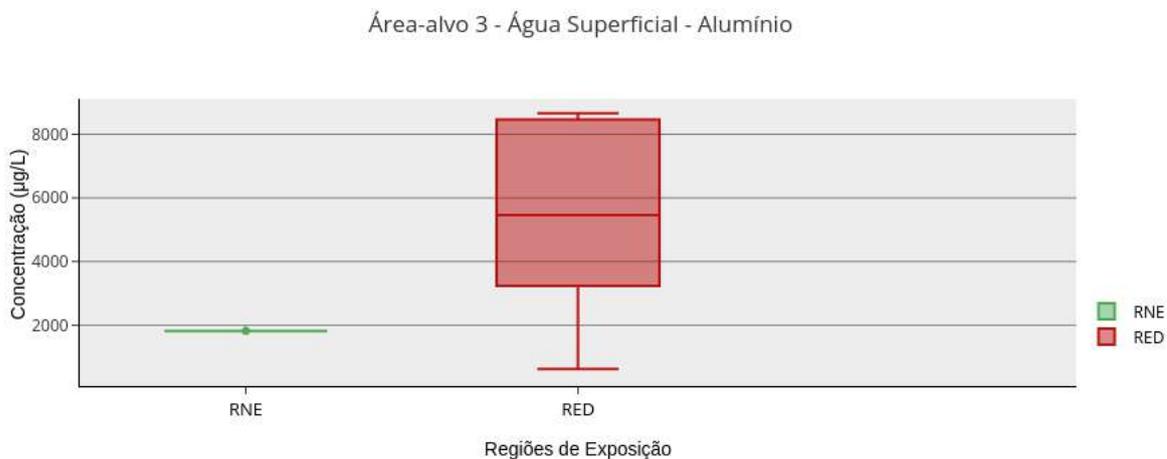


Gráfico 51 - Concentrações de Alumínio Dissolvido de Água Superficial AA3



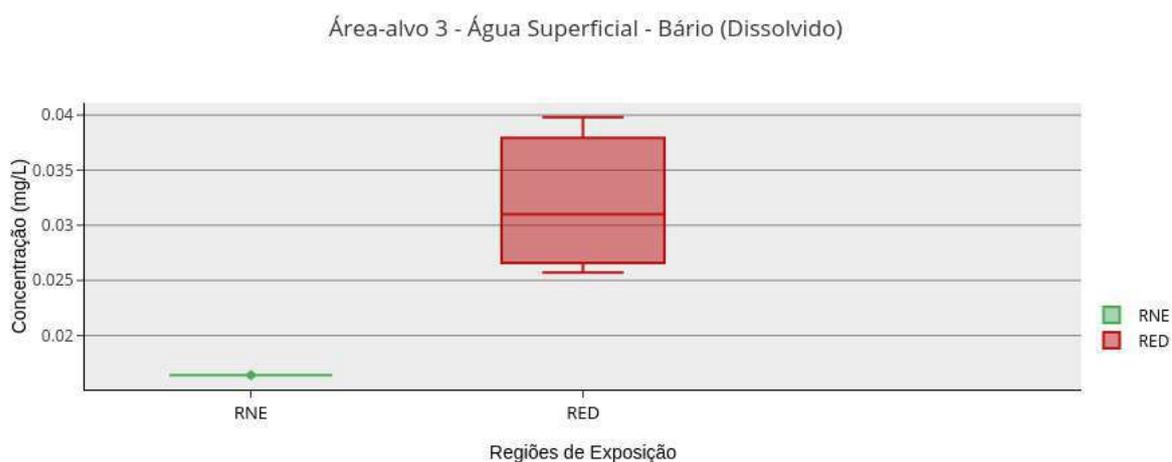
Bário

As maiores concentrações de Bário Total se concentram na RED, enquanto a menor é encontrada na RNE. O mesmo comportamento ocorre com Bário Dissolvido, porém todas as concentrações são inferiores ao VI, conforme **Gráfico 52** e **Gráfico 53**.

Gráfico 52 - Concentrações de Bário Total de Água Superficial AA3



Gráfico 53 - Concentrações de Bário Dissolvido de Água Superficial AA3



Ferro

As maiores concentrações de Ferro Total estão localizadas na RED, enquanto a menor é encontrada na RNE. No entanto, para Ferro Dissolvido, o oposto é observado, com concentração superior ao VI, conforme **Gráfico 53** e **Gráfico 54**.

Gráfico 54 - Concentrações de Ferro Total de Água Superficial AA3



Gráfico 55 - Concentrações de Ferro Dissolvido de Água Superficial AA3



Manganês

As maiores concentrações de Manganês Total se concentram na RED, sendo elas superiores ao VI, enquanto a menor é encontrada na RNE. O mesmo comportamento ocorre com Manganês Dissolvido, conforme **Gráfico 56** e **Gráfico 57**.

Em vista disso, os resultados indicam que o Manganês pode estar relacionado ao rejeito.

Gráfico 56 - Concentrações de Manganês Total de Água Superficial AA3

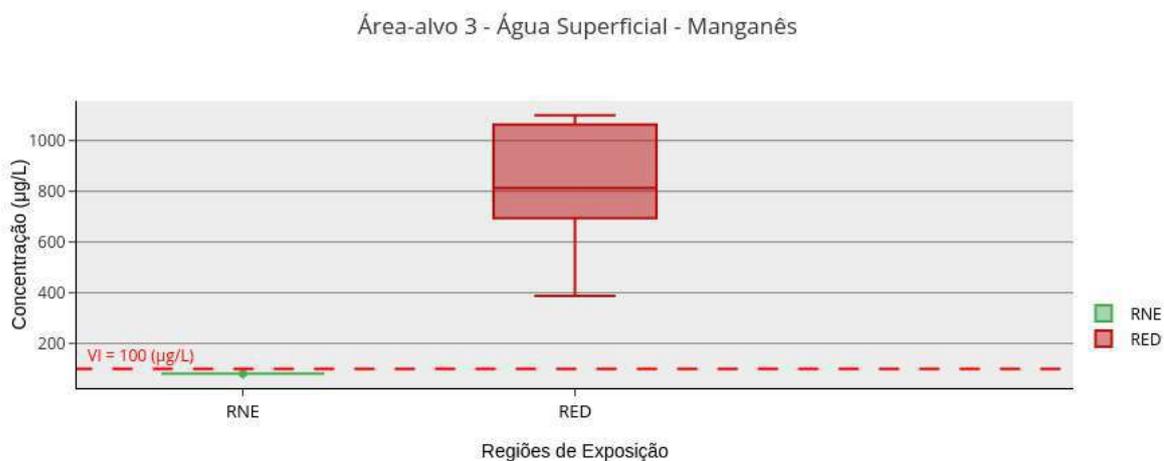


Gráfico 57 - Concentrações de Manganês Dissolvido de Água Superficial AA3



Cobre, Níquel, Vanádio e Zinco

As concentrações desses metais para análise total apresentaram traços na RED e na RNE. O Cobre, Níquel e Vanádio Dissolvido não apresentaram concentrações detectáveis para análise dissolvida, enquanto o Zinco Dissolvido apresentou traços em três amostras localizadas na RED e na amostra da RNE.

Demais Metais

Os metais Arsênio, Chumbo, Cobalto e Cromo apresentaram traços para análise de metal total nas amostras localizadas na RED, enquanto as amostras localizadas na RNE não apresentaram concentrações detectáveis. Para a fase dissolvida, não foi detectada concentração tanto para RED, quanto para RNE.

5.4.3.6. Água Subterrânea

Foram coletadas amostras de água subterrânea ao longo do rio Gualaxo do Norte (principal rio da região de estudo) e em pontos de controle para caracterização das concentrações basais na região. Ao todo foram 26 pontos de coleta separados nas três áreas-alvo, que por sua vez foram divididas em regiões de cenários de exposição (RED, REI e RNE). Destas 26 amostras realizadas, 2 estão localizadas na RED, 8 na REI e 16 na RNE. A divisão das amostras para cada área-alvo é apresentada na **Tabela 34** abaixo.

Tabela 34 - Amostras coletadas de Água Subterrânea em cada área-alvo e regiões de exposição.

Área-Alvo	AA-1	AA-2	AA-3
RED	-	2	-
REI	-	1	7
RNE	1	7	8

Nos itens a seguir serão apresentados os resultados das amostragens em águas subterrâneas para cada área-alvo.

5.4.3.6.1. RESULTADOS AMOSTRAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DA AA-1

Os resultados analíticos obtidos para análise de metais totais e dissolvidos são representados na **Tabela 35** e **Tabela 36**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores máximos permitidos estabelecidos pela Portaria de Consolidação N° 05, de 28 de setembro de 2017, e Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009. Neste contexto, têm-se:

Metais Totais

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobre, Mercúrio, Molibdênio, Prata, Selênio, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Alumínio apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados (200 e 3.500 µg/L).
- ✓ Bário apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados (700 µg/L).
- ✓ O Cobalto apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado (70 µg/L).
- ✓ Cromo apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado (50 µg/L).
- ✓ Ferro apresentou concentração superior aos VI adotados (300 e 2.450 µg/L) na amostra AC-03-ASB (**7.360** µg/L).
- ✓ Manganês apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado (100 e 400 µg/L).
- ✓ Níquel apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado (20 e 70 µg/L).

Tabela 35 - Resultados Analíticos de Água Subterrânea Total AA-1

Elementos	CAS	Unidade	Portaria 2914 MS	CONAMA 420	Pontos de Amostragem
					AC-03-ASB
Alumínio Total	7429-90-5	µg/L	200,00	3.500,00	157,00
Antimônio Total	7440-36-0	µg/L	5,00	5,00	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	µg/L	10,00	10,00	< 1
Bário Total	7440-39-3	µg/L	700,00	700,00	8,70
Boro Total	7440-42-8	µg/L	-	500,00	< 1
Cádmio Total	7440-43-9-A	µg/L	5,00	5,00	< 1
Chumbo Total	7439-92-1	µg/L	10,00	10,00	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	µg/L	-	70,00	1,59
Cobre Total	7440-50-8	µg/L	2.000,00	2.000,00	< 1
Cromo Total	7440-47-3	µg/L	50,00	50,00	1,65
Ferro Total	7439-89-6	µg/L	300,00	2.450,00	7.360,00
Manganês Total	7439-96-5-B	µg/L	100,00	400,00	48,60
Mercúrio Total	7439-97-6	µg/L	1,00	1,00	< 0,1
Molibdênio Total	7439-98-7	µg/L	-	70,00	< 1
Níquel Total	7440-02-0	µg/L	70,00	20,00	1,19
Prata Total	7440-22-4	µg/L	-	50,00	< 1
Selênio Total	7782-49-2	µg/L	10,00	10,00	< 1
Vanádio Total	NA-J	µg/L	-	-	< 1
Zinco Total	7440-66-6	µg/L	5.000,00	1.050,00	< 1

Legenda:

0,00 > V.I. CONAMA 357	RED
0,00 > V.I. Portaria 2914	REI
	RNE

Metais Dissolvidos

- ✓ Os metais Alumínio, Antimônio, Arsênio, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Mercúrio, Molibdênio, Prata, Selênio, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Bário apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado (700 µg/L).
- ✓ Ferro apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados (300 e 2.450 µg/L).
- ✓ Manganês apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado (100 e 400 µg/L).

Devido à limitação na quantidade de amostras, não será feita a análise espacial da AA-1 para água subterrânea.

Tabela 36 - Resultados Analíticos de Água Subterrânea Dissolvidos AA-1

Elementos	CAS	Unidade	Portaria 2914 MS	CONAMA 420	Pontos de Amostragem
					AC-03-ASB
Arsênio III (As III)	-	µg/L	-	-	< 2,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/L	-	-	< 5
Arsênio V (As V)	-	µg/L	-	-	< 2,5
Alumínio Dissolvido	7429-90-5	mg/L	0,20	3,50	< 0,001
Antimônio Dissolvido	7440-36-0	mg/L	0,01	0,01	< 0,001
Arsênio Dissolvido	7440-38-2	mg/L	0,01	0,01	< 0,001
Bário Dissolvido	7440-39-3	mg/L	0,70	0,70	0,00
Boro Dissolvido	7440-42-8	mg/L	-	0,50	< 0,001
Cádmio Dissolvido	7440-43-9-A	mg/L	0,01	0,01	< 0,001
Chumbo Dissolvido	7439-92-1	mg/L	0,01	0,01	< 0,001
Cobalto Dissolvido	7440-48-4	mg/L	-	0,07	< 0,001
Cobre Dissolvido	7440-50-8	mg/L	2,00	2,00	< 0,001
Cromo Dissolvido	7440-47-3	mg/L	0,05	0,05	< 0,001
Ferro Dissolvido	7439-89-6	mg/L	0,30	2,45	0,02
Manganês Dissolvido	7439-96-5-B	mg/L	0,10	0,40	0,01
Merúrio Dissolvido	7439-97-6	mg/L	0,00	0,00	< 0,0001
Molibdênio Dissolvido	7439-98-7	mg/L	-	0,07	< 0,001
Níquel Dissolvido	7440-02-0	mg/L	0,07	0,02	< 0,001
Prata Dissolvido	7440-22-4	mg/L	-	0,05	< 0,001
Selênio Dissolvido	7782-49-2	mg/L	0,01	0,01	< 0,001
Vanádio Dissolvido	NA-J	mg/L	-	-	< 0,001
Zinco Dissolvido	7440-66-6	mg/L	5,00	1,05	< 0,001

Legenda:

0,00 > V.I. CONAMA 357	RED
0,00 > V.I. Portaria 2914	REI
	RNE

5.4.3.6.2. RESULTADOS AMOSTRAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DA AA-2

Os resultados analíticos obtidos para análise de metais totais e dissolvidos são representados na **Tabela 37** e **Tabela 38**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores máximos permitidos estabelecidos pela Portaria de Consolidação N° 05, de 28 de setembro de 2017, e Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009. Neste contexto, têm-se:

Metais Totais

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Boro, Cádmio, Cobalto, Mercúrio, Molibdênio, Prata, Selênio e Zinco apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Alumínio apresentou concentrações superiores ao VI de potabilidade adotado (200 µg/L) nas amostras ASB-15 (**1.180** µg/L), ASB-21 (**2.150** µg/L) e AC-05-ASB (**1.090** µg/L). A amostra ASB-11 (**7.180** µg/L) apresentou concentração superior ao VI CONAMA adotado (3.500 µg/L). As amostras ASB-10, ASB-16, ASB-20, ASB-22 e AC-08-ASB apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados. A amostra AC-06-ASB apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Bário apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferiores aos VI adotados (700 µg/L).
- ✓ Chumbo apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASB-11 e ASB-21, porém inferiores aos VI adotados (10 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Cobre apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASB-11, ASB-21, AC-05-ASB, AC-06-ASB e AC-08-ASB, porém inferiores aos VI adotados (2.000 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.

- ✓ Cromo apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASB-11, ASB-15 e ASB-21, porém inferiores aos VI adotados (50 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro apresentou concentrações superiores ao VI de potabilidade adotado (300 µg/L) nas amostras ASB-10 (**825** µg/L), ASB-11 (**1.110** µg/L), ASB-15 (**1.180** µg/L), ASB-16 (**400** µg/L), ASB-20 (**555** µg/L), ASB-21 (**1.650** µg/L), ASB-22 (**542** µg/L). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferiores aos VI adotados, com exceção da amostra AC-06-ASB, que apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Manganês apresentou concentrações superiores ao VI de potabilidade adotado (100 µg/L) na amostra ASB-16 (**111** µg/L). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferiores aos VI adotados, com exceção das amostras AC-06-ASB e AC-08-ASB, que apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Níquel apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASB-15 e ASB-21, porém inferiores aos VI adotados (20 e 70 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Vanádio não possui valor de referência na Portaria de Consolidação N° 05 e Resolução CONAMA N° 420, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Vanádio apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASB-11 e ASB-15. O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras, porém inferiores aos VI adotados (1.050 e 5.000 µg/L), com exceção das amostras AC-05-ASB e AC-06-ASB, que apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.

Tabela 37 - Resultados Analíticos de Água Subterrânea Total AA-2

Elementos	CAS	Unidade	Portaria 2914 MS	CONAMA 420	Pontos de Amostragem									
					ASB-10	ASB-11	ASB-15	ASB-16	ASB-20	ASB-21	ASB-22	AC-05-ASB	AC-06-ASB	AC-08-ASB
Alumínio Total	7429-90-5	µg/L	200,00	3.500,00	47,20	7.180,00	1.180,00	88,40	37,10	2.150,00	114,00	1.090,00	< 1	110,00
Antimônio Total	7440-36-0	µg/L	5,00	5,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	µg/L	10,00	10,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	µg/L	700,00	700,00	39,80	35,30	28,00	84,40	26,10	30,90	11,70	22,20	15,60	18,20
Boro Total	7440-42-8	µg/L	-	500,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cádmio Total	7440-43-9-A	µg/L	5,00	5,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Chumbo Total	7439-92-1	µg/L	10,00	10,00	< 1	1,05	< 1	< 1	< 1	1,08	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	µg/L	-	70,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobre Total	7440-50-8	µg/L	2.000,00	2.000,00	< 1	2,65	< 1	< 1	< 1	11,30	< 1	1,18	1,87	3,46
Cromo Total	7440-47-3	µg/L	50,00	50,00	< 1	2,63	2,19	< 1	< 1	1,17	< 1	< 1	< 1	< 1
Ferro Total	7439-89-6	µg/L	300,00	2.450,00	825,00	1.110,00	1.180,00	400,00	555,00	1.650,00	542,00	155,00	< 1	135,00
Manganês Total	7439-96-5-B	µg/L	100,00	400,00	5,89	25,90	7,74	111,00	47,40	20,30	5,75	1,55	< 1	< 1
Mercúrio Total	7439-97-6	µg/L	1,00	1,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Molibdênio Total	7439-98-7	µg/L	-	70,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	µg/L	70,00	20,00	< 1	< 1	1,06	< 1	< 1	3,20	< 1	< 1	< 1	< 1
Prata Total	7440-22-4	µg/L	-	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	µg/L	10,00	10,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	µg/L	-	-	< 1	2,12	1,28	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Zinco Total	7440-66-6	µg/L	5.000,00	1.050,00	20,10	33,60	4,69	41,60	9,21	167,00	5,67	< 1	< 1	2,96

Legenda:

0,00 > V.I. CONAMA 357

RED

0,00 > V.I. Portaria 2914

REI

RNE

Metais Dissolvidos

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Mercúrio, Molibdênio, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Alumínio apresentou concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados (200 e 3.500 µg/L), nas amostras ASB-11, ASB-15, ASB-20, ASB-21 e ASB-22. O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Bário apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferior aos VI adotados (700 µg/L).
- ✓ Cobre apresentou concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados (2000 µg/L), nas amostras ASB-11, ASB-21, AC-05-ASB, AC-06-ASB e AC-08-ASB. O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro apresentou concentrações superiores ao VI de potabilidade adotado (300 µg/L) nas amostras ASB-10 (**370** µg/L) e ASB-15 (**496** µg/L). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferiores aos VI adotados, com exceção das amostras AC-05-ASB e AC-06-ASB, que apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Manganês apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASB-10, ASB-15, ASB-16, ASB-20, ASB-21 e ASB-22, porém inferiores aos VI adotados (100 e 400 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Níquel apresentou concentração detectável na amostra ASB-21, porém inferior aos VI adotados (70 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASB-10, ASB-11, ASB-15, ASB-20, ASB-21 e ASB-22, porém inferiores aos VI adotados (100 e 1.050 µg/L). O

restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.

Tabela 38 - Resultados Analíticos de Água Subterrânea Dissolvidos AA-2

Elementos	CAS	Unidade	Portaria 2914 MS	CONAMA 420	Pontos de Amostragem									
					ASB-10	ASB-11	ASB-15	ASB-16	ASB-20	ASB-21	ASB-22	AC-05-ASB	AC-06-ASB	AC-08-ASB
Arsênio III (As III)	-	µg/L	-	-	< 2,5	2,50000	< 2,5	< 2,5	< 2,5	2,50000	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/L	-	-	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Arsênio V (As V)	-	µg/L	-	-	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Alumínio Dissolvido	7429-90-5	mg/L	0,2	3,5	< 0,001	0,04300	0,03700	< 0,001	0,02100	0,01600	0,00700	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Antimônio Dissolvido	7440-36-0	mg/L	0,005	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Arsênio Dissolvido	7440-38-2	mg/L	0,01	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Bário Dissolvido	7440-39-3	mg/L	0,7	0,7	0,03800	0,02940	0,02670	0,08250	0,02360	0,02590	0,01040	0,01800	0,01490	0,01820
Boro Dissolvido	7440-42-8	mg/L	-	0,5	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cádmio Dissolvido	7440-43-9-A	mg/L	0,005	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Chumbo Dissolvido	7439-92-1	mg/L	0,01	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cobalto Dissolvido	7440-48-4	mg/L	-	0,07	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cobre Dissolvido	7440-50-8	mg/L	2	2	< 0,001	0,00100	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,00100	< 0,001	0,00100	0,00100	0,00200
Cromo Dissolvido	7440-47-3	mg/L	0,05	0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,00106	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Ferro Dissolvido	7439-89-6	mg/L	0,3	2,45	0,37000	0,05500	0,49600	0,13200	0,15000	0,25800	0,27000	< 0,001	< 0,001	0,02900
Manganês Dissolvido	7439-96-5-B	mg/L	0,1	0,4	0,00255	< 0,001	0,00290	0,09220	0,00651	0,00324	0,00131	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Mercúrio Dissolvido	7439-97-6	mg/L	0,001	0,001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Molibdênio Dissolvido	7439-98-7	mg/L	-	0,07	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Níquel Dissolvido	7440-02-0	mg/L	0,07	0,02	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,00200	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Prata Dissolvido	7440-22-4	mg/L	-	0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Selênio Dissolvido	7782-49-2	mg/L	0,01	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Vanádio Dissolvido	NA-J	mg/L	-	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zinco Dissolvido	7440-66-6	mg/L	5	1,05	0,01600	0,01300	0,00400	< 0,001	0,00900	0,11000	0,00500	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Legenda:

0,00 > V.I. CONAMA 357	RED
0,00 > V.I. Portaria 2914	REI
	RNE

5.4.3.6.3. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DA AA-2

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

O **Quadro 18** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-2.

Quadro 18 - Identificação de Amostra de Água Subterrânea por Região de Exposição AA-2

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	ASB-10, ASB-11
REI	ASB-20
RNE	ASB-15, ASB-16, ASB-21, ASB-22, AC-05-ASB, AC-06-ASB, AC-08-ASB

Ressalta-se que, como há apenas duas amostras na RED, as interpretações sobre a correlação espacial das concentrações e as regiões devem ser consideradas com a limitação do número de amostras.

Alumínio

A maior concentração de Alumínio Total se encontra na RED, enquanto na RNE as concentrações são menores. O mesmo comportamento ocorre com Alumínio Dissolvido, conforme **Gráfico 58** e **Gráfico 59**.

Gráfico 58 - Concentrações de Alumínio Total de Água Subterrânea AA2

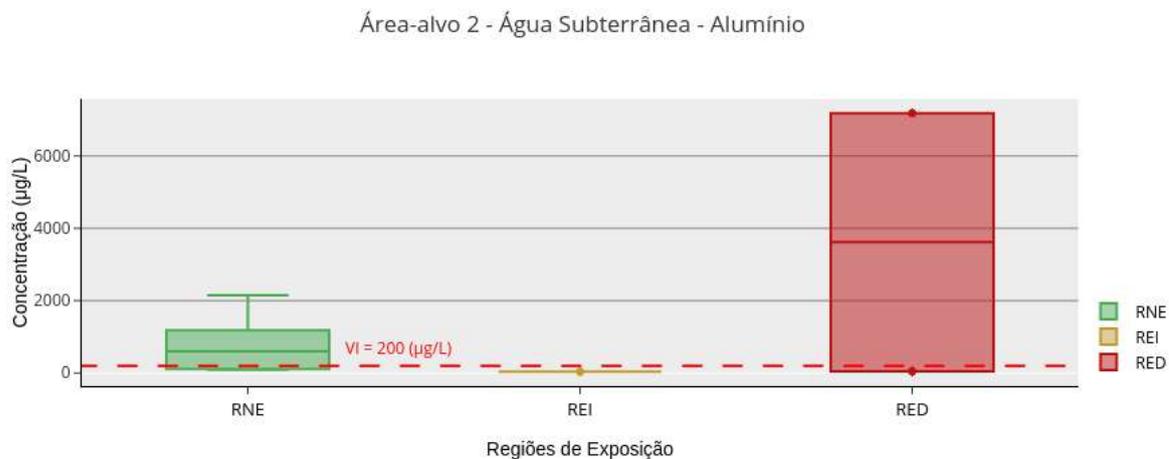
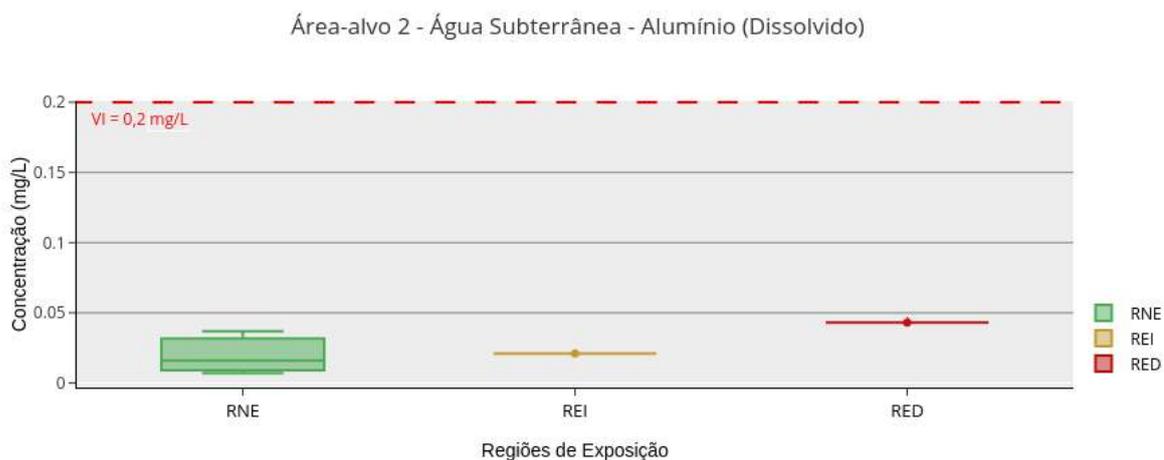


Gráfico 59 - Concentrações de Alumínio Dissolvido de Água Subterrânea AA2



Bário

O Bário Total apresenta concentrações superiores na RED (35,2 a 39,8 µg/L) quando comparadas as encontradas na REI e RNE (11,7 a 30,9), com a ocorrência de um *outlier* na amostra ASB-16 (84,4 µg/L). Porém observa-se que não há diferenças significativas nas concentrações das duas regiões. O mesmo comportamento ocorre para Bário Dissolvido, conforme **Gráfico 60** e **Gráfico 61**.

Gráfico 60 - Concentrações de Bário Total de Água Subterrânea AA2

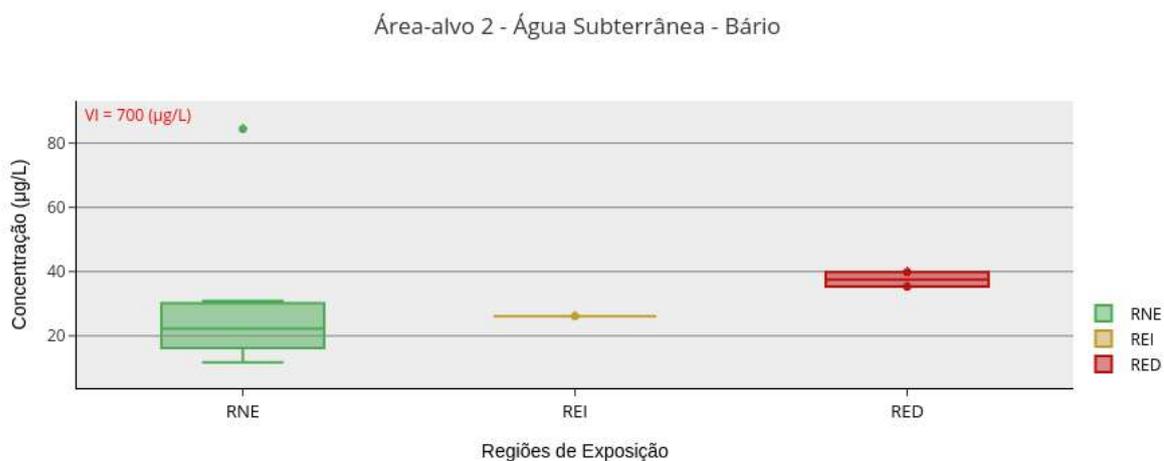
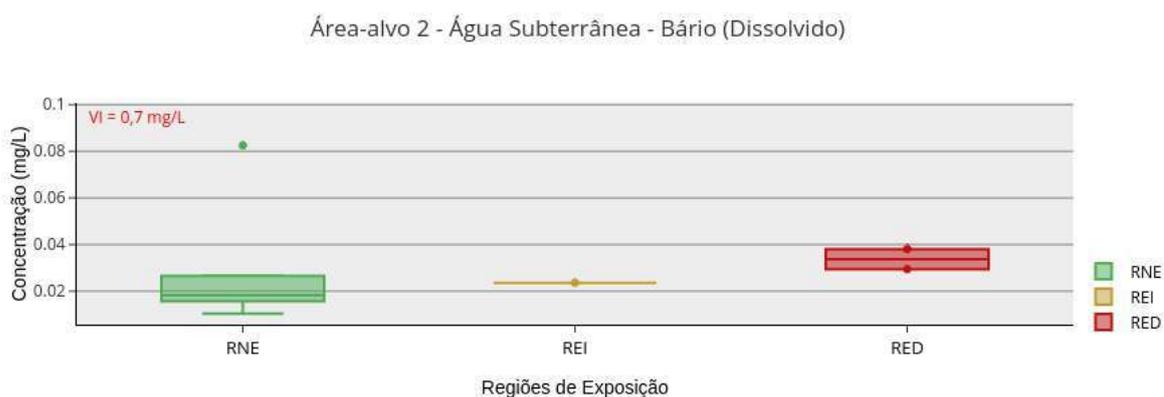


Gráfico 61 - Concentrações de Bário Dissolvido de Água Subterrânea AA2



Ferro

O Ferro Total apresenta concentrações superiores ao VI de potabilidade tanto na RED (825 a 1.110 µg/L) quanto na REI e RNE (400 a 1.650 µg/L). Apesar de haver maior variância na RNE, não é possível observar correlação espacial clara das concentrações em relação à RED, REI e RNE. Ferro Dissolvido apresenta concentrações superiores ao VI adotado em uma amostra na RED e outra na RNE, também não sendo possível observar clara correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE, conforme **Gráfico 62** e **Gráfico 63**.

Gráfico 62 - Concentrações de Ferro Total de Água Subterrânea AA2

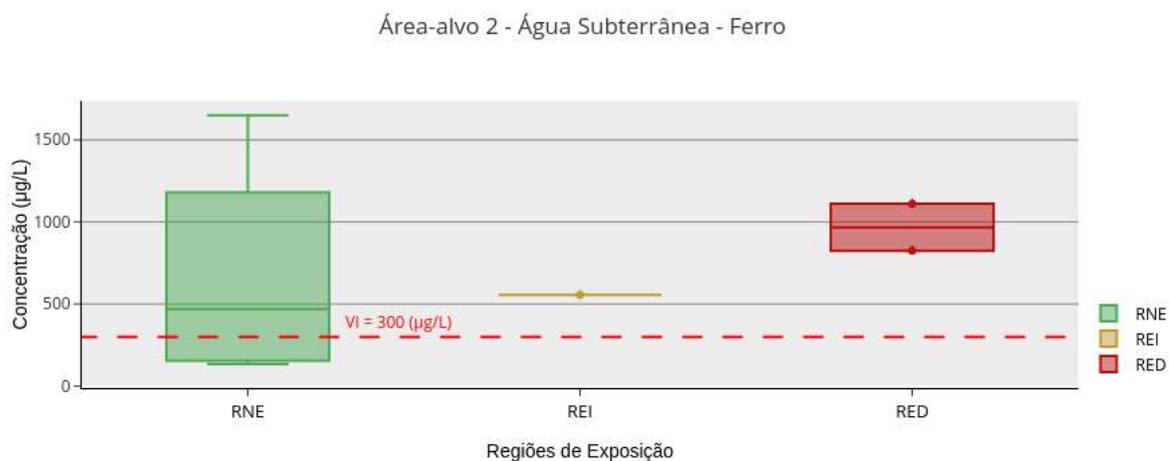
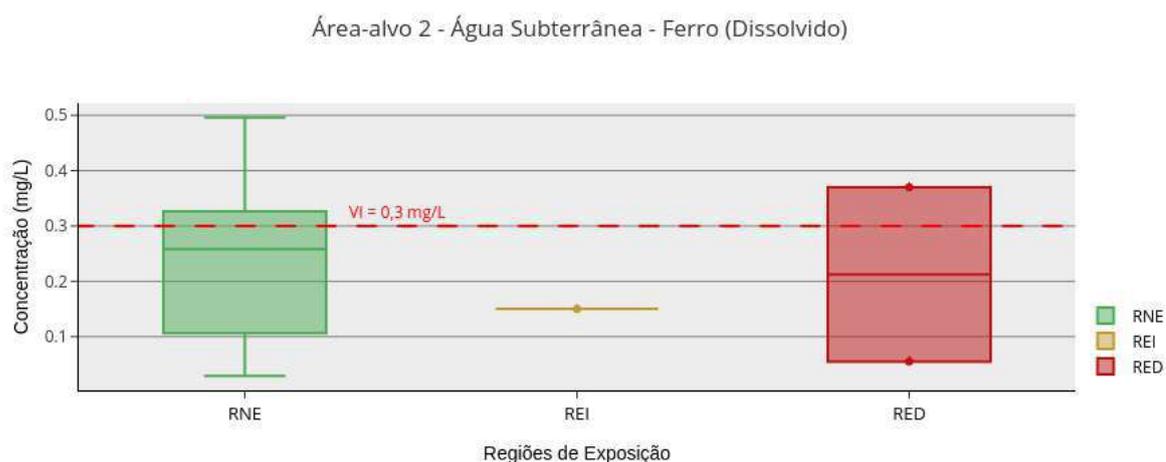


Gráfico 63 - Concentrações de Ferro Dissolvido de Água Subterrânea AA2



Manganês

O Manganês Total apresentou variância tanto para RED (5,89 a 25,9 µg/L) quanto para RNE (1,55 a 20,3 µg/L), com *outlier* em na amostra ASB-16 (111 µg/L) na RNE, superior ao valor de potabilidade, e outro na RNE (47,4 µg/L). O mesmo comportamento ocorre para Manganês Dissolvido, porém as concentrações estão inferiores aos VI adotados, conforme **Gráfico 64** e **Gráfico 65**. Sendo assim, não foi possível observar clara correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Gráfico 64 - Concentrações de Manganês Total de Água Subterrânea AA2

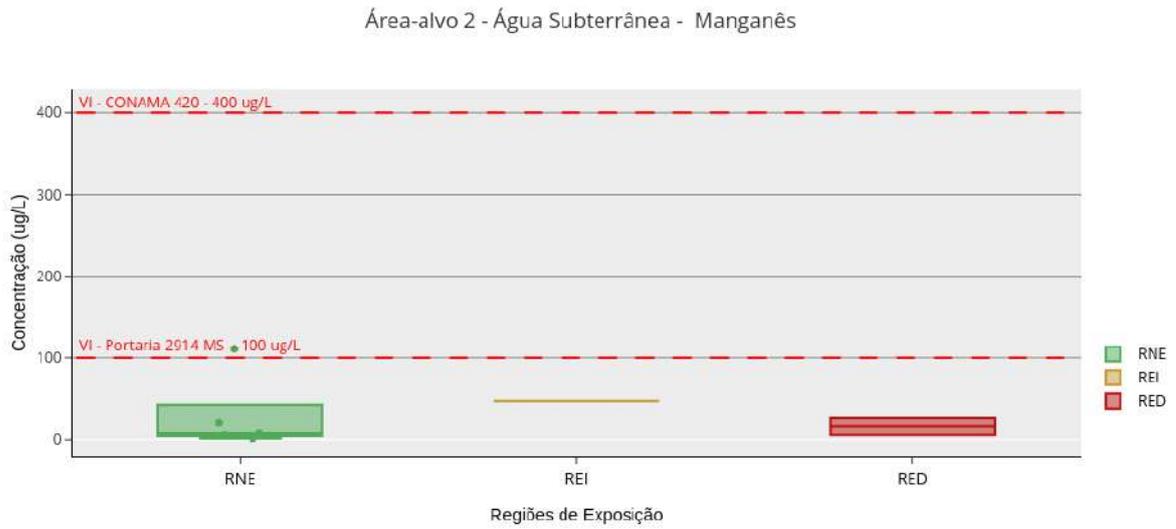
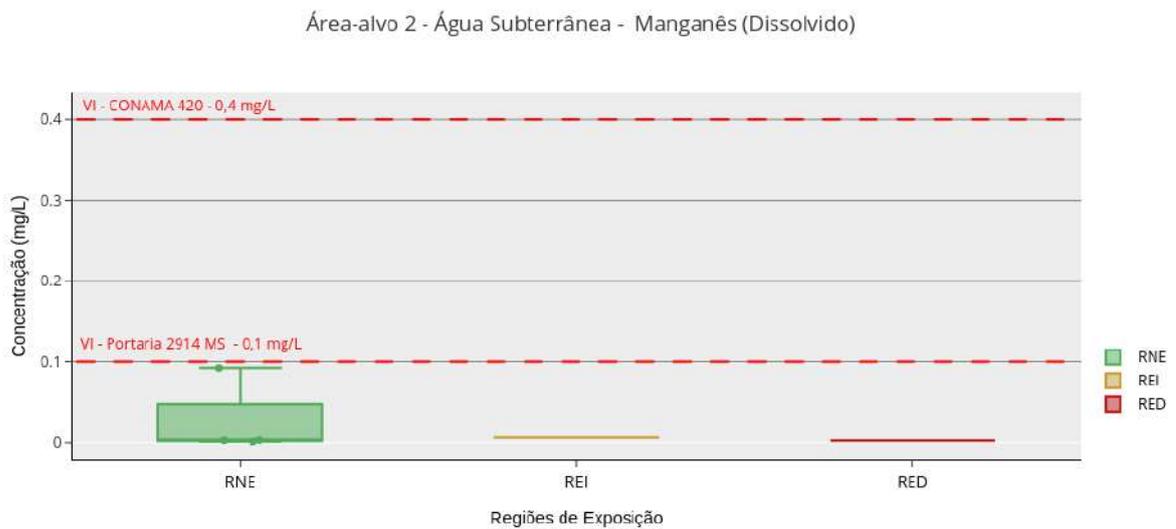


Gráfico 65 - Concentrações de Manganês Dissolvido de Água Subterrânea AA2



Zinco

O Zinco Total apresenta maiores concentrações na RED (20,1 a 33,6 µg/L), apesar de haver uma variância significativa na RNE (2,69 a 41,6), além da presença de um *outlier* na amostra ASB-21 (167 µg/L). O mesmo comportamento ocorre para Zinco Dissolvido. No entanto, todas as concentrações são inferiores aos VI adotados, conforme **Gráfico 66** e **Gráfico 67**.

Gráfico 66 - Concentrações de Zinco Total de Água Subterrânea AA2



Gráfico 67 - Concentrações de Zinco Dissolvido de Água Subterrânea AA2



Demais Metais

Os metais Chumbo, Cobre, Cromo, Níquel e Vanádio apresentaram traços para análise de metal total nas amostras localizadas na REI e RNE, porém sem correlação espacial das concentrações em relação às regiões.

5.4.3.6.4. RESULTADOS AMOSTRAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DA AA-3

Os resultados analíticos obtidos para análise de metais totais e dissolvidos são representados na **Tabela 39** e **Tabela 40**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores máximos permitidos estabelecidos pela Portaria de Consolidação N° 05, de 28 de setembro de 2017, e Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009. Neste contexto, têm-se:

Metais Totais

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Boro, Cádmio, Molibdênio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Alumínio apresentou concentrações superiores ao VI de potabilidade adotado (200 µg/L) nas amostras ASB-01 (**734** µg/L), ASB-02 (**246** µg/L), ASB-04 (**489** µg/L), ASB-05 (**1.020** µg/L), ASB-06 (**1.360** µg/L), ASB-07 (**913** µg/L), ASB-08 (**4.930** µg/L), ASB-23 (**359** µg/L) e AC-04-ASB (**248** µg/L). A amostra ASB-26 (**3.570** µg/L) apresentou concentração superior ao VI CONAMA adotado (3.500 µg/L). O restante das amostras apresentou concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.
- ✓ Bário apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferiores aos VI adotados (700 µg/L).
- ✓ Chumbo apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASB-01, ASB-04, ASB-08, ASB-09 e ASB-26, porém inferiores aos VI adotados (10 µg/L). O restante das amostras apresentou concentrações detectáveis, porém inferiores o limite de quantificação do laboratório.

- ✓ O Cobalto apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASB-08 e AC-04-ASB, porém inferiores ao VI adotado (70 µg/L). O restante das amostras apresentou concentrações detectáveis, porém inferiores o limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Cobre apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASB-02 e ASB-08, porém inferiores aos VI adotados (2000 µg/L). O restante das amostras apresentou concentrações detectáveis, porém inferiores o limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Cromo apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASB-01, ASB-05, ASB-06, ASB-07, ASB-08, ASB-24, ASB-25 e ASB-26, porém inferiores aos VI adotados (50 µg/L). O restante das amostras apresentou concentrações detectáveis, porém inferiores o limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro apresentou concentrações superiores ao VI de potabilidade adotado (300 µg/L) nas amostras ASB-01 (**451** µg/L), ASB-02 (**314** µg/L), ASB-04 (**1.690** µg/L), ASB-05 (**1.040** µg/L), ASB-06 (**2.000** µg/L), ASB-07 (**1.390** µg/L), ASB-09 (**1.090** µg/L), ASB-23 (**778** µg/L), ASB-24 (**759** µg/L), ASB-25 (**309** µg/L), AC-01-ASB (**2.420** µg/L) e AC-07-ASB (**526** µg/L). As amostras ASB-08 (**6,250** µg/L) e ASB-26 (**3.910** µg/L) apresentaram concentrações superiores ao VI CONAMA (2.450 ASB-26 (**3.910** µg/L). A amostra AC-04-ASB (112 µg/L) apresentou concentração inferior aos VI adotados.
- ✓ Manganês apresentou concentrações superiores ao VI de potabilidade adotado (100 µg/L) nas amostras ASB-04 (**131** µg/L), ASB-08 (**132** µg/L), ASB-09 (**113** µg/L) e AC-01-ASB (**149** µg/L). A amostra AC-04-ASB (**2.540** µg/L) apresentou concentração superior ao VI CONAMA adotado (400 µg/L). O restante das amostras apresentou concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.
- ✓ Mercúrio apresentou concentração detectável na amostra ASB-26, porém inferior aos VI adotados (1 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Níquel apresentou concentração detectável na amostra ASB-08, porém inferior aos VI adotados (20 e 70 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.

- ✓ Vanádio não possui valor de referência na Portaria de Consolidação N° 05 e CONAMA N° 420, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Vanádio apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASB-01, ASB-05, ASB-06, ASB-07, ASB-08, ASB-24 e ASB-26. O restante das amostras apresentou concentrações detectáveis, porém inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASB-01, ASB-02, ASB-05, ASB-06, ASB-08, ASB-09, ASB-24 e ASB-26, porém inferiores aos VI adotados (1.050 e 5.000 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior ao limite de quantificação do laboratório.

Tabela 39 - Resultados Analíticos de Água Subterrânea Total AA-3

Elementos	CAS	Unidade	Portaria 2914 MS	CONAMA 420	Pontos de Amostragem														
					ASB-01	ASB-02	ASB-04	ASB-05	ASB-06	ASB-07	ASB-08	ASB-09	ASB-23	ASB-24	ASB-25	ASB-26	AC-01-ASB	AC-04-ASB	AC-07-ASB
Alumínio Total	7429-90-5	µg/L	200,00	3.500,00	734,00	246,00	489,00	1.020,00	1.360,00	913,00	4.930,00	181,00	359,00	27,90	73,70	3.570,00	120,00	248,00	60,50
Antimônio Total	7440-36-0	µg/L	5,00	5,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	µg/L	10,00	10,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	µg/L	700,00	700,00	29,30	37,40	43,00	34,10	36,20	32,10	38,70	42,30	24,60	48,40	18,20	33,00	21,10	31,20	10,00
Boro Total	7440-42-8	µg/L	-	500,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cádmio Total	7440-43-9-A	µg/L	5,00	5,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Chumbo Total	7439-92-1	µg/L	10,00	10,00	2,83	< 1	1,83	< 1	< 1	< 1	2,02	1,11	< 1	< 1	< 1	1,23	< 1	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	µg/L	-	70,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1,83	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1,37	< 1
Cobre Total	7440-50-8	µg/L	2.000,00	2.000,00	< 1	4,99	< 1	< 1	< 1	< 1	4,74	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cromo Total	7440-47-3	µg/L	50,00	50,00	1,19	< 1	< 1	5,15	6,03	4,87	21,40	< 1	< 1	1,03	1,36	7,72	< 1	< 1	< 1
Ferro Total	7439-89-6	µg/L	300,00	2.450,00	451,00	314,00	1.690,00	1.040,00	2.000,00	1.390,00	6.250,00	1.090,00	778,00	759,00	309,00	3.910,00	2.420,00	112,00	526,00
Manganês Total	7439-96-5-B	µg/L	100,00	400,00	7,42	1,94	131,00	18,00	53,40	21,00	132,00	113,00	25,40	23,50	13,00	43,90	149,00	2.540,00	13,60
Mercúrio Total	7439-97-6	µg/L	1,00	1,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,22	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Molibdênio Total	7439-98-7	µg/L	-	70,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	µg/L	70,00	20,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	4,29	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Prata Total	7440-22-4	µg/L	-	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	µg/L	10,00	10,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	µg/L	-	-	1,13	< 1	< 1	1,78	2,48	2,11	14,80	< 1	< 1	1,14	< 1	6,99	< 1	< 1	< 1
Zinco Total	7440-66-6	µg/L	5.000,00	1.050,00	10,80	10,40	< 1	5,78	37,20	< 1	6,27	45,40	4,76	5,86	< 1	12,40	< 1	< 1	< 1

Legenda:

0,00 > V.I. CONAMA 357

RED

0,00 > V.I. Portaria 2914

REI

RNE

Metais Dissolvidos

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Alumínio apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferiores aos VI adotados (200 e 3.500 µg/L), com exceção das amostras ASB-02 e AC-07-ASB, que apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Bário apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferiores aos VI adotados (700 µg/L).
- ✓ Cobre dissolvido apresentou concentração detectável na amostra ASB-02, porém inferior aos VI adotados (2.000 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Cromo apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASB-05, ASB-06, ASB-07, ASB-08 e ASB-25, porém inferiores aos VI adotados (50 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro apresentou concentrações superiores ao VI de potabilidade adotado (300 µg/L) nas amostras ASB-07 (**479** µg/L), ASB-09 (**528** µg/L), ASB-23 (**357** µg/L), ASB-24 (**402** µg/L) e AC-01-ASB (**764** µg/L). As amostras ASB-04, ASB-05, ASB-08, ASB-25, AC-04-ASB e AC-07-ASB apresentaram concentrações inferiores aos VI adotados. O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Manganês apresentou concentrações superiores ao VI de potabilidade adotado (100 µg/L) nas amostras ASB-09 (**113** µg/L) e AC-01-ASB (**142** µg/L). A amostra AC-04-ASB (**2.450** µg/L) apresentou concentração superior ao VI CONAMA adotado (400 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior aos VI adotados, com exceção da amostra ASB-02, que apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.

- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis nas amostras ASB-01, ASB-02, ASB-06, ASB-08, ASB-09, ASB-23, ASB-24 e ASB-26, porém inferiores aos VI adotados (1.050 e 5.000 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior ao limite de quantificação do laboratório.

Tabela 40 - Resultados Analíticos de Água Subterrânea Dissolvidos AA-3

Elementos	CAS	Unidade	Portaria 2914 MS	CONAMA 420	Pontos de Amostragem														
					ASB-01	ASB-02	ASB-04	ASB-05	ASB-06	ASB-07	ASB-08	ASB-09	ASB-23	ASB-24	ASB-25	ASB-26	AC-01-ASB	AC-04-ASB	AC-07-ASB
Arsênio III (As III)	-	µg/L	-	-	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	7,60000
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/L	-	-	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	7,60000
Arsênio V (As V)	-	µg/L	-	-	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Alumínio Dissolvido	7429-90-5	mg/L	0,2	3,5	0,01670	< 0,001	0,01260	0,05000	0,05360	0,03050	0,03440	0,01670	0,02580	0,02150	0,01500	0,09420	0,01330	0,04580	< 0,001
Antimônio Dissolvido	7440-36-0	mg/L	0,005	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Arsênio Dissolvido	7440-38-2	mg/L	0,01	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Bário Dissolvido	7440-39-3	mg/L	0,7	0,7	0,02520	0,02730	0,03660	0,02420	0,02610	0,02880	0,02250	0,03870	0,01840	0,03940	0,01700	0,02550	0,02090	0,02950	0,00956
Boro Dissolvido	7440-42-8	mg/L	-	0,5	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cádmio Dissolvido	7440-43-9-A	mg/L	0,005	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Chumbo Dissolvido	7439-92-1	mg/L	0,01	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cobalto Dissolvido	7440-48-4	mg/L	-	0,07	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cobre Dissolvido	7440-50-8	mg/L	2	2	< 0,001	0,00125	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cromo Dissolvido	7440-47-3	mg/L	0,05	0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,00190	0,00168	0,00179	0,00207	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,00121	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Ferro Dissolvido	7439-89-6	mg/L	0,3	2,45	< 0,001	< 0,001	0,00806	0,11500	< 0,001	0,47900	0,10700	0,52800	0,35700	0,40200	0,00908	< 0,001	0,76400	0,04270	0,27400
Manganês Dissolvido	7439-96-5-B	mg/L	0,1	0,4	0,00525	< 0,001	0,01260	0,00290	0,00290	0,00182	0,01140	0,11300	0,01920	0,02120	0,00679	0,03360	0,14200	2,45000	0,01110
Mercúrio Dissolvido	7439-97-6	mg/L	0,001	0,001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Molibdênio Dissolvido	7439-98-7	mg/L	-	0,07	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Níquel Dissolvido	7440-02-0	mg/L	0,07	0,02	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Prata Dissolvido	7440-22-4	mg/L	-	0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Selênio Dissolvido	7782-49-2	mg/L	0,01	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Vanádio Dissolvido	NA-J	mg/L	-	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,00132	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zinco Dissolvido	7440-66-6	mg/L	5	1,05	0,00990	0,00691	< 0,001	< 0,001	0,00378	< 0,001	0,00143	0,01320	0,00264	0,00487	< 0,001	0,00998	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Legenda:

0,00 > V.I. CONAMA 357
 0,00 > V.I. Portaria 2914

RED
REI
RNE

5.4.3.6.5. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DA AA-3

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5. Ressalta-se que na área 3 não houve amostras na região RED, estando a mesma limitada por amostras da REI e RNE.

O **Quadro 19** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-3.

Quadro 19 - Identificação de Amostra de Água Subterrânea por Região de Exposição AA-3

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	-
REI	ASB-01, ASB-02, ASB-05, ASB-06, ASB-07, ASB-08 e ASB-09
RNE	ASB-04, ASB-23, ASB-24, ASB-25, ASB-26, AC-01-ASB, AC-04-ASB e AC-07-ASB

Ressalta-se que, como não há amostras na RED, as interpretações sobre a correlação espacial das concentrações e as regiões devem ser consideradas com a limitação do número de amostras.

Alumínio

As maiores concentrações de Alumínio Total se apresentam na REI em relação a RNE. Ambas as regiões apresentam concentrações superiores aos VI adotados, conforme **Gráfico 68**. O Alumínio Dissolvido apresentou concentrações mais similares entre as regiões, apesar da REI apresentar concentrações maiores que as encontradas na RNE. Ambas as regiões apresentam concentrações inferiores aos VI adotados, conforme **Gráfico 69**.

Gráfico 68 - Concentrações de Alumínio Total de Água Subterrânea AA3

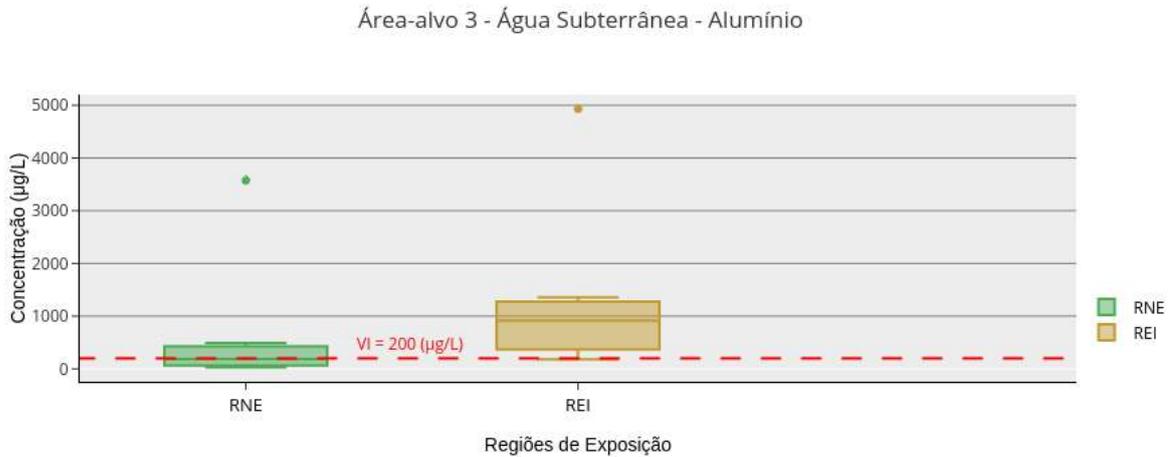


Gráfico 69 - Concentrações de Alumínio Dissolvidos de Água Subterrânea AA3



Ferro

As concentrações de Ferro Total de ambas as regiões se apresentam similares e ultrapassaram os VI adotados, conforme **Gráfico 70**. O mesmo comportamento ocorre para Ferro Dissolvido, porém apenas 5 de 16 amostras são superiores ao VI de potabilidade, conforme **Gráfico 71**.

Gráfico 70 - Concentrações de Ferro Total de Água Subterrânea AA3

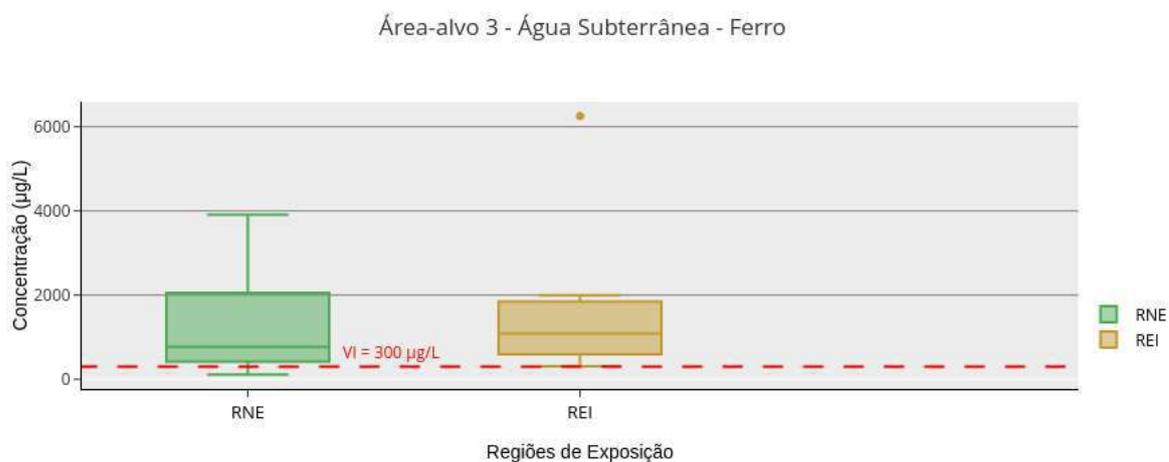
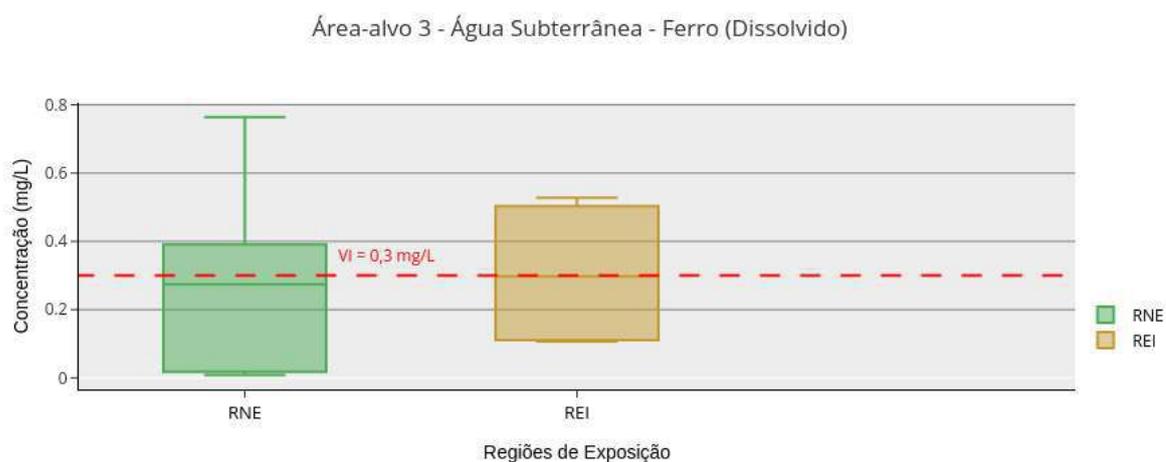


Gráfico 71 - Concentrações de Ferro Dissolvido de Água Subterrânea AA3



Manganês

O Manganês Total apresenta variância de concentrações similares em ambas as regiões. Duas de sete amostras da REI apresentam concentrações superiores ao VI de potabilidade, enquanto três de oito amostras da RNE apresentam concentrações superiores ao VI de potabilidade, sendo uma delas superior ao VI CONAMA também. O Manganês Dissolvido apresenta comportamento semelhante, conforme **Gráfico 72** e **Gráfico 73**.

Gráfico 72 - Concentrações de Manganês Total de Água Subterrânea AA3

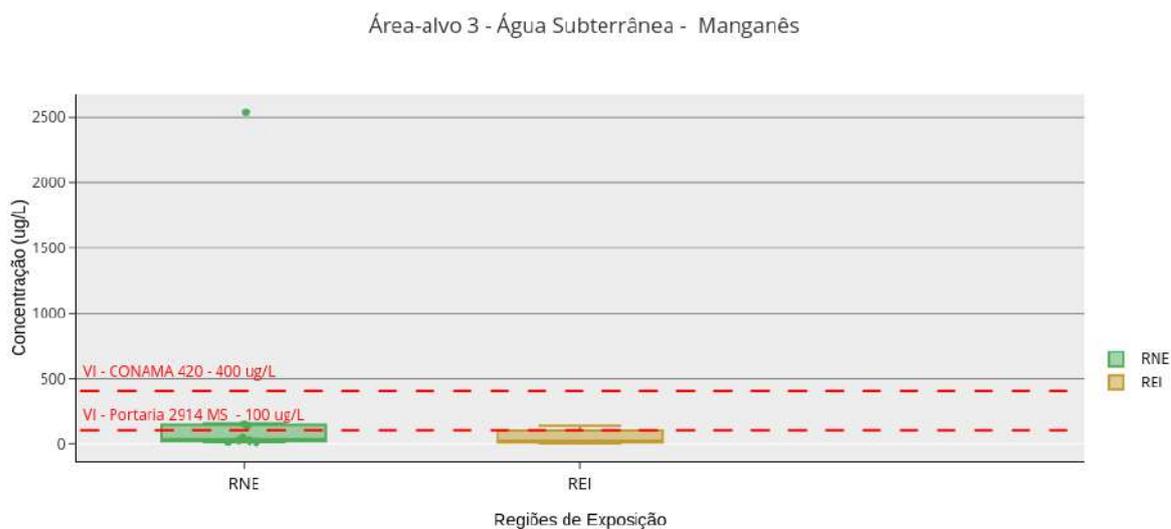
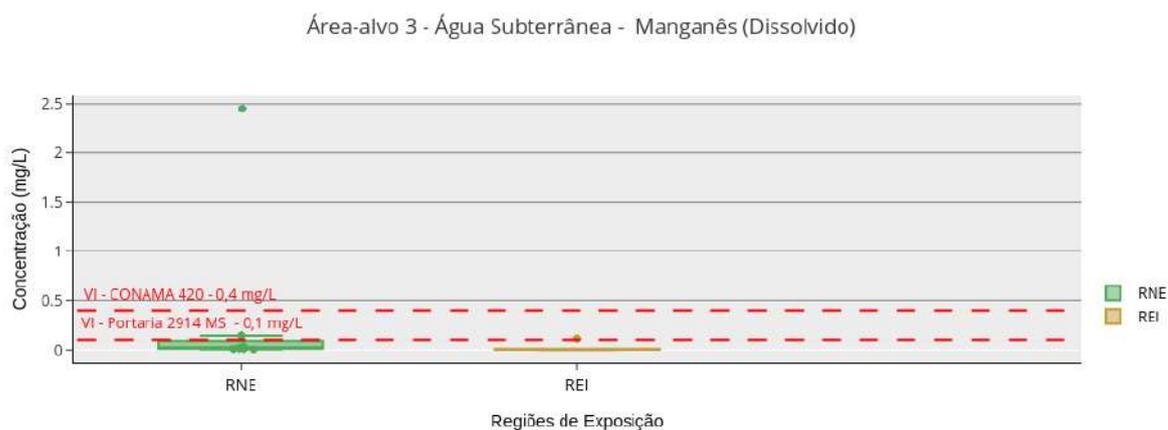


Gráfico 73 - Concentrações de Manganês Dissolvido de Água Subterrânea AA3



Demais Metais

Os metais bário, cromo e zinco dissolvidos apresentaram concentrações quantificáveis nas duas regiões abaixo do VI. Em alguns casos, como o cromo e o zinco, os valores na REI estiveram ligeiramente maiores do que na RNE.

5.4.3.7. Água de Abastecimento

Foram coletadas amostras de água subterrânea ao longo do rio Gualaxo do Norte (principal rio da região de estudo) e em pontos de controle para caracterização das

concentrações basais na região. Ao todo foram 12 pontos de coleta separados nas três áreas-alvo, que por sua vez foram divididas em regiões de cenários de exposição (RED, REI e RNE). Destas 12 amostras realizadas, 3 estão localizadas na RED, 3 na REI e 6 na RNE. A divisão das amostras para cada área-alvo é apresentada na **Tabela 41**.

Tabela 41 - Amostras coletadas de Água de Abastecimento em cada área-alvo e regiões de exposição.

Área-Alvo	AA-1	AA-2	AA-3
RED	-	2	1
REI	-	2	1
RNE	1	4	1

Nos itens a seguir serão apresentados os resultados das amostragens em águas subterrâneas para cada área-alvo.

5.4.3.7.1. RESULTADOS AMOSTRAS DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA AA-1

Os resultados analíticos obtidos para análise de metais totais e dissolvidos são representados na **Tabela 42** e **Tabela 43**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores máximos permitidos estabelecidos pela Portaria de Consolidação N° 05, de 28 de setembro de 2017. Neste contexto, têm-se:

Metais Totais

- ✓ Os metais Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bário, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Ferro, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Cobre apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado (2000 µg/L).
- ✓ Manganês apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado (100 µg/L).

Tabela 42 - Resultados Analíticos de Água de Abastecimento Total AA1

Elementos	CAS	Unidade	Lista Orientadora	Pontos de Amostragem
			Portaria de Consolidação nº05 do MS	AC-02-SAC
Alumínio Total	7429-90-5	µg/L	200,00	< 1
Antimônio Total	7440-36-0	µg/L	5,00	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	µg/L	10,00	< 1
Bário Total	7440-39-3	µg/L	700,00	< 1
Boro Total	7440-42-8	µg/L	-	< 1
Cádmio Total	7440-43-9-A	µg/L	5,00	< 1
Chumbo Total	7439-92-1	µg/L	10,00	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	µg/L	-	< 1
Cobre Total	7440-50-8	µg/L	2.000,00	1,71
Cromo Total	7440-47-3	µg/L	50,00	< 1
Ferro Total	7439-89-6	µg/L	300,00	< 1
Manganês Total	7439-96-5-B	µg/L	100,00	4,08
Mercúrio Total	7439-97-6	µg/L	1,00	< 0,1
Molibdênio Total	7439-98-7	µg/L	-	< 1
Níquel Total	7440-02-0	µg/L	70,00	< 1
Prata Total	7440-22-4	µg/L	-	< 1
Selênio Total	7782-49-2	µg/L	10,00	< 1
Vanádio Total	NA-J	µg/L	-	< 1
Zinco Total	7440-66-6	µg/L	5.000,00	< 1

Legenda:

0,00 > V.I. Portaria nº 05	RED
	REI
	RNE

Metais Dissolvidos

- ✓ Os metais dissolvidos Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bário, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Ferro, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Cobre dissolvido apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado (2 µg/L).
- ✓ Manganês apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado (100 µg/L).

Devido à limitação na quantidade de amostras, não será feita a análise espacial da AA-1 para água de abastecimento.

Tabela 43 - Resultados Analíticos de Água de Abastecimento Dissolvidos AA1

Elementos	CAS	Unidade	Lista Orientadora	Pontos de Amostragem
			Portaria de Consolidação nº05 do MS	AC-02-SAC
Arsênio III (As III)	-	µg/L	-	< 2,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/L	-	< 5
Arsênio V (As V)	-	µg/L	-	< 2,5
Alumínio Dissolvido	7429-90-5	mg/L	0,20	< 0,001
Antimônio Dissolvido	7440-36-0	mg/L	0,01	< 0,001
Arsênio Dissolvido	7440-38-2	mg/L	0,01	< 0,001
Bário Dissolvido	7440-39-3	mg/L	0,70	< 0,001
Boro Dissolvido	7440-42-8	mg/L	-	< 0,001
Cádmio Dissolvido	7440-43-9-A	mg/L	0,01	< 0,001
Chumbo Dissolvido	7439-92-1	mg/L	0,01	< 0,001
Cobalto Dissolvido	7440-48-4	mg/L	-	< 0,001
Cobre Dissolvido	7440-50-8	mg/L	2,00	0,00
Cromo Dissolvido	7440-47-3	mg/L	0,05	< 0,001
Ferro Dissolvido	7439-89-6	mg/L	0,30	< 0,001
Manganês Dissolvido	7439-96-5-B	mg/L	0,10	0,00
Mercúrio Dissolvido	7439-97-6	mg/L	0,00	< 0,0001
Molibdênio Dissolvido	7439-98-7	mg/L	-	< 0,001
Níquel Dissolvido	7440-02-0	mg/L	0,07	< 0,001
Prata Dissolvido	7440-22-4	mg/L	-	< 0,001
Selênio Dissolvido	7782-49-2	mg/L	0,01	< 0,001
Vanádio Dissolvido	NA-J	mg/L	-	< 0,001
Zinco Dissolvido	7440-66-6	mg/L	5,00	< 0,001

Legenda:

0,00 > V.I. Portaria nº 05

RED
REI
RNE

5.4.3.7.2. RESULTADOS AMOSTRAS DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA AA-2

Os resultados analíticos obtidos para análise de metais totais e dissolvidos são representados na **Tabela 44** e **Tabela 45**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores máximos permitidos estabelecidos pela Portaria de Consolidação N° 05, de 28 de setembro de 2017. Neste contexto, têm-se:

Metais Totais

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Cádmio, Cobalto, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Alumínio apresentou concentrações superiores ao VI adotado (200 µg/L) nas amostras SAC-02 (**245,0** µg/L), SAC-04 (**360,0** µg/L), SAC-15 (**314,0** µg/L) e SAC-19 (**811,0** µg/L). As amostras SAC-01, SAC-03, SAC-03 (dup) e SAC-06 apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores ao VI adotado. A amostra SAC-14 apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Bário apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferiores ao VI adotado (700 µg/L).
- ✓ Chumbo apresentou concentração detectável na amostra SAC-06, porém inferior ao VI adotado (10 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Cobre apresentou concentrações detectáveis nas amostras SAC-01, SAC-02, SAC-06 e SAC-19, porém inferiores ao VI adotado (2.000 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Cromo apresentou concentração detectável na amostra SAC-15, porém inferior ao VI adotado (50 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro apresentou concentrações superiores ao VI adotado (300 µg/L) nas amostras SAC-02 (**1.380,0** µg/L), SAC-03 (**388,0** µg/L), SAC-03 (dup) (**380,0** µg/L), SAC-04 (**475,0** µg/L), SAC-15 (**441,0** µg/L) e SAC-19 (**1140,0** µg/L). As amostras SAC-01 e SAC-06

apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores ao VI adotado, e a amostra SAC-14 apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.

- ✓ Manganês apresentou concentrações detectáveis nas amostras SAC-01, SAC-02, SAC-04, SAC-06, SAC-15 e SAC-19, porém inferiores ao VI adotado (100 µg/L). O restante das amostras apresentou concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Vanádio não possui valor de referência na Portaria de Consolidação N° 05, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Vanádio apresentou concentrações detectáveis nas amostras SAC-04 e SAC-15. O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras, porém inferiores ao VI adotado (5.000 µg/L), com exceção da amostra SAC-04, que apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.

Tabela 44 - Resultados Analíticos de Água de Abastecimento Total AA2

Elementos	CAS	Unidade	Lista Orientadora Portaria de Consolidação nº05 do MS	Pontos de Amostragem							
				SAC-01	SAC-02	SAC-03	SAC-04	SAC-06	SAC-14	SAC-15	SAC-19
Alumínio Total	7429-90-5	µg/L	200,00	15,50	245,00	24,40	360,00	79,40	< 1	314,00	811,00
Antimônio Total	7440-36-0	µg/L	5,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	µg/L	10,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	µg/L	700,00	58,40	19,90	16,70	9,51	47,20	3,10	17,90	33,10
Boro Total	7440-42-8	µg/L	-	< 1	< 1	< 1	< 1	9,52	< 1	< 1	< 1
Cádmio Total	7440-43-9-A	µg/L	5,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Chumbo Total	7439-92-1	µg/L	10,00	< 1	< 1	< 1	< 1	1,50	< 1	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	µg/L	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobre Total	7440-50-8	µg/L	2.000,00	8,55	5,91	< 1	< 1	3,15	< 1	< 1	1,57
Cromo Total	7440-47-3	µg/L	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1,77	< 1
Ferro Total	7439-89-6	µg/L	300,00	25,10	1.380,00	388,00	475,00	99,20	< 1	441,00	1.140,00
Manganês Total	7439-96-5-B	µg/L	100,00	4,68	8,88	< 1	12,30	1,27	< 1	8,97	11,20
Mercurio Total	7439-97-6	µg/L	1,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Molibdênio Total	7439-98-7	µg/L	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	µg/L	70,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Prata Total	7440-22-4	µg/L	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	µg/L	10,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	µg/L	-	< 1	< 1	< 1	1,08	< 1	< 1	1,35	< 1
Zinco Total	7440-66-6	µg/L	5.000,00	8,51	15,10	2,93	< 1	4,23	8,31	2,99	31,60

Legenda:

0,00 > V.I. Portaria nº 05	RED
	REI
	RNE

Metais Dissolvidos

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Alumínio apresentou concentração superior ao VI adotado (200 µg/L) na amostra SAC-04 (**358,0** µg/L). As amostras SAC-02, SAC-03, SAC-06, SAC-15 e SAC-19 apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores ao VI adotado. O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Bário apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferior ao VI adotado (700 µg/L).
- ✓ Cobre apresentou concentrações detectáveis, porém inferiores ao VI adotado (2000 µg/L), nas amostras SAC-01, SAC-02, SAC-06 e SAC-19. O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro apresentou concentrações superiores ao VI adotado (300 µg/L) nas amostras SAC-02 (**433,0** µg/L) e SAC-19 (**352,0** µg/L). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferiores ao VI adotado.
- ✓ Manganês apresentou concentrações detectáveis nas amostras SAC-01, SAC-04, SAC-15 e SAC-19, porém inferiores ao VI adotado (100 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras porém inferiores ao VI adotado (100 µg/L) com exceção das amostras SAC-04 e SAC-15 que apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.

Tabela 45 - Resultados Analíticos de Água de Abastecimento Dissolvidos AA2

Elementos	CAS	Unidade	Lista Orientadora Portaria de Consolidação nº05 do MS	Pontos de Amostragem								
				SAC-01	SAC-02	SAC-03	SAC-04	SAC-06	SAC-14	SAC-15	SAC-19	
Arsênio III (As III)	-	µg/L	-	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	2,7	< 2,5	< 2,5	< 2,5	
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/L	-	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	
Arsênio V (As V)	-	µg/L	-	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	
Alumínio Dissolvido	7429-90-5	mg/L	0,2	< 0,001	0,004	0,01	0,358	0,0208	< 0,001	0,029	0,017	
Antimônio Dissolvido	7440-36-0	mg/L	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Arsênio Dissolvido	7440-38-2	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Bário Dissolvido	7440-39-3	mg/L	0,7	0,0566	0,0151	0,0139	0,00872	0,0443	0,00266	0,0174	0,0327	
Boro Dissolvido	7440-42-8	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Cádmio Dissolvido	7440-43-9-A	mg/L	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo Dissolvido	7439-92-1	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Cobalto Dissolvido	7440-48-4	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Cobre Dissolvido	7440-50-8	mg/L	2	0,004	0,005	< 0,001	< 0,001	0,002	< 0,001	< 0,001	0,001	
Cromo Dissolvido	7440-47-3	mg/L	0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,00104	< 0,001	
Ferro Dissolvido	7439-89-6	mg/L	0,3	0,006	0,433	0,159	0,079	0,052	< 0,001	0,05	0,352	
Manganês Dissolvido	7439-96-5-B	mg/L	0,1	0,00445	< 0,001	< 0,001	0,004	< 0,001	< 0,001	0,00346	0,00453	
Mercúrio Dissolvido	7439-97-6	mg/L	0,001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	
Molibdênio Dissolvido	7439-98-7	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Níquel Dissolvido	7440-02-0	mg/L	0,07	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Prata Dissolvido	7440-22-4	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Selênio Dissolvido	7782-49-2	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Vanádio Dissolvido	NA-J	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Zinco Dissolvido	7440-66-6	mg/L	5	0,008	0,007	0,002	< 0,001	0,003	0,008	< 0,001	0,025	

Legenda:

0,00 > V.I. Portaria nº 05

RED
REI
RNE

5.4.3.7.3. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA AA-2

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

O **Quadro 20** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-2.

Quadro 20 - Identificação de Amostra de Água Subterrânea por Região de Exposição AA-2

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	SAC-03 e SAC-06
REI	SAC-02 e SAC-04
RNE	SAC-01, SAC-14, SAC-15 e SAC-19

Ressalta-se que, devido à limitação na quantidade de amostras, as interpretações sobre a correlação espacial das concentrações e as regiões devem ser consideradas com a limitação do número de amostras.

Alumínio

Para o Alumínio Total, observa-se que as concentrações encontradas na RED tendem a ser menores quando comparadas às concentrações encontradas na REI e principalmente à RNE. Observa-se que há concentrações superiores ao VI adotado na REI e RNE, conforme **Gráfico 74**. Para Alumínio Dissolvido, a REI foi a única região a apresentar concentração superior ao VI adotado. O comportamento do metal na RED e RNE são similares e não se apresentam superiores ao VI adotado, conforme **Gráfico 75**.

Gráfico 74 - Concentrações de Alumínio Total de Água de Abastecimento AA2

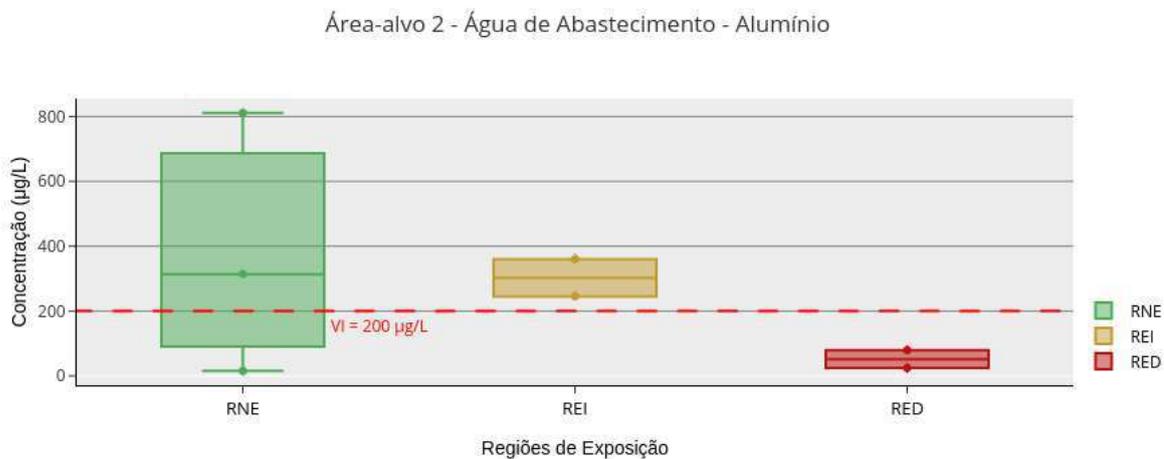
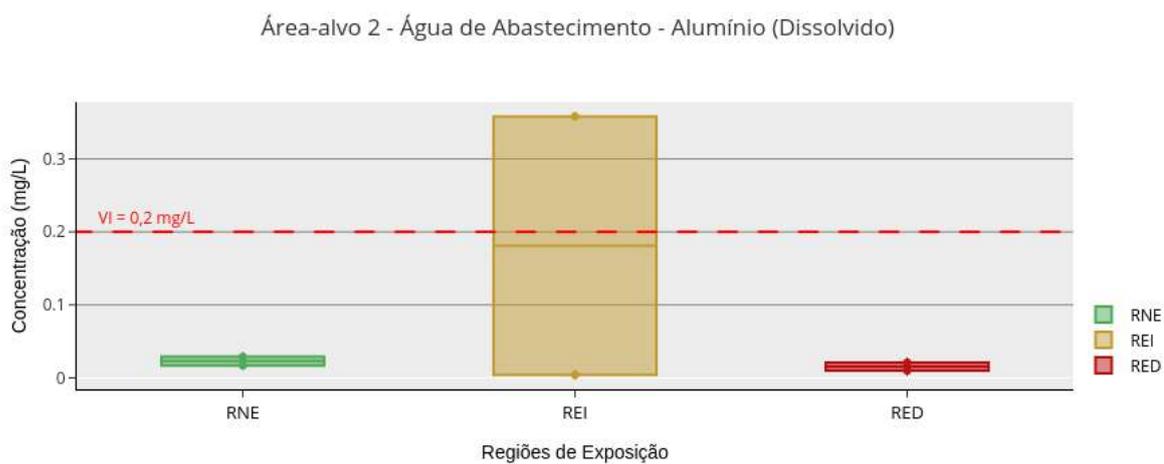


Gráfico 75 - Concentrações de Alumínio Dissolvido de Água de Abastecimento AA2



Bário

O comportamento do Bário na RED e RNE são similares e não apresentam concentrações superiores ao VI adotado tanto para análise total e dissolvida, conforme **Gráfico 76** e **Gráfico 77**. Logo, não foi observada correlação espacial clara das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Gráfico 76 - Concentrações de Bário Total de Água de Abastecimento AA2

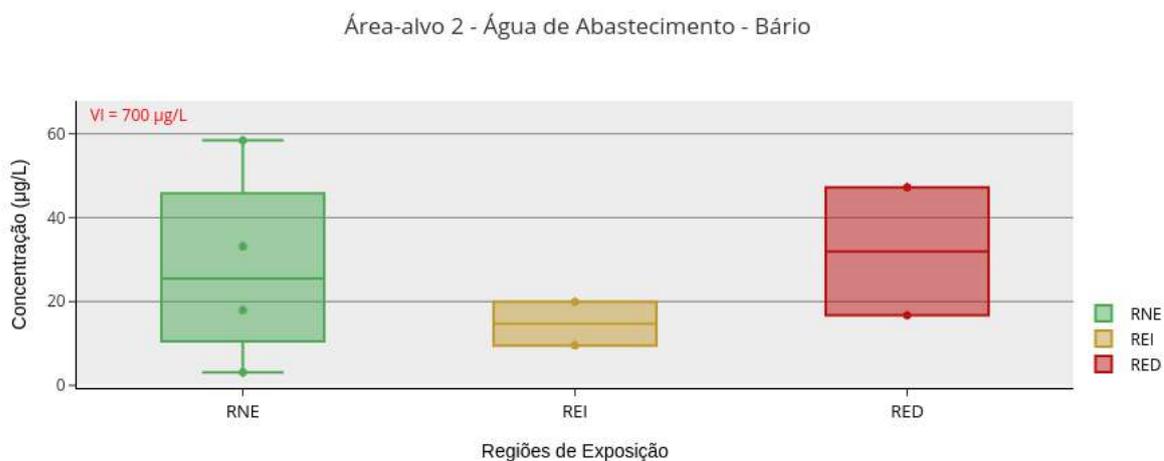


Gráfico 77 - Concentrações de Bário Dissolvido de Água de Abastecimento AA2



Cobre

As concentrações de Cobre Total encontradas na RNE (1,57 e 8,55 µg/L), REI (5,91 µg/L) e RED (3,15 µg/L) não mostram diferenças significativas entre si, sendo todas inferiores ao VI adotado. O mesmo comportamento ocorre com Cobre Dissolvido, conforme **Gráfico 78** e **Gráfico 79**. Logo, não foi observada correlação espacial clara das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Gráfico 78 - Concentrações de Cobre Total de Água de Abastecimento AA2

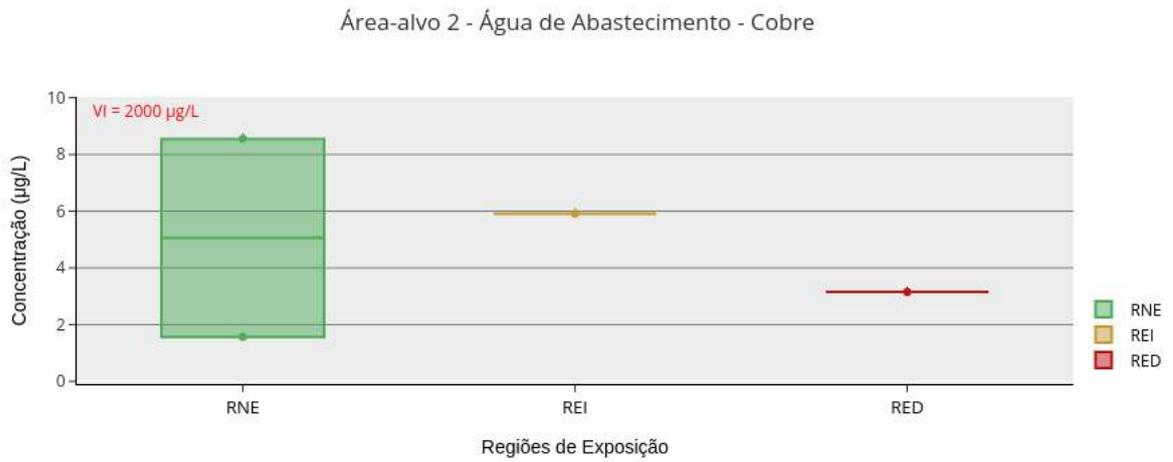
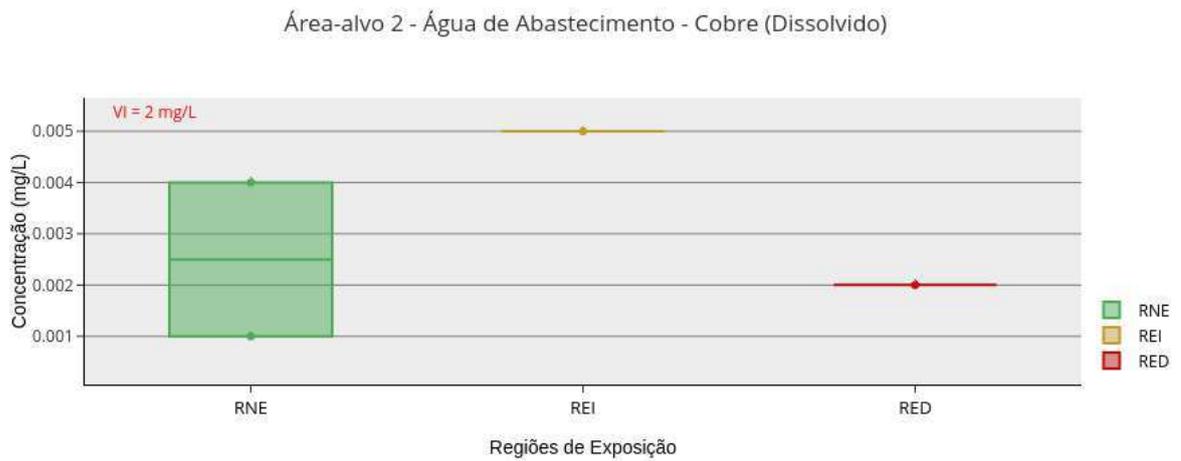


Gráfico 79 - Concentrações de Cobre Dissolvido de Água de Abastecimento AA2



Ferro

O Ferro Total apresenta maiores concentrações na REI, superiores ao VI adotado. Na RNE, as concentrações são majoritariamente superiores ao VI adotado, enquanto as amostras com as menores concentrações estão localizadas na RED, apesar de uma amostra se apresentar superior ao VI adotado. O mesmo comportamento ocorre para Ferro Dissolvido, embora as concentrações da RED se apresentem inferiores ao VI adotado, conforme **Gráfico 80** e **Gráfico 81**.

Gráfico 80 - Concentrações de Ferro Total de Água de Abastecimento AA2

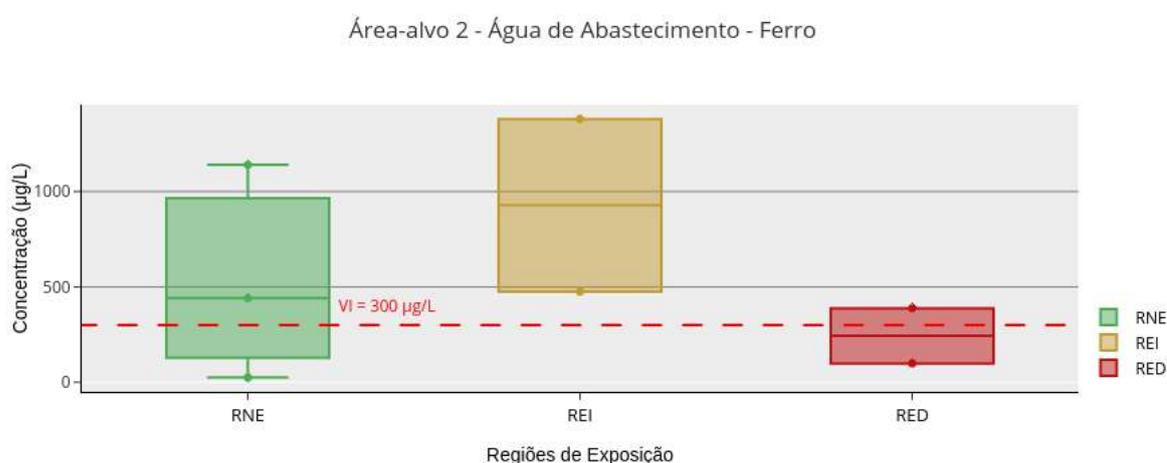
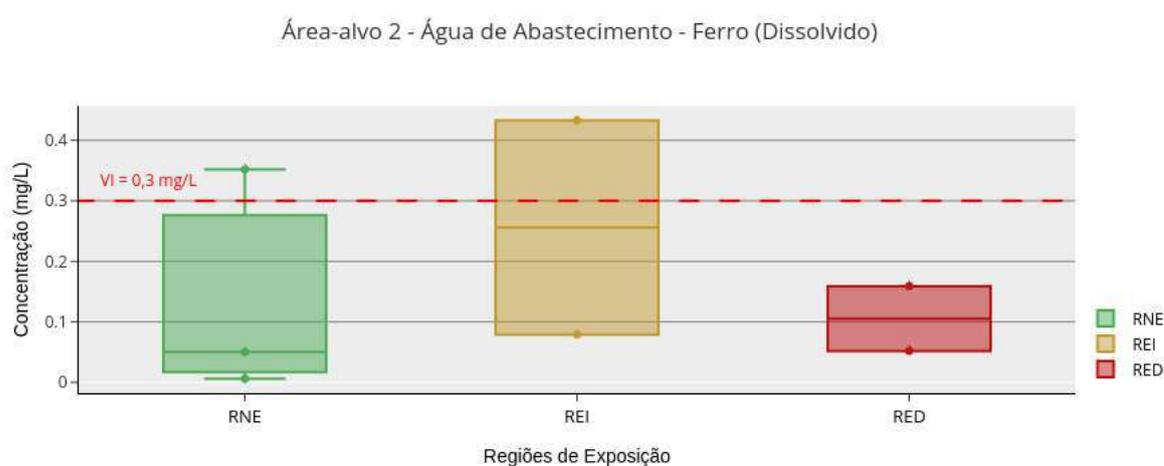


Gráfico 81 - Concentrações de Ferro Dissolvido de Água de Abastecimento AA2



Manganês

O Manganês Total e Dissolvido apresenta comportamento similar ao apresentado para Ferro, porém todas as concentrações apresentadas são inferiores ao VI adotado, conforme **Gráfico 82** e **Gráfico 83**.

Gráfico 82 - Concentrações de Manganês Total de Água de Abastecimento AA2

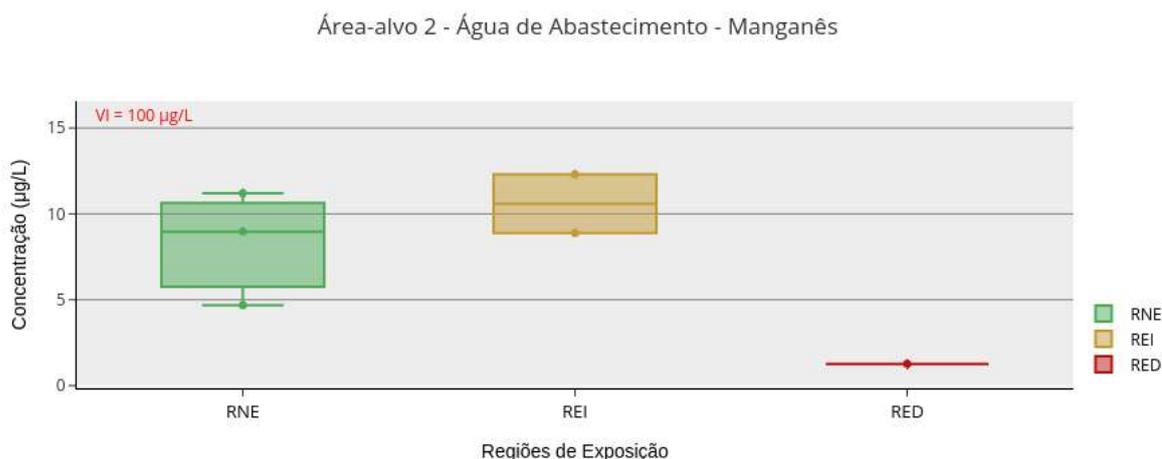
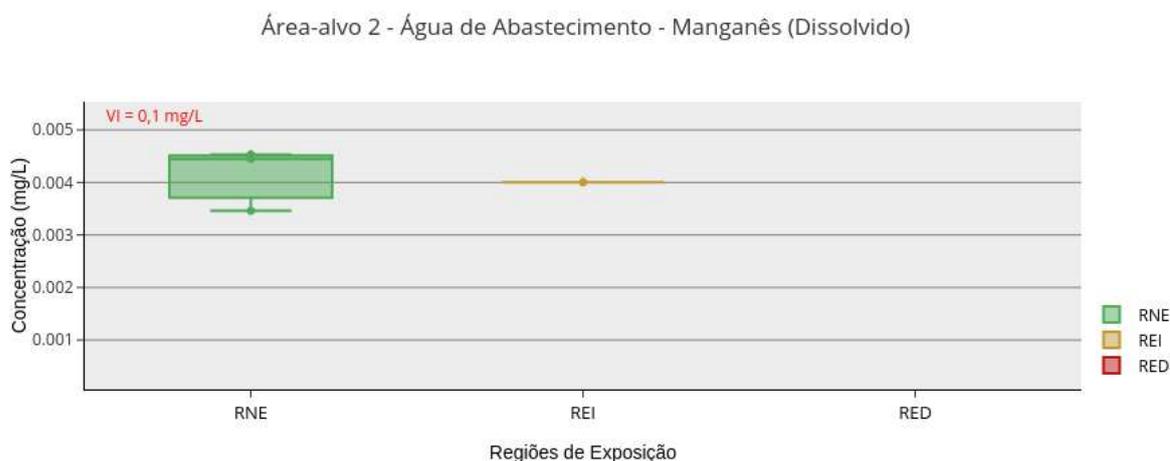


Gráfico 83 - Concentrações de Manganês Dissolvido de Água de Abastecimento AA2



Zinco

Para Zinco Total e Dissolvido, as amostras localizadas na RNE apresentaram maiores concentrações em relação a REI e RED, porém todas as concentrações são inferiores ao VI adotado, conforme **Gráfico 84** e **Gráfico 85**.

Gráfico 84 - Concentrações de Zinco Total de Água de Abastecimento AA2

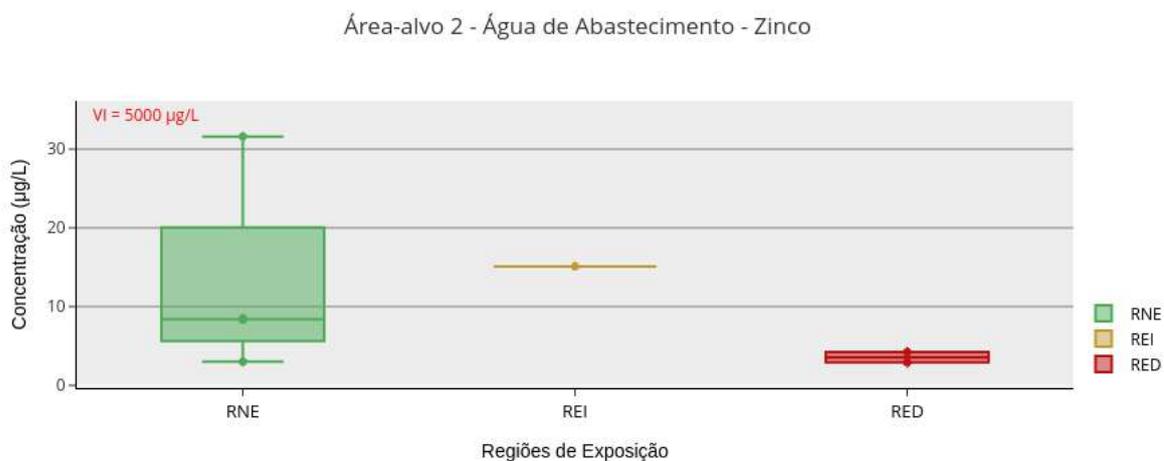
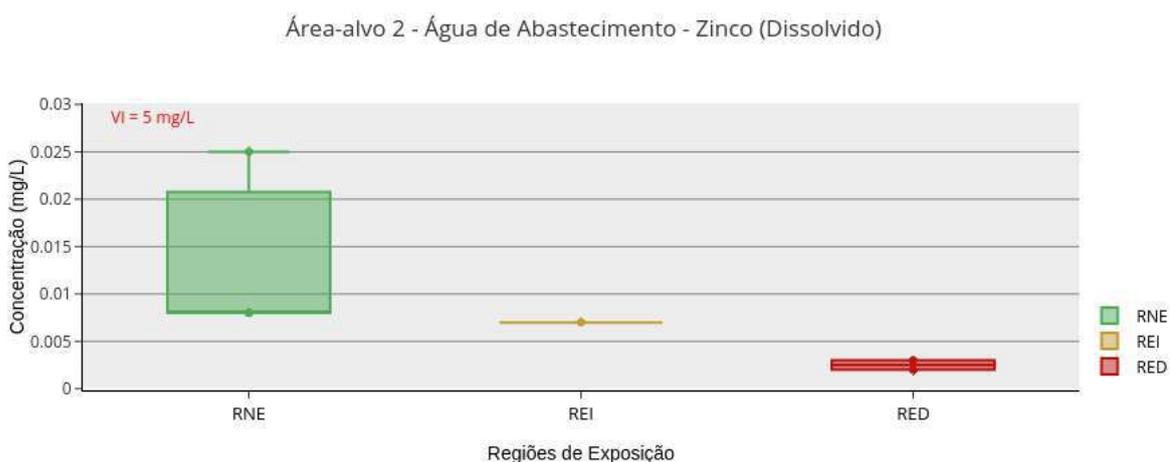


Gráfico 85 - Concentrações de Zinco Dissolvido de Água de Abastecimento AA2



Demais Metais

Os metais Bário, Boro, Chumbo, Cobre e Vanádio apresentaram traços para análise de metal total e dissolvido nas amostras localizadas na REI e RNE, porém sem correlação espacial das concentrações em relação às regiões.

5.4.3.7.4. RESULTADOS AMOSTRAS DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA AA-3

Os resultados analíticos obtidos para análise de metais totais e dissolvidos são representados na **Tabela 46** e **Tabela 47**. Os resultados analíticos foram comparados com os

valores máximos permitidos estabelecidos pela Portaria de Consolidação N° 05, de 28 de setembro de 2017. Neste contexto, têm-se:

Metais Totais

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Boro, Cádmiio, Cobalto, Cromo, Mercúrio, Molibdênio, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Alumínio apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferiores ao VI adotado (200 µg/L).
- ✓ Bário apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferiores ao VI adotado (700 µg/L).
- ✓ Chumbo apresentou concentrações detectáveis, porém inferiores ao VI adotado (10 µg/L). O restante das amostras apresentou concentrações detectáveis, porém inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Cobre apresentou concentrações detectáveis, porém inferiores ao VI adotado (2000 µg/L). O restante das amostras apresentou concentrações detectáveis, porém inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro apresentou concentrações superiores ao VI adotado (300 µg/L) nas amostras SAC-10 (**837,0** µg/L) e SAC-13 (**623,0** µg/L). A amostra SAC-21 apresentou concentração inferior ao VI adotado.
- ✓ Manganês apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras, porém inferiores ao VI adotado (100 µg/L).
- ✓ Níquel apresentou concentração detectável, porém inferior ao VI adotado (70 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis nas amostras SAC-10 e SAC-13, porém inferiores ao VI adotado (5.000 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.

Tabela 46 - Resultados Analíticos de Água de Abastecimento Total AA3

Elementos	CAS	Unidade	Lista Orientadora Portaria de Consolidação nº05 do MS	Pontos de Amostragem		
				SAC-10	SAC-13	SAC-21
Alumínio Total	7429-90-5	µg/L	200,00	87,20	147,00	107,00
Antimônio Total	7440-36-0	µg/L	5,00	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	µg/L	10,00	< 1	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	µg/L	700,00	29,00	17,90	5,95
Boro Total	7440-42-8	µg/L	-	< 1	< 1	< 1
Cádmio Total	7440-43-9-A	µg/L	5,00	< 1	< 1	< 1
Chumbo Total	7439-92-1	µg/L	10,00	< 1	1,88	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	µg/L	-	< 1	< 1	< 1
Cobre Total	7440-50-8	µg/L	2.000,00	< 1	63,40	< 1
Cromo Total	7440-47-3	µg/L	50,00	< 1	< 1	< 1
Ferro Total	7439-89-6	µg/L	300,00	837,00	623,00	117,00
Manganês Total	7439-96-5-B	µg/L	100,00	21,60	13,80	1,32
Mercúrio Total	7439-97-6	µg/L	1,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Molibdênio Total	7439-98-7	µg/L	-	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	µg/L	70,00	< 1	5,13	< 1
Prata Total	7440-22-4	µg/L	-	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	µg/L	10,00	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	µg/L	-	< 1	< 1	< 1
Zinco Total	7440-66-6	µg/L	5.000,00	2,07	246,00	< 1

Legenda:

0,00 > V.I. Portaria nº 05	RED
	REI
	RNE

Metais Dissolvidos

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Boro, Cádmiio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório para as amostras analisadas.
- ✓ Alumínio apresentou concentração detectável na amostra SAC-13, porém inferior ao VI adotado (200 µg/L). O restante das amostras apresentou concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Bário apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras analisadas, porém inferiores ao VI adotado (700 µg/L)
- ✓ Cobre dissolvido apresentou concentração detectável na amostra SAC-13, porém inferior ao VI adotado (2.000 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro apresentou concentrações superiores ao VI adotado (300 µg/L) nas amostras SAC-10 (**464,0** µg/L) e SAC-13 (**410,0** µg/L). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Manganês dissolvido apresentou concentração detectável na amostra SAC-13, porém inferior ao VI adotado (100 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Zinco dissolvido apresentou concentrações detectáveis nas amostras SAC-10 e SAC-13, porém inferiores ao VI adotado (5.000 µg/L). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior ao limite de quantificação do laboratório.

Tabela 47 - Resultados Analíticos de Água de Abastecimento Dissolvidos AA3

Elementos	CAS	Unidade	Lista Orientadora Portaria de Consolidação nº05 do MS	Pontos de Amostragem		
				SAC-10	SAC-13	SAC-21
Arsênio III (As III)	-	µg/L	-	6,10	< 2,5	< 2,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/L	-	6,10	< 5	< 5
Arsênio V (As V)	-	µg/L	-	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Alumínio Dissolvido	7429-90-5	mg/L	0,20	< 0,001	0,03	< 0,001
Antimônio Dissolvido	7440-36-0	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Arsênio Dissolvido	7440-38-2	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Bário Dissolvido	7440-39-3	mg/L	0,70	0,03	0,02	0,01
Boro Dissolvido	7440-42-8	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cádmio Dissolvido	7440-43-9-A	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Chumbo Dissolvido	7439-92-1	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cobalto Dissolvido	7440-48-4	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cobre Dissolvido	7440-50-8	mg/L	2,00	< 0,001	0,00	< 0,001
Cromo Dissolvido	7440-47-3	mg/L	0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Ferro Dissolvido	7439-89-6	mg/L	0,30	0,46	0,41	0,02
Manganês Dissolvido	7439-96-5-B	mg/L	0,10	0,00	0,01	< 0,001
Mercurio Dissolvido	7439-97-6	mg/L	0,00	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Molibdênio Dissolvido	7439-98-7	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Níquel Dissolvido	7440-02-0	mg/L	0,07	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Prata Dissolvido	7440-22-4	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Selênio Dissolvido	7782-49-2	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Vanádio Dissolvido	NA-J	mg/L	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zinco Dissolvido	7440-66-6	mg/L	5,00	0,00	0,00	< 0,001

Legenda:

0,00 > V.I. Portaria nº 05

RED
REI
RNE

5.4.3.7.5. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA AA-3

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

O **Quadro 21** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-3.

Quadro 21 - Identificação de Amostra de Água Subterrânea por Região de Exposição AA-3

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	SAC-13
REI	SAC-10
RNE	SAC-21

Ressalta-se que, devido à limitação na quantidade de amostras, as interpretações sobre a correlação espacial das concentrações e as regiões devem ser consideradas com a limitação do número de amostras.

Alumínio

Alumínio Total apresentou maior concentração na RED (147 µg/L) em relação a REI (87,2 µg/L) e RNE (107 µg/L), porém inferior ao VI adotado em todas as regiões. Alumínio Dissolvido só apresentou concentração na RED (33,2 µg/L), também inferior ao VI adotado, conforme **Gráfico 86** e **Gráfico 87**.

Gráfico 86 - Concentrações de Alumínio Total de Água de Abastecimento AA3

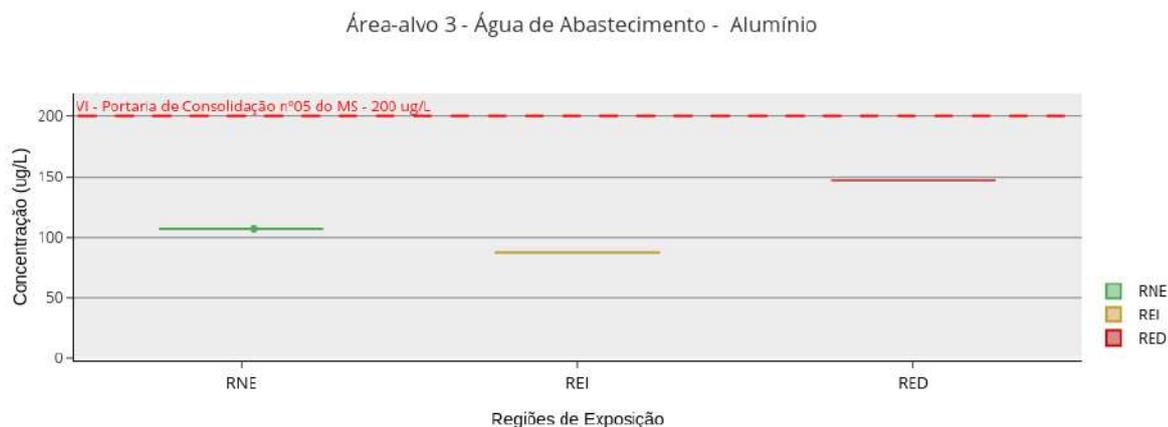
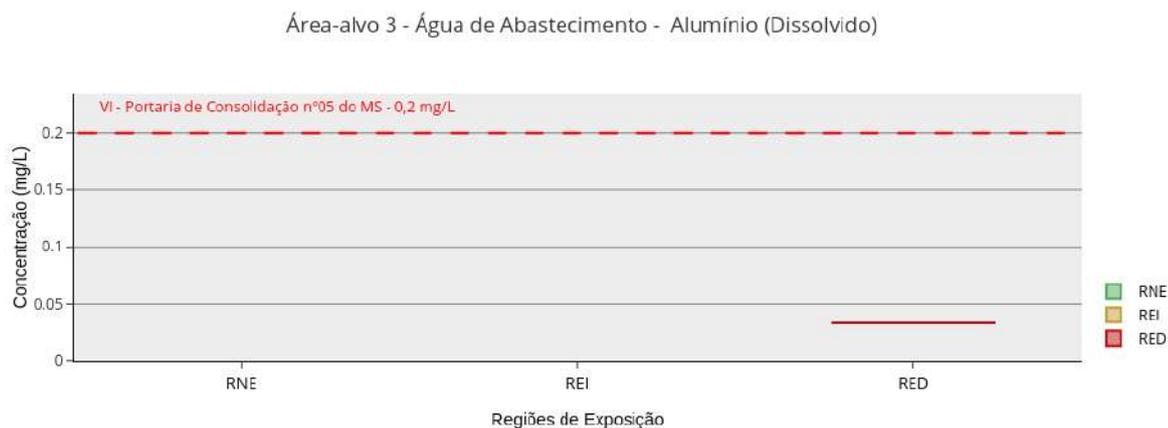


Gráfico 87 - Concentrações de Alumínio Dissolvido de Água de Abastecimento AA3



Bário

Para o Bário total, observa-se que a concentração encontrada na REI é maior quando comparada às concentrações encontradas na RED e RNE, porém inferior ao VI adotado em todas as regiões. O mesmo comportamento ocorre para Bário Dissolvido, conforme **Gráfico 88** e **Gráfico 89**.

Gráfico 88 - Concentrações de Bário Total de Água de Abastecimento AA3

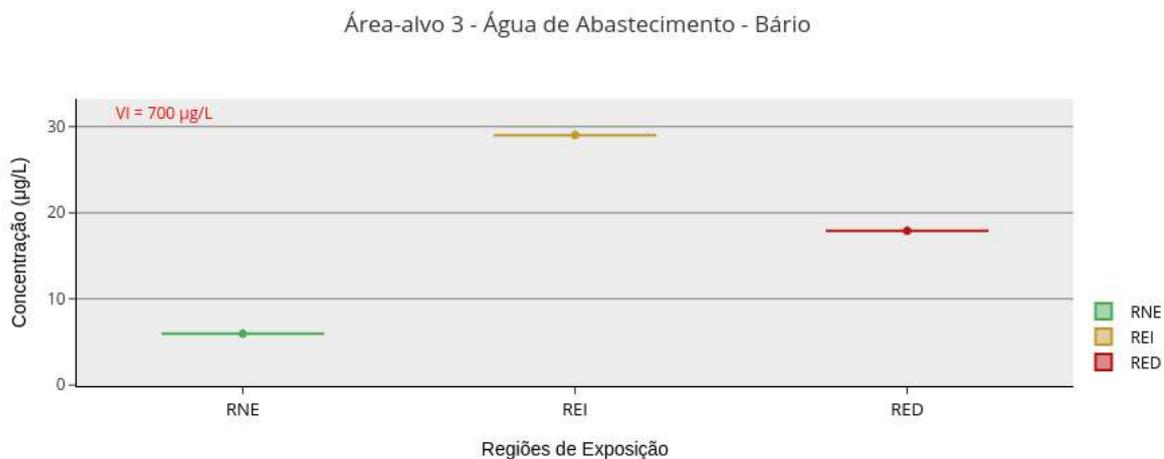
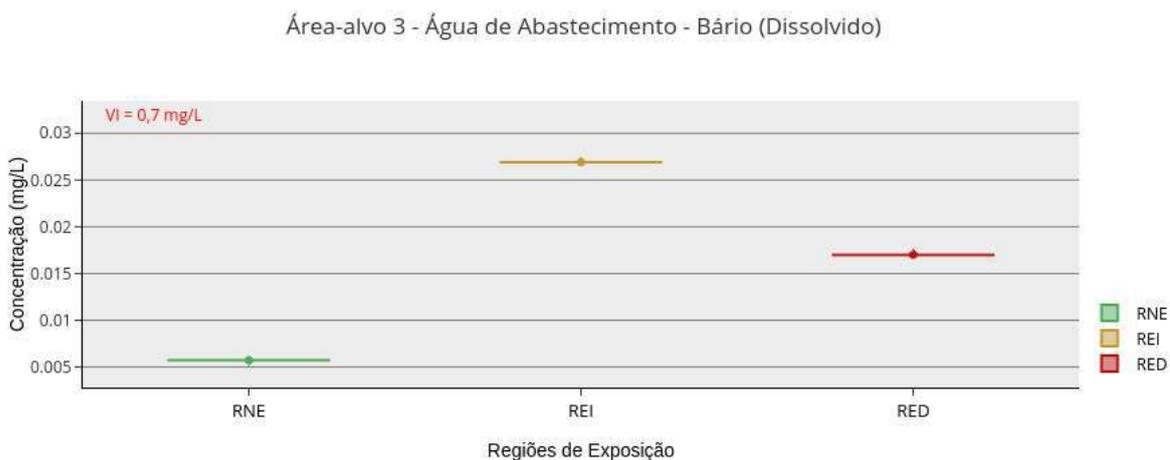


Gráfico 89 - Concentrações de Bário Dissolvido de Água de Abastecimento AA3



Ferro

Para o Ferro total, observa-se que a concentração encontrada na REI é maior quando comparada à concentração encontrada na RED, ambas superiores ao VI adotado. A amostra localizada na RNE se apresentou inferior ao VI adotado. O mesmo comportamento ocorre para Ferro Dissolvido, conforme **Gráfico 90** e **Gráfico 91**.

Gráfico 90 - Concentrações de Ferro Total de Água de Abastecimento AA3

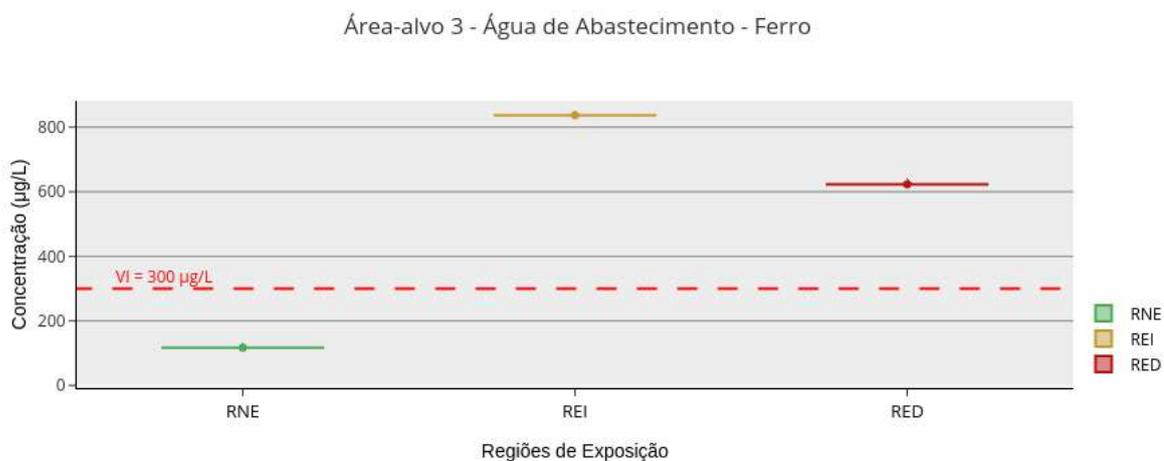
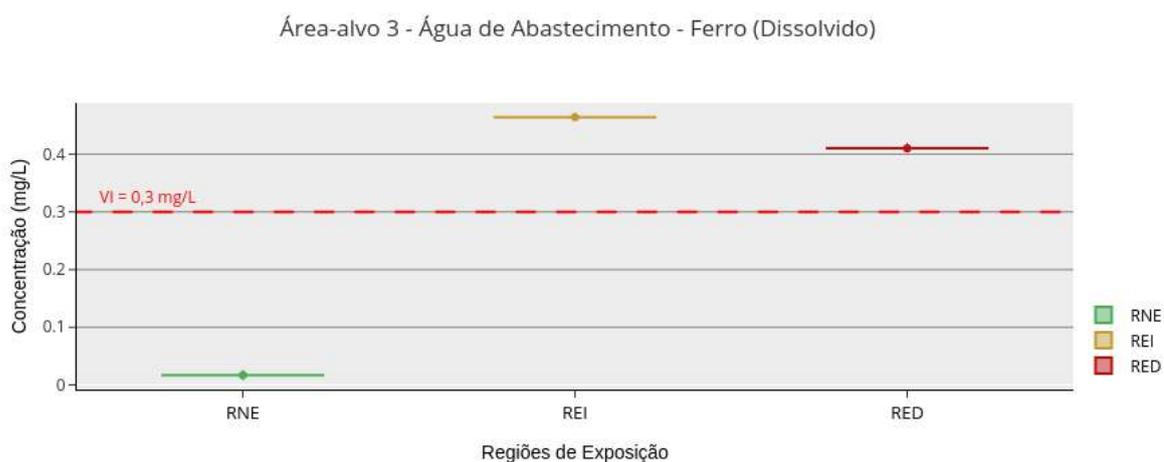


Gráfico 91 - Concentrações de Ferro Dissolvido de Água de Abastecimento AA3



Manganês

Para o Manganês total, observa-se que a concentração encontrada na REI é superior às concentrações encontradas na RED e RNE, porém não há diferença significativa, sendo nenhuma concentração superior ao VI adotado, conforme **Gráfico 92**. Manganês Dissolvido apresenta maior concentração na RED em relação a REI e RNE, porém sem diferenças significativas e inferior ao VI adotado, conforme **Gráfico 93**.

Gráfico 92 - Concentrações de Manganês Total de Água de Abastecimento AA3

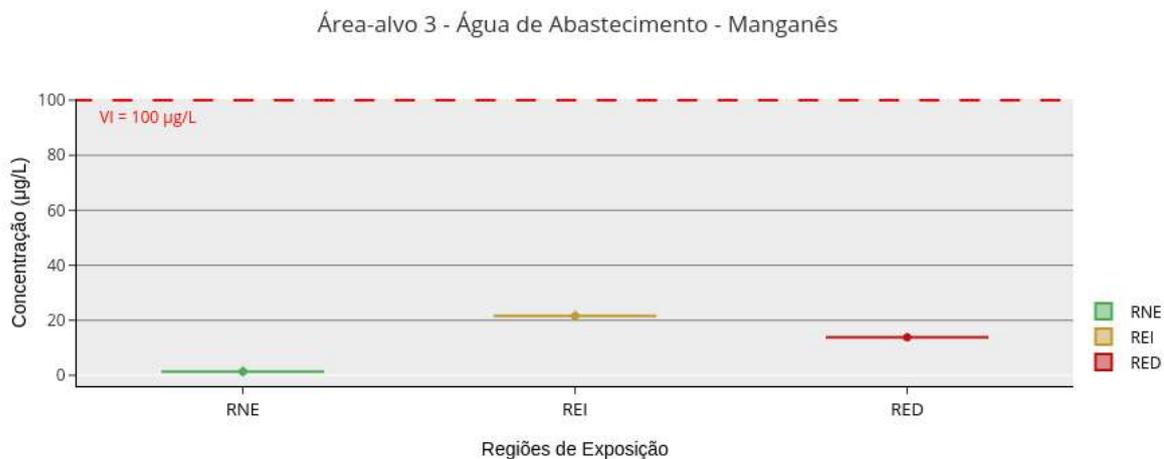
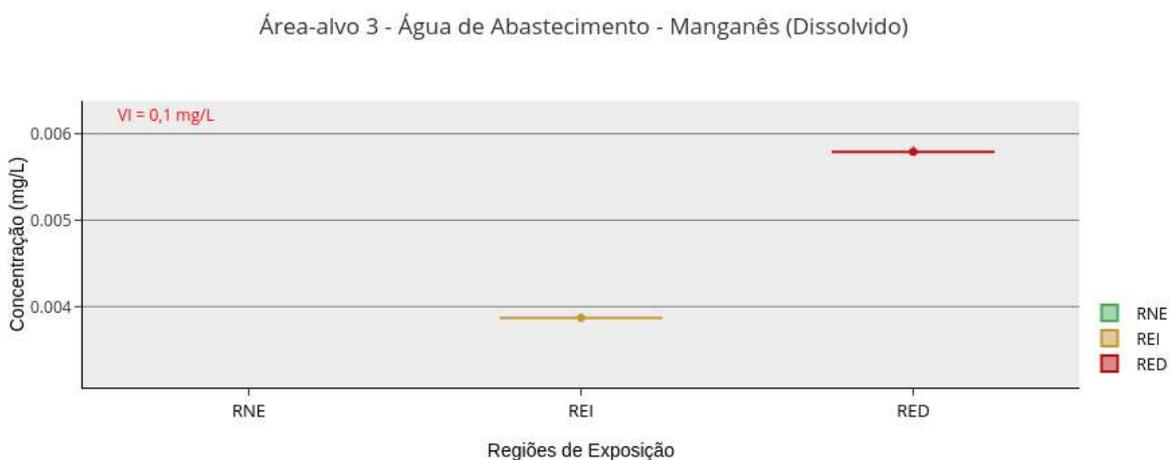


Gráfico 93 - Concentrações de Manganês Dissolvido de Água de Abastecimento AA3



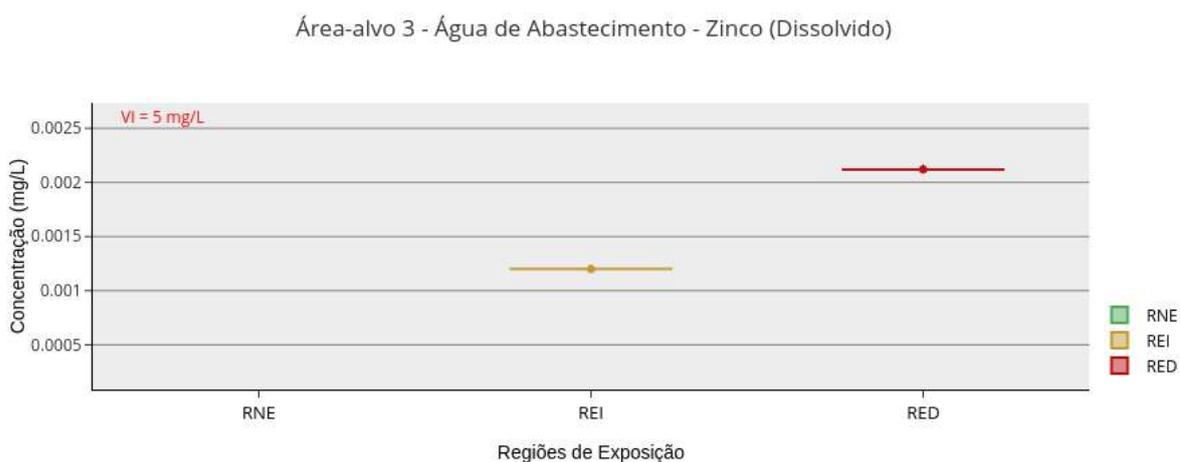
Zinco

Para o Zinco total, observa-se que a concentração encontrada na RED é maior que a concentração encontrada na REI, porém não se apresenta superior ao VI adotado. O mesmo comportamento ocorre para Zinco Dissolvido, conforme **Gráfico 94** e **Gráfico 95**.

Gráfico 94 - Concentrações de Zinco Total de Água de Abastecimento AA3



Gráfico 95 - Concentrações de Zinco Dissolvido de Água de Abastecimento AA3



Demais Metais

Os metais Chumbo, Cobre e Níquel apresentaram traços para análise de metal total e dissolvido nas amostras localizadas na REI e RNE, porém sem correlação espacial das concentrações em relação às regiões.

5.4.3.8. Poeira Domiciliar

Foram coletadas amostras de poeira domiciliar, coletadas em residências ao longo do rio Gualaxo do Norte (principal rio da região de estudo) e residências em pontos de controle para caracterização das concentrações basais na região. Ao todo foram 32 pontos de coleta

separados nas três áreas-alvo, que por sua vez foram divididas em regiões de cenários de exposição (RED, REI e RNE). Destas 32 amostras realizadas, 6 estão localizadas na RED, 12 na REI e 14 na RNE. A divisão das amostras para cada área-alvo é apresentada na **Tabela 48**.

Tabela 48 - Amostras coletadas de Poeira Domiciliar em cada área-alvo e regiões de exposição.

Área-Alvo	AA-1	AA-2	AA-3
RED	-	4	2
REI	-	6	4
RNE	2	7	5

Nos itens a seguir serão apresentados os resultados das amostragens de poeira domiciliar para cada área-alvo.

5.4.3.8.1. RESULTADOS AMOSTRAS DE POEIRA DOMICILIAR DA AA-1

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 49**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) agrícola e residencial estabelecidos pelo Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009, e COPAM N° 166, de 29 de junho de 2011. Para os metais Alumínio, Boro, Ferro, Manganês, Selênio e Vanádio, utilizaram-se os VI para solo residencial estabelecidos pela EPA RSL. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Antimônio, Cádmiio, Mercúrio, Molibdênio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Os metais Alumínio, Arsênio, Bário, Boro, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.
- ✓ O Ferro, apesar de apresentar concentrações detectáveis inferiores ao VI adotado (55.000 mg/kg), apresenta na amostra AC-02-POE (35.200 mg/kg) concentração significativa quando comparada a amostra AC-03-POE (8.070 mg/kg).

Devido à limitação na quantidade de amostras, não será feita a análise espacial da AA-1 para poeira domiciliar.

Tabela 49 - Resultados Analíticos de Poeira Domiciliar AA1

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 420/COPAM N° 166		Pontos de Amostragem	
			Investigação		AC-02-POE	AC-03-POE
			Agrícola	Residencial		
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	< 12,5	< 12,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	39,60	165,00
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	39,60	165,00
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	3.690,00	4.040,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	5,15	2,99
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	44,00	43,40
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	122,00	37,90
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	8,17	3,58
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	3,21	11,70
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	35,20	27,40
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	22,70	13,30
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	35.200,00	8.070,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	469,00	198,00
Mercurio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	< 0,05	< 0,05
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	7,22	3,42
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	14,90	9,69
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	49,90	148,00

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola	RED
0,00 > V.I. Residencial ou EPA	REI
0,00 - V.I. EPA RSL	RNE

5.4.3.8.2. RESULTADOS AMOSTRAS DE POEIRA DOMICILIAR DA AA-2

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 50**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) agrícola e residencial estabelecidos pelo Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009, e COPAM N° 166, de 29 de junho de 2011. Para os metais Alumínio, Boro, Ferro, Manganês, Selênio e Vanádio, utilizaram-se os VI para solo residencial estabelecidos pela EPA RSL. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Cádmio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Os metais Alumínio, Arsênio, Bário, Boro, Cobalto, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.
- ✓ O Antimônio apresentou concentração superior aos VI agrícola (5 mg/kg) e residencial (10 mg/kg) adotados, respectivamente nas amostras POE-06 (**9,35** mg/kg) e POE-24 (**25,9** mg/kg). As amostras POE-05, POE-14, POE-17, POE-19 e POE-25 apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados. O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ O Chumbo apresentou concentração superior ao VI agrícola (180 mg/kg) na amostra POE-24 (**297** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.
- ✓ O Ferro, apesar de apresentar concentrações detectáveis inferiores ao VI adotado (55.000 mg/kg), apresenta uma variância significativa da concentração entre as amostras, sendo elas POE-03 (6.300 mg/kg), POE-05 (10.800 mg/kg), POE-06 (8.710 mg/kg), POE-07 (16.400 mg/kg), POE-10 (10.800 mg/kg), POE-14 (8.040 mg/kg), POE-17 (15.400 mg/kg), POE-19 (7.630 mg/kg), POE-20 (30.300 mg/kg), POE-21 (4.460 mg/kg), POE-22 (7.360 mg/kg), POE-24 (17.100 mg/kg), POE-25 (41.300 mg/kg), POE-27-A (36.200 mg/kg), AC-05-POE (4.480 mg/kg), AC-06-POE (6.440 mg/kg) e AC-08-POE (15.900 mg/kg).

Tabela 50 - Resultados Analíticos de Poeira Domiciliar AA2

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 420/COPAM N° 166		Pontos de Amostragem								
			Investigação		POE-03	POE-05	POE-06	POE-07	POE-10	POE-14	POE-17	POE-19	POE-20
			Agrícola	Residencial									
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	< 12,5	12,60	27,80	< 12,5	< 12,5	< 12,5	15,80	< 12,5	< 12,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	104,00	103,00	382,00	< 25	160,00	< 25	113,00	126,00	635,00
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	104,00	90,00	354,00	< 12,5	160,00	24,80	97,70	126,00	635,00
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	4.590,00	5.930,00	8.140,00	8.550,00	3.690,00	5.920,00	17.400,00	2.450,00	5.020,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	< 1	4,19	9,35	< 1	< 1	3,89	1,63	2,20	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	4,85	1,42	2,40	< 1	3,59	4,20	2,32	1,23	6,81
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	29,10	51,80	44,00	53,10	27,70	172,00	41,00	31,40	42,90
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	26,80	53,00	45,30	56,20	60,50	44,50	69,00	34,40	110,00
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	6,47	16,20	8,28	7,30	3,79	4,82	7,00	4,24	14,50
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	2,11	1,72	1,99	4,62	1,83	2,89	3,29	1,76	2,53
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	37,80	19,80	37,90	30,60	26,90	25,40	21,40	16,20	32,60
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	5,73	17,70	19,40	13,40	5,91	12,30	93,80	11,80	10,20
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	6.300,00	10.800,00	8.710,00	16.400,00	10.800,00	8.040,00	15.400,00	7.630,00	30.300,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	103,00	214,00	112,00	239,00	147,00	343,00	219,00	236,00	306,00
Mercurio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	0,05	< 0,05	0,06	0,06	< 0,05	< 0,05	0,06	< 0,05	0,06
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	1,08	< 1	< 1	< 1	< 1	1,81	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	1,82	5,26	8,23	4,81	3,45	4,82	29,70	4,02	2,82
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	9,50	8,03	8,89	22,30	7,77	14,50	22,10	4,98	11,70
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	104,00	182,00	190,00	81,50	114,00	192,00	102,00	84,80	99,00

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola
0,00 > V.I. Residencial ou EPA
0,00 - V.I. EPA RSL

RED
REI
RNE

Tabela 50 - Resultados Analíticos de Poeira Domiciliar AA2

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 420/COPAM N° 166		Pontos de Amostragem							
			Investigação		POE-21	POE-22	POE-24	POE-25	POE-27-A	AC-05-POE	AC-06-POE	AC-08-POE
			Agrícola	Residencial								
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	378,00	< 12,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	45,00	61,70	43,70	111,00	< 25	< 25	594,00	< 25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	45,00	61,70	43,70	100,00	19,80	24,80	216,00	20,30
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	2.210,00	7.500,00	5.060,00	13.300,00	12.700,00	5.490,00	3.760,00	8.010,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	< 1	< 1	25,90	2,44	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	< 1	7,58	8,55	4,56	5,38	5,00	4,93	1,93
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	23,30	45,00	38,20	87,80	64,80	48,00	40,50	51,90
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	22,40	35,90	69,00	154,00	149,00	34,90	32,40	59,30
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	3,03	1,52	297,00	12,50	9,16	3,85	6,40	7,30
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	1,34	2,17	2,21	4,27	4,85	2,85	2,75	5,61
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	13,90	8,61	33,90	7,62	14,30	25,10	48,80	31,20
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	8,64	9,45	89,40	27,20	33,80	10,20	9,21	15,40
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	4.460,00	7.360,00	17.100,00	41.300,00	36.200,00	4.480,00	6.440,00	15.900,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	180,00	153,00	347,00	745,00	439,00	308,00	214,00	241,00
Mercurio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	0,06	< 0,05	< 0,05	0,08	0,08	< 0,05	0,05	< 0,05
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	2,24	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	1,96	3,28	4,18	10,20	12,70	4,89	19,40	5,02
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2,38	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	4,21	10,30	11,30	14,10	21,30	10,80	6,10	28,70
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	68,20	15,80	101,00	58,80	65,60	95,10	247,00	62,70

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola
0,00 > V.I. Residencial ou EPA
0,00 - V.I. EPA RSL

RED
REI
RNE

5.4.3.8.3. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE POEIRA DOMICILIAR DA AA-2

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

O **Quadro 22** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-2.

Quadro 22 - Identificação de Amostra de Poeira Domiciliar por Região de Exposição AA-2

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	POE-06, POE-19, POE-25, POE-27A
REI	POE-03, POE-10, POE-14, POE-20, POE-21, POE-22
RNE	POE-05, POE-07, POE-17, POE-24, AC-05-POE, AC-06-POE, AC-08-POE

Alumínio

O Alumínio apresentou concentrações superiores na RED em relação a REI e RNE, embora haja um *outlier* na RNE, na amostra POE-17 (17.400 mg/kg), porém todas as regiões apresentaram concentrações inferiores ao VI adotado, conforme **Gráfico 96**. Destaca-se que há grande variância nas concentrações da RED (2.450 a 13.300 mg/kg), havendo interposição de concentrações com amostras na REI (5.020 a 7.500 mg/kg) e RNE (3.760 a 8.550 mg/kg, sem o *outlier*).

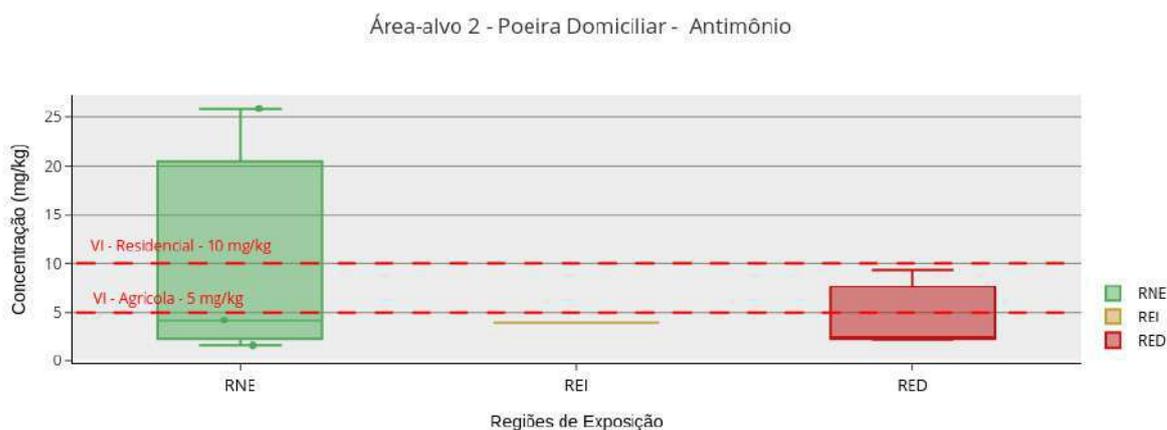
Gráfico 96 - Concentrações de Alumínio de Poeira Domiciliar AA2



Antimônio

O Antimônio apresentou concentrações similares na RED, REI e RNE e inferiores aos VI adotados, com exceção de dois *outliers*, sendo eles as amostras POE-06 e POE-24, que se apresentam superiores aos VI agrícola e residencial, respectivamente, conforme **Gráfico 97**.

Gráfico 97 - Concentrações de Antimônio de Poeira Domiciliar AA2



Chumbo

O Chumbo apresenta concentrações similares na RED, REI e RNE e inferiores aos VI adotados, com exceção da amostra POE-24, localizada na RNE, conforme **Gráfico 98**. Logo, não foi observada correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Gráfico 98 - Concentrações de Chumbo de Poeira Domiciliar AA2



Ferro

O Ferro apresentou maiores concentrações na RED em relação à REI e RNE, porém inferiores ao VI adotado, conforme **Gráfico 99**. Destaca-se que há grande variância nas concentrações da RED (8.710 a 41.300 mg/kg), havendo interposição de concentrações com amostras na REI (4.460 a 30.300 mg/kg) e RNE (4.480 a 17.100 mg/kg).

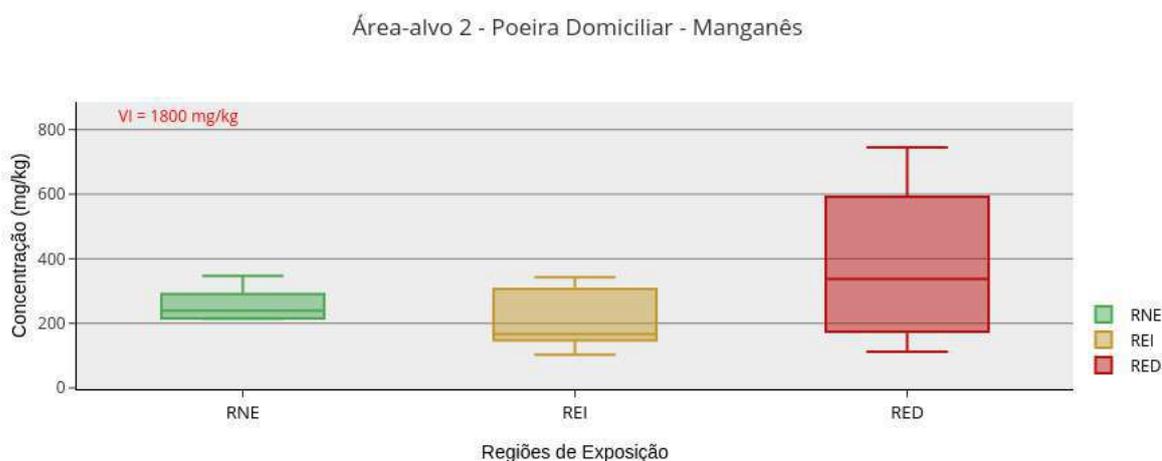
Gráfico 99 - Concentrações de Ferro de Poeira Domiciliar AA2



Manganês

O Manganês apresentou maiores concentrações na RED em relação à REI e RNE, porém inferiores ao VI adotado, conforme **Gráfico 100**. Assim como Alumínio e Ferro, destaca-se que há grande variância nas concentrações da RED (112 a 745 mg/kg), havendo interposição de concentrações com amostras na REI (103 a 306 mg/kg) e RNE (214 a 347 mg/kg).

Gráfico 100 - Concentrações de Manganês de Poeira Domiciliar AA2



Mercúrio

O Mercúrio apresenta concentrações superiores na RED em relação a REI e RNE, porém não há diferenças significativas, sendo todas as concentrações inferiores aos VI adotados, conforme **Gráfico 101**.

Gráfico 101 - Concentrações de Mercúrio de Poeira Domiciliar AA2



Demais Metais

Os metais Arsênio, Bário, Boro, Cobalto, Cobre, Cromo, Níquel, Vanádio e Zinco apresentaram traços na RED, REI e RNE, porém sem correlação espacial das concentrações em relação às regiões.

5.4.3.8.4. RESULTADOS AMOSTRAS DE POEIRA DOMICILIAR DA AA-3

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 51**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) agrícola e residencial estabelecidos pelo Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009, e COPAM N° 166, de 29 de junho de 2011. Para os metais Alumínio, Boro, Ferro, Manganês, Selênio e Vanádio, utilizaram-se os VI para solo residencial estabelecidos pela EPA RSL. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Molibdênio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Os metais Alumínio, Antimônio, Boro, Chumbo, Cobalto, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio, Níquel, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.
- ✓ O Arsênio apresentou concentração superior ao VI residencial adotado (55 mg/kg) na amostra POE-02 (**78,1** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados, com exceção da amostra POE-04, que apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ O Bário apresentou concentração superior ao VI residencial adotado (500 mg/kg) na amostra POE-11 (**667** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.
- ✓ O Cádmiu apresentou concentração superior ao VI agrícola adotado (3 mg/kg) na amostra POE-11 (**3,43** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.
- ✓ O Cobre apresentou concentrações superiores aos VI agrícola (200 mg/kg) e residencial (400 mg/kg) respectivamente nas amostras POE-04 (**200** mg/kg) e POE-12 (**23.700** mg/kg).

mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.

- ✓ O Ferro apresentou concentração superior ao VI adotado (55.000 mg/kg) na amostra POE-04 (**118.000** mg/kg). As amostras POE-01 (28.700 mg/kg), POE-02 (5.250 mg/kg), POE-09 (14.200 mg/kg), POE-11 (3.520 mg/kg), POE-12 (6.100 mg/kg), POE-23 (20.700 mg/kg), POE-27-B (7.980 mg/kg), AC-01-POE (25.200 mg/kg), AC-04-POE (8.220 mg/kg) e AC-07-POE (6.460 mg/kg) apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores ao VI adotado.
- ✓ Zinco apresentou concentração superior ao VI residencial adotado (1.000 mg/kg) na amostra POE-11 (**5.920** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.

Tabela 51 - Resultados Analíticos de Poeira Domiciliar AA3

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 420/COPAM N° 166		Pontos de Amostragem										
			Investigação		POE-01	POE-02	POE-04	POE-09	POE-11	POE-12	POE-23	POE-27-B	AC-01-POE	AC-04-POE	AC-07-POE
			Agrícola	Residencial											
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 20,09	52,20	< 12,5	< 12,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	< 25	43,70	< 25	254,00	268,00	53,10	36,90	92,40	897,00	< 25	< 25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	20,30	43,70	14,00	254,00	268,00	53,10	36,90	92,40	845,00	< 12,5	20,30
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	10.800,00	6.210,00	10.300,00	6.500,00	3.940,00	3.650,00	7.480,00	10.600,00	2.210,00	9.390,00	5.420,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	1,93	1,69	3,53	2,86	< 1	1,29	3,46	1,66	1,95	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	6,49	78,10	< 1	10,80	6,64	2,80	3,20	6,17	2,04	4,52	5,82
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	92,00	83,50	42,90	71,70	567,00	65,60	106,00	70,50	69,40	55,80	57,70
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	185,00	190,00	409,00	69,50	36,70	28,60	87,90	49,90	102,00	35,90	27,90
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3,43	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	58,30	22,90	68,30	11,80	34,80	15,70	23,40	4,89	22,50	9,12	7,23
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	7,87	2,38	3,80	3,03	2,61	1,18	8,09	1,92	1,89	3,35	3,23
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	83,70	31,70	200,00	15,80	12,20	23.700,00	154,00	13,80	8,41	52,50	41,20
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	42,00	8,47	9,77	15,40	7,15	8,61	50,80	8,08	10,50	14,00	13,70
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	28.700,00	5.250,00	118.000,00	14.200,00	3.520,00	6.100,00	20.700,00	7.980,00	25.200,00	8.220,00	6.460,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	453,00	260,00	240,00	287,00	139,00	240,00	708,00	245,00	543,00	315,00	394,00
Mercurio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	0,11	0,06	0,07	0,06	< 0,05	0,08	0,13	0,09	0,09	< 0,05	< 0,05
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	11,50	2,75	31,50	5,99	1,71	2,57	22,80	4,16	2,59	5,91	4,18
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	30,20	9,35	19,80	15,30	7,65	6,02	17,10	18,30	8,11	16,80	12,30
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	210,00	67,40	39,90	87,50	5.920,00	74,40	83,50	42,50	59,00	117,00	150,00

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola	RED
0,00 > V.I. Residencial ou EPA	REI
0,00 - V.I. EPA RSL	RNE

5.4.3.8.5. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE POEIRA DOMICILIAR DA AA-3

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

O **Quadro 23** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-3.

Quadro 23 - Identificação de Amostra de Poeira Domiciliar por Região de Exposição AA-3

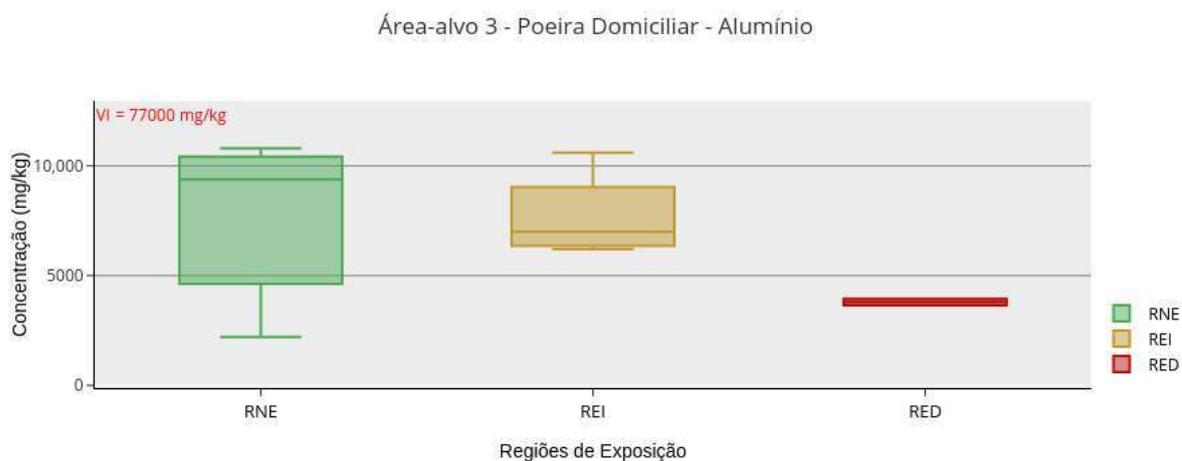
Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	POE-11, POE-12
REI	POE-02, POE-09, POE-23, POE-27B
RNE	POE-01, POE-04, AC-01-POE, AC-04-POE, AC-07-POE

Ressalta-se que, devido à limitação na quantidade de amostras na RED, as interpretações sobre a correlação espacial das concentrações e as regiões devem ser consideradas com a limitação do número de amostras.

Alumínio

As concentrações na RNE e REI são superiores as encontradas na RED, porém inferiores ao VI adotado, conforme **Gráfico 102**.

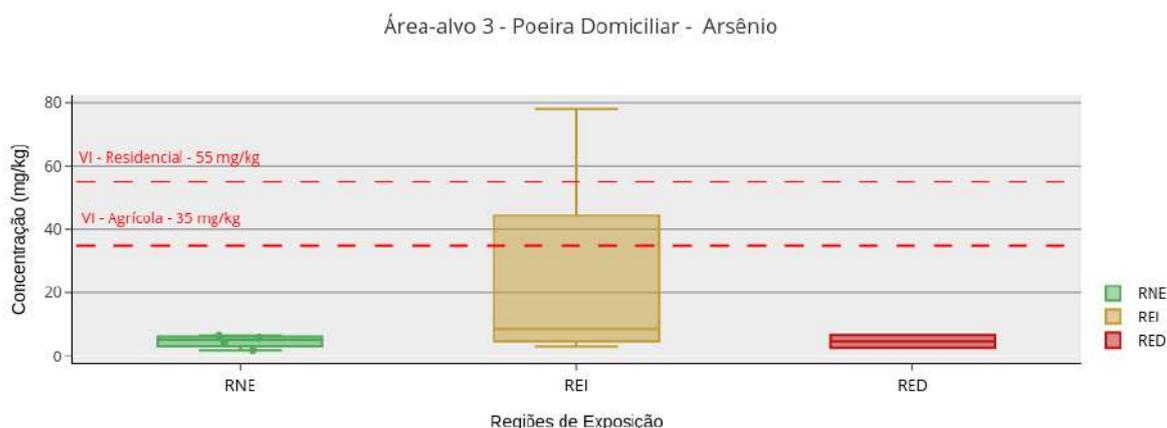
Gráfico 102 - Concentrações de Alumínio de Poeira Domiciliar AA3



Arsênio

O Arsênio apresentou concentrações similares na RED, REI e RNE, com exceção de um *outlier* superior aos VI adotados na REI, conforme **Gráfico 103**. Logo, não foi observada correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Gráfico 103 - Concentrações de Arsênio de Poeira Domiciliar AA3



Bário

O Bário apresentou concentrações similares na RED, REI e RNE, com exceção de um *outlier* superior aos VI adotados na RED, conforme **Gráfico 104**. Logo, não foi observada correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Gráfico 104 - Concentrações de Bário de Poeira Domiciliar AA3



Cádmio

O Cádmio apresentou concentração detectável e superior aos VI adotados em apenas uma amostra, não apresentando concentração detectável em nenhuma outra. Logo, não foi observada correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Cobre

O Cobre apresentou concentrações similares na RED, REI e RNE, com exceção de dois *outliers* superiores aos VI adotados na RED e RNE, conforme **Gráfico 105**. Logo, não foi observada correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Gráfico 105 - Concentrações de Cobre de Poeira Domiciliar AA3



Ferro

O Ferro apresentou concentrações menores na RED em relação à REI e RNE. As concentrações não apresentam diferenças significativas entre si, com exceção de um *outlier* superior aos VI adotados na RNE, conforme **Gráfico 106**. Logo, não foi observada correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Gráfico 106 - Concentrações de Ferro de Poeira Domiciliar AA3



Zinco

O Zinco apresentou concentrações similares na RED, REI e RNE, com exceção de um *outlier* superior aos VI adotados na RED, conforme **Gráfico 107**. Logo, não foi observada correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE

Gráfico 107 - Concentrações de Zinco de Poeira Domiciliar AA3



Demais Metais

Os metais Antimônio, Boro, Chumbo, Cobalto, Cromo, Manganês, Mercúrio, Molibdênio e Vanádio apresentaram traços na RED, REI e RNE, porém sem correlação espacial das concentrações em relação às regiões.

5.4.3.9. Raspagem de Alvenarias

Foram coletadas amostras de raspagem de alvenaria, coletadas em residências ao longo do rio Gualaxo do Norte (principal rio da região de estudo) e residências em pontos de controle para caracterização das concentrações basais na região, nos locais coincidentes com a coleta de poeira domiciliar. Ao todo foram 34 pontos de coleta separados nas três áreas-alvo, que por sua vez foram divididas em regiões de cenários de exposição (RED, REI e RNE). Destas 34 amostras realizadas, 5 estão localizadas na RED, 10 na REI e 14 na RNE. A divisão das amostras para cada área-alvo é apresentada na **Tabela 52** abaixo.

Tabela 52 - Amostras coletadas de Raspagem de Alvenaria em cada área-alvo e regiões de exposição.

Área-Alvo	AA-1	AA-2	AA-3
RED	-	3	2
REI	-	6	4
RNE	2	7	5

Nos itens a seguir serão apresentados os resultados das amostragens em raspagem de alvenaria para cada área-alvo.

5.4.3.9.1. RESULTADOS AMOSTRAS DE RASPAGEM DE ALVENARIA DA AA-1

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 53**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) agrícola e residencial estabelecidos pelo Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009, e COPAM N° 166, de 29 de junho de 2011. Para os metais Alumínio, Boro, Ferro, Manganês, Selênio e Vanádio, utilizaram-se os VI para solo residencial estabelecidos pela EPA RSL. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Antimônio, Cádmio, Mercúrio, Molibdênio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Os metais Alumínio, Arsênio, Bário, Boro, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.
- ✓ O Ferro, apesar de apresentar concentrações detectáveis inferiores ao VI adotado (55.000 mg/kg), é importante destacar as concentrações encontradas nas amostras AC-02-POETINTA (8.540 mg/kg) e AC-03-POETINTA (5.310 mg/kg), devido à importância deste metal para análise do impacto ambiental causado pelo rompimento da barragem de Fundão.

Devido à limitação na quantidade de amostras, não será feita a análise espacial da AA-1 para poeira domiciliar.

Tabela 53 - Resultados Analíticos de Raspagem de Alvenaria AA1

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 420/COPAM N° 166		Pontos de Amostragem	
			Investigação		AC-02-POETINTA	AC-03-POETINTA
			Agrícola	Residencial		
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	< 12,5	< 12,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	< 25	< 25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	22,10	21,20
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	3.400,00	2.850,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	6,12	5,62
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	186,00	37,40
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	46,70	30,90
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	1,41	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	2,06	1,20
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	125,00	18,20
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	13,60	10,10
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	8.540,00	5.310,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	251,00	131,00
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	< 0,05	< 0,05
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	3,83	2,64
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	9,50	8,14
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	93,40	27,90

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola	RED
0,00 > V.I. Residencial ou EPA	REI
0,00 - V.I. EPA RSL	RNE

5.4.3.9.2. RESULTADOS AMOSTRAS DE RASPAGEM DE ALVENARIA DA AA-2

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 54**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) agrícola e residencial estabelecidos pelo Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009, e COPAM N° 166, de 29 de junho de 2011. Para os metais Alumínio, Boro, Ferro, Manganês, Selênio e Vanádio, utilizaram-se os VI para solo residencial estabelecidos pela EPA RSL. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Cádmio, Mercúrio, Prata e Selênio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Os metais Alumínio, Arsênio, Boro, Cobalto, Cobre, Ferro, Manganês, Molibdênio, Níquel e Vanádio apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.
- ✓ O Antimônio apresentou concentração superior ao VI residencial (10 mg/kg) adotado nas amostras POETINTA-12 (**19,9** mg/kg) e POETINTA-25 (**136** mg/kg). As amostras POETINTA-03, POETINTA-05, POETINTA-07, POETINTA-19, POETINTA-21 e POETINTA-22 apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados. O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ O Bário apresentou concentração superior ao VI residencial adotado (500 mg/kg) na amostra POETINTA-17 (**3.280** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.
- ✓ O Cádmio apresentou concentração superior ao VI residencial adotado (8 mg/kg) na amostra POETINTA-17 (**11,6** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ O Chumbo apresentou concentração superior ao VI residencial adotado (300 mg/kg) nas amostras POETINTA-17 (**10.600** mg/kg) e POETINTA-25 (**2.280** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.

- ✓ O Cobalto apresentou concentração superior ao VI residencial adotado (65 mg/kg) na amostra POETINTA-17 (**126** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ O Cromo apresentou concentrações superiores ao VI residencial adotado (300 mg/kg) nas amostras POETINTA-17 (**309** mg/kg) e POETINTA-25 (**458** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.
- ✓ O Ferro, apesar de apresentar concentrações detectáveis inferiores ao VI adotado (55.000 mg/kg), é importante destacar as concentrações encontradas devido à importância deste metal para análise do impacto ambiental causado pelo rompimento da barragem de Fundão, sendo elas POETINTA-03 (8.250 mg/kg), POETINTA-05 (6.660 mg/kg), POETINTA-07 (3.270 mg/kg), POETINTA-10 (10.400 mg/kg), POETINTA-14 (10.100 mg/kg), POETINTA-17 (13.200 mg/kg), POETINTA-19 (8.360 mg/kg), POETINTA-20 (11.500 mg/kg), POETINTA-21 (2.880 mg/kg), POETINTA-22 (5.750 mg/kg), POETINTA-24 (17.400 mg/kg), POETINTA-25 (30.000 mg/kg), POETINTA-27-A (5.220 mg/kg), AC-05-POETINTA (2.300 mg/kg), AC-06-POETINTA (2.980 mg/kg) e AC-08-POETINTA (2.690 mg/kg).
- ✓ O Zinco apresentou concentração superior ao VI residencial adotado (1.000 mg/kg) na amostra POETINTA-17 (**106.000** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.

Tabela 54 - Resultados Analíticos de Raspagem de Alvenaria AA2

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 420/COPAM N° 166		Pontos de Amostragem							
			Investigação		POETINTA-03	POETINTA-05	POETINTA-07	POETINTA-10	POETINTA-14	POETINTA-17	POETINTA-19	POETINTA-20
			Agrícola	Residencial								
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	< 12,5	-	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	< 25	-	< 25	< 25	38,30	< 25	< 25	< 25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	< 12,5	-	16,20	21,20	38,30	< 12,5	18,90	12,60
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	6.180,00	5.580,00	4.250,00	5.030,00	7.420,00	2.060,00	7.510,00	5.350,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	1,91	2,70	1,82	< 1	< 1	19,90	1,46	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	9,35	5,34	2,81	5,79	7,91	10,40	6,64	5,12
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	55,80	83,40	52,50	44,30	214,00	3.280,00	59,60	39,30
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	43,80	35,40	25,40	57,60	53,40	57,80	48,80	27,10
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	11,60	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	43,90	4,42	19,70	< 1	2,46	10.600,00	1,88	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	19,50	3,75	13,80	4,34	10,70	126,00	3,15	8,83
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	16,90	5,62	29,10	30,40	12,60	37,20	91,30	39,30
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	14,40	23,70	48,00	6,63	13,90	309,00	10,70	4,12
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	8.250,00	6.660,00	3.270,00	10.400,00	10.100,00	13.200,00	8.360,00	11.500,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	175,00	462,00	186,00	262,00	316,00	134,00	304,00	354,00
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	2,81	3,72	2,71	2,29	4,31	4,04	4,00	2,51
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	3,61	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	11,60	15,20	7,54	7,70	15,40	5,88	14,40	7,99
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	50,90	72,80	129,00	28,40	88,90	106.000,00	13,60	55,50

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola

RED

0,00 > V.I. Residencial ou EPA

REI

0,00 - V.I. EPA RSL

RNE

Tabela 54 - Resultados Analíticos de Raspagem de Alvenaria AA2

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 420/COPAM N° 166		Pontos de Amostragem							
			Investigação		POETINTA-21	POETINTA-22	POETINTA-24	POETINTA-25	POETINTA-27-A	AC-05-POETINTA	AC-06-POETINTA	AC-08-POETINTA
			Agrícola	Residencial								
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	39,20	< 12,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	27,50	< 25	< 25	64,80	42,30	34,70	57,20	< 25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	27,50	< 12,5	< 12,5	64,80	42,30	34,70	18,00	23,90
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	4.820,00	6.730,00	7.810,00	5.610,00	4.580,00	4.320,00	3.270,00	4.640,00
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	3,20	2,56	< 1	136,00	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	7,91	8,81	21,20	13,40	4,75	9,92	8,16	3,85
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	29,90	41,00	44,50	67,20	65,60	47,60	35,60	57,60
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	15,10	29,60	65,30	127,00	37,20	27,50	19,00	28,60
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	< 1	1,37	4,65	2.280,00	1,67	1,03	< 1	1,05
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	10,80	1,97	2,61	25,40	6,28	1,71	2,43	3,36
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	83,70	6,13	20,70	30,90	12,30	19,90	19,70	39,00
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	4,53	9,77	24,80	458,00	17,40	11,40	7,14	15,20
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	2.880,00	5.750,00	17.400,00	30.000,00	5.220,00	2.300,00	2.980,00	2.690,00
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	108,00	188,00	424,00	533,00	216,00	293,00	160,00	337,00
Mercurio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	2,89	< 1	8,79	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	1,83	2,81	3,55	5,22	3,65	2,66	2,86	5,20
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	3,53	9,47	11,70	14,00	17,90	9,38	5,52	8,02
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	51,20	15,10	32,90	15,40	246,00	36,40	44,00	29,40

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola

RED

0,00 > V.I. Residencial ou EPA

REI

0,00 - V.I. EPA RSL

RNE

5.4.3.9.3. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE RASPAGEM DE ALVENARIA DA AA-2

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

O **Quadro 24** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-2.

Quadro 24 - Identificação de Amostra de Raspagem de Alvenaria por Região de Exposição

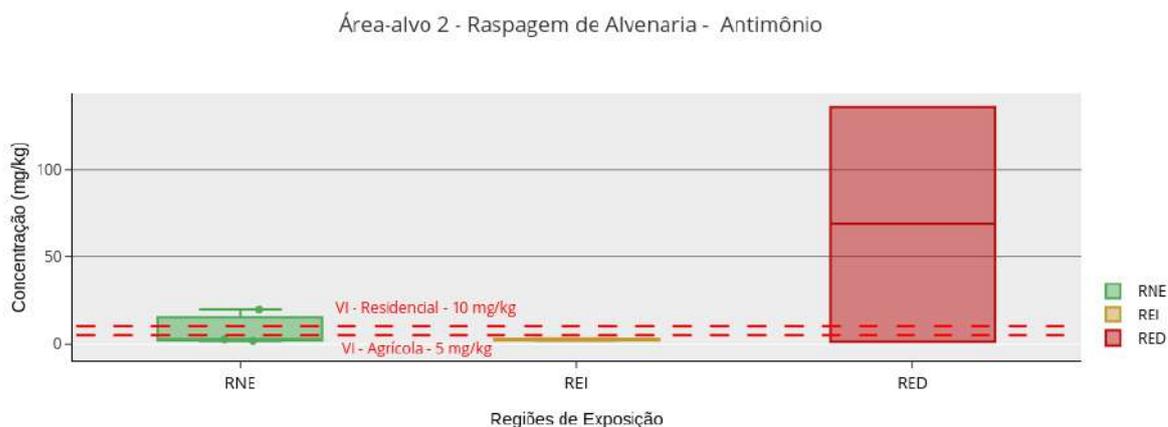
Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	POETINTA-19, POETINTA-25, POETINTA-27A
REI	POETINTA-03, POETINTA-10, POETINTA-14, POETINTA-20, POETINTA-21, POETINTA-22
RNE	POETINTA-05, POETINTA-07, POETINTA-17, POETINTA-24, AC-05-POETINTA, AC-06-POETINTA, AC-08-POETINTA

Ressalta-se que, devido à limitação na quantidade de amostras na RED, as interpretações sobre a correlação espacial das concentrações e as regiões devem ser consideradas com a limitação do número de amostras.

Antimônio

O Antimônio apresentou concentrações similares na RED (1,46 mg/kg), REI (1,91 a 3,2 mg/kg) e RNE (1,82 a 19,9 mg/kg), porém devido ao *outlier* na amostra POETINTA-25 na RED, a representação em gráfico *boxplot* não é bem representativa da variância das concentrações, conforme **Gráfico 108**. Logo, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

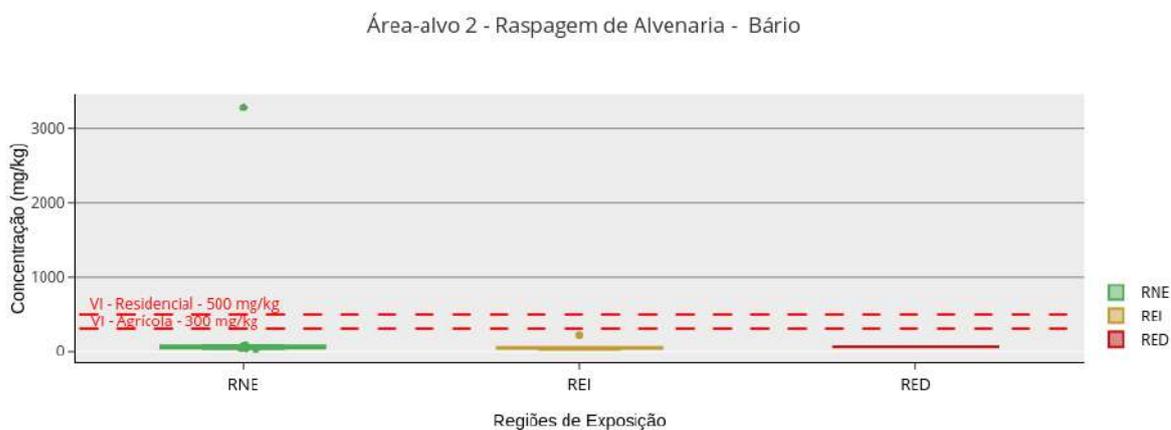
Gráfico 108 - Concentrações de Antimônio de Raspagem de Alvenaria AA2



Bário

O Bário apresentou concentrações similares na RED, REI e RNE, inferiores aos VI adotados, com exceção de um *outlier* na RNE, conforme **Gráfico 109**. Logo, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

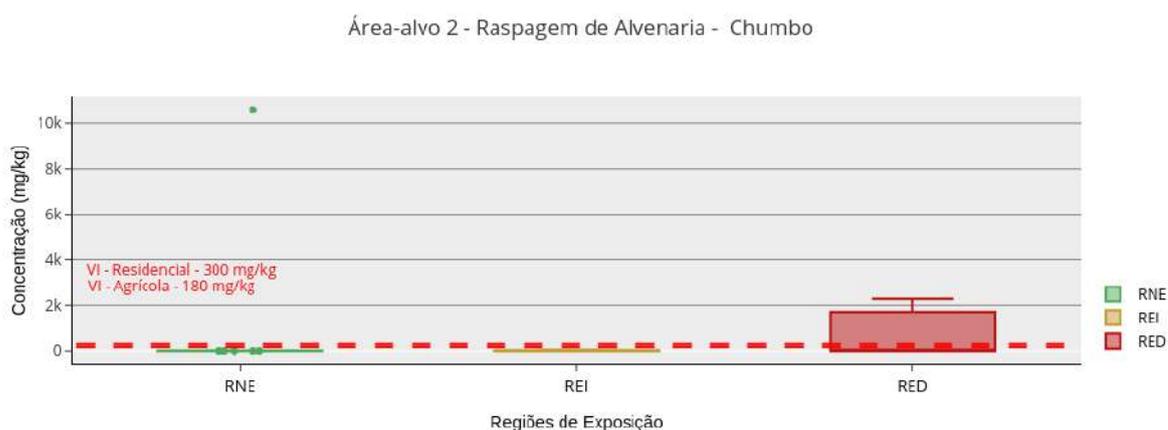
Gráfico 109 - Concentrações de Bário de Raspagem de Alvenaria AA2



Chumbo

Assim como o Bário, o Chumbo apresentou concentrações similares na RED, REI e RNE, inferiores aos VI adotados, com exceção de dois *outliers* na RED e RNE, respectivamente, conforme **Gráfico 110**. Logo, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

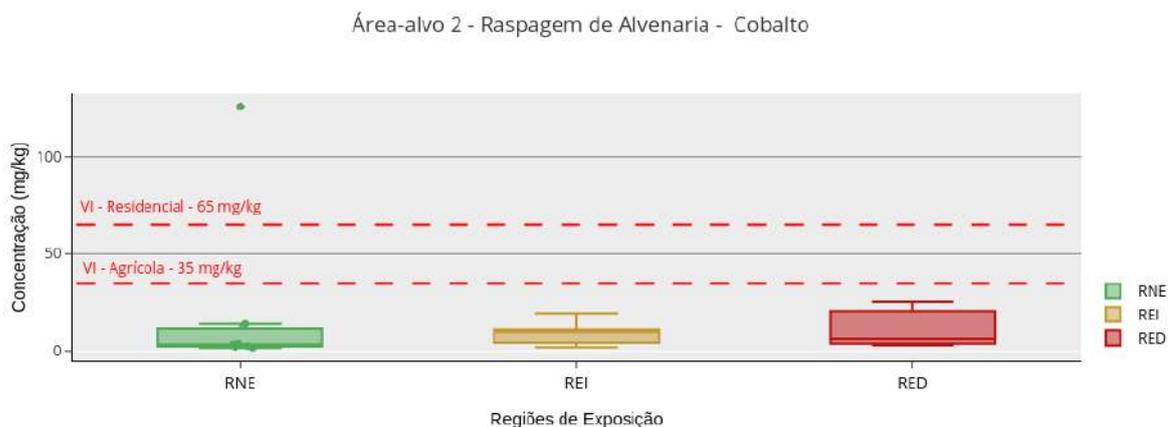
Gráfico 110 - Concentrações de Chumbo de Raspagem de Alvenaria AA2



Cobalto

O Cobalto, assim como Bário e Chumbo, apresentou concentrações similares na RED, REI e RNE, inferiores aos VI adotados, com exceção de um *outlier* na RNE, conforme **Gráfico 111**. Logo, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

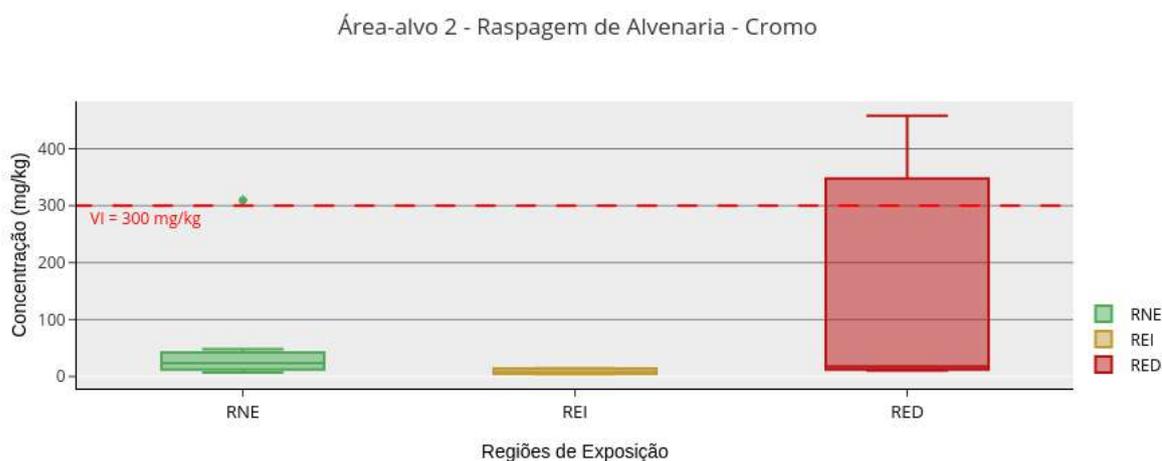
Gráfico 111 - Concentrações de Cobalto de Raspagem de Alvenaria AA2



Cromo

Assim como o Bário, Chumbo e Cobalto, o Cromo apresentou concentrações similares na RED, REI e RNE, inferiores aos VI adotados, com exceção de dois *outliers* na RED e RNE, respectivamente, conforme **Gráfico 112**. Logo, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Gráfico 112 - Concentrações de Cromo de Raspagem de Alvenaria AA2



Ferro

O Ferro apresentou concentrações similares na RED (5.220 a 8.360 mg/kg), REI (2.880 a 11.500 mg/kg) e RNE (2.300 a 17.400 mg/kg), porém devido ao *outlier* na amostra POETINTA-25 na RED (30.000 mg/kg), a representação em gráfico *boxplot* não é bem

representativa da variância das concentrações, conforme **Gráfico 113**. Logo, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Gráfico 113 - Concentrações de Ferro de Raspagem de Alvenaria AA2



Demais Metais

Os metais Alumínio, Arsênio, Boro, Cobre, Manganês, Níquel, Vanádio e Zinco apresentaram traços na RED, REI e RNE, porém sem correlação espacial das concentrações em relação às regiões.

5.4.3.9.4. RESULTADOS AMOSTRAS DE RASPAGEM DE ALVENARIA DA AA-3

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 55**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores de investigação (VI) agrícola e residencial estabelecidos pelo Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009, e COPAM N° 166, de 29 de junho de 2011. Para os metais Alumínio, Boro, Ferro, Manganês, Selênio e Vanádio, utilizaram-se os VI para solo residencial estabelecidos pela EPA RSL. Neste contexto, têm-se:

- ✓ Os metais Cádmio, Molibdênio e Prata apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Os metais Alumínio, Arsênio, Boro, Ferro, Manganês, Mercúrio, Níquel, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações detectáveis, porém inferiores aos VI adotados.

- ✓ O Antimônio apresentou concentrações superiores ao VI residencial adotado (10 mg/kg) nas amostras POETINTA-01 (**10,3** mg/kg) e AC-04-POETINTA (**15.8** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.
- ✓ O Bário apresentou concentração superior ao VI residencial adotado (500 mg/kg) na amostra AC-01-POETINTA (**689** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.
- ✓ O Chumbo apresentou concentrações superiores ao VI residencial adotado (300 mg/kg) nas amostras POETINTA-01 (**3,43** mg/kg), AC-01-POETINTA (**455** mg/kg) e AC-04-POETINTA (**402** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior aos VI adotados.
- ✓ O Cobalto apresentou concentração superior ao VI agrícola (35 mg/kg) adotado na amostra POETINTA-01 (**37,9** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior aos VI adotados.
- ✓ O Cobre apresentou concentrações superiores aos VI agrícola (200 mg/kg) e residencial (400 mg/kg) respectivamente nas amostras POETINTA-12 (**216** mg/kg) e POETINTA-23 (**997** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração detectável, porém inferior aos VI adotados.
- ✓ O Cromo apresentou concentração superior ao VI residencial adotado (300 mg/kg) na amostra POETINTA-01 (**249** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao VI adotado.
- ✓ O Ferro, apesar de apresentar concentrações detectáveis inferiores ao VI adotado (55.000 mg/kg), é importante destacar as concentrações encontradas devido à importância deste metal para análise do impacto ambiental causado pelo rompimento da barragem de Fundão, sendo elas POETINTA-01 (13.800 mg/kg), POETINTA-02 (3.770 mg/kg), POETINTA-04 (2.740 mg/kg), POETINTA-09 (4.420 mg/kg), POETINTA-11 (11.700 mg/kg), POETINTA-12 (5.030 mg/kg), POETINTA-23 (13.600 mg/kg), POETINTA-27-B (3.750 mg/kg), AC-01-POETINTA (3.840 mg/kg), AC-04-POETINTA (6.630 mg/kg) e AC-07-POETINTA (4.810 mg/kg).

Tabela 55 - Resultados Analíticos de Raspagem de Alvenaria AA3

Elementos	CAS	Unidade	CONAMA 420/COPAM N° 166		Pontos de Amostragem											
			Investigação		POETINTA-	POETINTA-	POETINTA-	POETINTA-	POETINTA-	POETINTA-	POETINTA-	POETINTA-27-	AC-01-	AC-04-	AC-07-	
			Agrícola	Residencial	01	02	04	09	11	12	23	B	POETINTA	POETINTA	POETINTA	
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 13,24	< 12,5	< 18,44	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	101,00	43,20	< 25	< 26,47	< 25	< 36,89	70,20	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	101,00	43,20	21,60	< 13,24	< 12,5	< 18,44	70,20	< 12,5	16,20	22,10	< 12,5	< 12,5
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	77.000,00	8.490,00	5.060,00	3.240,00	2.240,00	4.270,00	3.540,00	8.470,00	7.600,00	5.710,00	11.300,00	5.870,00	
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	5,00	10,00	10,30	1,98	< 1	< 1	2,18	< 1	1,21	3,34	2,93	15,80	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	35,00	55,00	2,90	4,91	4,43	4,26	7,09	4,57	4,20	2,99	2,68	6,11		
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	300,00	500,00	112,00	51,70	73,40	36,20	44,50	79,20	156,00	44,60	689,00	93,70	39,80	
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	16.000,00	62,30	91,80	28,00	42,70	110,00	24,60	55,70	22,00	27,20	32,70	43,00	
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	3,00	8,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	180,00	300,00	1.390,00	39,50	< 1	< 1	17,40	1,60	27,30	3,75	455,00	402,00	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	35,00	65,00	37,90	3,10	3,05	17,70	1,79	8,65	8,16	3,08	7,22	4,80	2,37	
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	200,00	400,00	67,90	6,62	5,87	109,00	32,30	216,00	997,00	8,79	4,64	39,30	41,40	
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	150,00	300,00	249,00	11,20	10,00	4,99	12,80	6,44	19,80	5,14	111,00	89,20	10,20	
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	55.000,00	13.800,00	3.770,00	2.740,00	4.420,00	11.700,00	5.030,00	13.600,00	3.750,00	3.840,00	6.630,00	4.810,00	
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	1.800,00	218,00	166,00	205,00	105,00	229,00	132,00	300,00	69,50	179,00	430,00	120,00	
Mercurio Total	7439-97-6	mg/kg	12,00	36,00	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,07	< 0,05	0,61	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	50,00	100,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	70,00	100,00	7,18	2,73	4,09	2,17	4,61	2,41	8,98	2,37	2,31	3,07	3,85	
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	25,00	50,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	3.900,00	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1,34	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	3.900,00	14,90	7,51	8,62	5,26	8,99	8,27	10,90	9,91	8,14	11,50	13,40	
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	450,00	1.000,00	70,10	102,00	30,60	47,10	103,00	76,10	36,30	79,50	350,00	69,30	51,80	

Legenda:

0,00 > V.I. Agrícola
0,00 > V.I. Residencial ou EPA
0,00 - V.I. EPA RSL

RED
REI
RNE

5.4.3.9.5. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE RASPAGEM DE ALVENARIA DA AA-3

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 7.4.

O **Quadro 25** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-3.

Quadro 25 - Identificação de Amostra de Raspagem de Alvenaria por Região de Exposição AA-3

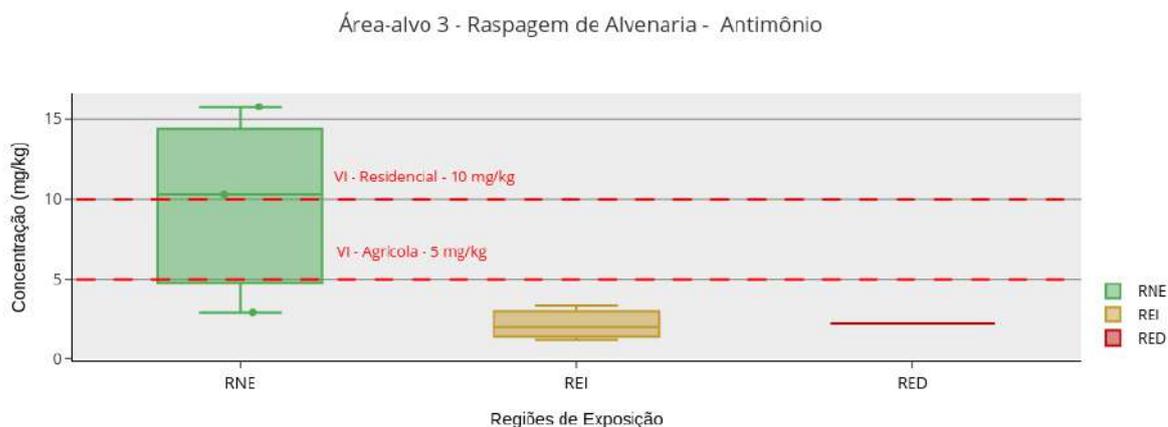
Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	POETINTA-11, POETINTA-12
REI	POETINTA-02, POETINTA-09, POETINTA-23, POETINTA-27B
RNE	POETINTA-01, POETINTA-04, AC-01-POE, AC-04-POETINTA, AC-07-POETINTA

Ressalta-se que, devido à limitação na quantidade de amostras na RED, as interpretações sobre a correlação espacial das concentrações e as regiões devem ser consideradas com a limitação do número de amostras.

Antimônio

O Antimônio apresentou concentrações similares na RED, REI e RNE nas amostras detectáveis, com exceção de dois *outliers* localizados na RNE, superiores aos VI adotados, conforme **Gráfico 114**. Por isso, a representação em gráfico *boxplot* não é bem representativa da variância das concentrações. Logo, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Gráfico 114 - Concentrações de Antimônio de Raspagem de Alvenaria AA3



Bário

O Bário apresentou concentrações similares na RED, REI e RNE, inferiores aos VI adotados, com exceção de um *outlier* na RNE, conforme **Gráfico 115**. Logo, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Gráfico 115 - Concentrações de Bário de Raspagem de Alvenaria AA3



Chumbo

O Chumbo apresentou concentração detectável em 3 de 5 amostras localizadas na RNE, sendo elas com concentrações superiores aos VI adotados. As concentrações na REI e RED não apresentam diferenças significativas nas concentrações, conforme **Gráfico 116**.

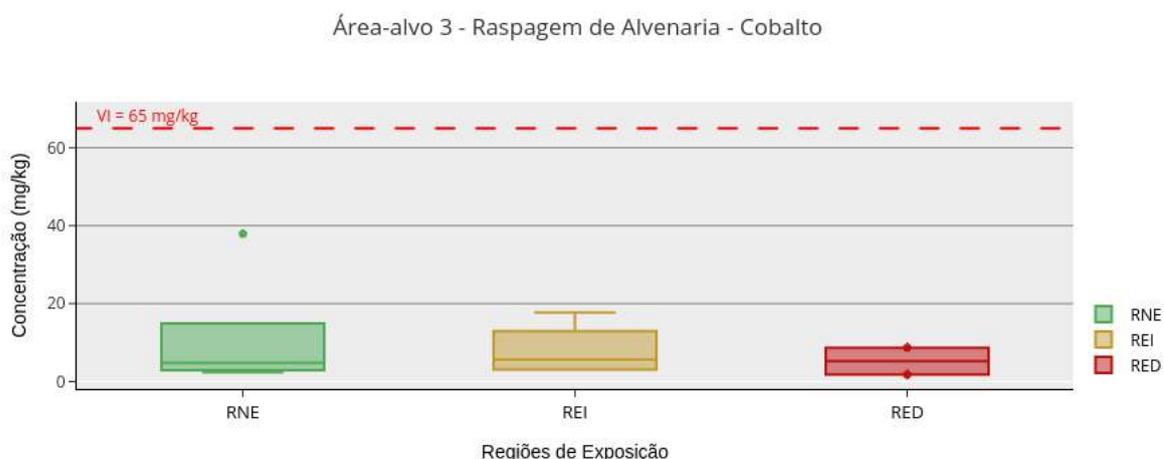
Gráfico 116 - Concentrações de Chumbo de Raspagem de Alvenaria AA3



Cobalto

O Cobalto apresentou concentrações similares na RED, REI e RNE, inferiores aos VI adotados, com exceção de um *outlier* na RNE, conforme **Gráfico 117**. Logo, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

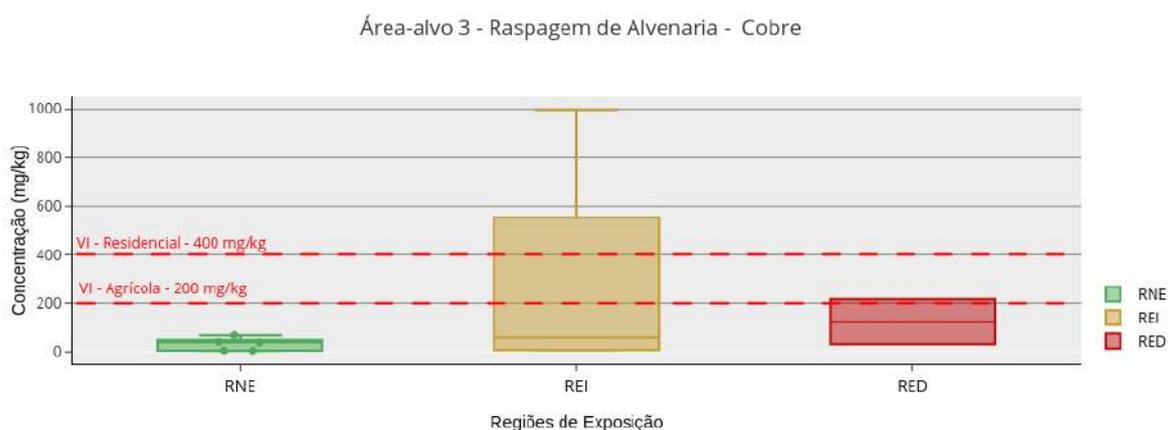
Gráfico 117 - Concentrações de Cobalto de Raspagem de Alvenaria AA3



Cobre

O Cobre apresenta maiores concentrações na RED e REI em relação a RNE, conforme **Gráfico 118**. Essa diferença na variância ocorre devido à presença de *outliers* na REI e na RED, principalmente. Desconsiderando-os, não é possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

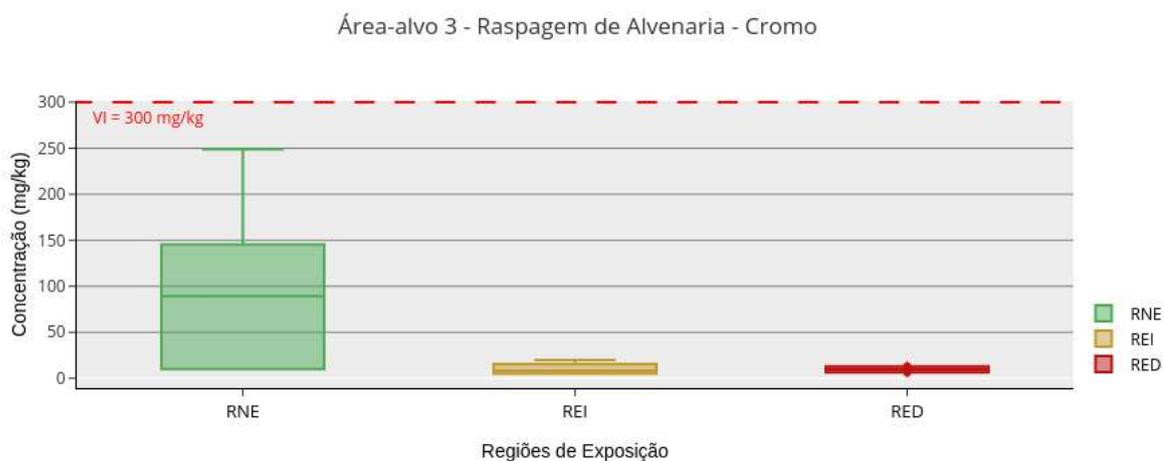
Gráfico 118 - Concentrações de Cobre de Raspagem de Alvenaria AA3



Cromo

O Cromo apresentou concentrações similares na RED e REI, inferiores aos VI adotados. A RNE apresentou variância significativa nas concentrações (10 a **249** mg/kg), conforme **Gráfico 119**. Devido às essas diferenças entre as concentrações na RNE, não foi possível observar uma tendência, fazendo com que a correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE seja incerta.

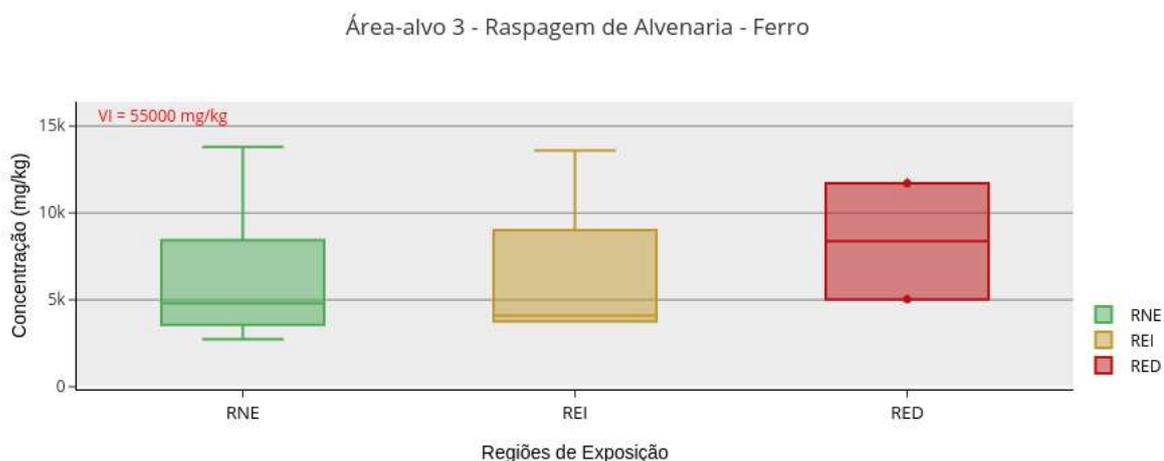
Gráfico 119 - Concentrações de Cromo de Raspagem de Alvenaria AA3



Ferro

O Ferro apresenta variância similar das concentrações na RED, REI e RNE, conforme **Gráfico 120**. Logo, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Gráfico 120 - Concentrações de Ferro de Raspagem de Alvenaria AA3



Demais Metais

Os metais Alumínio, Arsênio, Boro, Manganês, Níquel, Vanádio e Zinco apresentaram traços na RED, REI e RNE, porém sem correlação espacial das concentrações em relação às regiões.

5.4.3.10. Alimento

Foram coletadas amostras de diferentes tipos de alimento (leite bovino, ovos, frutas, tubérculos e hortaliças) ao longo do rio Gualaxo do Norte (principal rio da região de estudo) e em pontos de controle para caracterização das concentrações basais na região. Ao todo foram 74 pontos de coleta separados em duas das três áreas-alvo, que por sua vez foram divididas em regiões de cenários de exposição (RED, REI e RNE). Destas 74 amostras realizadas, 16 estão localizadas na RED, 17 na REI e 41 na RNE. A divisão das amostras para cada área-alvo é apresentada na **Tabela 56**.

Tabela 56 - Amostras coletadas em cada área-alvo e regiões de exposição.

Área-Alvo	AA-1	AA-2	AA-3
RED	-	10	6
REI	-	8	9
RNE	2	19	20

Nos itens a seguir serão apresentados os resultados das amostragens em alimentos para cada área-alvo.

5.4.3.10.1. RESULTADOS AMOSTRAS DE ALIMENTOS DA AA-1

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 57**, **Tabela 58**, **Tabela 59**, **Tabela 60** e **Tabela 61**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores orientadores estabelecidos pela Resolução RDC N° 42, de 29 de agosto de 2013. Na ausência destes valores, utilizaram os seguintes valores orientadores estabelecidos: pelo Decreto N° 55.871 da ANVISA, de 26 de março de 1965; Portaria N° 685 da ANVISA, de 27 de agosto de 1998; e Codex Alimentarius N° 193 da FAO, de 1995. Neste contexto, têm-se:

Frutas

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Bário, Cádmiu, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Manganês, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.

- ✓ Alumínio não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Alumínio apresentou concentrações detectáveis nas amostras AC-02-FRT (4,85 mg/kg) e AC-03-FRT (1,9 mg/kg).
- ✓ Boro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Boro apresentou concentrações detectáveis nas amostras AC-02-FRT (3,02 mg/kg) e AC-03-FRT (1,8 mg/kg).
- ✓ Ferro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Ferro apresentou concentrações detectáveis nas amostras AC-02-FRT (2,97 mg/kg) e AC-03-FRT (5,12 mg/kg).

Tabela 57 - Resultados Analíticos de Frutas AA1

Elementos	CAS	Unidade	Resolução - RDC nº 42	Lista Orientadora			Pontos de Amostragem	
				ANVISA - Decreto nº 55.871	ANVISA - Portaria nº 685	CODEX ALIMENTARIUS nº 193 - 1995	AC-02-FRT	AC-03-FRT
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25
Monometil Arsênio (MMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	33,80	28,40
Dimetil Arsênio (DMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25
Arsênio Betaina (AsB)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 22,5	< 22,5
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	-	-	4,85	1,90
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	-	-	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	0,30	1,00	-	-	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	-	-	3,02	1,80
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	0,05	1,00	-	-	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	0,10	0,50	-	0,10	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	-	30,00	10,00	-	< 1	< 1
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	-	0,10	-	-	< 1	< 1
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	-	-	-	2,97	5,12
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	-	0,01	-	-	< 0,01	< 0,01
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	-	5,00	-	-	< 1	< 1
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	0,30	-	-	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	-	50,00	-	-	< 1	< 1

Legenda:

0,00 > V.I. RDC ou CODEX	RED
0,00 > V.I. ANVISA	REI
	RNE

Hortalicas

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Alumínio não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Alumínio apresentou concentrações detectáveis nas amostras AC-02-HORT (2,03 mg/kg) e AC-03-HORT (31,5 mg/kg).
- ✓ Bário não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Alumínio apresentou concentração detectável na amostra AC-03-HORT (1,14 mg/kg). A amostra AC-02-HORT apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Boro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Boro apresentou concentrações detectáveis nas amostras AC-02-HORT (2,17 mg/kg) e AC-03-HORT (1,9 mg/kg).
- ✓ Ferro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Ferro apresentou concentrações detectáveis nas amostras AC-02-HORT (35,6 mg/kg) e AC-03-HORT (27,4 mg/kg).
- ✓ Manganês não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Manganês apresentou concentrações detectáveis nas amostras AC-02-HORT (5,68 mg/kg) e AC-03-HORT (8,54 mg/kg).
- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis nas amostras AC-02-HORT (2,12 mg/kg) e AC-03-HORT (1,96 mg/kg), porém inferiores ao VI adotado (50 mg/kg).

Tabela 58 - Resultados Analíticos de Hortaliças AA1

Elementos	CAS	Unidade	Resolução - RDC nº 42	Lista Orientadora			Pontos de Amostragem	
				ANVISA - Decreto nº 55.871	ANVISA - Portaria nº 685	CODEX ALIMENTARIUS nº 193 - 1995	AC-02-HORT	AC-03-HORT
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 22,5	< 11,25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25
Monometil Arsênio (MMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	50,00	45,90
Dimetil Arsênio (DMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25
Arsênio Betaina (AsB)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 22,5
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	-	-	2,03	31,50
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	-	-	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	0,10	1,00	-	-	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	-	-	< 1	1,14
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	-	-	2,17	1,90
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	0,05	1,00	-	0,05	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	0,10	0,50	-	0,05	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	-	30,00	10,00	-	< 1	< 1
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	-	0,10	-	-	< 1	< 1
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	-	-	-	35,60	27,40
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	-	-	-	5,68	8,54
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	-	0,01	-	-	< 0,01	< 0,01
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	-	5,00	-	-	< 1	< 1
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	0,30	-	-	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	-	50,00	-	-	2,12	1,96

Legenda:

0,00 > V.I. RDC ou CODEX

RED

0,00 > V.I. ANVISA

REI

RNE

Leite

- ✓ Os metais Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bário, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Zinco apresentou concentração detectável na amostra AC-02-LEI (4,2 mg/kg), porém inferior ao VI adotado (50 mg/kg).

Tabela 59 - Resultados Analíticos de Leite AA1

Elementos	CAS	Unidade	Resolução - RDC nº 42	Lista Orientadora			Pontos de Amostragem
				ANVISA - Decreto nº 55.871	ANVISA - Portaria nº 685	CODEX ALIMENTARIUS nº 193 - 1995	AC-02-LEI
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25
Monometil Arsênio (MMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	34,20
Dimetil Arsênio (DMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25
Arsênio Betaína (AsB)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 22,5
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	-	-	< 1
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	-	-	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	0,05	1,00	0,10	-	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	-	-	< 1
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	-	-	< 1
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	0,05	1,00	-	-	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	0,02	0,05	0,05	0,02	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	-	30,00	-	-	< 1
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	-	0,10	-	-	< 1
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	-	-	-	< 1
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	-	-	-	< 1
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	-	0,01	-	-	< 0,01
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	-	-	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	-	5,00	-	-	< 1
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	0,30	-	-	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	-	-	< 1
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	-	50,00	-	-	4,20

Legenda:

0,00 > V.I. RDC ou CODEX	RED
0,00 > V.I. ANVISA	REI
	RNE

Ovo

- ✓ Os metais Alumínio, Antimônio, Arsênio, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Manganês, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Bário não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Bário apresentou concentração detectável na amostra AC-02-OVO (1,7 mg/kg). A amostra AC-03-OVO apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Ferro apresentou concentrações detectáveis nas amostras AC-02-OVO (27,7 mg/kg) e AC-03-OVO (13,1 mg/kg).
- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis nas amostras AC-02-OVO (13,4 mg/kg) e AC-03-OVO (9,32 mg/kg), porém inferiores ao VI adotado (50 mg/kg).

Tabela 60 - Resultados Analíticos de Ovo AA1

Elementos	CAS	Unidade	Resolução - RDC nº 42	Lista Orientadora		CODEX ALIMENTARIUS nº 193 - 1995	Pontos de Amostragem	
				ANVISA - Decreto nº 55.871	ANVISA - Portaria nº 685		AC-02-OVO	AC-03-OVO
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25
Monometil Arsênio (MMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	43,20	50,00
Dimetil Arsênio (DMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	195,00
Arsênio Betaina (AsB)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 22,5	< 22,5
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	-	-	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	0,50	1,00	1,00	-	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	-	-	1,70	< 1
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	-	1,00	-	-	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	0,10	0,10	-	-	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	-	30,00	-	-	< 1	< 1
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	-	0,10	-	-	< 1	< 1
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	-	-	-	27,70	13,10
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	-	0,01	-	-	< 0,01	< 0,01
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	-	5,00	-	-	< 1	< 1
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	0,30	-	-	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	-	50,00	-	-	13,40	9,32

Legenda:**0,00** > V.I. RDC ou CODEX

RED

0,00 > V.I. ANVISA

REI

RNE

Vegetais

- ✓ Os metais Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Manganês, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio, Vanádio e Zinco apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Boro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Boro apresentou concentração detectável na amostra AC-02-VEG (1,29 mg/kg). A amostra AC-03-OVO apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Ferro apresentou concentrações detectáveis nas amostras AC-02-VEG (3,36 mg/kg) e AC-03-VEG (5,87 mg/kg).

Devido à limitação na quantidade de amostras, não será feita a análise espacial da AA-1 para alimentos.

Tabela 61 - Resultados Analíticos de Vegetais AA1

Elementos	CAS	Unidade	Resolução - RDC nº 42	Lista Orientadora		CODEX ALIMENTARIUS nº 193 - 1995	Pontos de Amostragem	
				ANVISA - Decreto nº 55.871	ANVISA - Portaria nº 685		AC-02-VEGAC-03-VEG	
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25
Monometil Arsênio (MMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	40,50	36,50
Dimetil Arsênio (DMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25
Arsênio Betaína (AsB)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 22,5	< 22,5
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	-	-	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	0,20	1,00	-	-	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	-	-	1,29	< 1
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	0,10	1,00	-	0,10	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	0,10	0,50	-	0,10	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	-	30,00	-	-	< 1	< 1
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	-	0,10	-	-	< 1	< 1
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	-	-	-	3,36	5,87
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Merúrio Total	7439-97-6	mg/kg	-	0,01	-	-	< 0,01	< 0,01
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	-	5,00	-	-	< 1	< 1
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	0,30	-	-	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	-	50,00	-	-	< 1	< 1

Legenda:

0,00 > V.I. RDC ou CODEX	RED
0,00 > V.I. ANVISA	REI
	RNE

5.4.3.10.2. RESULTADOS AMOSTRAS DE ALIMENTOS DA AA-2

Os resultados analíticos obtidos são representados nas **Tabela 62**, **Tabela 63**, **Tabela 64**, **Tabela 65** e **Tabela 66**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores orientadores estabelecidos pela Resolução RDC N° 42, de 29 de agosto de 2013. Na ausência destes valores, utilizaram os seguintes valores orientadores estabelecidos: pelo Decreto N° 55.871 da ANVISA, de 26 de março de 1965; Portaria N° 685 da ANVISA, de 27 de agosto de 1998; e Codex Alimentarius N° 193 da FAO, de 1995. Neste contexto, têm-se:

Frutas

- ✓ Os metais Antimônio, Cádmiu, Chumbo, Cobalto, Cromo, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Alumínio não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Alumínio apresentou concentrações detectáveis nas amostras FRT-01 (2,44 mg/kg), FRT-02 (4,6 mg/kg), FRT-03 (4,15 mg/kg), FRT-04 (12,8 mg/kg) e AC-08-FRT (3,95 mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Arsênio apresentou concentração superior ao VI adotado (0,3 mg/kg) na amostra AC-05-FRT (**1,13** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Bário não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Bário apresentou concentrações detectáveis nas amostras FRT-01 (1,6 mg/kg), FRT-03 (2,4 mg/kg), FRT-04 (1,25 mg/kg), AC-05-FRT (1,45 mg/kg) e AC-08-FRT (5,8 mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Boro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Boro apresentou concentrações detectáveis nas amostras FRT-03 (1 mg/kg), FRT-04 (2,7 mg/kg), AC-05-FRT (4,88 mg/kg), AC-06-FRT (1,52 mg/kg) e AC-08-FRT (2,9 mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.

- ✓ Cobre apresentou concentrações inferiores aos VI adotados (10 mg/kg) nas amostras FRT-03, AC-05-FRT e AC-06-FRT. O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Ferro apresentou concentrações detectáveis nas amostras FRT-01 (15,5 mg/kg), FRT-02 (3,35 mg/kg), FRT-03 (5,25 mg/kg), FRT-04 (4,5 mg/kg), AC-05-FRT (6,67 mg/kg), AC-06-FRT (3,1 mg/kg) e AC-08-FRT (4,35 mg/kg).
- ✓ Manganês não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Manganês apresentou concentrações detectáveis nas amostras FRT-01 (3,07 mg/kg), FRT-03 (3,1 mg/kg), FRT-04 (1 mg/kg), AC-05-FRT (1,2 mg/kg), AC-06-FRT (1,11 mg/kg) e AC-08-FRT (1,1 mg/kg). A amostra FRT-02 apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis nas amostras FRT-01 (2,03 mg/kg), FRT-02 (4,7 mg/kg), FRT-03 (2,7 mg/kg), FRT-04 (3,1 mg/kg), AC-05-FRT (9,5 mg/kg), AC-06-FRT (2,27 mg/kg) e AC-08-FRT (1,9 mg/kg), porém inferiores ao VI adotado (50 mg/kg).

Tabela 62 - Resultados Analíticos de Frutas AA2

Elementos	CAS	Unidade	Resolução - RDC nº 42	Lista Orientadora			Pontos de Amostragem						
				ANVISA - Decreto nº 55.871	ANVISA - Portaria nº 685	CODEX ALIMENTARIUS nº 193 - 1995	FRT-01	FRT-02	FRT-03	FRT-04	AC-05-FRT	AC-06-FRT	AC-08-FRT
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	33,80	39,20	34,70	41,00	< 11,25	< 11,25	< 11,25
Monometil Arsênio (MMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	26,60	30,20	40,50
Dimetil Arsênio (DMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25
Arsênio Betaína (AsB)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	33,80	39,20	34,70	41,00	< 22,5	< 22,5	< 22,5
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	-	-	2,44	4,60	4,15	12,80	< 1	< 1	3,95
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	0,30	1,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	1,13	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	-	-	1,60	< 1	2,40	1,25	1,45	< 1	5,80
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	1,00	2,70	4,88	1,52	2,90
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	0,05	1,00	-	-	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	0,10	0,50	-	0,10	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	-	30,00	10,00	-	< 1	< 1	1,15	< 1	2,39	1,05	< 1
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	-	0,10	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	-	-	-	15,50	3,35	5,25	4,50	6,67	3,10	4,35
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	-	-	-	3,07	< 1	3,10	1,00	1,20	1,11	1,10
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	-	0,01	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	-	5,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	0,30	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	-	50,00	-	-	2,03	4,70	2,70	3,10	9,50	2,27	1,90

Legenda:

0,00 > V.I. RDC ou CODEX

RED

0,00 > V.I. ANVISA

REI

RNE

Hortalicas

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Alumínio não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Alumínio apresentou concentrações detectáveis nas amostras HORT-01 (3,47 mg/kg), HORT-05 (9,35 mg/kg), HORT-10 (12,9 mg/kg), AC-05-HORT (1,41 mg/kg), AC-06-HORT (1,03 mg/kg) e AC-08-HORT (15,3 mg/kg).
- ✓ Bário não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Alumínio apresentou concentrações detectáveis nas amostras HORT-01 (8,77 mg/kg), HORT-05 (3,15 mg/kg), HORT-10 (1,25 mg/kg), AC-06-HORT (1,16 mg/kg) e AC-08-HORT (7,65 mg/kg).
- ✓ Boro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Boro apresentou concentrações detectáveis nas amostras HORT-01 (2,15 mg/kg), HORT-05 (2,4 mg/kg), HORT-10 (3,15 mg/kg), AC-05-HORT (2,71 mg/kg), AC-06-HORT (1,92 mg/kg) e AC-08-HORT (2 mg/kg).
- ✓ Cobre apresentou concentração detectável na amostra AC-05-HORT (1,51 mg/kg), porém inferior aos VI adotados. O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Ferro apresentou concentrações detectáveis nas amostras HORT-01 (11,9 mg/kg), HORT-05 (8,35 mg/kg), HORT-10 (11 mg/kg), AC-05-HORT (10,8 mg/kg), AC-06-HORT (4,03 mg/kg) e AC-08-HORT (10,4 mg/kg).
- ✓ Manganês não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Manganês apresentou concentrações detectáveis nas amostras HORT-01 (4,89 mg/kg), HORT-05 (4,05 mg/kg), HORT-10

(2,9 mg/kg), AC-05-HORT (1,65 mg/kg), AC-06-HORT (1,97 mg/kg) e AC-08-HORT (3,25 mg/kg).

- ✓ Selênio apresentou concentração superior ao VI adotado (0,3 mg/kg) na amostra HORT-01 (**1,64** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis nas amostras HORT-01 (5,51 mg/kg), HORT-05 (3,8 mg/kg), HORT-10 (4,55 mg/kg), AC-05-HORT (11,1 mg/kg), AC-06-HORT (4,22 mg/kg) e AC-08-HORT (3,9 mg/kg), porém inferiores ao VI adotado (50 mg/kg).

Tabela 63 - Resultados Analíticos de Hortaliças AA2

Elementos	CAS	Unidade	Resolução - RDC nº 42	Lista Orientadora			Pontos de Amostragem					
				ANVISA - Decreto nº 55.871	ANVISA - Portaria nº 685	CODEX ALIMENTARIUS nº 193 - 1995	HORT-01	HORT-05	HORT-10	AC-05-HORT	AC-06-HORT	AC-08-HORT
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	62,10	46,40	< 11,25	< 11,25	< 11,25
Monometil Arsênio (MMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	27,90	< 11,25	< 11,25	23,90	15,80	48,20
Dimetil Arsênio (DMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25
Arsênio Betaína (AsB)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 22,5	62,10	46,40	< 22,5	< 22,5	< 22,5
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	-	-	3,47	9,35	12,90	1,41	1,03	15,30
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	0,10	1,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	-	-	8,77	3,15	1,25	< 1	1,16	7,65
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	-	-	2,15	2,40	3,15	2,71	1,92	2,00
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	0,05	1,00	-	0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	0,10	0,50	-	0,05	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	-	30,00	10,00	-	< 1	< 1	< 1	1,51	< 1	< 1
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	-	0,10	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	-	-	-	11,90	8,35	11,00	10,80	4,03	10,40
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	-	-	-	4,89	4,05	2,90	1,65	1,97	3,25
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	-	0,01	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	-	5,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	0,30	-	-	1,64	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	-	50,00	-	-	5,51	3,80	4,55	11,10	4,22	3,90

Legenda:

0,00 > V.I. RDC ou CODEX

RED

0,00 > V.I. ANVISA

REI

RNE

Leite

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Bário, Boro, Cádmiio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Manganês, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Alumínio não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Alumínio apresentou concentrações detectáveis nas amostras LEI-02 (3,47 mg/kg) e AC-08-LEI (2,16 mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Ferro apresentou concentração detectável na amostra LEI-02 (1,49 mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis nas amostras LEI-02 (1,98 mg/kg), LEI-03 (2,88 mg/kg), LEI-04 (1,97 mg/kg), LEI-09 (2,88 mg/kg), LEI-10 (2,44 mg/kg), AC-05-LEI (3,63 mg/kg), AC-06-LEI (3,12 mg/kg) e AC-08-LEI (3,52 mg/kg), porém inferiores ao VI adotado (50 mg/kg).

Tabela 64 - Resultados Analíticos de Leite AA2

Elementos	CAS	Unidade	Resolução - RDC nº 42	Lista Orientadora			Pontos de Amostragem							
				ANVISA - Decreto nº 55.871	ANVISA - Portaria nº 685	CODEX ALIMENTARIUS nº 193 - 1995	LEI-02	LEI-03	LEI-04	LEI-09	LEI-10	AC-05-LEI	AC-06-LEI	AC-08-LEI
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	-
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	24,80	21,60	33,80	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	-
Monometil Arsênio (MMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	24,80	34,20	41,40	18,50	-
Dimetil Arsênio (DMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	-
Arsênio Betaína (AsB)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	-
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	24,80	< 22,5	33,80	< 22,5	< 22,5	< 22,5	< 22,5	-
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	-	-	2,68	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2,16
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	0,05	1,00	0,10	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	0,05	1,00	-	-	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	0,02	0,05	0,05	0,02	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	-	30,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	-	0,10	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	-	-	-	1,49	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mercurio Total	7439-97-6	mg/kg	-	0,01	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	-	5,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	0,30	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	-	50,00	-	-	1,98	2,88	1,97	2,88	2,44	3,63	3,12	3,52

Legenda:

0,00 > V.I. RDC ou CODEX	RED
0,00 > V.I. ANVISA	REI
	RNE

Ovo

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Manganês, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Alumínio não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Alumínio apresentou concentrações detectáveis nas amostras OVO-02 (8,4 mg/kg), OVO-03 (9,27 mg/kg), OVO-04 (13,8 mg/kg), OVO-05 (6,02 mg/kg), OVO-08 (2,65 mg/kg), AC-05-LEI (2,7 mg/kg), AC-06-OVO (2,88 mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Bário não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Bário apresentou concentrações detectáveis nas amostras OVO-02 (8,2 mg/kg), OVO-04 (3,05 mg/kg), OVO-05 (1,95 mg/kg), OVO-08 (3,75 mg/kg), AC-06-OVO (3,55 mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Boro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Bário apresentou concentrações detectáveis nas amostras OVO-02 (1,25 mg/kg) e OVO-04 (1,9 mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Ferro apresentou concentrações detectáveis nas amostras OVO-02 (34,9 mg/kg), OVO-03 (8,97 mg/kg), OVO-04 (14,4 mg/kg), OVO-05 (12,8 mg/kg), OVO-08 (21,9 mg/kg), AC-05-OVO (22,8 mg/kg) e AC-06-OVO (3,55 mg/kg).
- ✓ Selênio apresentou concentração superior ao VI adotado (0,3 mg/kg) na amostra AC-06-OVO (**2,04** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis nas amostras OVO-02 (20,6 mg/kg), OVO-03 (7,4 mg/kg), OVO-04 (10,4 mg/kg), OVO-05 (5,99 mg/kg), OVO-08 (14,2 mg/kg),

AC-05-OVO (14,2 mg/kg) e AC-06-OVO (14,3 mg/kg), porém inferiores ao VI adotado (50 mg/kg).

Tabela 65 - Resultados Analíticos de Ovo AA2

Elementos	CAS	Unidade	Resolução - RDC nº 42	Lista Orientadora			Pontos de Amostragem						
				ANVISA - Decreto nº 55.871	ANVISA - Portaria nº 685	CODEX ALIMENTARIUS nº 193 - 1995	OVO-02	OVO-03	OVO-04	OVO-05	OVO-08	AC-05-OVO	AC-06-OVO
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	50,00	48,20	59,40	31,10	< 11,25	< 11,25	< 11,25
Monometil Arsênio (MMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	31,50	23,90	23,40
Dimetil Arsênio (DMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25
Arsênio Betaina (AsB)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	50,00	48,20	59,40	31,10	< 22,5	< 22,5	< 22,5
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	-	-	8,40	9,27	13,80	6,02	2,65	2,70	2,88
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	0,50	1,00	1,00	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	-	-	8,20	< 1	3,05	1,95	3,75	< 1	3,55
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	-	-	1,25	< 1	1,90	< 1	< 1	< 1	< 1
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	-	1,00	-	-	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	0,10	0,10	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	-	30,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	-	0,10	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	-	-	-	34,90	8,97	14,40	12,80	21,90	22,80	23,60
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mercurio Total	7439-97-6	mg/kg	-	0,01	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	-	5,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	0,30	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2,04
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	-	50,00	-	-	20,60	7,40	10,40	5,99	14,20	14,20	14,30

Legenda:

0,00 > V.I. RDC ou CODEX	RED
0,00 > V.I. ANVISA	REI
	RNE

Vegetais

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Manganês, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Alumínio não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Alumínio apresentou concentrações detectáveis nas amostras VEG-05 (684 mg/kg), VEG-06 (1.630 mg/kg), VEG-07 (153 mg/kg), VEG-09 (50,4 mg/kg), VEG-10 (561 mg/kg), AC-05-VEG (1,8 mg/kg), AC-06-VEG (2,5 mg/kg) e AC-08-VEG (4,3 mg/kg). A amostra VEG-01 apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Bário não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Bário apresentou concentrações detectáveis nas amostras VEG-05 (5,55 mg/kg), VEG-06 (3,29 mg/kg), VEG-07 (5,06 mg/kg), VEG-09 (2,55 mg/kg), VEG-10 (5,35 mg/kg) e AC-06-VEG (4,53 mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Boro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Boro apresentou concentrações detectáveis nas amostras VEG-01 (1,01 mg/kg), VEG-05 (1,35 mg/kg), VEG-06 (3,66 mg/kg), VEG-07 (1,98 mg/kg), VEG-09 (1,78 mg/kg), VEG-10 (2 mg/kg), AC-05-VEG (1,41 mg/kg), AC-06-VEG (4,53 mg/kg) e AC-08-VEG (1,1 mg/kg).
- ✓ Ferro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Ferro apresentou concentrações detectáveis nas amostras VEG-01 (3,64 mg/kg), VEG-05 (575 mg/kg), VEG-06 (410 mg/kg), VEG-07 (94,3 mg/kg), VEG-09 (236 mg/kg), VEG-10 (651 mg/kg), AC-05-VEG (3,61 mg/kg), AC-06-VEG (6,98 mg/kg) e AC-08-VEG (3,55 mg/kg).
- ✓ Manganês não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Manganês apresentou concentrações detectáveis nas amostras VEG-01 (2,32 mg/kg), VEG-05 (6,7 mg/kg), VEG-06 (6,37 mg/kg), VEG-07 (10,5 mg/kg), VEG-09 (8,26 mg/kg), VEG-10 (5,85 mg/kg) e AC-06-

VEG (2,5 mg/kg). A amostra AC-05-VEG apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.

- ✓ Vanádio não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Vanádio apresentou concentrações detectáveis nas amostras VEG-05 (1,05 mg/kg) e VEG-10 (1,7 mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis nas amostras VEG-01 (4,15 mg/kg), VEG-05 (2,15 mg/kg), VEG-06 (9,05 mg/kg), VEG-07 (5,2 mg/kg), VEG-09 (7,51 mg/kg), VEG-10 (6,55 mg/kg), AC-05-VEG (4,26 mg/kg), AC-06-VEG (10,3 mg/kg) e AC-08-VEG (1,9 mg/kg), porém inferiores ao VI adotado (50 mg/kg).

Tabela 66 - Resultados Analíticos de Vegetais AA2

Elementos	CAS	Unidade	Resolução - RDC nº 42	Lista Orientadora			Pontos de Amostragem									
				ANVISA - Decreto nº 55.871	ANVISA - Portaria nº 685	CODEX ALIMENTARIUS nº 193 - 1995	VEG-01	VEG-05	VEG-06	VEG-07	VEG-09	VEG-10	AC-05-VEG	AC-06-VEG	AC-08-VEG	
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	45,50	30,60	68,90	67,50	39,60	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25
Monometil Arsênio (MMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	37,40	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	25,70	45,00	36,90	< 11,25
Dimetil Arsênio (DMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25
Arsênio Betaína (AsB)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 22,5	45,50	30,60	68,90	67,50	39,60	< 22,5	< 22,5	< 22,5	< 22,5
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	-	-	< 1	684,00	1.630,00	153,00	50,40	561,00	1,80	2,50	4,30	< 1
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	0,20	1,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	-	-	< 1	5,55	3,29	5,06	2,55	5,35	< 1	4,53	< 1	< 1
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	-	-	1,01	1,35	3,66	1,98	1,78	2,00	1,41	3,17	1,10	< 1
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	0,10	1,00	-	0,10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	0,10	0,50	-	0,10	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	-	30,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	-	0,10	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	-	-	-	3,64	575,00	410,00	94,30	236,00	651,00	3,61	6,98	3,55	< 1
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	-	-	-	2,32	6,70	6,37	10,50	8,26	5,85	< 1	2,50	< 1	< 1
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	-	0,01	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	-	5,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	0,30	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	-	-	< 1	1,05	< 1	< 1	< 1	1,70	< 1	< 1	< 1	< 1
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	-	50,00	-	-	4,15	2,15	9,05	5,20	7,51	6,55	4,26	10,30	1,90	< 1

Legenda:

0,00 > V.I. RDC ou CODEX	RED
0,00 > V.I. ANVISA	REI
	RNE

5.4.3.10.3. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE ALIMENTOS DA AA-2

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 7.4.

O **Quadro 26** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-2.

Quadro 26 - Identificação de Amostra de Alimentos por Região de Exposição AA-2

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	FRT-01, FRT-04
	HORT-05, HORT-10
	LEI-03, LEI-04
	VEG-05, VEG-06, VEG-09, VEG-10
REI	FRT-02, FRT-03
	LEI-10
	OVO-02, OVO-03, OVO-04, OVO-08
RNE	VEG-07
	AC-05-FRT, AC-06-FRT, AC-08-FRT
	HORT-01, AC-05-HORT, AC-06-HORT, AC-08-HORT
	LEI-02, LEI-09, AC-05-LEI, AC-06-LEI, AC-08-LEI
	OVO-05, AC-05-OVO, AC-06-OVO
	VEG-01, AC-05-VEG, AC-06-VEG, AC-08-VEG

Ressalta-se que, devido à limitação na quantidade de amostras de algumas matrizes, as interpretações sobre a correlação espacial das concentrações e as regiões devem ser consideradas com a limitação do número de amostras.

Alumínio

O Alumínio apresentou, para Frutas, Hortaliças e Vegetais, maiores valores de concentração na RED em relação a REI e RNE. Para Leite, a RNE é a única que apresenta concentração detectável. Para Ovo, as maiores se concentram na REI, visto que não há amostras de ovos na RED. Os **Gráfico 121**, **Gráfico 122**, **Gráfico 123**, **Gráfico 124** e **Gráfico 125** apresentam a representação em *boxplot* das concentrações.

Gráfico 121 - Concentrações de Alumínio de Frutas AA2



Gráfico 122 - Concentrações de Alumínio de Hortaliças AA2

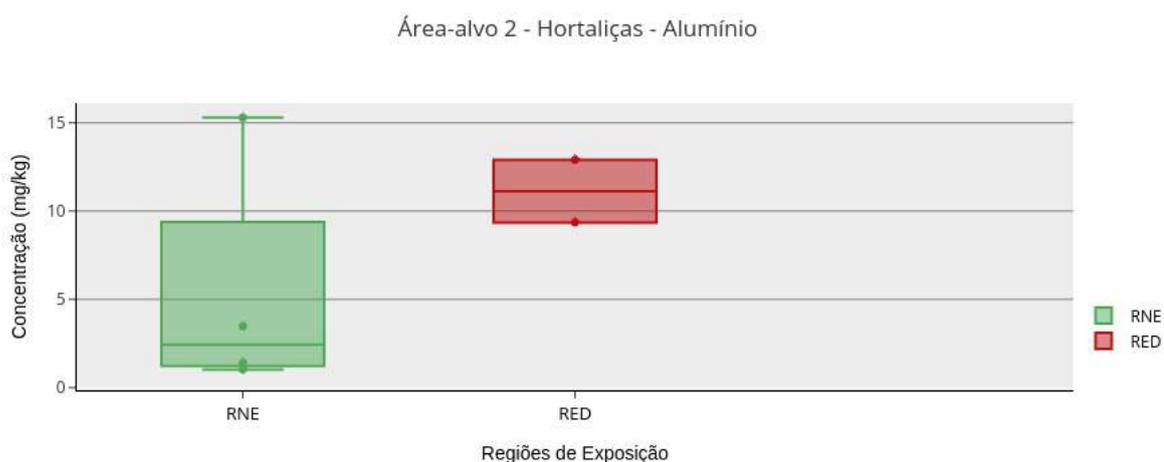


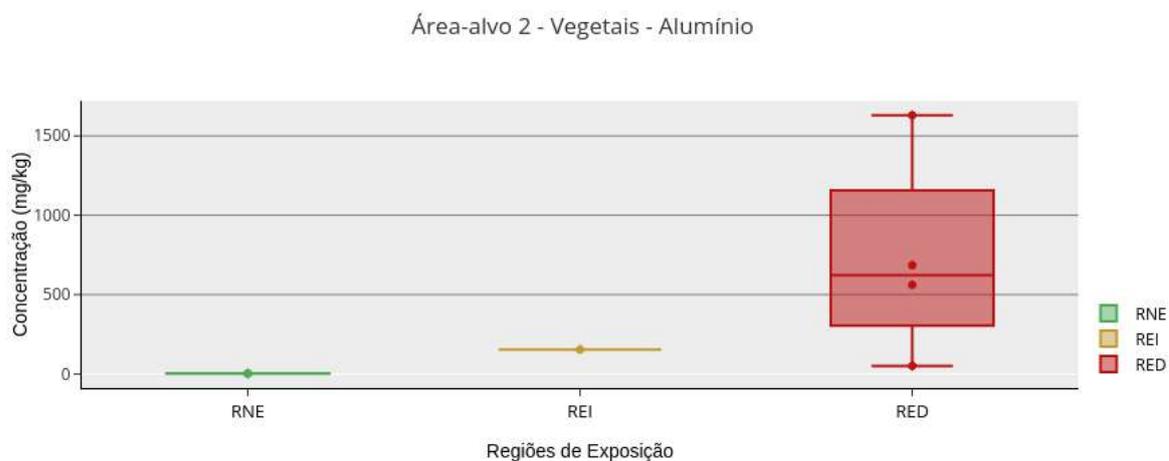
Gráfico 123 - Concentrações de Alumínio de Leite AA2



Gráfico 124 - Concentrações de Alumínio de Ovo AA2



Gráfico 125 - Concentrações de Alumínio de Vegetais AA2



Arsênio Total

O Arsênio Total apresentou concentração superior aos VI adotados em apenas uma amostra de Fruta na RNE. O restante das amostras não apresentou concentração detectável. Logo, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Ferro

O Ferro apresentou concentrações na RED maiores as encontradas na REI e RNE para Vegetais, conforme **Gráfico 126**.

Gráfico 126 - Concentrações de Ferro de Vegetais AA2



Selênio

O Selênio apresentou concentração superior aos VI adotados em apenas uma amostra de Hortaliça e Ovo na RNE. O restante das amostras não apresentou concentração detectável. Logo, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Demais Metais

Os metais Bário, Boro, Cobre, Manganês, Vanádio e Zinco apresentaram traços na RED, REI e RNE, porém sem correlação espacial das concentrações em relação às regiões.

5.4.3.10.4. RESULTADOS AMOSTRAS DE ALIMENTOS DA AA-3

Os resultados analíticos obtidos são representados na **Tabela 67**, **Tabela 68**, **Tabela 69**, **Tabela 70** e **Tabela 71**. Os resultados analíticos foram comparados com os valores orientadores estabelecidos pela Resolução RDC N° 42, de 29 de agosto de 2013. Na ausência destes valores, utilizaram os seguintes valores orientadores estabelecidos: pelo Decreto N° 55.871 da ANVISA, de 26 de março de 1965; Portaria N° 685 da ANVISA, de 27 de agosto de 1998; e Codex Alimentarius N° 193 da FAO, de 1995. Neste contexto, têm-se:

Frutas

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Cádmiu, Chumbo, Cobalto, Cromo, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Alumínio não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Alumínio apresentou concentrações detectáveis nas amostras AC-01-FRT (10,9 mg/kg) e AC-04-FRT (5,4 mg/kg). A amostra AC-07-FRT apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Bário não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Bário apresentou concentração detectável na amostra AC-04-FRT (1,55 mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.

- ✓ Boro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Boro apresentou concentrações detectáveis nas amostras AC-01-FRT (2,2 mg/kg) e AC-04-FRT (1,7 mg/kg). A amostra AC-07-FRT apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Cobre apresentou concentração inferior aos VI adotados (10 mg/kg) na amostra AC-07-FRT. O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Ferro apresentou concentrações detectáveis nas amostras AC-01-FRT (5,5 mg/kg), AC-04-FRT (2,55 mg/kg) e AC-07-FRT (3,85 mg/kg).
- ✓ Manganês não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Manganês apresentou concentração detectável na amostra AC-04-FRT (1,55 mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis nas amostras AC-04-FRT (1,35 mg/kg) e AC-07-FRT (6,18 mg/kg), porém inferiores ao VI adotado (50 mg/kg).

Tabela 67 - Resultados Analíticos de Frutas AA3

Elementos	CAS	Unidade	Resolução - RDC nº 42	Lista Orientadora			Pontos de Amostragem		
				ANVISA - Decreto nº 55.871	ANVISA - Portaria nº 685	CODEX ALIMENTARIU S nº 193 - 1995	AC-01-FRT	AC-04-FRT	AC-07-FRT
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,14	< 11,25	< 11,25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,14	< 11,25	< 11,25
Monometil Arsênio (MMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	27,60	25,20	23,00
Dimetil Arsênio (DMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,14	< 11,25	< 11,25
Arsênio Betaína (AsB)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,14	< 11,25	< 11,25
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 22,5	< 22,5	< 22,5
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	-	-	10,90	5,40	< 1
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	-	-	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	0,30	1,00	-	-	< 1	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	-	-	< 1	1,55	< 1
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	-	-	2,20	1,70	< 0,1
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	0,05	1,00	-	-	< 0,1	< 0,1	< 1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	0,10	0,50	-	0,10	< 1	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	-	30,00	10,00	-	< 1	< 1	1,15
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	-	0,10	-	-	< 1	< 1	< 1
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	-	-	-	5,50	2,55	3,85
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	-	-	-	< 1	1,55	< 1
Merúrio Total	7439-97-6	mg/kg	-	0,01	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	-	5,00	-	-	< 1	< 1	< 1
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	0,30	-	-	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	-	50,00	-	-	< 1	1,35	6,18

Legenda:

0,00 > V.I. RDC ou CODEX	RED
0,00 > V.I. ANVISA	REI
	RNE

Hortalicas

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Alumínio não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Alumínio apresentou concentrações detectáveis nas amostras HORT-02 (14,5 mg/kg), HORT-04 (77,7 mg/kg), HORT-08 (21,6 mg/kg), AC-01-HORT (437 mg/kg), AC-04-HORT (13,6 mg/kg) e AC-07-HORT (311 mg/kg).
- ✓ Bário não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Bário apresentou concentrações detectáveis nas amostras HORT-02 (1,4 mg/kg), HORT-08 (11,9 mg/kg), AC-01-HORT (5,5 mg/kg), AC-04-HORT (5 mg/kg) e AC-07-HORT (9,2 mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Boro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Boro apresentou concentrações detectáveis nas amostras HORT-02 (2,7 mg/kg), HORT-04 (2,1 mg/kg), HORT-08 (7,6 mg/kg), AC-01-HORT (3,15 mg/kg), AC-04-HORT (3,65 mg/kg) e AC-07-HORT (1,84 mg/kg).
- ✓ Cobre apresentou concentração inferior aos VI adotados (10 mg/kg) nas amostras AC-01-HORT e AC-07-HORT. O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Cromo apresentou concentração superior ao VI adotado (0,1 mg/kg) na amostra AC-01-HORT (**2,85 mg/kg**). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Ferro apresentou concentrações detectáveis nas amostras HORT-02 (6,35 mg/kg), HORT-04 (69,7 mg/kg), HORT-08 (58,3 mg/kg), AC-01-HORT (576 mg/kg), AC-04-HORT (8,9 mg/kg) e AC-07-HORT (215 mg/kg).

- ✓ Manganês não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Manganês apresentou concentrações detectáveis nas amostras HORT-02 (1,8 mg/kg), HORT-04 (3,15 mg/kg), HORT-08 (11,6 mg/kg), AC-01-HORT (20 mg/kg), AC-04-HORT (6,35 mg/kg) e AC-07-HORT (9,08 mg/kg).
- ✓ Vanádio não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Vanádio apresentou concentração detectável na amostra AC-01-HORT (1,2 mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis nas amostras HORT-02 (2,8 mg/kg), HORT-04 (3,6 mg/kg), HORT-08 (14,1 mg/kg), AC-01-HORT (5,65 mg/kg), AC-04-HORT (7,2 mg/kg) e AC-07-HORT (3,67 mg/kg), porém inferiores ao VI adotado (50 mg/kg).

Tabela 68 - Resultados Analíticos de Hortaliças AA3

Elementos	CAS	Unidade	Resolução - RDC nº 42	Lista Orientadora			CODEx ALIMENTARI US nº 193 - 1005	Pontos de Amostragem					
				ANVISA - Decreto nº 55.871	ANVISA - Portaria nº 685			HORT-02	HORT-04	HORT-08	AC-01-HORT	AC-04-HORT	AC-07-HORT
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 10,82	< 11,25	< 11,25	< 11,25	
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	34,20	41,40	< 10,82	< 11,25	< 11,25	< 11,25	
Monometil Arsênio (MMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	25,50	30,20	29,30	25,20	
Dimetil Arsênio (DMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 10,82	< 11,25	< 11,25	< 11,25	
Arsênio Betaína (AsB)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 10,82	< 11,25	< 11,25	< 11,25	
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	34,20	41,40	< 21,63	< 22,5	< 22,5	< 22,5	
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	-	-	14,50	77,70	21,60	437,00	13,60	311,00	
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	0,10	1,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	-	-	1,40	< 1	11,90	5,50	5,00	9,20	
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	-	-	2,70	2,10	7,60	3,15	3,65	1,84	
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	0,05	1,00	-	0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	0,10	0,50	-	0,05	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	-	30,00	10,00	-	< 1	< 1	< 1	1,15	< 1	1,11	
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	-	0,10	-	-	< 1	< 1	< 1	2,85	< 1	< 1	
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	-	-	-	6,35	69,70	58,30	576,00	8,90	215,00	
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	-	-	-	1,80	3,15	11,60	20,00	6,35	9,08	
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	-	0,01	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	-	5,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	0,30	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	1,20	< 1	< 1	
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	-	50,00	-	-	2,80	3,60	14,10	5,65	7,20	3,67	

Legenda:

0,00 > V.I. RDC ou CODEX

RED

0,00 > V.I. ANVISA

REI

RNE

Leite

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Bário, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Alumínio não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Alumínio apresentou concentrações detectáveis nas amostras LEI-01 (2,45 mg/kg), LEI-05 (1,95 mg/kg), LEI-11 (1,87 mg/kg), LEI-13 (2,61 mg/kg), AC-01-LEI (1,69 mg/kg) e AC-04-LEI (2,89 mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras, porém inferiores ao VI adotado (50 mg/kg).

Tabela 69 - Resultados Analíticos de Leite AA3

Elementos	CAS	Unidade	Resolução - RDC nº 42	Lista Orientadora			Pontos de Amostragem							
				ANVISA - Decreto nº 55.871	ANVISA - Portaria nº 685	CODEX ALIMENTARIUS nº 193 - 1995	LEI-01	LEI-05	LEI-06	LEI-11	LEI-13	AC-01-LEI	AC-04-LEI	AC-07-LEI
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 10,92	< 10,92	< 11,14	-
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	41,00	27,00	< 11,25	26,60	< 10,92	< 10,92	< 11,14	-
Monometil Arsênio (MMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	27,90	< 11,25	27,50	28,00	32,50	-
Dimetil Arsênio (DMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 10,92	< 10,92	< 11,14	-
Arsênio Betaína (AsB)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 11,25	< 10,92	< 10,92	< 11,14	-
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	41,00	27,00	< 22,5	26,60	< 21,84	< 21,84	< 22,28	-
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	-	-	2,45	1,95	< 1	1,87	2,61	1,69	2,89	< 1
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	0,05	1,00	0,10	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	0,05	1,00	-	-	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	0,02	0,05	0,05	0,02	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	-	30,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	-	0,10	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mercurio Total	7439-97-6	mg/kg	-	0,01	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	-	5,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	0,30	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	-	50,00	-	-	3,48	2,96	2,98	2,62	2,71	3,60	3,69	3,00

Legenda:

0,00 > V.I. RDC ou CODEX	RED
0,00 > V.I. ANVISA	REI
	RNE

Ovo

- ✓ Os metais Antimônio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Manganês, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Alumínio não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Alumínio apresentou concentrações detectáveis nas amostras OVO-01 (3,4 mg/kg), OVO-06 (3,52 mg/kg), OVO-07 (10,6 mg/kg), OVO-10 (1,5 mg/kg), OVO-11 (3,95 mg/kg), AC-01-OVO (6,35 mg/kg), AC-04-OVO (4,75 mg/kg) e AC-07-OVO (2,48 mg/kg). A amostra OVO-12 apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Bário não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Bário apresentou concentrações detectáveis nas amostras OVO-01 (1,5 mg/kg), OVO-06 (1,27 mg/kg), OVO-10 (1,25 mg/kg), OVO-11 (2,35 mg/kg), OVO-12 (2,4 mg/kg), AC-01-OVO (3,5 mg/kg), AC-04-OVO (3,6 mg/kg) e AC-07-OVO (2,44 mg/kg). A amostra OVO-07 apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Boro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Boro apresentou concentrações detectáveis nas amostras OVO-06 (1,02 mg/kg), OVO-07 (1,55 mg/kg) e AC-01-OVO (1,25 mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Cobre apresentou concentração inferior aos VI adotados (10 mg/kg) na amostra OVO-06. O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Ferro apresentou concentrações detectáveis nas amostras OVO-01 (28,1 mg/kg), OVO-06 (24,3 mg/kg), OVO-07 (17,9 mg/kg), OVO-10 (23,7 mg/kg), OVO-11 (20,07 mg/kg), OVO-12 (20,7 mg/kg), AC-01-OVO (27,2 mg/kg), AC-04-OVO (22,6 mg/kg) e AC-07-OVO (20,3 mg/kg).

- ✓ Selênio apresentou concentrações superiores ao VI adotado (0,3 mg/kg) nas amostras OVO-06 (**3,53** mg/kg) e AC-07-OVO (**2,37** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.

- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras, porém inferiores ao VI adotado (50 mg/kg).

Tabela 70 - Resultados Analíticos de Ovo AA3

Elementos	CAS	Unidade	Resolução - RDC nº 42	Lista Orientadora			Pontos de Amostragem								
				ANVISA - Decreto nº 55.871	ANVISA - Portaria nº 685	CODEX ALIMENTARIU S nº 193 - 1995	OVO-01	OVO-06	OVO-07	OVO-10	OVO-11	OVO-12	AC-01-OVO	AC-04-OVO	AC-07-OVO
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 10,82	< 11,25	< 11,25	< 10,71	< 10,82	< 11,03	< 11,25	< 10,71	< 11,25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 10,82	< 11,25	39,20	< 10,71	< 10,82	< 11,03	< 11,25	< 10,71	< 11,25
Monometil Arsênio (MMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	32,50	27,50	< 11,25	23,60	23,80	25,10	26,10	26,60	22,50
Dimetil Arsênio (DMA)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 10,82	< 11,25	14,00	< 10,71	< 10,82	< 11,03	< 11,25	< 10,71	< 11,25
Arsênio Betaína (AsB)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 10,82	< 11,25	< 11,25	< 10,71	< 10,82	< 11,03	< 11,25	< 10,71	< 11,25
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	-	< 21,63	< 22,5	39,20	< 21,43	< 21,63	< 22,06	< 22,5	< 21,43	< 22,5
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	-	-	3,40	3,52	10,60	1,50	3,95	< 1	6,35	4,75	2,48
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	0,50	1,00	1,00	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	-	-	1,50	1,27	< 1	1,25	2,35	2,40	3,50	3,60	2,44
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	-	-	< 1	1,02	1,55	< 1	< 1	< 1	1,25	< 1	< 1
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	-	1,00	-	-	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	0,10	0,10	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	-	30,00	-	-	< 1	1,06	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	-	0,10	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	-	-	-	28,10	24,30	17,90	23,70	20,70	20,70	27,20	22,60	20,30
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	-	0,01	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	-	5,00	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	0,30	-	-	< 1	3,53	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2,37
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	-	50,00	-	-	14,70	14,80	7,25	12,20	12,80	12,60	18,20	14,30	12,00

Legenda:

0,00 > V.I. RDC ou CODEX	RED
0,00 > V.I. ANVISA	REI
	RNE

Vegetais

- ✓ Os metais Antimônio, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio e Vanádio apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Alumínio não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Alumínio apresentou concentrações detectáveis nas amostras VEG-02 (676 mg/kg), VEG-04 (5,4 mg/kg), VEG-08 (2,45 mg/kg), AC-01-VEG (8,35 mg/kg), AC-04-VEG (11,4 mg/kg) e AC-07-VEG (3,41 mg/kg).
- ✓ Arsênio apresentou concentração superior ao VI adotado (0,2 mg/kg) na amostra AC-07-VEG (**1,35** mg/kg). O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Bário não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Bário apresentou concentrações detectáveis nas amostras VEG-02 (3,1 mg/kg), VEG-08 (1,35 mg/kg) e AC-07-VEG (11,9 mg/kg).
- ✓ Boro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Boro apresentou concentrações detectáveis nas amostras VEG-02 (1,55 mg/kg), VEG-04 (1,65 mg/kg), AC-01-VEG (2,8 mg/kg), AC-04-VEG (2,55 mg/kg) e AC-07-VEG (2,58 mg/kg).
- ✓ Cobre apresentou concentração inferior aos VI adotados (10 mg/kg) nas amostras AC-01-VEG e AC-07-VEG. O restante das amostras apresentou concentração inferior ao limite de quantificação do laboratório.
- ✓ Ferro não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Ferro apresentou concentrações detectáveis nas amostras VEG-02 (312 mg/kg), VEG-04 (3,05 mg/kg), VEG-08 (5,65 mg/kg), AC-01-VEG (9,3 mg/kg), AC-04-VEG (4,85 mg/kg) e AC-07-VEG (9,53 mg/kg).
- ✓ Manganês não possui valor de referência nas referências consultadas, portanto não são feitas considerações a respeito de intervenções. Manganês apresentou concentrações

detectáveis nas amostras VEG-02 (6,9 mg/kg), VEG-08 (1,35 mg/kg), AC-01-VEG (1,1 mg/kg), AC-04-VEG (1,85 mg/kg) e AC-07-VEG (7,81 mg/kg).

- ✓ Zinco apresentou concentrações detectáveis em todas as amostras, porém inferiores ao VI adotado (50 mg/kg).

Tabela 71 - Resultados Analíticos de Vegetais AA3

Elementos	CAS	Unidade	Resolução - RDC nº 42	Lista Orientadora		Pontos de Amostragem					
				ANVISA - Decreto nº 55.871	CODEX ALIMENTARIU S nº 193 - 1995	VEG-02	VEG-04	VEG-08	AC-01-VEG	AC-04-VEG	AC-07-VEG
Arsênio III (As III)	-	µg/kg	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 10,92	< 11,14	< 11,25	< 11,25
Arsênio V (As V)	-	µg/kg	-	-	-	50,40	47,70	< 10,92	< 11,14	< 11,25	< 11,25
Monometil Arsênio (MMA)	-	µg/kg	-	-	-	< 11,25	< 11,25	23,60	27,60	24,80	29,70
Dimetil Arsênio (DMA)	-	µg/kg	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 10,92	< 11,14	< 11,25	< 11,25
Arsênio Betaína (AsB)	-	µg/kg	-	-	-	< 11,25	< 11,25	< 10,92	< 11,14	< 11,25	< 11,25
Arsênio III+V (As III + As V)	-	µg/kg	-	-	-	50,40	47,70	< 21,84	< 22,28	< 22,5	< 22,5
Alumínio Total	7429-90-5	mg/kg	-	-	-	676,00	5,40	2,45	8,35	11,40	3,41
Antimônio Total	7440-36-0	mg/kg	-	2,00	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsênio Total	7440-38-2	mg/kg	0,20	1,00	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1,35
Bário Total	7440-39-3	mg/kg	-	-	-	3,10	< 1	1,35	< 1	< 1	11,90
Boro Total	7440-42-8	mg/kg	-	-	-	1,55	1,65	< 1	2,80	2,55	2,58
Cádmio Total	7440-43-9-A	mg/kg	0,10	1,00	0,10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo Total	7439-92-1	mg/kg	0,10	0,50	0,10	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobalto Total	7440-48-4	mg/kg	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cobre Total	7440-50-8	mg/kg	-	30,00	-	< 1	< 1	< 1	1,25	< 1	1,36
Cromo Total	7440-47-3	mg/kg	-	0,10	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Ferro Total	7439-89-6	mg/kg	-	-	-	312,00	3,05	5,65	9,30	4,85	9,53
Manganês Total	7439-96-5-B	mg/kg	-	-	-	6,90	< 1	1,35	1,10	1,85	7,81
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/kg	-	0,01	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Molibdênio Total	7439-98-7	mg/kg	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Níquel Total	7440-02-0	mg/kg	-	5,00	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Prata Total	7440-22-4	mg/kg	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio Total	7782-49-2	mg/kg	-	0,30	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanádio Total	NA-J	mg/kg	-	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Zinco Total	7440-66-6	mg/kg	-	50,00	-	7,65	1,25	5,80	17,10	3,35	5,98

Legenda:

0,00 > V.I. RDC ou CODEX	RED
0,00 > V.I. ANVISA	REI
	RNE

5.4.3.10.5. ANÁLISE ESPACIAL AMOSTRAS DE ALIMENTOS DA AA-3

Neste item será feita a análise espacial dos resultados analíticos das amostras coletadas em relação à RED, REI e RNE. As interpretações realizadas neste item serão discutidas em relação aos valores basais no item 5.4.5.

O **Quadro 27** apresenta a localização das amostras analisadas por segmento na AA-3.

Quadro 27 - Identificação de Amostra Alimentos por Região de Exposição AA-3

Região de Exposição	Identificação da Amostra
RED	FRT-01, FRT-04 HORT-04 LEI-05 OVO-01, OVO-06
REI	FRT-02, FRT-03 HORT-02, HORT-08 LEI-01, LEI-06 OVO-07 VEG-02, VEG-04, VEG-08
RNE	AC-01-FRT, AC-04-FRT, AC-07-FRT AC-01-HORT, AC-04-HORT, AC-07-HORT LEI-11, LEI-13, AC-01-LEI, AC-04-LEI, AC-07-LEI OVO-10, OVO-11, OVO-12, AC-01-OVO, AC-04-OVO, AC-07-OVO AC-01-VEG, AC-04-VEG, AC-07-VEG

Ressalta-se que, devido à limitação na quantidade de amostras de algumas matrizes, as interpretações sobre a correlação espacial das concentrações e as regiões devem ser consideradas com a limitação do número de amostras.

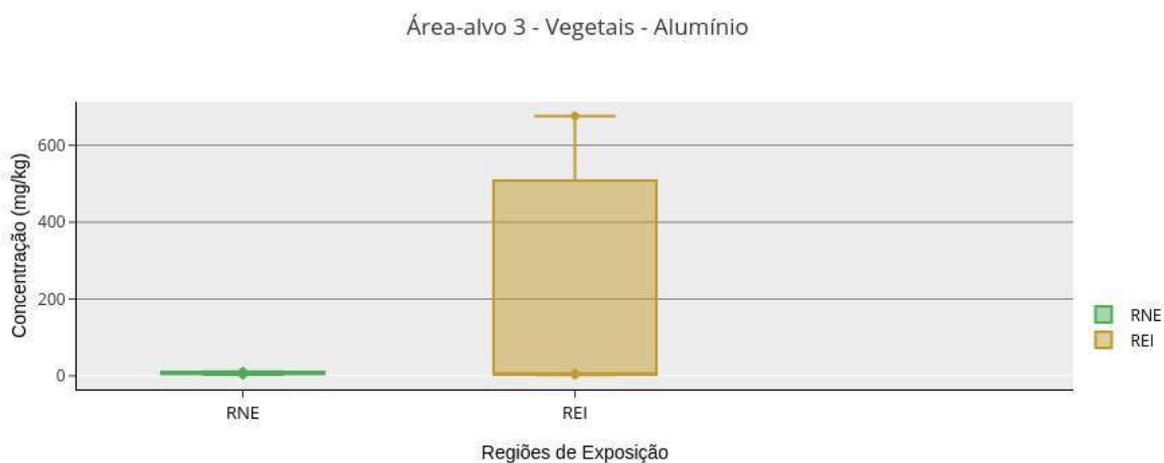
Alumínio

O Alumínio apresentou maiores concentrações na RNE em relação à REI e RED para Hortaliças. Para Vegetais, a REI apresentou maiores concentrações em relação à RNE, devido à um *outlier*, conforme **Gráfico 127** e **Gráfico 128**.

Gráfico 127 - Concentrações de Alumínio de Hortaliças AA3



Gráfico 128 - Concentrações de Alumínio de Vegetais AA3



Arsênio Total

O Arsênio Total apresentou concentração detectável e superior aos VI adotados em apenas uma amostra, localizada na RNE, para Vegetais. Logo, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Cromo

O Cromo apresentou concentração detectável e superior aos VI adotados em apenas uma amostra, localizada na RNE, para Hortaliças. Logo, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Selênio

O Cromo apresentou concentração detectável e superior aos VI adotados em apenas duas amostras, localizada na RED e RNE, para Ovo. Logo, não foi possível observar correlação espacial das concentrações em relação à RED, REI e RNE.

Demais Metais

Os metais Bário, Boro, Cobre, Ferro, Manganês, Vanádio e Zinco apresentaram traços na RED, REI e RNE, porém sem correlação espacial das concentrações em relação às regiões.

5.4.4. CONSOLIDAÇÃO DA ANÁLISE ESPACIAL

Como citado anteriormente, o objetivo da análise espacial dos resultados analíticos de cada matriz em relação à segmentação com base na exposição é auxiliar na validação de quais SQI estão associadas ao evento de rompimento da barragem de Fundão.

A consolidação da análise espacial foi constituída pela comparação dos resultados das análises espaciais das três Áreas Alvo e comparação dos metais analisados com a composição química do rejeito, apresentada no item 5.4.2 Os mapas de Análise Espacial são apresentados no **Anexo 8**. Com essas informações, dividiu-se a consolidação na seguinte ordem:

- Metais relacionados (presentes na composição química) ao rejeito;
- Metais que apresentaram correlação espacial com as regiões de exposição;

- Metais que apresentaram concentrações superiores aos VI adotados.

A partir desses critérios de divisão, formaram-se oito grupos de metais, sendo eles:

- a. Metais presentes na composição química do rejeito, que apresentam correlação espacial e apresentam concentrações nos resultados analíticos **inferiores** aos VI adotados;
- b. Metais presentes na composição química do rejeito, que apresentam correlação espacial e apresentam concentrações nos resultados analíticos **superiores** aos VI adotados;
- c. Metais presentes na composição química do rejeito, que **não** apresentam correlação espacial e apresentam concentrações nos resultados analíticos **inferiores** aos VI adotados;
- d. Metais presentes na composição química do rejeito, que **não** apresentam correlação espacial e apresentam concentrações nos resultados analíticos **superiores** aos VI adotados;
- e. Metais **não** presentes na composição química do rejeito, que apresentam correlação espacial e apresentam concentrações nos resultados analíticos **inferiores** aos VI adotados;
- f. Metais **não** presentes na composição química do rejeito, que apresentam correlação espacial e apresentam concentrações nos resultados analíticos **superiores** aos VI adotados;
- g. Metais **não** presentes na composição química do rejeito, que **não** apresentam correlação espacial e apresentam concentrações nos resultados analíticos **inferiores** aos VI adotados;
- h. Metais **não** presentes na composição química do rejeito, que **não** apresentam correlação espacial e apresentam concentrações nos resultados analíticos **superiores** aos VI adotados.

A partir destes grupos, é possível levantar hipóteses sobre onexo causal da eventual contaminação ou anomalia de cada metal:

- Os metais presentes no grupo **a.** e **b.** tem maior probabilidade de estarem relacionados ao evento de rompimento da barragem de Fundão, pois fazem parte da composição química do rejeito e apresentam correlação espacial das concentrações com as unidades de exposição;
- Os metais presentes no grupo **c.** e **d.** tem menor probabilidade de estarem relacionados ao evento de rompimento da barragem de Fundão. Apesar de fazerem parte da composição química do rejeito, não apresentam correlação espacial das concentrações com as unidades de exposição, ocorrendo contaminação e anomalias em regiões não influenciadas pelo evento;
- Os metais presentes no grupo **e.** e **f.** tem possibilidade de estarem relacionados ao evento de rompimento da barragem de Fundão. Apesar de não fazerem parte da composição química do rejeito, há correlação espacial das concentrações com as unidades de exposição, ocorrendo contaminação e anomalias em regiões influenciadas pelo evento de forma indireta. Por exemplo, contaminantes provenientes de fontes pretéritas, que estavam depositados na calha do rio antes do evento, podem ter sido remobilizados pela passagem da massa de lama;
- Os metais presentes no grupo **g.** e **h.** são improváveis de estarem relacionados ao evento de rompimento da barragem e Fundão, pois não fazem parte da composição química do rejeito e apresentam contaminação e anomalias em posições aleatórias às unidades de exposição. Em visto disso, não é possível estabelecer correlação do evento com esses metais.

A discussão donexo causal dos metais que se apresentaram superiores aos PLA nas Áreas Alvo serão discutidas no item 5.4.5, com a apresentação dos valores basais (nível de concentração basal) definidos para cada matriz. A consolidação dos resultados da análise espacial é apresentada na **Figura 30.**

METAIS	RQJ	RE	A. <PLA	Al	Pb	Ni	Zn	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Fe	Ni	V	Zn	Ba	Mn	Zn	Al	Fe			
			B. >PLA	Al	Fe	Mn	Fe	Mn	Mn	Fe																
		SRE	C. <PLA		As	Pb	Cu	Mo	Ni	Ag	V	Zn	Ba	Co	Cu	Mo	Ag	V	Sb	Mo	Ag					
					Sb	As	Pb	Co	Cu	Cr	Mo	Ni	Ag	V	Sb	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Mo	Ni	Ag	V	Zn
					Al	Sb	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Mo	Ni	Ag	V	Zn									
					Sb	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Mn	Mo	Ni	Ag	V	Zn									
					Sb	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Mn	Mo	Ni	Ag	V	Zn									
					Al	Co	Cr	Mn	Mo	Ni	Ag	V	Al	As	Fe	Mn	Mo	Ni	Ag	V						
				Al	Sb	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Mo	Ni	Ag	V	Zn									
				Al	Sb	As	Ba	Pb	Co	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Ag	V	Zn									
				Al	Sb	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Mo	Ni	Ag	V	Zn								
				Al	Sb	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Mo	Ni	Ag	V	Zn								
		Sb	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Mn	Mo	Ni	Ag	V	Zn	Mo	Ni	Ag	V	Zn								
	D. >PLA		Sb	Ba	Co	Cr	Sb	As	Cr	Al	Al	Fe	Mn	Fe	Mn	Al	Fe	Al	Fe							
			Sb	As	Ba	Pb	Cu	Fe	Zn	Sb	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Zn	As	Cr	As							
E. <PLA		B	B																							
F. >PLA																										
G. <PLA		Cd	Hg	Se	Cd	Se	B	Cd	Hg	Se																
		B	Cd	Hg	Se	B	Cd	Hg	Se	B	Hg	Se	Hg	Se	B	Cd	Hg	Se	B	Cd	Hg					
		B	Cd	Hg	Se	B	Cd	Hg	B	Cd	Hg	Se														
H. >PLA		Hg	Cd	Cd	Se	Se																				

MATRIZES	
SOLO	
SEDIMENTO	
ÁGUA SUPERFICIAL TOTAL	
ÁGUA SUPERFICIAL DISSOLVIDA	
ÁGUA SUBTERRÂNEA TOTAL	
ÁGUA SUBTERRÂNEA DISSOLVIDA	
ÁGUA DE ABASTECIMENTO TOTAL	
ÁGUA DE ABASTECIMENTO DISSOLVIDA	
POEIRA DOMICILIAR	
RASPAGEM DE ALVENARIA	
FRUTA	
HORTALIÇA	
LEITE	
OVO	
VEGETAL	



LEGENDA:

RQJ: Relacionada Quimicamente ao Rejeito

NRQJ: Não Relacionada Quimicamente ao Rejeito

RE: Relação Espacial

SRE: Sem Relação Espacial

<PLA: Abaixo dos Padrões Legais Aplicáveis

>PLA: Acima dos Padrões Legais Aplicáveis

CLIENTE:	
PROJETO:	Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III) --Metodologia ATSDR-- Áreas-alvo 1,2,3.
FIGURA:	Consolidação da Análise Espacial
RESPONSÁVEL:	Alexandre Maximiano
ASSINATURA:	CREA: 5060882384
LOGRADOURO:	R. João Adolfo, 118 – Sala 103 – Anhangabaú, São Paulo – SP, 01050-020

FIGURA Nº:	30	COD. PROJETO:	MG.ARSH.1902/306-02
------------	----	---------------	---------------------

GEÓLOGOS	NOME E ASSINATURA: Igor Hirayama/Tiago Manzolli	04/2019
DESENHISTA	NOME E ASSINATURA: Emerson Rocha	04/2019
VERIF./APROV.:	NOME E ASSINATURA: Alexandre Maximiano	04/2019

FORMATO:	ESCALA:	REVISÃO:
A3	Gráfica	1

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI PRODUZIDO.

5.4.5. NÍVEL DE CONCENTRAÇÃO BASAL (CONCENTRAÇÕES BASAIS)

O nível de concentração basal, ou concentrações basais, para o meio físico (solo, sedimento e água superficial) das Áreas Alvo foram definidas com base na comparação dos resultados obtidos no presente estudo, apresentados no item 5.4.3, com os resultados obtidos em estudos históricos, destacados nos itens anteriores. As concentrações do presente estudo utilizadas para comparação foram calculadas pelo método estatístico UCL95 para RED, REI e RNE. O UCL95 é uma medida de média conservadora, garantindo com 95% de certeza de que a média real não é maior que o valor calculado por este método estatístico. Logo, ao se considerar o UCL95 para determinação da concentração basal, garante-se que seja utilizado um valor conservador, porém não extremo, como *outliers* ou concentração máxima encontrada na amostragem.

Dos estudos de valores basais para as Áreas Alvo, destacam-se os estudos:

- DE SOUZA, José João Lelis Leal *et al.* *Geochemistry and spatial variability of metal (loid) concentrations in soils of the state of Minas Gerais, Brazil. Science of the Total Environment*, v. 505, p. 338-349, 2015.
- RODRIGUES, Aline Sueli de Lima. *Caracterização da bacia do rio Gualaxo do Norte, MG, Brasil: avaliação geoquímica ambiental e proposição de valores basais*. 2012.;
- FERNANDES, Kênia Nassau. *Qualidade das águas nos Rios Gualaxo do Norte, Gualaxo do Sul e do Carmo-Afluentes do Alto Rio Doce (Watu): metais, metaloides e Índice de Qualidade das Águas antes e após o rompimento da barragem de rejeitos Fundão da Samarco/VALE/BHP Billiton, em Mariana, MG*. 2017.

As concentrações obtidas no presente estudo foram analisadas estatisticamente por UCL 95% e utilizadas para elaborar mapas de interpolação dos metais que apresentaram concentrações superiores aos PLA nas Áreas Alvo (grupos **b.**, **d.**, **f.** e **h.** a serem apresentados no item 5.4.4). Os mapas de interpolação são apresentados no **Anexo 4**.

A comparação das concentrações encontradas no presente estudo com os valores basais anteriores à tragédia propostos por outros autores e a análise dos mapas de interpolação criados

permitem validar as hipóteses sobre onexo causal das eventuais anomalias encontradas de cada metal.

5.4.5.1. Concentrações basais para solo

O estudo de Souza *et al* (2015) apresentaram concentrações basais para metais para solo superficial, anterior ao evento de rompimento da barragem de Fundão. A **Tabela 72** apresenta a comparação dos resultados do presente estudo, calculados pelo método estatístico UCL95 para RED, REI e RNE, com os valores propostos por Souza *et al* (2015). Não há a presença de metais do grupo **f.** e **h.**

Metais do Grupo **b.**

O Alumínio apresenta empobrecimento na RNE, REI e RED, nesta ordem, para o metal quando comparadas as concentrações com a proposta pelo estudo de Souza *et al* (2015). Conforme UEHARA (1988, *apud* Wendling, 2012), solos em estado avançado de intemperismo apresentam intensa perda de sílica (dessilicatização), resultando em acúmulo de óxidos insolúveis de Ferro e Alumínio. Como o rejeito apresenta concentração baixa de Alumínio, conforme destacado anteriormente, as concentrações encontradas na RNE e propostas por Souza *et al* (2015) serem maiores que as encontradas na RED é coerente. As **Figuras 1 a 8 (Anexo 4)** apresentam os mapas de interpolação para Alumínio.

Neste estudo, o Ferro apresenta concentrações de RNE coerentes com as concentrações basais e observa-se que há um enriquecimento deste metal na RED. Conforme a composição química do rejeito apresentada no item 5.4.2, este metal é um dos principais componentes em massa do material. Logo, este enriquecimento encontrado na RED é evidência da influência direta do evento. As **Figuras 9 e 16 (Anexo 4)** apresentam os mapas de interpolação para Ferro.

Para o Manganês, é importante desconsiderar as concentrações da RNE₁ e RNE₃. A RNE₁ foi calculada com números limitados de amostras e a RNE₃ foi influenciado por dois *outliers*, conforme destacado anteriormente. A concentração de RNE₂ apresenta valor superior ao proposto por Souza *et al* (2015), porém ainda em ordem consistente. Ao analisar os mapas de interpolação da AA2 e AA3, observa-se que há pontos com concentrações anômalas na RED e RNE. Apesar de haver um enriquecimento na RED em relação a RNE, essa diferença é mínima quando comparado às essas anomalias. Logo, interpreta-se que há um enriquecimento de Manganês devido ao evento, porém esses pontos com anomalias muito discrepantes não

estão diretamente envolvidos à ele. As **Figuras 17 e 24 (Anexo 4)** apresentam os mapas de interpolação para Manganês.

Metais do Grupo d.

O Antimônio, conforme discutido anteriormente, apresenta apenas dois pontos com concentrações superiores aos VI adotados, sendo um deles localizado na RED₂ e outro na RNE₃. A maioria das amostras na RED, REI e RNE não apresentam concentrações detectáveis pelo limite de quantificação do laboratório e o estudo de Souza *et al* (2015) não propõe valores basais para este metal. Logo, essas anomalias não estão relacionadas ao evento. A **Figura 25 (Anexo 4)** apresenta o Mapa de Interpolação do Antimônio.

O Bário apresenta pontos com concentrações anômalas ao restante das amostras, localizados na RED₁, RNE₁ e RNE₃, e influenciam o cálculo do UCL 95%. A AA-2 apresenta maior número de amostras para as regiões e, conseqüentemente, cálculo estatístico mais confiável. Comparando os resultados da RNE₂ com a RED₂, RED₃, REI₂ e RNE₃, percebe-se que as concentrações são similares. As concentrações basais neste estudo são maiores que as propostas por Souza *et al* (2015), porém não apresentam diferenças significativas. Neste contexto, as anomalias de Bário encontradas não estão relacionadas ao evento e os valores médios encontrados na RED são consistentes com as concentrações basais. As **Figuras 26 e 27 (Anexo 4)** apresenta o Mapa de Interpolação do Bário.

O Cobalto apresenta concentrações consistentes com os valores propostos por Souza *et al* (2015), com exceção dos valores da RED₂ e RNE₃, estes influenciados por *outliers*. Analogamente à análise de Antimônio e Bário, observa-se que essas anomalias não estão relacionadas ao evento e as concentrações encontradas na RED são consistentes com as concentrações basais. A **Figura 28 e 29 (Anexo 4)** apresenta o Mapa de Interpolação do Cobalto.

As concentrações de Cromo para RED, REI e RNE, mesmo influenciadas por *outliers*, apresentam consistência com os valores basais propostos por Souza *et al* (2015), evidenciando que as anomalias de Cromo não estão relacionadas ao evento e que não há enriquecimento deste metal na RED em relação à REI e RNE. As **Figuras 30 e 31 (Anexo 4)** apresenta o Mapa de Interpolação do Cromo.

Tabela 72 - Comparação de Concentrações basais de Solo Superficial

VALORES DE BACKGROUND (SOLO)	Unidade	SOUZA ET AL (2015)			AA1			AA2			AA3		
		Mínimo	Máximo	RNE	REI	RED	RNE	REI	RED	RNE	REI	RED	
METAIS													
Alumínio	mg/kg	104.500,00	156.430,00	49.500,00	-	5.080,00	60.266,00	79.400,00	31.964,00	52.436,00	46.100,00	27.166,00	
Antimônio	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	5,95	5,80	-	-	
Arsênio	mg/kg	1,51	38,67	10,00	-	19,00	6,93	1,93	23,70	9,07	13,90	1,27	
Bário	mg/kg	23,66	39,66	219,00	-	342,00	77,60	20,60	79,42	1.290,00	81,70	68,77	
Boro	mg/kg	11,02	15,45	278,00	-	729,00	126,00	96,40	639,30	145,70	400,00	566,30	
Cádmio	mg/kg	0,59	0,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chumbo	mg/kg	15,26	17,52	17,00	-	16,80	19,13	15,00	16,31	97,05	19,70	15,45	
Cobalto	mg/kg	3,66	8,39	14,50	-	8,18	7,31	3,04	22,73	188,00	10,00	4,28	
Cobre	mg/kg	20,35	47,27	18,70	-	22,60	12,06	10,40	16,47	30,29	20,40	7,36	
Cromo	mg/kg	97,04	165,91	145,00	-	34,10	37,06	51,30	98,96	127,80	77,60	20,54	
Ferro	mg/kg	18.760,00	69.110,00	85.700,00	-	228.000,00	33.430,00	25.900,00	186.288,00	42.215,00	126.000,00	177.004,00	
Manganês	mg/kg	134,03	235,31	4.190,00	-	6.080,00	334,30	109,00	1.418,00	10.000,00	460,00	520,20	
Mercurio	mg/kg	0,30	2,50	0,20	-	0,84	0,15	14,00	0,14	0,21	0,21	0,16	
Molibdênio	mg/kg	1,35	8,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Níquel	mg/kg	16,97	50,08	20,90	-	13,80	9,86	10,70	11,35	36,32	30,40	6,86	
Prata	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Selênio	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Vanádio	mg/kg	30,67	179,37	55,60	-	35,10	65,51	64,80	92,47	74,01	83,40	29,90	
Zinco	mg/kg	34,48	42,08	29,30	-	16,30	43,46	31,60	28,01	35,21	28,90	21,64	

5.4.5.2. Concentrações basais para Sedimentos

O estudo de Fernandes (2017) apresenta a comparação de diversos estudos que propuseram concentrações basais para metais em sedimento superficial, anterior ao evento de rompimento da barragem de Fundão. A **Tabela 73** apresenta a comparação dos resultados do presente estudo, calculados pelo método estatístico UCL95 para RED, REI e RNE, com os valores basais propostos em trabalhos anteriores. Não há a presença de metais do grupo **f**.

Metais do Grupo b.

As concentrações de Ferro na RNE₂ e RNE₃ são inferiores aos valores basais propostos nos estudos de referência. A exceção ocorre na concentração da RNE₁ devido à limitação na quantidade de amostras. As concentrações de Ferro na RED das três AA são superiores tanto ao *background* do presente estudo quanto o bibliográfico. Logo, relaciona-se esse enriquecimento de Ferro nos sedimentos ao evento. As **Figuras 32 e 39 (Anexo 4)** apresentam os mapas de interpolação para Ferro.

Para Manganês, as concentrações presentes na RNE das três AA são consistentes ao apresentado nos estudos de referência. As concentrações na RED das três AA, por sua vez, apresentam enriquecimento do metal em relação ao seu valor de nível basal definido no presente estudo. Sendo assim, relaciona-se o enriquecimento deste metal ao evento. As **Figuras 40 a 47 (Anexo 4)** apresentam os mapas de interpolação para Manganês.

Metais do Grupo d.

O Antimônio, na literatura, só apresenta valor de nível basal proposto no trabalho de Costa *et al* (2003). Assim como ocorreu para solo, o Antimônio apresenta poucas amostras com concentrações detectáveis para sedimento, sendo as amostras localizadas na RED₂ e RED₃. As concentrações detectadas são consistentes com o valor de nível basal proposto por Costa *et al* (2003). Logo, a presença deste metal não está associada ao evento. A **Figura 48 (Anexo 4)** apresenta o mapa de interpolação para Antimônio.

O Arsênio apresenta uma discrepância de valores basais propostos nos estudos de referência, variando de 1,00 a 74,80 mg/kg. As concentrações encontradas na RED e RNE das três AA no presente estudo não apresentam diferenças significativas entre si e estão consistentes

com os intervalos de *background* consultados. Destes, destaca-se o mais recente, de Costa (2015). Neste contexto, a presença de Arsênio em sedimentos não está relacionada ao evento. As **Figuras 49 a 56 (Anexo 4)** apresentam os mapas de interpolação para Arsênio.

No presente estudo, o Cromo apresenta variância nas concentrações da RED, REI e RNE, porém sem correlação espacial às unidades de exposição. Além disso, as concentrações são consistentes com os valores basais propostos pelos estudos de referência. Logo, a presença deste metal não está relacionada ao evento. As **Figuras 57 e 58 (Anexo 4)** apresentam os mapas de interpolação para Cromo.

Metais do Grupo h.

O Mercúrio tem valor de nível basal proposto apenas no estudo de Costa *et al* (2003). Esse valor é consistente com as concentrações encontradas no presente estudo para a RED e RNE das três áreas, com exceção da RED₁. A RED₁ apresentou valor muito superior devido à presença de um *outlier*, porém as concentrações das outras amostras estão coerentes com o contexto de *background* da área. Em vista dessas informações, entende-se que o Mercúrio está de acordo com os valores basais da região e a anomalia não está associada ao evento. As **Figuras 59 e 60 (Anexo 4)** apresentam os mapas de interpolação para Mercúrio.

Tabela 73 - Comparação de Concentrações basais de Sedimento Superficial

VALORES DE BACKGROUND (SEDIMENTO)		Costa (2001)			Costa; Nalini Jr.; Friese; Mages (2003)	Rodrigues (2012)	Rodrigues, Malafaia, Costa, Nalini Jr. (2013)	Costa (2015)	AA1			AA2			AA3		
METAIS	Unidade	População	Corrente	Fundo					RNE	REI	RED	RNE	REI	RED	RNE	REI	RED
Alumínio	mg/kg	-	-	-	1.800,00	-	-	-	13.300,00	-	6.120,00	34.700,00	-	4.909,00	15.600,00	-	3.203,00
Antimônio	mg/kg	-	-	-	6,60	-	-	-	-	-	-	-	-	6,85	-	-	3,53
Arsênio	mg/kg	1,00 - 4,00	19,00	50,00 - 25,00	8,80	64,20	4,40 - 74,80	1,60 - 12,80	6,66	-	20,90	14,30	-	12,36	-	-	6,29
Bário	mg/kg	-	-	-	45,00	141,40	0 - 153,80	-	53,10	-	176,00	72,20	-	270,70	20,30	-	55,89
Boro	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	392,00	-	561,00	73,50	-	1.085,00	36,40	-	501,10
Cádmio	mg/kg	-	-	-	0,17	-	-	0,40 - 1,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chumbo	mg/kg	1,00 - 5,00	9,00 - 17,00	8,00 - 38,00	5,20	-	25,70 - 44,30	13,70 - 59,00	11,90	-	14,70	10,70	-	16,58	3,50	-	11,64
Cobalto	mg/kg	1,00 - 5,00	7,00 - 16,00	-	2,10	-	-	-	8,63	-	6,53	5,63	-	5,91	2,99	-	3,66
Cobre	mg/kg	1,00 - 5,00	7,00 - 22,00	8,00 - 19,00	8,00	-	-	8,70 - 68,00	11,80	-	15,10	8,23	-	8,82	2,17	-	5,24
Cromo	mg/kg	1,00 - 5,00	15,00 - 67,00	57,00 - 259,00	28,00	-	-	34,20 - 269,00	67,70	-	21,70	27,30	-	70,93	22,90	-	11,97
Ferro	mg/kg	40.000,00	30.000,00	-	-	82.000,00	30.000 - 91.000	-	132.000,00	-	189.000,00	19.200,00	-	271.721,00	10.300,00	-	146.258,00
Manganês	mg/kg	4,00	620,00	-	1.290,00	1.636,00	0 - 1.872,00	-	317,00	-	4.780,00	192,00	-	2.919,00	100,00	-	957,00
Mercurio	mg/kg	-	-	-	0,19	-	-	-	0,07	-	1,01	0,13	-	0,20	-	-	0,17
Molibdênio	mg/kg	-	-	-	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Níquel	mg/kg	1,00 - 5,00	12,00 - 32,00	-	8,00	39,00	11,90 - 41,40	8,10 - 96,00	21,40	-	10,20	7,31	-	11,97	2,54	-	4,81
Prata	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Selênio	mg/kg	-	-	-	-	43,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vanádio	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	49,70	-	27,00	37,80	-	33,85	10,80	-	17,21
Zinco	mg/kg	1,00 - 5,00	14,00 - 32,00	18,00 - 33,00	15,00	65,30	28,70 - 69,70	34,80 - 98,00	21,80	-	9,32	27,00	-	15,28	13,70	-	12,52

5.4.5.3. Concentrações basais para Água Superficial

O estudo de Fernandes (2017) apresenta a comparação de diversos estudos que propuseram concentrações basais para metais, anterior ao evento de rompimento da barragem de Fundão. A **Tabela 74** apresenta a comparação dos resultados do presente estudo, calculados pelo método estatístico UCL95 para RED, REI e RNE, com os valores basais propostos em trabalhos. Não há a presença de metais do grupo **f**.

Para o Alumínio Dissolvido, é importante ressaltar que a concentração calculada para a RED₃ é influenciada por um *outlier* e as concentrações das outras amostras são consistentes com as apresentadas na RED das outras AA. A RNE₁ (36,40 µg/L) também apresenta diferença em relação às outras RNE. Comparando as concentrações da RNE₁ e RNE₂ (4,42 a 4,90 µg/L) com as da RED₁ e RED₂ (18,90 a 28,10 µg/L), observa-se que há enriquecimento do metal na RED. Mesmo assim, destaca-se que não há diferença significativa destes valores com os propostos por Fernandes (2017). Logo, não há uma clara relação do enriquecimento deste metal com o evento. As **Figuras 61 e 62 (Anexo 4)** apresentam os mapas de interpolação para Alumínio Dissolvido.

O Ferro Dissolvido, por sua vez, apresenta concentrações altas na RNE₂ para as duas amostras coletadas, sendo superiores ao PLA. O mesmo ocorre para a amostra coletada na RNE₃, sendo o RNE₁ o único valor inferior ao PLA. A RED, nas três áreas, apresenta maior número de amostras, permitindo maior confiabilidade nos valores calculados. Há duas amostras com concentrações superiores ao PLA, sendo uma na RED₂ e outra na RED₃, porém os valores calculados por UCL 95% para as três áreas se apresentam consistentes e inferiores ao valor de nível basal proposto por Fernandes (2017). A concentração calculada para a RNE₁ é inferior às encontradas na RED, apesar de manter a mesma ordem de grandeza. Em vista do exposto, entende-se que essas anomalias não estão associadas ao evento. As **Figuras 63 e 64 (Anexo 4)** apresentam os mapas de interpolação para Ferro Dissolvido.

O Manganês (total) só possui valores basais propostos por Costa (2001). Os valores propostos por este autor são divididos em concentrações obtidas em épocas de seca e épocas de chuva. Na época de seca, as concentrações variaram de <0,02 a 3,73 mg/L (seca) e <0,02 a 0,33 mg/L (chuva). Na tabela de comparação supracitada, apresentou-se o intervalo dentre as concentrações máximas levantadas por Costa (2001). Para as concentrações calculadas para

Manganês neste estudo, observa-se que há enriquecimento na RED (503,00 a 2.257,00 µg/L) em relação à RNE (19,30 a 80,90 µg/L). Apesar destas concentrações estarem dentro dos intervalos de concentrações basais no estudo de Costa (2001), as maiores concentrações estão localizadas na RED. Logo, isso indica a provável influência do evento para o aumento de concentração deste metal, mesmo que não sejam valores inéditos para o rio Gualaxo do Norte. As **Figuras 65 e 66 (Anexo 4)** apresentam os mapas de interpolação para Manganês Total.

Tabela 74 - Comparação de Concentrações basais de Água Superficial

VALORES DE BACKGROUND (Água Superficial)		Buscher (1992)	Costa (2001)	CPRM (2015)	Fernandes (2017)	AA1		AA2		AA3	
METAIS	Unidade	C máx (seca) - C máx (chuva)			RNE	RED	RNE	RED	RNE	RED	
Alumínio Dissolvido	µg/L	-	250,00 - 3330,00	-	16,20	4,62	18,90	4,90	28,10	36,40	151,00
Antimônio	µg/L	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio	µg/L	-	-	1,00	-	-	-	-	5,47	-	4,47
Bário	µg/L	-	-	-	41,78	28,50	5,02	10,80	186,80	21,30	96,32
Boro	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	6,87	-	-
Cádmio	µg/L	-	37,00	-	0,50	-	-	-	-	-	-
Chumbo	µg/L	-	150,00	1,00	-	-	-	-	2,37	-	6,77
Cobalto	µg/L	-	10,00	-	<26,3	-	-	-	4,29	-	3,30
Cobre Dissolvido	µg/L	-	-	-	7,39	-	-	-	5,19	1,13	5,81
Cromo	µg/L	-	30,00	1,50	-	-	-	-	9,63	-	10,18
Ferro Dissolvido	µg/L	-	0,31 - 8230,00	268,00	-	181,00	223,00	737,00	244,00	575,00	235,00
Manganês	µg/L	-	330,00 - 3730,00	-	-	28,00	503,00	19,30	2.257,00	80,90	1.098,00
Merúrio	µg/L	1,80 - 3,50	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13
Molibdênio	µg/L	-	-	-	<13,5	-	-	-	-	-	-
Níquel	µg/L	-	20,00	3,50	-	-	-	-	5,06	1,43	4,78
Prata	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Selênio	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vanádio	µg/L	-	-	-	<19,2	-	-	-	7,91	1,44	12,81
Zinco	µg/L	-	60,00	-	8,35	-	-	-	43,61	7,40	48,40

5.4.5.4. Concentrações de Outras Matrizes

Diferente de solo, sedimento e água superficial, essas matrizes não foram impactadas diretamente pelo evento de rompimento da barragem de Fundão e o possível impacto ambiental é causado de forma indireta, por meio de mecanismos secundários de liberação (infiltração, lixiviação na zona não saturada e transporte em meio saturado) das fontes secundárias (solo e água contaminados).

Água Subterrânea

Metais do grupo d.

O Alumínio Total apresenta concentrações superiores aos VI adotados, ocorrendo tanto na RED quanto na REI e RNE. O Alumínio Dissolvido não apresenta concentrações superiores aos VI adotados. Como discutido nos itens anteriores, não há relação do enriquecimento associado ao evento deste metal no meio físico, logo, também não é possível associar estas concentrações anômalas ao evento.

O Ferro apresentou concentrações superiores ao padrão organoléptico de potabilidade, definido pela Portaria de Consolidação N° 05, em amostras na RED, REI e RNE, não apresentando correlação espacial com as unidades de exposição. Conforme será apresentado no item 5.5.6, o caráter predominante dos aquíferos na bacia é de comportamento efluente, ou seja, eles providenciam água para o rio. A partir destes dados, entende-se que as concentrações encontradas no presente estudo não estão relacionadas ao evento.

O Manganês, por sua vez, apresenta anomalias presentes em algumas amostras na REI e RNE, enquanto não há concentrações superiores aos VI adotados na RED. Logo, essa distribuição aleatória de pontos com concentrações anômalas indica que estas concentrações não estão influenciadas pelo evento.

Água de Abastecimento

Metais do grupo d.

O Alumínio e Ferro, tanto total quanto dissolvido, não apresentam correlação espacial das concentrações com as unidades de exposição, ocorrendo concentrações anômalas nas três

regiões. Como apresentado no item 5.4.1, as amostras são provenientes de caminhões pipa fornecidos pela **Fundação RENOVA** ou concessionárias de abastecimento da comunidade local. A maioria das propriedades utilizam água de nascentes para abastecimento, porém, conforme discutido anteriormente, não foi observada influência do evento nas concentrações encontradas em águas subterrâneas. Em vista destas informações, não foi possível observar correlação das anomalias encontradas com o evento.

Poeira Domiciliar

Metais do grupo d.

Os metais Antimônio, Arsênio, Bário, Chumbo, Cobre, Ferro e Zinco apresentam concentrações anômalas pontuais em pontos com distribuição aleatória em relação às unidades de exposição. Por causa disso, não é possível observar influência do evento nas concentrações encontradas na RED, REI e RNE.

Metais do grupo h.

O cádmio, além de não estar presente na composição química do rejeito, apresentou distribuição aleatória das concentrações anômalas em relação às unidades de exposição. Logo, não é possível associar essas anomalias com o evento.

A discussão sobre a relação das anomalias encontradas nesse compartimento com outros é discutida a seguir.

Raspagem de Alvenaria

Os metais encontrados com concentrações anômalas e superiores aos VI adotados (Antimônio, Bário, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Zinco, Cádmio) apresentam comportamento análogo ao descrito para Poeira. Logo, também não é possível associar as anomalias encontradas para este compartimento ambiental com o evento.

Não foi observado também correlação espacial das amostras de raspagem de alvenaria que apresentam metais com concentrações superiores aos VI adotados com as amostras de poeira que apresentam metais com concentrações superiores aos VI adotados. Por exemplo, as amostras POETINTA-17 e POETINTA-25 apresentaram concentrações de metais superiores aos VI adotados, porém as amostras de POE-17 e POE-25 não apresentaram concentrações

similares ou enriquecidas dos mesmos metais. A amostra POE-24 apresenta concentrações superiores aos PLA de Antimônio e Chumbo, porém a amostra POETINTA-24 não apresenta concentração de Antimônio e a concentração de Chumbo é cerca de 60 vezes menor.

Assim como não foi observada correlação espacial das amostras de raspagem de alvenaria com as de poeira domiciliar, não foi observada correlação espacial destas amostras com as de solo superficial. Utilizando o mesmo exemplo anterior, apesar da amostra de POE-24 apresentar concentrações superiores aos PLA de Antimônio e Chumbo, as amostras SSP-19 e SSP-20 (as mais próximas da POE-24) não apresentam concentração detectável de Antimônio e concentração de Chumbo cerca de 18 vezes menor.

As únicas amostras que apresentaram concentrações superiores aos PLA do mesmo metal em amostra de poeira domiciliar e raspagem de alvenaria no mesmo local, foram as amostras POE-12 e POETINTA-12 para Cobre. Porém, as amostras de solo (SSP-23, 24 e 25) não apresentaram concentrações de cobre em ordem de grandeza que indique relação com essa anomalia, além destas apresentarem valores próximos consistentes com o *background* de Cobre para solo superficial na área de estudo. Logo, é reforçada a interpretação de que essas anomalias discutidas não estão associadas entre si e ao evento.

Recomenda-se para as próximas campanhas, coletar cinza e poeira acumuladas em ambientes da cozinha e/ou chaminés, além de coletar amostras de raspagem de tinta próximas ou no mesmo ambiente da coleta de poeira.

Embora a tinta não tenha demonstrado relação direta com a poeira, é notório que a tinta não apresenta relação com o evento de rompimento. Obter concentrações elevadas para determinados metais em tintas, levanta a hipótese que há fontes desconhecidas internas as residências que podem mascarar o resultado de amostras ambientais coletadas dentro destas unidades residenciais.

Fruta

Arsênio apresentou concentração detectável em apenas uma fruta em todas as AA, localizada em propriedade presente na RNE e superior ao VI adotado. Visto o caráter de exceção da presença deste metal, não é possível associar esta anomalia ao evento.

Hortaliça

Os metais Cromo e Selênio, assim como o Arsênio para Frutas, só apresentaram concentrações detectáveis e superiores aos VI adotados em uma amostra de hortaliça nas três AA, em propriedades presentes na RNE. Visto o caráter de exceção da presença destes metais, não é possível associa-los ao evento.

Ovo

O Selênio encontrado em Ovo apresenta comportamento análogo ao Selênio encontrado em Hortaliça. Três amostras apresentaram concentrações superiores aos PLA, sendo duas localizadas em propriedades na RNE e uma na RED. Logo, não é possível associa-lo ao evento.

Vegetal

O Arsênio só apresenta concentração detectável e superior ao VI adotado em uma amostra de vegetal, localizado em propriedade na RNE. Logo, não é possível associar esta concentração ao evento.

Em geral, os alimentos não apresentaram correlação espacial dos metais citados com a RED, REI e RNE, não sendo possível os associar ao evento. Para Vegetal, porém, há correlação espacial das concentrações de Alumínio e Ferro (ambas não possuem PLA), metais do grupo **a.**, com as unidades de exposição.

O Alumínio, porém, ao comparar a localização das amostras de vegetal na RED com os mapas de interpolação de Alumínio para Solo Superficial, verifica-se que o solo é empobrecido em Alumínio, enquanto as amostras de vegetal são enriquecidas. O Ferro, por sua vez, é enriquecido tanto no solo superficial quanto nos vegetais localizados na RED. Isso indica que há influência da quantidade de Ferro no solo superficial na quantidade de Ferro para os vegetais.

5.5. INFORMAÇÕES SOBRE ROTAS AMBIENTAIS

Neste item serão apresentadas as características do meio físico antes do evento de rompimento da barragem de Fundão para as áreas alvo do presente trabalho. Essa caracterização, denominada de Linha-base, foi realizada pelos Institutos Lactec, nos relatórios supracitados no item 5.1 de histórico ambiental.

Os tópicos serão complementados conforme houver necessidade, sendo devidamente referenciadas as fontes.

5.5.1. FISIOGRAFIA

A geografia física do trecho de interesse, entre os municípios de Mariana e Barra Longa, será a análise da inter-relação entre a geomorfologia, vegetação e hidrografia.

5.5.1.1. Geomorfologia

Segundo o mapa de diversidade geológica de Minas Gerais (Do Brasil, 2010), o trecho pertence ao Domínio das unidades denudacionais em rochas cristalinas ou sedimentares. Esse domínio é composto por oito padrões de relevo, correspondentes a relevos denudacionais, que se caracterizam por padrões de relevos de degradação de qualquer litologia. Como exceção destes relevos de degradação em relação a litologia, há os padrões de vales encaixados e colinas amplas e suaves, nos quais a degradação ocorre predominantemente em rochas sedimentares. O mapa de geodiversidade de Minas Gerais e seu guia descritivo estão disponíveis no link <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/14704>.

No trecho de interesse, de Bento Rodrigues à Barra Longa, os três padrões de relevo presentes são, respectivamente:

Domínio montanhoso (R4c)

Esse padrão corresponde a alinhamentos serranos, maciços montanhosos, *front de cuestras* e *hogback*. Terreno bem acidentado, com vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. O sistema de drenagem principal presente apresenta grande processo de entalhamento. A amplitude de relevo é acima de 300 metros, com desnivelamentos locais inferiores a esse valor. As inclinações da vertente variam de 25 a 45°, com possibilidade de ocorrência de paredões rochosos subverticais (60-90°).

Domínio de colinas dissecadas e de morros baixos (R4a2)

Esse padrão é descrito como colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou aguçados. Apresentam sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais ou em vales fechados. A amplitude de relevo varia de 30 a 80 metros e a inclinação de vertentes variam de 5 a 20°.

Há o equilíbrio entre a pedogênese e morfogênese, formando solos espessos e bem drenados. A ocorrência de processos de erosão laminar é frequente, enquanto ocorrem processos de erosão linear acelerada (sulco, ravina e voçoroca) esporadicamente. Pode ocorrer geração de rampas de colúvios de baixa vertente.

Domínio de morros e serras baixas

São morros convexo-côncavos dissecados com topos arredondados ou aguçados, além de morros de topo tabular e de topos planos. O sistema de drenagem principal apresenta planícies aluviais restritas. A amplitude de relevo varia de 80 a 200 metros e a inclinação das vertentes entre 15 a 35°.

Há predominância do processo de morfogênese, formando solos pouco espessos em terrenos declivosos. O processo de erosão laminar e linear acelerada é frequente, além da ocorrência esporádica de processos de movimento de massa. Pode ocorrer a geração de colúvios e, secundariamente, depósitos de tálus nas baixas vertentes.

5.5.1.2. Vegetação

Para a caracterização fitofisionômica da cobertura vegetal do trecho de interesse, utilizou-se como base os trabalhos realizados pela Loyola *et al* (2014), Saiter *et al* (2015), Lactec (2017), Fernandes (2017) e fotointerpretação de imagens de satélite.

A bacia do rio Doce está inserida no domínio fitogeográfico da Mata Atlântica, coberta, principalmente, por formações florestais e campestres. Devido à grande extensão e a heterogeneidade ambiental decorrente ao longo da bacia, há uma grande diversidade biológica em relação a outros domínios fitogeográficos (Saiter *et al*, 2015). Loyola *et al* (2014) elaboraram em seu trabalho um mapa de áreas prioritárias para conservação e uso sustentável da flora brasileira ameaçada de extinção. O trecho de interesse se encontra numa das microbacias destacadas como área de prioridade extremamente alta, conforme o mapa supracitado.

A dissertação de Fernandes (2017) descreve a bacia do rio Gualaxo do Norte, que coincide em grande parte com o trecho de interesse do presente trabalho. Segundo Fernandes (2017), grande parte da fitofisionomia evidenciada é a Floresta Estacional Semidecidual. Esta se estende do município de Mariana - MG até o município de Cachoeiro do Itapenequim - ES.

Grande parte da bacia do rio Gualaxo do Norte se apresenta desmatada atualmente, devido à atividade de mineração da região, pecuária e agricultura, além de ocupação desordenada e em áreas de risco e de preservação ambiental. Essas práticas contribuíram para a degradação do ambiente, incluindo a substituição de mata nativa por espécies exóticas, em sua maioria composta por eucaliptos e pastagens.

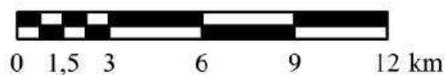
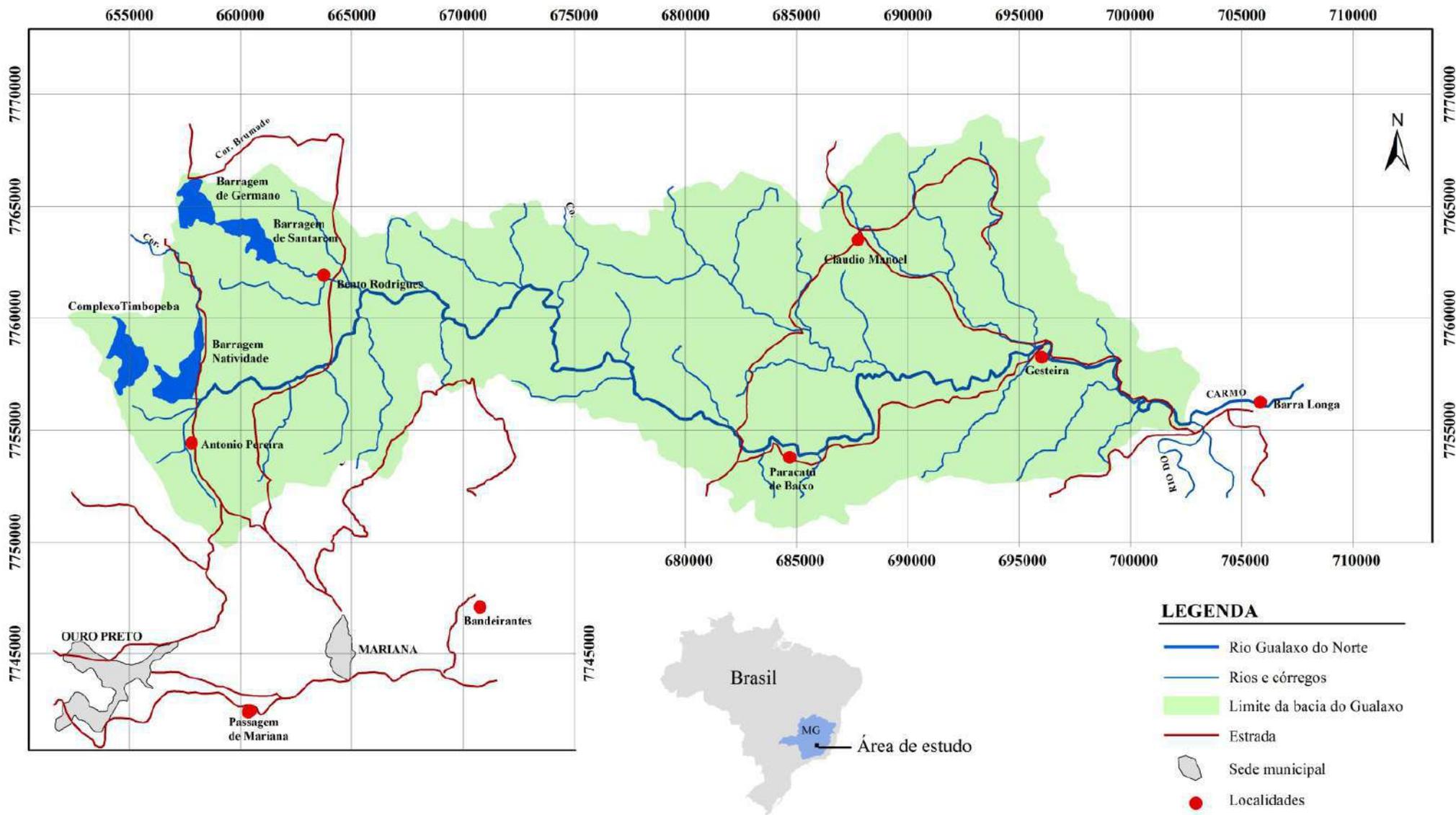
A fotointerpretação da cobertura vegetal ao longo da margem do rio Gualaxo do Norte de Bento Rodrigues até Barra Longa foi realizada por meio da análise de imagens de satélite disponibilizadas pelo Google *Earth*, no período pré-rompimento da barragem de Fundão. Pode-se descrever a vegetação com a predominância de dois tipos de cobertura, sendo uma representada por tipos arbóreos de caráter denso e outra por uma vegetação mais esparsa, principalmente representada por tipos herbáceos e com a presença de tipos arbustivos.

A cobertura arbórea tem predominância na região de Bento Rodrigues até aproximadamente 17 km em direção à Barra Longa, onde a cobertura herbácea e arbustiva tem maior presença, principalmente devido as atividades antrópicas, seja de propriedades rurais ou urbanas nas regiões de São Luís, Monsenhor Horta, Pedras, Barretos, Gesteira e Barra Longa.

5.5.1.3. Hidrografia

O Gualaxo do Norte, rio principal que corta a área de estudo deste relatório nasce nas proximidades do Complexo de Timbopeba no município de Ouro Preto a sudoeste de Bento Rodrigues (distrito de Mariana) localizado no início da área de estudo. Na região do distrito de Bento Rodrigues o rio Gualaxo do Norte recebe afluentes provenientes da barragem de Fundão localizada ao oeste do distrito, caminho por onde a lama do rompimento da barragem atingiu a cidade.

A partir de Bento Rodrigues o Gualaxo do Norte segue, de maneira geral, em direção a leste, passando pelos distritos de Paracatu de Baixo, Paracatu de Cima, Pedras, Barreto e Gesteira até desaguar no Rio do Carmo no município de Barra Longa no extremo leste da área de estudo. A **Figura 31** a seguir mostra o rio Gualaxo do Norte e seus principais afluentes.



FONTE: Rodrigues, 2012

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.

			CLIENTE		FUNDAÇÃO RENOVA		FIGURA Nº:
							31
			CÓD. PROJETO:		MG ARSH-1502/205-02		
GEÓLOGOS	SEDE TASSARARA Igor Hirayama e Tiago Marzelli	03 / 2019	PROJETO:		Localização da bacia do rio Gualaxo do Norte		
DESENHISTA	SEDE TASSARARA Imerson Rocha	03 / 2019	Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III) -Metodologia ATSDR- Áreas-alvo 1,2,3		FIGURA:		
VERIF. APROV.	SEDE TASSARARA Alexandre Maximiano	03 / 2019	RESPONSÁVEL:		ASSINATURA:		CREA: 0608623M
FORMATO:	ESCALA:	REVISÃO:	LOGRADOURO		ÁREA ESCOPADA:	ÁREA TOTAL:	
A4	Gráfica	1	R. João Adolfo, 118 - Sala 103 - Anhangabaú, São Paulo - SP, 01090-320		-	-	

5.5.2. GEOLOGIA

A geologia regional de Mariana/MG está associada ao contexto de uma zona de Faixa Móvel, e por isso, pode ser dividida em duas porções (Baltazar & Raposo, 1993), sendo uma a Cratônica, chamada de Província Geotectônica do São Francisco (PGSF), onde se encontram os terrenos antigos do Arqueano, e a outra, porção oeste, chamada de Província Geotectônica Mantiqueira (PGM), que corresponde à Faixa móvel e os terrenos Arqueanos do chamado embasamento oriental, além de rochas do paleoproterozóico. As porções na área de estudo são descritas a seguir:

- (1) Província Geotectônica São Francisco (PGSF) - Na área de estudo afloram rochas de algumas unidades pertencentes a esta província, como: o Supergrupo Rio das Velhas, representadas por sequências metavulcano-sedimentares da fácies xisto verde; Complexo Santo Antônio do Pirapetinga, representada por rochas metabásicas e metaultramáficas, e gnaisses tonalíticos a graníticos. Também fazem parte desta província, as unidades do Supergrupo Minas e do Complexo Santa Bárbara, não aflorantes na área.
- (2) Província Geotectônica Mantiqueira (PGM) - Na área de estudo afloram rochas das seguintes unidades: Complexo Mantiqueira, Complexo Acaiaca e Grupo Dom Silvério, que estão representadas, respectivamente, por gnaisses bandados com intercalações de anfibolitos e metagabros, por granulitos e por rochas metavulcano-sedimentares.

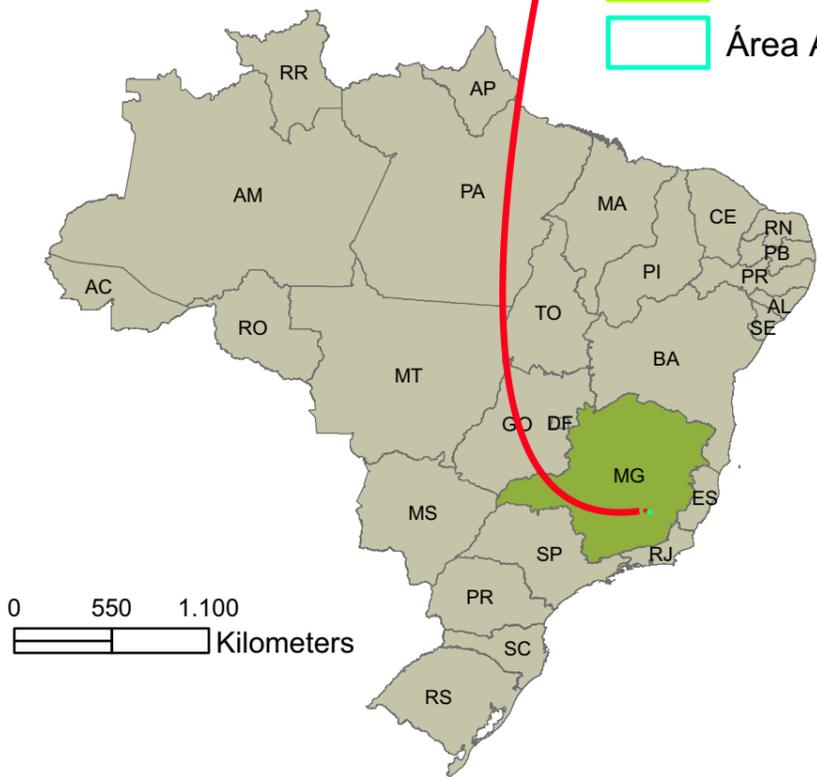
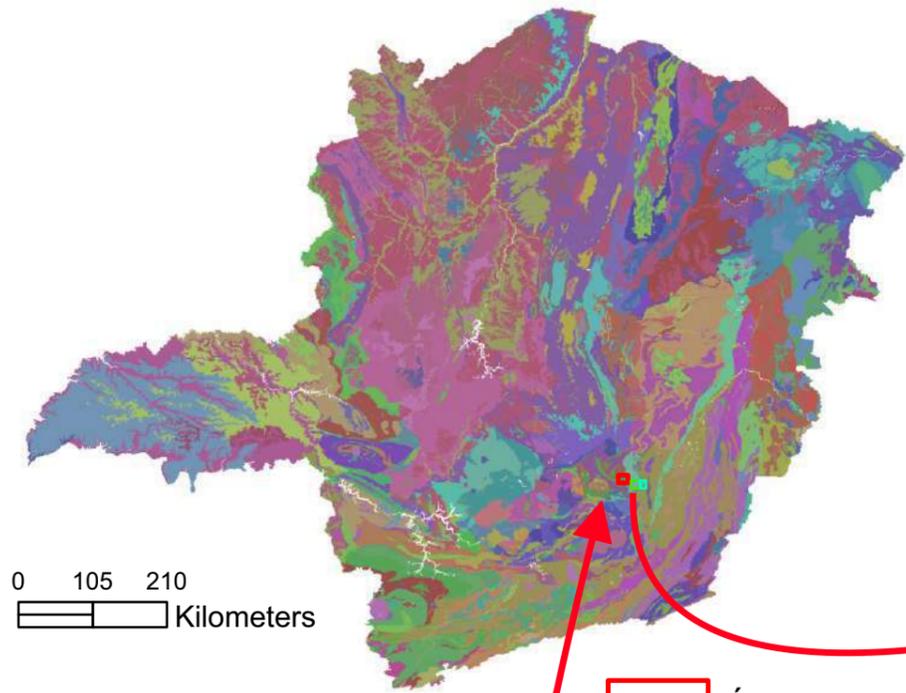
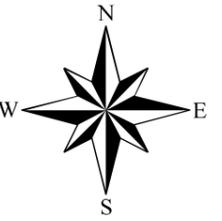
As rochas encontradas no trecho entre Mariana e Barra Longa - MG pertencem as duas províncias geotectônicas citadas, e representam a zona de transição do Cráton São Francisco e o Cinturão Móvel Costeiro, onde afloram metapelitos de baixo grau metamórfico a oeste, e de médio e alto grau metamórfico a leste, com uma zona de rochas granulíticas ao centro da área (Jordt-Evangelista *et al*,1986).

A **Figura 32** apresenta o mapa geológico regional.

Mapa Geológico Regional

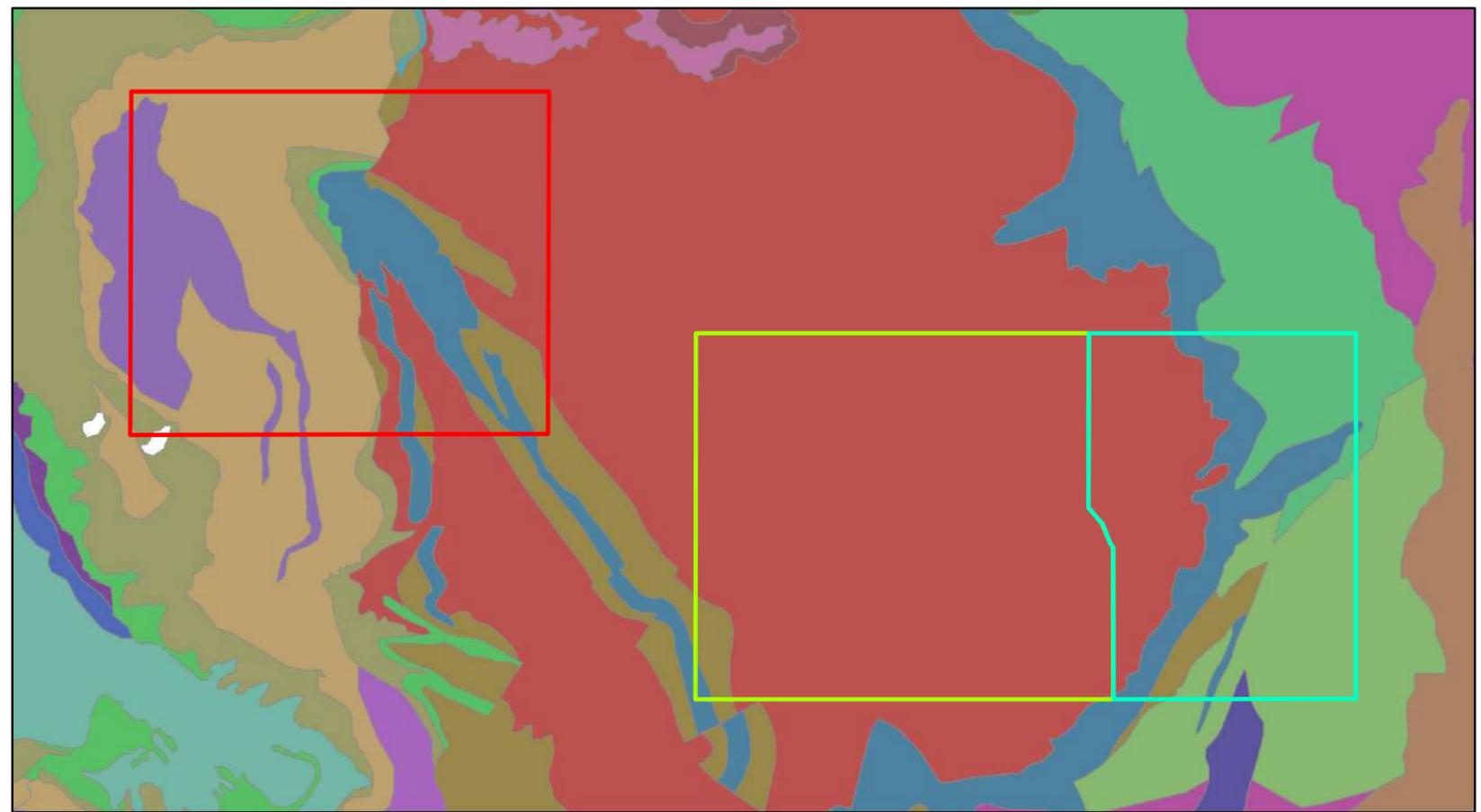
LITOLOGIA DO ESTADO DE MINAS GERAIS

REGIÃO DO MUNICÍPIO DE MARIANA



0 550 1.100
Kilometers

- Área Alvo-01
- Área Alvo-02
- Área Alvo-03



0 4 8
Kilometers

Legenda

Unidades Geológicas e Litologias

- | | | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Acaiaca - Enderbitito, Norito, Opdalito, Quartzito Barra Longa - Granito Caraça - Filito, Quartzito Caraça - Filito, Quartzito Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas - Aglomerado, Areia, Argila, Laterita Córrego Taioba - Tonalito Diogo de Vasconcelos - Granito a duas micas Dom Silvério - Xisto, Quartzito, Quartzito Ferruginoso Dom Silvério - Xisto, Quartzito, Quartzito Ferruginoso | <ul style="list-style-type: none"> Fonseca - Arenito, Laterita, Pelito Itabira - Itabirito, Dolomito Itacolomi - Quartzito Mantiqueira - Anfibolito, Ortognaisse Mantiqueira - Anfibolito, Ortognaisse Mantiqueira, quartzio diorito - Quatzo Diorito Maquiné - Quartzito, Metaconglomerado, Quartzito-mica xisto Maquiné, associação aluvionar - Quartzito, Metaconglomerado Maquiné, associação aluvionar Quartzito, Metaconglomerado Maquiné, associação costeira - Metarenito, Metagrauvaca, Metapelito | <ul style="list-style-type: none"> Mombaça - Granito Nova Lima - Xisto, Metagrauvaca, Metamáfica Nova Lima -Xisto, Metagrauvaca, Metamáfica Nova Lima, associação resedimentada - Metarenito, Metapelito Nova Lima, associação resedimentada - Metarenito, Metapelito Piracicaba - Filito, Xisto, Dolomito, Quartzito Quebra Osso - Komatiito Ribeirão Pinheirinho - Tonalito Granito Calcicalcalino Sabará - Xisto, Metagrauvaca |
|--|---|--|

FONTES:



Coordinate System: GCS WGS 1984
Datum: WGS 1984
Units: Degree

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.

			CLIENTE:		Fundação Renova		FIGURA N°:	
							32	
							CÓD. PROJETO:	
							MG.ARSH.1902/306-02	
GEÓLOGOS:			NOME E ASSINATURA		PROJETO:		FIGURA:	
			Igor Hirayama e Tiago Manzolli		Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III)		Mapa geológico	
DESENHISTA:			NOME E ASSINATURA		--Metodologia ATSDR--			
			Emerson Rocha		Áreas-alvo 1,2,3.			
VERIF./APROV.:			NOME E ASSINATURA		RESPONSÁVEL:		ASSINATURA:	
			Alexandre Maximiano		Alexandre Maximiano			
FORMATO:			ESCALA:		REVISÃO:		LOGRADOURO	
A3			Gráfica		1		R. João Adolfo, 118 - Sala 103 - Anhangabaú, São Paulo - SP, 01050-020	
							ÁREA EDIFICADA	
							-	
							ÁREA TOTAL	
							-	

5.5.2.1. Descrição das principais unidades da PGSF

Arqueano

✓ Grupo Juiz de Fora

Os litotipos integrantes do Grupo Juiz de Fora são referidos como "complexos charnokítico e gnáissico-kinzígítico", integrados a uma "associação Barbacena/ Paraíba do Sul", mais abrangente.

Os litotipos integrantes do complexo Juiz de Fora distribuem-se ao longo da extremidade sudeste da folha de Ponte Nova, como uma faixa bem marcada, de estruturação rigidamente orientada segundo NNE-SSW. Limitam-se a oeste com um domínio de ortognaisses do complexo Mantiqueira, com linha de contato passando, de norte a sul, nas proximidades das cidades de São Pedro dos Ferros, Santo Antônio do Gramma e Jequeri; a leste, norte e sul, esse complexo litológico se estende para fora da folha. As melhores exposições, nos arredores da região de estudo podem ser visualizadas na BR-262.

Há exposições em que os tipos charnokíticos predominam, mostrando-se com uma laminação fina proporcionada por filetes máficos ricos em biotita, somente visíveis com nitidez na superfície de alteração da rocha.

Minerais de Granada podem estar presentes como cristais subidiomórficos, milimétricos, principalmente nos termos mais finos, sendo raro a quase ausente nos tipos charnokíticos mais grosseiros, especialmente nos mobilizados, onde, entretanto, são encontrados com relativa frequência prismas curtos, centimétricos, de piroxênio-anfibólio.

✓ Grupo Barbacena

O Grupo Barbacena caracteriza-se pela presença de sequências de rochas de natureza metavulcânica, metassedimentar, metaultramáfica e metabasítica.

As litologias que integram essa unidade são metassedimentos, metabasitos, gnaisses laminados e metaultramáficas. Esse conjunto de rochas encontra-se, em sua quase totalidade, intensamente decomposto, o que dificulta sobremaneira a sua individualização durante a sondagem e amostragem.

✓ Gnaisses, Granitoides e Migmatitos com Estruturas Diversas

Contempla um conjunto de gnaisses bandados, por vezes migmatíticos, com intercalações de anfibolito e hornblenda-gnaisses, além de ocorrências localizadas de charnokito e de anfibolito sem orientação preferencial. Distribuem-se em toda a porção central da folha de Ponte Nova, limitando-se a sudeste com os metamorfítos de alto grau do Grupo Juiz de Fora, a leste das cidades de Jequeri, Rio Casca e São Pedro dos Ferros. Para sudoeste, encontra-se limitada pelos paragneisses da suíte metamórfica São Sebastião do Soberbo, a oeste das localidades de Piscamba, Urucania, Cardosos e Ponte Nova.

✓ Supergrupo Rio das Velhas

As rochas interpretadas como pertencentes ao Supergrupo Rio das Velhas na Folha Ponte Nova são divididas em 3 grupos, Quebra-Osso, Nova Lima, e Maquiné. Se distribuem por uma série de segmentos pelo flanco oriental do Quadrilátero Ferrífero, bordejando a Serra do Caraça pelo norte e leste e seguindo para o sul por Bento Rodrigues, Mariana e pelos lados da Serra do Itacolomi, de onde passam a envolver o Complexo Santa Bárbara, passando por Padre Viegas, Bandeirantes, Cachoeira do Brumado, Monsenhor Horta e Cláudio Manoel, até as imediações de Fonseca, Turvo de Alvinópolis e Bateia, no extremo norte. Ocorrem também no núcleo do Anticlinal de Mariana, a oeste da cidade homônima, envolvidas por litotipos do Supergrupo Minas. Essa área de irregular distribuição perfaz um total de cerca de 450 km².

Grupo Quebra-Osso

Os litotipos desta unidade são compostos por rochas metaultramáficas, extrusivas brechadas, maciças, vesiculares e almofadadas, com níveis xistosos esparsos sem estrutura original, e por níveis de origem sedimentar representadas por formações ferríferas pobres em Fe. O contato entre esses litotipos e o grupo Nova Lima é gradacional.

Segundo Baltazar & Raposo (1993), a mineralogia das metaultramáficas é simples, sendo constituída essencialmente por serpentina (pseudomórfica de olivina, piroxênio), clorita, talco, tremolita-actinolita, magnetita, ilmenita e carbonato. Os níveis xistosos são descritos como clorita - talco - serpentina xistos, clorita - xistos, e anfibólio - biotita xistos.

A presença de clorita e tremolita nessas rochas indicaria um metamorfismo de fácies Xisto-verde, porém sabe-se da literatura de rochas metaultramáficas, que esses minerais podem chegar a níveis de pressão mais elevada, atingindo fácies anfibolito.

Grupo Nova Lima

O Grupo Nova Lima foi originalmente descrito por Dorr *et al* (1957). Ladeira (1980) propôs a divisão informal deste grupo em 3 unidades, da base para o topo:

- Unidade Metavulcânica: Rochas ultramáficas basais formando derrames e corpos intrusivos (serpentinitos, esteatitos, talco xistos), metabasaltos (clorita-tremolita-actinolita xistos), camadas delgadas de formação ferrífera do tipo Algoma, metacherts, filitos carbonosos, meta-riolitos subordinados (quartzo-sericita xistos) e xistos tufáceos. Ocorrem também vulcanites máficos e ultramáficos (representados por actinolita-epidositos maciços, com quantidades subordinadas de clorita) com estrutura almofada e textura spinifex de composição variando de komatiítica a toleítica. Na base desta unidade ocorrem intercalações de vulcânicas félsicas subordinadas.
- Unidade Metassedimentar Química: Apresenta caráter interestratificado, com diversos litotipos se repetindo ao longo da sequência, predominando derrames máficos: quartzo-mica xistos, filitos cinza escuros, quartzitos finos micáceos com micro-seixos (interpretados como meta-arenitos vulcanoclásticos) e formações ferríferas delgadas.
- Unidade Metassedimentar Clástica: Quartzo-mica xistos, xistos carbonáticos, metagrauvas, quartzitos imaturos, meta-conglomerados.

Grupo Maquiné

As rochas deste grupo são caracterizadas por quartzitos ou rochas quartzosas com feldspato e micas e apresentam níveis ferruginosos, alguns com aspectos de formações ferríferas. Em geral são menos resistentes à erosão, o que as distingue dos demais quartzitos da região.

No geral a litologia é composta por quartzitos, em parte cloríticos com lentes de conglomerados intraformacionais mono e polimíticos (seixos de “metachert”, BIF-fácies carbonática, quartzo, xistos, filitos, metamáficas e metaultramáficas) com pirritas detríticas e estratificação cruzada de porte decimétrico.

Proterozóico Inferior

✓ Supergrupo Minas

Segundo estudos, o Supergrupo Minas é do Paleoproterozóico (Benevides 2003 *apud* Babinski *et al.*, 1991; Machado *et al.*, 1992). Os litotipos principais que o constituem são xistos argilosos com massas subordinadas de quartzitos comuns, quartzitos ferruginosos (itabiritos a minério de ferro puro) e calcários.

O Supergrupo Minas é dividido em três grupos, Grupo Caraça, Grupo Itabira e Grupo Piracicaba.

Grupo Caraça

A localidade tipo do Grupo Caraça é restrita, originalmente, ao flanco sul da Serra Homônima, de acordo com a definição original de Baltazar, 1993 *apud* Harder e Chamberlim (*op. cit.*).

O grupo Caraça foi dividido em duas formações, Moeda e Batatal. A Formação Moeda é constituída por quartzitos grossos, geralmente conglomeráticos e quartzitos finos de aspecto friável, ambos pouco deformados. A Formação Batatal é constituída por filito cinza constituído essencialmente de clorita, sericita e grafita e subordinadamente turmalina, minerais opacos e óxido de ferro.

Grupo Itabira

O Grupo Itabira encontra-se sobreposto ao Grupo Caraça, abrangendo duas formações, Cauê e Gandarela.

A Formação Cauê constitui a base do Grupo Itabira e é caracterizada por um fino bandamento milimétrico a sub milimétrico definido por níveis de hematita e/ou magnetita com

algum quartzo subordinado e níveis inteiramente quartzosos. Eventualmente pode apresentar sericita, muscovita, turmalina, apatita e clorita.

A Formação Gandarela constitui o topo do Grupo Itabira e as rochas que a caracterizam são dolomitos, calcários magnesianos e itabirito dolomítico, porém podendo apresentar camadas de itabirito, filito hematítico e quartzitos. Como minerais acessórios podem ocorrer actinolita e clorita.

Grupo Piracicaba

O Grupo Piracicaba é composto por sedimentos clásticos, quartzito ferruginoso, quartzito, filito hematítico e filito grafitoso, podendo eventualmente ocorrer camadas de dolomito e pequenas lentes de formação ferrífera.

Os litotipos característicos são filito dolomítico castanho e cinza-escuro, dolomitos argilosos e silicosos e filitos rosados, cinza e bronze, localmente silicosos e por vezes verifica-se um clorita xisto com intercalações de quartzito, grauvaca e sub grauvaca. Podem ocorrer associadas com rochas vulcânicas, formações ferríferas e turbiditos.

Proterozóico Médio

✓ Grupo Itacolomi

O Grupo Itacolomi encontra-se no sudeste do Quadrilátero Ferrífero, sobrepondo os grupos Minas e Rio Das Velhas. O grupo é composto por quartzitos grossos e metaconglomerados com raras intercalações de itabirito. A estrutura dos sedimentos deste grupo contém registros do tectonismo transamazônico e brasileiro.

5.5.2.2. Descrição das principais unidades da PGM

✓ Complexo Mantiqueira

O Complexo Mantiqueira, localizado a oeste da área, corresponde a uma sequência de rochas ortoderivadas que constituem o embasamento Arqueano da região, retrabalhadas por eventos termo-tectônicos posteriores (Baltazar em Vilela, 2000). Nesta sequência predominam ortognaisses granito-tonalíticos listrados, migmatitos com intercalações de anfibolito e hornblenda gnaiss, há também ocorrência de pequenos corpos de rochas granulíticas.

Os litotipos do Complexo Mantiqueira são essencialmente formados por migmatitos e gnaisses com metabásicas associadas, podendo ser divididos em três unidades litológicas principais:

✓ Unidade de Ortognaisses, Anfibolitos e Metabásicas Associadas

Constituem esta unidade predominantemente hornblenda-biotita gnaisses, que apresentam alternância de bandas leucocráticas e melanocráticas de espessura centimétrica, associa-se a estas, rochas metabásicas. Há ocorrência, de forma localizada, de tonalitos gnaisses miloníticos, leucocráticos, de granulação média-fina com estrutura laminada dominante.

A composição mineralógica dos ortognaisses se estabelece segundo o seu bandamento. Nas bandas félsicas a composição varia de granítica a granodiorítica, sendo sua paragênese mineral constituída por quartzo, microclínio, plagioclásio e biotita principalmente. Nas bandas máficas a composição varia de granodiorítica a tonalítica, tendo biotita e anfibólio como minerais principais.

Os gnaisses miloníticos têm paragênese mineral formada pelo cisalhamento, constituída principalmente de quartzo, biotita, microclínio, albita e hornblenda, neste caso, a hornblenda recristalizada pode indicar condições metamórficas da fácies anfibolito inferior.

Os anfibolitos ocorrem nos contatos entre os ortognaisses e sua encaixante, em forma de lentes e bandas concordantes. A paragênese mineral principal constitui-se de hornblenda, plagioclásio e quartzo (inclusões xenoblásticas).

As rochas metabásicas são relativamente comuns, associando-se aos gnaisses em corpos tabulares concordantes ao bandamento, e por vezes cortando-os em forma de diques. São de cor negra, com granulação média a grossa, com contatos nítidos e bruscos com as encaixantes. Tem foliação bem desenvolvida, sendo sua paragênese mineral formada principalmente por plagioclásio e hornblenda, esta granoblástica, com relictos de piroxênio. Biotita, carbonatos e epidoto são minerais secundários frequentes de sua substituição.

✓ Unidade Gnaiss Quartzo Diorítico

As rochas desta unidade ocorrem de forma restrita e compreendem dois tipos de gnaisses, um homogêneo e outro mais bandado. O homogêneo tem a paragênese mineral

principal formada por quartzo, plagioclásio, biotita e hornblenda, já o bandado classifica-se com um biotita anfibólio gnaiss, cinza escuro, bem foliado, de granulação média, com níveis anfibolíticos e níveis leucocráticos de rocha granitóide de granulação média, em geral milonitizada e quase sem máficos.

Processos retrógrados de metamorfismo de baixo grau são verificados através da saussuritização e sericitização dos plagioclásios e transformação da biotita em muscovita (Baltazar *et al*, 1993).

✓ Unidade Gnaiss Bandado Migmatizado

Constitui-se predominantemente de biotita-anfibólio gnaisses bandados, com injeções graníticas concordantes, esbranquiçadas, que proporcionam a rocha uma estrutura migmatítica estromática.

Os leucossomas são de composição granítica alcalina, de textura granoblástica, constituídas essencialmente de microclínio, plagioclásio, quartzo e biotita. O paleossoma destes migmatitos mostra uma composição tonalítica a granodiorítica, cuja paragênese mineral constitui-se basicamente por plagioclásio, biotita, anfibólio e microclínio.

As paragêneses destes gnaisses indicam um metamorfismo da fácies anfibolito, com um retrometamorfismo na fácies xisto verde evidenciado pela cloritização da biotita e sericitização do plagioclásio.

✓ Complexo Acaiaca

Trata-se de um conjunto de rochas de alto grau metamórfico (fácies granulito), situado próximo à cidade de Acaiaca identificado como uma faixa de aproximadamente 5 Km de largura, com extensão N-S na qual predominam rochas granulíticas. A ocorrência de rochas granulíticas aumenta gradativamente a partir de Ponte Nova para leste, sendo predominantes em Abre Campo (Schulz-Kuhnt, 1985).

O complexo insere-se no contexto regional da zona de transição entre cráton e faixa móvel, como indicador de polimetamorfismo, pois sua presença descarta a possibilidade de metamorfismo gradual na região, o que implica em evolução policíclica (Juliani, comunicação verbal).

Na literatura são citados alguns litotipos da região, entre eles: piribolitos plagiogranulitos e kinzigitos (Jordt Evangelista, 1985).

A ocorrência das rochas de alto grau do Complexo Acaiaca trouxe algumas alterações para o modelo de evolução crustal local, uma vez que cráton São Francisco é delimitado de acordo com o primeiro aparecimento de rochas fácies granulito, estas, características do cinturão costeiro. Acaiaca está a 60 km a oeste da região considerada como limite do cráton (Abre Campo) por Almeida (1981). A ocorrência de rochas de alto grau intercaladas com rochas fácies anfibolito (gnaisses do Complexo Mantiqueira) é explicada pela colocação tectônica de níveis mais profundos do embasamento em níveis crustais rasos através de um grande sistema de falhas reversas, originadas por choque continental. A região de estudo situa-se próxima a uma zona de junção de blocos: a oeste o bloco afundado, com grande espessamento crustal correspondente aos terrenos granito-gnáissicos e a leste o bloco cavalgante, onde se expõem níveis crustais mais profundos, com rochas granulíticas.

Estudos isotópicos indicam a recristalização metamórfica na fácies granulito como produto do evento Transamazônico (Teixeira *et al.*, 1987).

✓ Grupo Dom Silvério

O grupo Dom Silvério, que se situa na porção leste da região de Mariana - Ponte Nova, é composto por seis litotipos distintos e está em contato tectônico com os gnaisses do Complexo Mantiqueira (Peres *et al.*, 2002). Segundo Benevides (2003), através de dados petrográficos e geotermobarométricos, pode identificar que dois eventos metamórficos afetaram este pacote metassedimentar.

Os litotipos que compõe o grupo são:

- Unidade dos Biotita Xistos com Granada, Cianita e Estaurolita

Estes xistos apresentam uma forte heterogeneidade textural e composicional, predominando biotita-muscovita xisto grosso com granada, cianita e estaurolita. A foliação principal é milonítica (S_{n+1}), afetando uma xistosidade regional (S_n), sendo também crenulada (S_{n+2}).

A granada, a cianita e a estauroлита são de cristalização pós S_{n+1} , mas não raramente observa-se cristais orientados ou rotacionados segundo a S_{n+1} .

Em vários locais afloram biotita xistos feldspáticos, associados à biotita gnaisses. O contato entre esses litotipos é gradacional, evidenciado pela ausência de contatos bruscos e pela correspondência mineralógica. Observa-se que os teores de muscovita e grafita tendem a aumentar o biotita gnaisse para o biotita xisto predominante.

Os xistos apresentam, em alguns locais, leitos mais ricos em porfiroblastos de granada, indicando leitos mais ricos em Al e com alta razão Fe/Mn. Essa forte concentração de álcalis pode ser explicada pela lixiviação dos álcalis por fluidos metamórficos em condutos preferenciais (no caso os planos gerados pela foliação milonítica).

- Unidade dos Muscovita Xistos Grafitosos

Dispostos como corpos decamétricos de muscovita xistos com ou sem cianita, havendo leitos compostos apenas por grafita, ocorrem intercalados nos Bt xistos. Possui uma intensa foliação milonítica, além de dobras apertadas e crenulação S_{n+2} . A cianita, quando presente, é sub a idioblástica formada em duas gerações distintas: (a) pré a sin - deformacional à S_{n+1} , com cristais milimétricos a submilimétricos; (b) cristais maiores e geralmente idioblásticos cristalizados em períodos tardi a pós deformacional.

- Unidade dos Paragnaisses

Biotita gnaisses grossos com foliação gnáissica (S_n) transposta pela foliação milonítica (S_{n+1}), que foi, por sua vez, dobrada gerando dobras assimétricas a recumbentes com vergência para oeste, que tendem a evoluir para dobras em bainha. Ocorrem agregados de qzo + feld em uma textura granítica semelhante à matriz, onde a bt interna é mais avermelhada, sugerindo que estes fragmentos sejam seixos, oriundos de um sedimento mais grosso, como conglomerados arenosos a arcóseos associados aos sedimentos pelíticos que deram origem aos xistos.

- Unidade das Rochas Calciossilicáticas

Intercalações de alguns centímetros a dezenas de metros nos xistos e paragnaisses e, comumente, associam-se a corpos de metabasitos. Sua composição é variável gerando desde tremolitos até gnaisses calciossilicáticos.

Aos tremolititos associam-se rochas quartzosas de cor verde-clara, indicando silicificação associada ao hidrotermalismo.

As rochas dessa unidade são em sua maioria compostas por tremolita, actinolita, piroxênio, epídoto, carbonatos, plagioclásio e quartzo. As relações de contato das rochas dessa unidade no campo mostram-se gradacionais e, aparentemente esses litotipos parecem evoluir um do outro.

- Unidade dos Metabasitos

Quando associados às rochas calciossilicáticas, possuem granulação mais fina e discreta laminação composicional, o que sugere origem tufácea.

Ocorrem, em sua maioria, como corpos com espessura métrica a decamétrica de anfíbolito (com granada).

Encontram-se milonitizados em intensidades variadas e, por vezes, formam lentes em meio aos gnaisses paraderivados. Sua origem pode ser de antigas rochas vulcânicas ou até mesmo, intrusões de rocha básica anterior ao cisalhamento.

Existe um terceiro tipo de metabasito representado por diques métricos a decamétricos tardios, com deformação incipiente e paragênese indicativa de metamorfismo fácies xisto-verde.

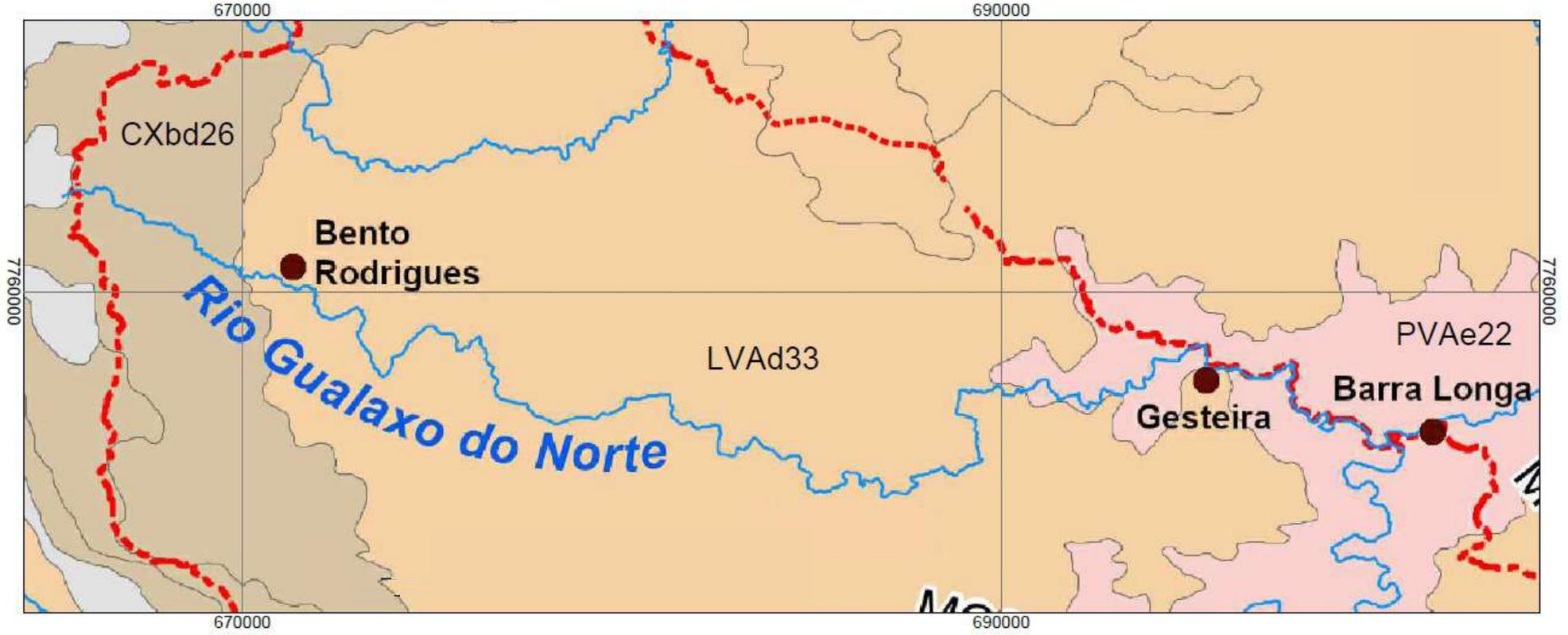
- Meta-granitos Porfíricos

Dispostos como corpos tabulares de espessura métrica a decamétrica de metagranito porfírico, ocorrem intercalados nos biotita xistos e biotita gnaisses. A coloração da rocha é cinza, com granulação média a grossa, textura blastoporfírica e encontra-se fortemente deformada, apresentando estiramento mineral e sombras de pressão nos porfiroclastos de feldspato potássico. Podem aflorar também como apófises ou bolsões nos gnaisses paraderivados do Grupo D. Silvério. As relações de campo indicam que o metagranito tenha sido colocado em regime sin a tardi-cisalhamento, já que os demais litotipos foram afetados por uma deformação tardia, de caráter rúptil, que gerou fraturamento conjugados.

5.5.3. PEDOLOGIA

Neste item são apresentados os tipos de solos encontrados ao longo da área de estudo, que se estende desde a barragem de Fundão que sofreu o rompimento até as proximidades do município de Barra Longa ao leste da barragem.

A caracterização do meio físico foi baseada no estudo realizado pelos Institutos Lactec. O mapa pedológico de Minas Gerais utilizado para a definição das classes de solos presentes na área de estudo foi elaborado pela FEAM (2010). A **Figura 33** mostra o detalhe deste mapa para a região em questão, a barragem de Fundão está localizada ao montante de Bento Rodrigues e o rejeito seguiu o rio Gualaxo do Norte indicado no mapa.



FORTE FEAM, 2010

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.

			CLIENTE		FUNDAÇÃO RENOVA		FIGURA Nº:
							33
			PROJETO:		FIGURA:		
			Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III) -Metodologia ATSDR- Áreas-alvo 1,2,3		Mapa pedológico da área de estudo		
GEOLOGOS			SEM TASSARAÇA		RESPONSÁVEL:		ASSINATURA:
Igor Hirayama e Tiago Marzelli			03 / 2019		Alexandre Maximiano		CREA: 0608623M
DESENHISTA:			SEM TASSARAÇA				
Emerson Rocha			03 / 2019				
VERIF. APROV.:			SEM TASSARAÇA				
Alexandre Maximiano			03 / 2019				
FORMATO:		ESCALA:	REVISÃO:		LOGRADOURO:		ÁREA ESTUDADA:
A4		Gráfica	1		R. João Adolfo, 118 - Sala 103 - Arhangasul, São Paulo - SP, 01050-320		ÁREA TOTAL:

Como observado no mapa pedológico, ocorrem três classes distintas de solo ao longo da região, são elas: CXbd26 (Cambissolo háplico) - localizado no extremo oeste da região, sobre o qual foi instalada a barragem de Fundão; LVAd33 (Latosolo vermelho-amarelo) - classe predominante em toda a região, localizado na porção central, de Bento Rodrigues até as proximidades de Gesteira; e PV Ae22 (Argissolo vermelho-amarelo) - localizado na porção leste da região, nas proximidades de Barra Longa.

As características destes três tipos de solo encontrados na região serão descritas a seguir:

LVAd33 - Latossolo vermelho-amarelo distrófico típico: Latossolos são solos minerais profundos e bem drenados (Amaral *et al.*, 2004), formados por processos de latolização, que consiste na remoção de sílica e outras bases do perfil (cálcio, magnésio, potássio, etc.). O horizonte B deste tipo de solo costuma ser muito espesso, com mais de 50 cm e sua sequência dos horizontes A, B, e C é pouco diferenciada. A intemperização dos latossolos é intensa, apresentando pequena reserva de nutrientes para plantas, com baixa a média capacidade de troca de cátions. A grande maioria dos latossolos são distróficos (como o presente na região) e ácidos, com pH entre 4,0 e 5,5.

PV Ae22 - Argissolo vermelho-amarelo eutrófico típico: Argissolos são solos profundos a pouco profundos (ocasionalmente rasos), bem a moderadamente drenados e argila de alta atividade e teor variável de cascalho (Amaral *et. Al.*, 2004). São solos minerais com nítida diferenciação dos horizontes ocasionada pelo aumento, muitas vezes, abrupto no teor de argila. A fertilidade deste tipo de solo é muito variável de acordo com o seu material de origem (rocha mãe), na região o solo apresenta caráter eutrófico, o que representa uma alta fertilidade para o solo.

CXbd26 - Cambissolo háplico Tb distrófico típico: Cambissolos são solos mal a acentuadamente drenados com fase cascalhenta, pedregosa/rochosa normalmente presente, ocorrem, normalmente, em relevos ondulados e são de pouca profundidade com baixa fertilidade para os tipos distróficos (Amaral *et. Al.*, 2004) como o presente na região. O desenvolvimento pedogenético destes solos é baixo, com muitos minerais primários (herdados da rocha mãe), o que explica a grande presença de pedregulhos e fragmentos de rocha e baixa profundidade.

O estudo dos Institutos Lactec buscou informações referentes à todo o território brasileiro para as propriedades físicas do solo, utilizando como base os dados do HYBRAS - banco de dados hidrofísicos de solos no Brasil, elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e suporte da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Otoni *et al.* (2017) trabalharam os dados deste banco e chegaram a estimativas de densidade aparente (1,44 g/cm³), teor de matéria orgânica (1,8%), condutividade hidráulica saturada do solo (2,0 cm/dia) e as predominâncias nas frações granulométricas (43% de areia e 36% de argila).

Como explicitado pelo estudo dos Institutos Lactec, estes dados representam uma estimativa para solos de todo o território brasileiro e portanto apresentam uma extensa amplitude de valores possíveis de serem utilizados para a bacia do rio Doce.

5.5.4. GEOQUÍMICA

O presente capítulo visa realizar uma breve revisão bibliográfica de estudos realizados na região onde a área de estudo em Mariana - MG está inserida, e que foram executados de forma independente dos trabalhos desenvolvidos no âmbito da **Fundação RENOVA**, por exemplo, por meios acadêmicos, especialmente na tentativa de evidenciar o *background* geoquímico da área.

- Caracterização da Bacia do Rio Gualaxo do Norte, MG, Brasil: Avaliação Geoquímica Ambiental e Proposição de Valores basais. (Rodrigues, A. S de L.) Fundação Universidade Federal de Ouro Preto, 2012.

Este trabalho teve por objetivo realizar uma caracterização da bacia do rio Gualaxo do Norte, na região do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais.

Para a obtenção de valores basais em sedimentos ativos de drenagem coletados nas margens do rio Gualaxo do Norte e de alguns de seus afluentes, para os elementos Fe, As, Pb, Mn, Ba, Zn e Ni, foram utilizadas as técnicas de representações *boxplot*, curvas de frequência acumulada em escala linear, técnica iterativa 2 σ e função de distribuição calculada, conforme apresentado na **Tabela 75** a seguir. A técnica da curva de frequência acumulada foi descartada, uma vez que, não é recomendado o uso da mesma em conjuntos de amostras com menos de 50 unidades (Matschullat *et al.*, 2000a *apud* Rodrigues, 2012).

Tabela 75 - Valores basais estabelecidos para os diferentes elementos estudados

Técnicas estatísticas	Elementos						
	Fe (%)	As (mg.kg ⁻¹)	Pb (mg.kg ⁻¹)	Mn (mg.kg ⁻¹)	Ba (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	Ni (mg.kg ⁻¹)
<i>Boxplot</i>	9,1	-	-	-	-	68,2	38,6
Curva de frequência acumulada	-	61,3	44,3	-	-	61,2	41,4
Técnica interativa 2σ	7,3	56,5	43,3	1400	129	62,2	35,9
Função de distribuição calculada	8,3	74,8	-	1872	153,8	69,7	40,1
Média dos valores de <i>background</i> obtidos	8,2	64,2	43,8	1636	141,4	65,3	39

Legenda: (-) a técnica não se aplica ao conjunto de dados analisados.

Fonte: Adaptado de Rodrigues, 2012.

- Avaliação de Risco à Saúde Humana por Contaminação Natural de Arsênio nas Águas Subterrâneas e nos Solos da Área Urbana de Ouro Preto (MG). (Gonçalves, J. A. C. & Lena, J. C. de) Revista do Instituto de Geociências - USP, v. 13, n. 2, p. 114-148, junho 2013.

Foi realizada uma avaliação da exposição humana à presença natural por arsênio (As) das águas subterrâneas e solos na área urbana da cidade de Ouro Preto. De acordo com Gonçalves *et al* (2010, *apud* Gonçalves & Lana, 2013), a presença do arsênio nas águas e solos se deve à ocorrência desse elemento nas coberturas intemperizadas oxidadas, nas rochas mineralizadas e enriquecidas de corpos de minérios sulfetados encontrados em afloramentos e nas paredes das minas abandonadas, sendo representado, principalmente, pela arsenopirita, pirita e pirrotita, observadas em toda a área de estudo.

Para a realização da avaliação de risco na área de Ouro Preto utilizou-se os *softwares* da CETESB e do RISC em um cenário residencial.

Na **Tabela 76** são apresentados os resultados dos quocientes de risco (QR) e os valores de risco de se desenvolver câncer em crianças em um cenário residencial da área estudada. Os setores presentes na tabela referem-se às áreas da cidade estudadas.

Este estudo ressalta um importante ponto: “elevados teores de um contaminante em determinados meios não são suficientes para definir o risco real se a sua biodisponibilidade for baixa” (Gonçalves & Lana, 2013).

A conclusão do estudo foi que para o cenário estudado, obtiveram-se riscos (efeitos cancerígenos e não cancerígenos) para crianças por meio das vias de ingestão e contato dérmico com solo e água subterrânea com arsênio.

Faz-se necessário destacar que o local em que foi realizada a avaliação de risco à saúde humana indicado acima não é o mesmo trecho, entre Bento Rodrigues e Barra Longa- MG, em que foi executado o estudo contido ao longo do presente documento, bem como os cenários de exposição também não são os mesmos. Dessa forma, o relato presente no estudo *Avaliação de Risco à Saúde Humana por Contaminação Natural de Arsênio nas Águas Subterrâneas e nos Solos da Área Urbana de Ouro Preto (MG)* é meramente para exposição de dados históricos.

Tabela 76 - Estimativa da Avaliação de Risco para Crianças em Cenário Residencial

Setor		Avaliação de Risco - RISC 4.0			Avaliação de Risco - CETESB		
		Água	Solo	Total	Água	Solo	Total
PD- T	QR	1,066	4,94	6,006	0,38	4,973	5,353
	RC	$4,0 \times 10^{-5}$	$1,9 \times 10^{-4}$	$2,3 \times 10^{-4}$	$9,0 \times 10^{-5}$	$1,13 \times 10^{-3}$	$1,22 \times 10^{-3}$
PF-AC	QR	8,213	2,733	10,946	2,933	2,756	5,690
	RC	$3,2 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$4,3 \times 10^{-4}$	$6,6 \times 10^{-4}$	$6,2 \times 10^{-4}$	$1,28 \times 10^{-3}$
AD-B	QR	4,573	2,506	7,080	1,633	2,533	4,166
	RC	$1,8 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-4}$	$2,8 \times 10^{-4}$	$3,7 \times 10^{-4}$	$5,7 \times 10^{-4}$	$9,4 \times 10^{-4}$

PD-T: Piedade - Taquaral; PF-AC: Padre Faria - Alto da Cruz; AD-B: Antonio Dias - Barra; QR: quociente de risco; RC: risco cancerígeno

Fonte: Adaptado de Gonçalves & Lena, 2013.

- Atlas Geoquímico da Bacia do Rio Doce. Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2016.

O Atlas Geoquímico da Bacia do Rio Doce é composto por trabalhos realizados nos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, nos anos de 2010 e 2011.

Foram coletadas amostras de solo em uma malha aproximada de 25x25 km, durante toda a extensão da Bacia do Rio Doce (**Figura 1, Anexo 3**). Já as amostras de sedimento de corrente foram coletadas em bacias com área entre 150 e 200 km² nas zonas de deposição de material fino. As amostras de água superficial foram coletadas nos mesmos pontos das amostras de sedimento. Por fim, as amostras de água de abastecimento foram coletadas em Estações de

Tratamento de Água (ETA's) presentes ao longo da bacia ou em pontos de captação da principal fonte de abastecimento da sede municipal, antes de qualquer tipo de tratamento.

Com os resultados analíticos foram realizados estudos estatísticos e elaborados mapas geoquímicos para os elementos que mostraram concentrações acima do limite de detecção ou da quantificação do equipamento analítico. A seguir são apresentados brevemente os resultados obtidos para os principais parâmetros de interesse presentes na região de Mariana e Barra Longa - MG e que são contemplados no Atlas Geoquímico da Bacia do Rio Doce.

Alumínio (Figura 2 a 5, Anexo 3):

Os sedimentos apresentam anomalia contínua na porção central da bacia, indo de Manhuaçu - MG a Gonzaga - MG. Os solos repetem esse comportamento apenas nas extremidades da bacia, não cortando o rio Doce ... Os cátions nas águas não repetem o comportamento dos sedimentos e solos. Ocorrem valores muito elevados (máximo de 11,4 mg/L) no rio Graipu, entre Guanhães - MG e Virginópolis - MG, no córrego do Carmo próximo a João Monlevade - MG e nas cabeceiras do rio Guandu perto de Afonso Cláudio - ES. De uma maneira geral, as águas da margem esquerda do rio Doce, em Minas Gerais e da margem direita, no Espírito Santo, apresentam diversos valores acima dos permitidos pela legislação. Senador Firmino, Paula Cândido, Alto Rio Doce, Vermelho Novo, Antônio Dias e Dom Cavati, em Minas Gerais e Laranja da Terra, no ES, apresentam valores para água de abastecimento maiores do que o permitido pela legislação. (CPRM, 2016).

Arsênio (Figura 6 a 9, Anexo 3):

Nos sedimentos ele apresenta anomalias bem definidas nas regiões de afloramento de rochas sulfetadas auríferas do Quadrilátero Ferrífero ao longo do limite oeste da bacia até Conceição do Mato Dentro - MG, com valores de até 354 ppm, para um valor máximo permitido pelo CONAMA 454 Nível 2 de 17 ppm. Na margem esquerda do rio Doce, após Governador Valadares - MG e no Espírito Santo a norte de Linhares ocorrem outras três zonas anômalas para As em sedimento. Nas amostras de solo, toda a porção sudoeste limítrofe da bacia, além de dois pontos distintos próximos a Gonzaga - MG, apresentam anomalias de até 47 ppm para um máximo VRQ-MG de 8 ppm. Nas águas superficiais, a presença do cátion As em limites acima dos permitidos pela legislação (CONAMA 357 Classe 2) foi encontrada em apenas dois pontos, em Mariana - MG e em Periquito - MG, no rio Doce. Nas águas de abastecimento, apenas três cidades apresentam valores acima dos limites legais, todas próximas ao Quadrilátero Ferrífero, Catas Altas da Noruega - MG, Lamim - MG e Santana dos Montes - MG, com valor máximo de 0,014 mg/L para um limite legal de 0,010 mg/L da MS 2914. (CPRM, 2016).

Ressalta-se que as concentrações citadas acima não foram obtidas no trecho de interesse em estudo e somente foram apresentadas a título de apresentação de resultados de *background* geoquímico na região em que os municípios de Mariana e Barra Longa estão inseridos.

Ferro (Figuras 10 a 13, Anexo 3)

As amostras de sedimento mostram ocorrência de valores mais elevados no Quadrilátero Ferrífero, entre Mariana - MG e Itabira - MG, seguindo as bacias dos rios do Carmo e Piracicaba e continuando pelo rio Doce até pouco antes de Governador Valadares - MG. A existência de inúmeros resultados acima de 15%, limite máximo de quantificação, prejudicou um pouco a obtenção de dados estatísticos. Os solos mostram regiões de ocorrência mais restritas às cabeceiras, também com diversos valores acima do limite máximo de quantificação, principalmente na região a norte de Conceição do Mato Dentro - MG. O elemento foi detectado em todas as amostras de sedimento e de solo, mostrando os valores mais baixos no estado do Espírito Santo. Não foram definidos valores legais de VRQ para o elemento, em Minas Gerais. O cátion ferro nas águas superficiais acompanha o comportamento de sedimentos e solos, mais frequentes e enriquecidos na média e alta bacia, apresentando um valor máximo de 35,5 mg/L no córrego São Paulo, em Tumiritinga - MG para um valor legal de 5 mg/L para a Classe 3 da CONAMA 357. Este valor aparentemente não é geogênico, pois está longe das litologias ferríferas. No entanto, quase 60% das amostras apresentam resultados superiores ao limite de 0,300 mg/L referente à Classe 2 da mesma resolução para águas fluviais. Este fator se repete para as águas de abastecimento, que apresentaram um valor máximo de 6,35 mg/L em Oratórios - MG e de 5,12 mg/L em Desterro do Melo - MG e 60% das amostras com valor acima do limite de 0,300 mg/L. (CPRM, 2016).

Manganês (Figuras 14 a 17, Anexo 3):

O mapa de sedimento mostra uma grande distribuição do elemento por toda a parte central da bacia com exceção da parte próxima da foz e uma faixa próxima ao Quadrilátero Ferrífero. Aparecem teores de até 5.591 ppm no rio Santo Antônio, próximo a Itueta - MG, configurando grande zona anômala na margem esquerda do rio Doce desde Divino das Laranjeiras, MG até Alto Rio Novo, ES. O elemento foi detectado em todas as amostras de sedimento e, se for considerado o valor de prevenção (*Threshold Effects Level* - TEL) do *screening Quick Reference Tables* da NOAA (2008) de 460 ppm, cerca de 55% da bacia está com teores acima deste patamar. O mapa de solo mostra uma distribuição igualmente homogênea por toda a bacia, com maior valor de 2.774 ppm ocorrendo entre Pocrane - MG e Baixo Guandu - ES". Se for considerado o valor de referência para *screening* preliminar do SQRT da NOAA ⁽¹⁾ de 220 ppm, cerca de um terço da bacia apresentaria concentrações acima deste valor, o que indica ocorrência natural e disseminada do elemento na bacia. "O Sistema VRQ-MG não quis contabilizar um valor para o manganês, devido aos elevados resultados obtidos, a exemplo do ferro e do cromo. Para as amostras de água de superfície, o cátion manganês foi detectado em dois terços delas, com máximo de 5,6 mg/L no córrego São Paulo, a norte de Tumiritinga - MG, que a exemplo do córrego São Pedro, com valor de 5,4 mg/L, a norte de Itueta - MG, formam uma região coincidente com as de solo e sedimento com valores elevados de manganês. Estes dois resultados são os únicos acima de 0,5 mg/l, o nível 3 da CONAMA 357 para o cátion. No entanto, considerando o nível 1 de 0,1mg/L, as regiões de São Gabriel da Palha, Colatina e Afonso Cláudio, no ES, e São Pedro do Suaçuí, Rio Casca e o rio do Carmo em Mariana, em MG, encontram-se acima do patamar legal. O cátion manganês foi detectado em metade das amostras de água de abastecimento, registrando o valor máximo de 0,44 mg/L no córrego Mamonas em Oratórios - MG. Além desta, mais seis captações diretas de rios em Urucânia - MG, Brás Pires - MG, Coimbra - MG, São Pedro dos Ferros - MG, Desterro do Melo - MG e São Sebastião do Maranhão - MG, e cinco de poços artesianos em Ipatinga - MG, Fernandes Tourinho - MG, São José do Goiabal - MG, Alvorada de Minas - MG e Coronel Fabriciano - MG mostraram valores acima do patamar legal de 0,1 mg/L definido pela Portaria do MS 2914." (CPRM, 2016).

(1) Conforme site da *National Oceanic and Atmospheric Administration* - NOAA: "Os valores SQiRT devem ser utilizados apenas para fins de *screening* preliminar. Eles não representam oficialmente a política da NOAA e não constituem critério ou nível de remediação. NOAA não endossa o seu uso para qualquer outro que não seja de levantamento preliminar.

- *Potential risks of the residue from SAMARCO's mine dam burst* (Bento Rodrigues, Brazil). (Segura, F. R.; Nunes, E. A.; Paniz, F. P.; Paulelli, A. C. C.; Rodrigues, G. B.; Braga, G. U. L.; Pedreira Filho, W. dos R.; Barbosa Jr., F.; Cerchiaro, G.; Silva, F. F.; Batista, B. L.). Elsevier, 2016.

Poucos dias após o evento ocorrido em novembro de 2015, foram coletadas amostras de rejeito, solo e água em Bento Rodrigues - MG, que foi a primeira área ocupada afetada. No geral, os resultados das amostras de água superficial e potável apresentaram concentrações de elementos químicos de acordo com as legislações ambientais brasileiras (abaixo do VR máximo, sabendo que as amostras de água superficial foram coletadas em locais não atingidos pelo rejeito), exceto a concentração de prata em águas superficiais que variou de 1,5 a 1.087 µg/L. Além disso, a mistura de água e rejeito apresentou concentrações de Fe e Mn cerca de 4 vezes maiores do que o limite máximo de avaliação da qualidade dos corpos d'água, de acordo com as leis brasileiras.

Testes de lixiviação/extração indicaram que Ba, Pb, As, Sr, Fe, Mn e Al têm alto potencial de mobilização da lama (rejeito) para água.

Neste estudo, as amostras de solo foram divididas em dois grupos: de *background* (não atingidas pela lama) e lama (rejeito). Para os elementos Ca e Mo, as concentrações nas amostras de lama (rejeito) variaram de <5 ng/g a 120 ng/g, para Cd e Mo, respectivamente. Em amostras de solo de *background*, a variação foi de <10 ng/g a 375 ng/g.

Os níveis dos elementos macro (Pb, As, Sr, Zn, e Co) na lama variaram de <460 ng/g para As/Sr/Co a 6500 ng/g para As/Zn, respectivamente. A concentração desses elementos amostras de *background* variaram de <500 ng/g para Sr/Co a 17.000 ng/g para Pb, respectivamente. Os parâmetros Fe e Mn foram os elementos de maior concentração tanto em amostras de *background* quanto em amostras de lama (rejeito). Concentrações de Cr, Ba e Al estavam em níveis muito baixos na lama em comparação com o *background*.

- *The Environmental Impacts of One of the Largest Tailing Dam Failures Worldwide*. (Hatje, V.; Pedreira, R. M. A., Rezende, C. E.; Schettini, C. A. F.; Souza, G. C.; Marin, D. C.; Hackspacher, P. C.). *Scientific Reports*, 2016.

As concentrações de Fe observadas em amostras de sedimentos no rio Gualaxo do Norte após o evento ocorrido em 2015 foram de até 3,5 vezes que as amostras de *background* (não atingidas pelo evento). Considerando que a porcentagem de Fe biodisponível no sedimento permaneceu relativamente constante e baixa para o rio Gualaxo do Norte ($\approx 0,4\%$), um aumento foi observado ao longo do rio Doce atingindo até 10% no baixo rio Doce e 16% na foz do estuário. Esse aumento gradual indicou que o Fe estava sendo mobilizado e se tornando mais biodisponível ao longo de seu transporte pelo rio.

- Relatório de Linha-Base: Volume I - Meio Físico. Institutos Lactec, 2017.

Com base em estudos realizados ao longo de toda a Bacia do Rio Doce, verificou-se que a distribuição de alguns teores de metais, como alumínio (Al), arsênio (As), boro (b), cromo (Cr), mercúrio (Hg) e manganês (Mn) ocorre de forma mais acentuada na região do Quadrilátero Ferrífero (QF) em comparação às demais áreas devido às formações geológicas naturalmente ricas nestes elementos.

A distribuição de arsênio na Bacia do Rio Doce ocorreu de forma mais elevada na porção sudoeste, na região do QF e nas cabeceiras dos rios Piracicaba, Gualaxo do Norte e do Carmo, estando toda essa área acima do valor de referência de qualidade (VRQ) de 8 mg/kg definido para o estado de Minas Gerais.

A **Figura 34** apresenta o mapa de distribuição de teores de Arsênio na bacia do Rio Doce.

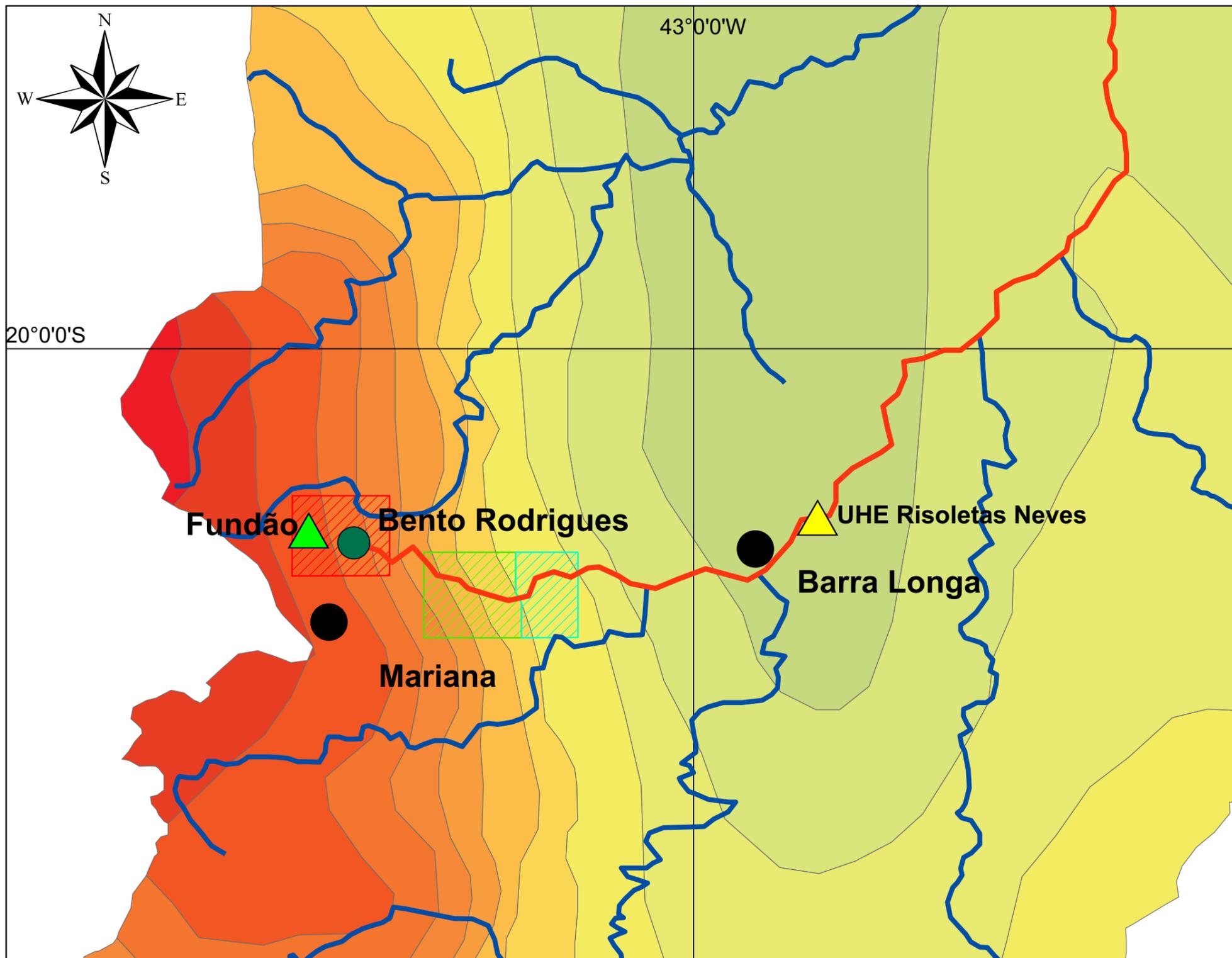


FIGURA N°: 34 Cód. Projeto: MG.ARSH.1902/306-02

GEÓLOGOS:	NOME E ASSINATURA Igor Hirayama e Tiago Manzolli	03 / 2019
DESENHISTA:	NOME E ASSINATURA Emerson Rocha	03 / 2019
VERIF./APROV.:	NOME E ASSINATURA Alexandre Maximiano	03 / 2019

FORMATO:	ESCALA:	REVISÃO:
A3	Gráfica	1

CLIENTE: **Fundação Renova**

PROJETO:
Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III)
--Metodologia ATSDR--
Áreas-alvo 1,2,3.

FIGURA:
Teores de Arsênio (As) em Solos Não Antropizados

RESPONSÁVEL: Alexandre Maximiano

ASSINATURA: CREA: 5060882384

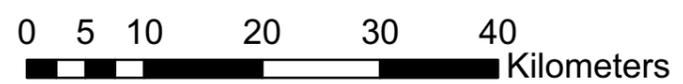
LOGRADOURO
R. João Adolfo, 118 - Sala 103 - Anhangabaú, São Paulo - SP, 01050-020

As (mg/kg) VRQ= 8 mg/kg

38,67 - 51,93	6,84 - 9,06
28,82 - 38,67	5,19 - 6,84
21,51 - 28,82	3,97 - 5,19
16,09 - 21,51	3,06 - 3,97
12,06 - 16,09	2,38 - 3,06
9,06 - 12,06	1,88 - 2,38

Legenda

- Municípios
- Distritos
- Barragem do fundão
- Hidrelétricas
- Hidrografia
- Caminho percorrido pela lama
- Área Alvo-01
- Área Alvo-02
- Área Alvo-03



Coordinate System: GCS SIRGAS 2000
Datum: SIRGAS 2000
Units: Degree

FONTE: Institutos Latec. Adaptado

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.

A composição da água subterrânea na bacia do rio Doce tem sido estudada em algumas situações, especialmente em áreas diretamente afetadas pela mineração de ouro. Este é o caso de Borba *et al.* (2004) que avaliaram, principalmente, o comportamento do arsênio em água na área de antigas minas de ouro em Mariana e Ouro Preto. Este estudo constatou que esse elemento se apresentou em concentrações variáveis na água subterrânea, atingindo níveis muito superiores a 10 µg/L, que é o máximo aceitável pela legislação brasileira para potabilidade (Resolução CONAMA nº 396). Ressalta-se que a norma citada é anterior ao rompimento da barragem.

Em estudos realizados com amostras de sedimento provenientes dos rios do Carmo e Gualaxo do Norte, as concentrações em pontos de *background* foram superiores ao nível 1 e 2 da Resolução CONAMA nº 454/2012 para As, Cu, Cd, Ni e Cr (Costa, 2001 e Rodrigues, 2009 *apud* Institutos Lactec, 2017), conforme mostrado na **Tabela 77**.

De acordo com Rodrigues e Nalini (2009), o estabelecimento de valores basais geoquímico, como medida relativa para distinguir concentrações naturais de um elemento (geogênica e/ou biogênica) e a influência das atividades antrópicas nessas concentrações, representa um dos assuntos mais importantes das ciências ambientais recentes. A relação entre as alterações naturais e as proporcionadas pela ação antrópica nas espécies químicas é uma questão que envolve implicações importantes nas áreas da geologia, toxicologia e biologia, entre outros campos do conhecimento (Institutos Lactec, 2017).

Tabela 77 - Valores basais (mg/kg) para Sedimentos nos Rios do Carmo e Gualaxo do Norte

Elemento	Bacia do rio do Carmo		Bacia do rio Gualaxo do Norte	Resolução CONAMA nº 454/2012	
	Argila	Cascalho		Nível 1	Nível 2
As	10,21	229,3	62,4	5,9	17
Cu	188,8	114,9	-	35	91,3
Zn	118,9	39	65,3	123	315
Cd	14,6	1,15	-	0,6	3,5
Ni	12,02	104,4	39	18	35,9
Cr	111	139,8	-	37,3	90
Ba	18,11	51,9	141,4	-	-
Mn	189,68	398,1	1636	-	-

Fonte: Adaptado de Costa (2001) e Rodrigues (2009, *apud* Lactec, 2017).

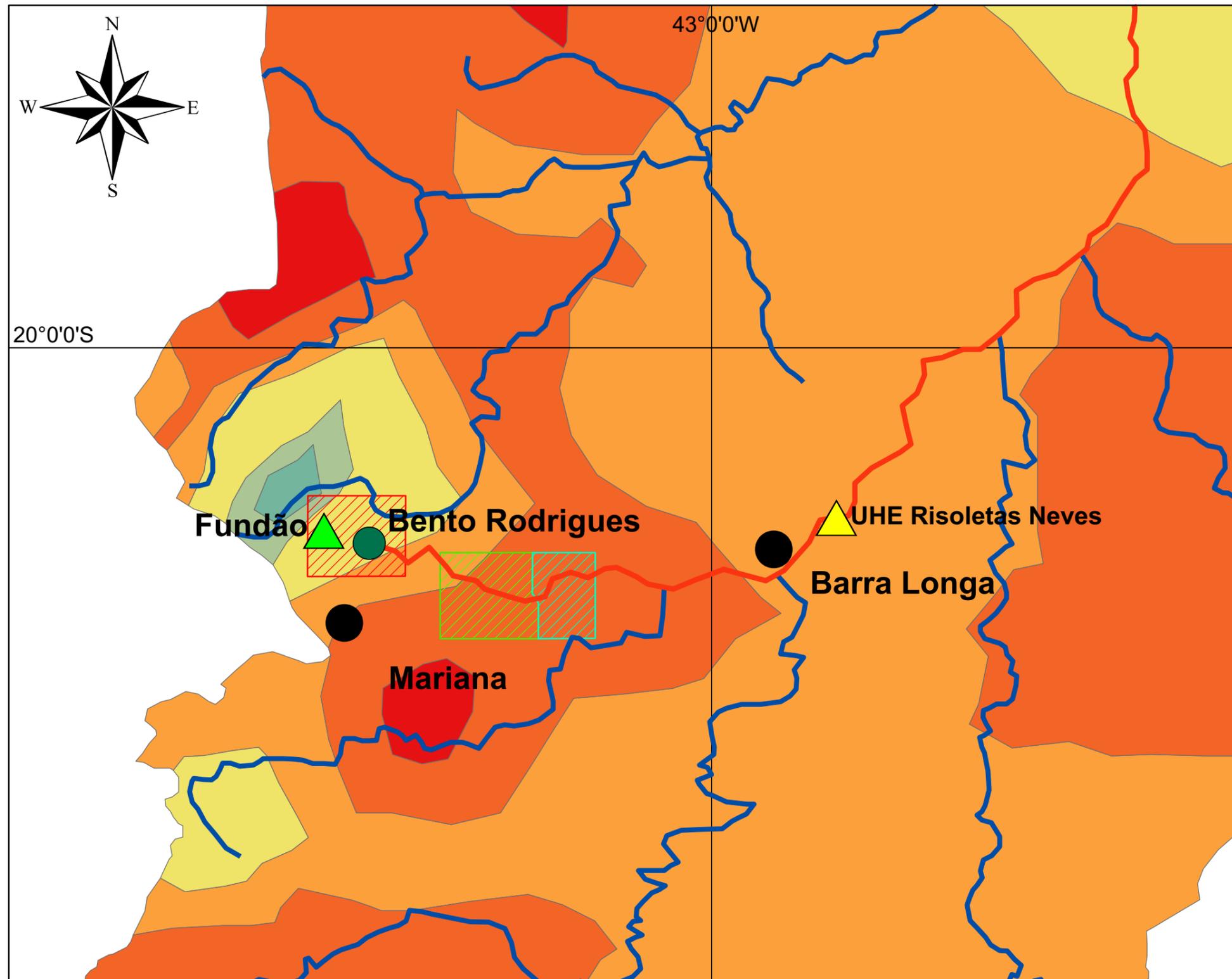
Verifica-se que a distribuição de alguns metais, como arsênio (As), bário (Ba), manganês (Mg) e zinco (Zn), ocorre de forma mais elevada na região do QF devido, sobretudo, às formações ferríferas bandadas, naturalmente ricas nesses elementos.

Borba e Figueiredo (2004) atribuem a origem do arsênio presente em água subterrânea na região ao processo de oxidação natural da arsenopirita e da pirita presentes nas rochas auríferas sulfetadas. Tais minerais por oxidação formam a escorodita, um óxido hidratado de ferro e arsênio, um arsenato de ferro pobremente cristalizado, e liberam parte do arsênio em solução para a água subterrânea. Esses minerais secundários contendo arsênio podem, por elevação do pH do meio, liberarem o arsênio de sua estrutura para a água.

Uma das regiões da Bacia do Rio Doce na qual a distribuição do teor de alumínio (Al) é mais elevada em solo é a porção sudoeste da bacia, próximo à cidade de Mariana, conforme apresentado na **Figura 35**. Já a distribuição do teor de arsênio (As) na bacia do rio Doce é mais elevada na porção sudoeste, na região do QF, e nas cabeceiras dos rios Piracicaba, Gualaxo do Norte e do Carmo, estando essa área acima do VRQ de 8 mg/kg definido para o estado de Minas Gerais.

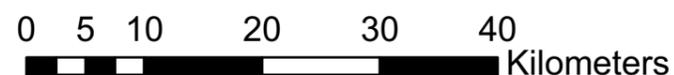
A distribuição do teor de ferro (Fe) na bacia do rio Doce é mais elevada na porção noroeste e sudoeste da bacia, conforme apresentado na **Figura 36**. Em oposição que se esperava, os teores de ferro em solos no QF apresentam-se significativamente baixos, podendo estar associado à amostragem de solo em áreas não antropizadas, ao método empregado na interpolação dos dados, entre outros.

A distribuição do teor de manganês (Mn) na bacia do rio Doce é mais elevada no centro da bacia, nas proximidades da UHE Baguari, e não na região do QF, conforme **Figura 37**.



Legenda

- Municípios
- Distritos
- Barragem do fundão
- Hidrelétricas
- Hidrografia
- Caminho percorrido pela lama
- Área Alvo-01
- Área Alvo-02
- Área Alvo-03



Coordinate System: GCS SIRGAS 2000
 Datum: SIRGAS 2000
 Units: Degree

FONTE: Institutos Latec. Adaptado



FIGURA N°:	CÓD. PROJETO:
35	MG.ARSH.1902/306-02

GEÓLOGOS:	NOME E ASSINATURA Igor Hirayama e Tiago Manzolli	03 / 2019
DESENHISTA:	NOME E ASSINATURA Emerson Rocha	03 / 2019
VERIF./APROV.:	NOME E ASSINATURA Alexandre Maximiano	03 / 2019

FORMATO:	ESCALA:	REVISÃO:
A3	Gráfica	1

CLIENTE:
Fundação Renova

PROJETO:
 Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III)
 --Metodologia ATSDR--
 Áreas-alvo 1,2,3.

FIGURA:
 Teores de Alumínio (Al) em Solos Não Antropizados

RESPONSÁVEL:	Alexandre Maximiano
ASSINATURA:	CREA: 5060882384
LOGRADOURO R. João Adolfo, 118 - Sala 103 - Anhangabaú, São Paulo - SP, 01050-020	

Al (g/kg)

	53,79 - 62,02		104,05 - 126,91
	62,02 - 72,63		126,91 - 156,43
	86,34 - 104,05		156,53 - 194,55

VRQ não estabelecido

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.

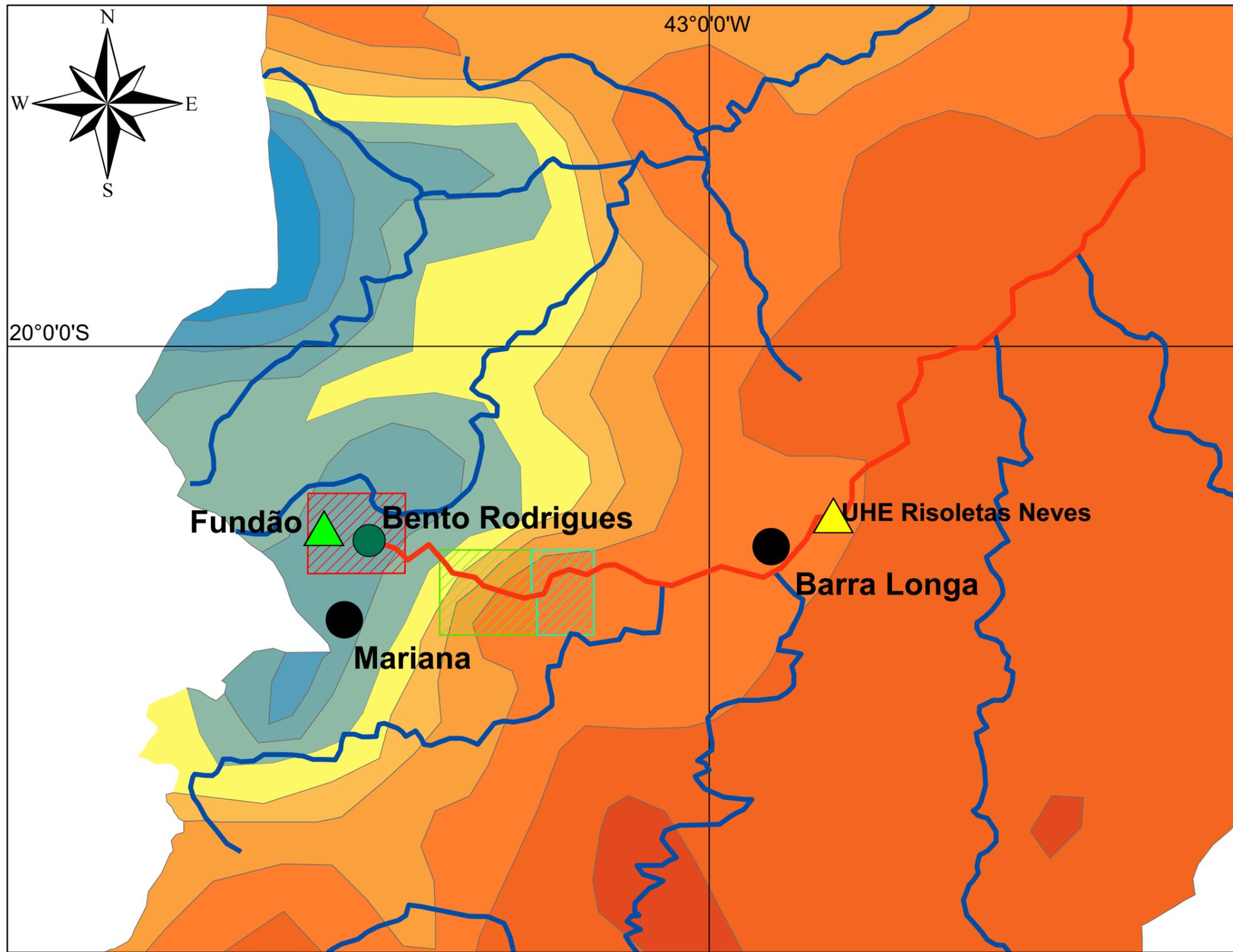


FIGURA N°:	36	CÓD. PROJETO:	MG.ARSH.1902/306-02
------------	----	---------------	---------------------

GEÓLOGOS:	NOME E ASSINATURA Igor Hirayama e Tiago Manzolli	03 / 2019
DESENHISTA:	NOME E ASSINATURA Emerson Rocha	03 / 2019
VERIF./APROV.:	NOME E ASSINATURA Alexandre Maximiano	03 / 2019

FORMATO:	ESCALA:	REVISÃO:
A3	Gráfica	1

CLIENTE:	Fundação Renova
PROJETO:	Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III) --Metodologia ATSDR-- Áreas-alvo 1,2,3.

FIGURA:	Teores de Ferro (Fe) em Solos Não Antropizados
---------	--

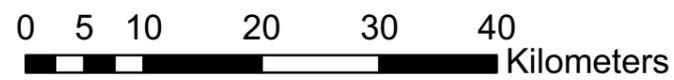
RESPONSÁVEL:	Alexandre Maximiano
ASSINATURA:	CREA: 5060882384
LOGRADOURO	R. João Adolfo, 118 - Sala 103 - Anhangabaú, São Paulo - SP, 01050-020

Fe (g/kg) VRQ não estabelecido

18,76 - 24,16	39,44 - 43,32
24,16 - 33,10	42,32 - 46,27
33,10 - 34,65	46,27 - 51,67
34,65 - 37,32	51,67 - 59,04
37,32 - 39,44	59,04 - 69,11

Legenda

- Municípios
- Distritos
- Barragem do fundão
- Hidrelétricas
- Hidrografia
- Caminho percorrido pela lama
- Área Alvo-01
- Área Alvo-02
- Área Alvo-03



Coordinate System: GCS SIRGAS 2000
Datum: SIRGAS 2000
Units: Degree

FONTE: Institutos Latec. Adaptado

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.

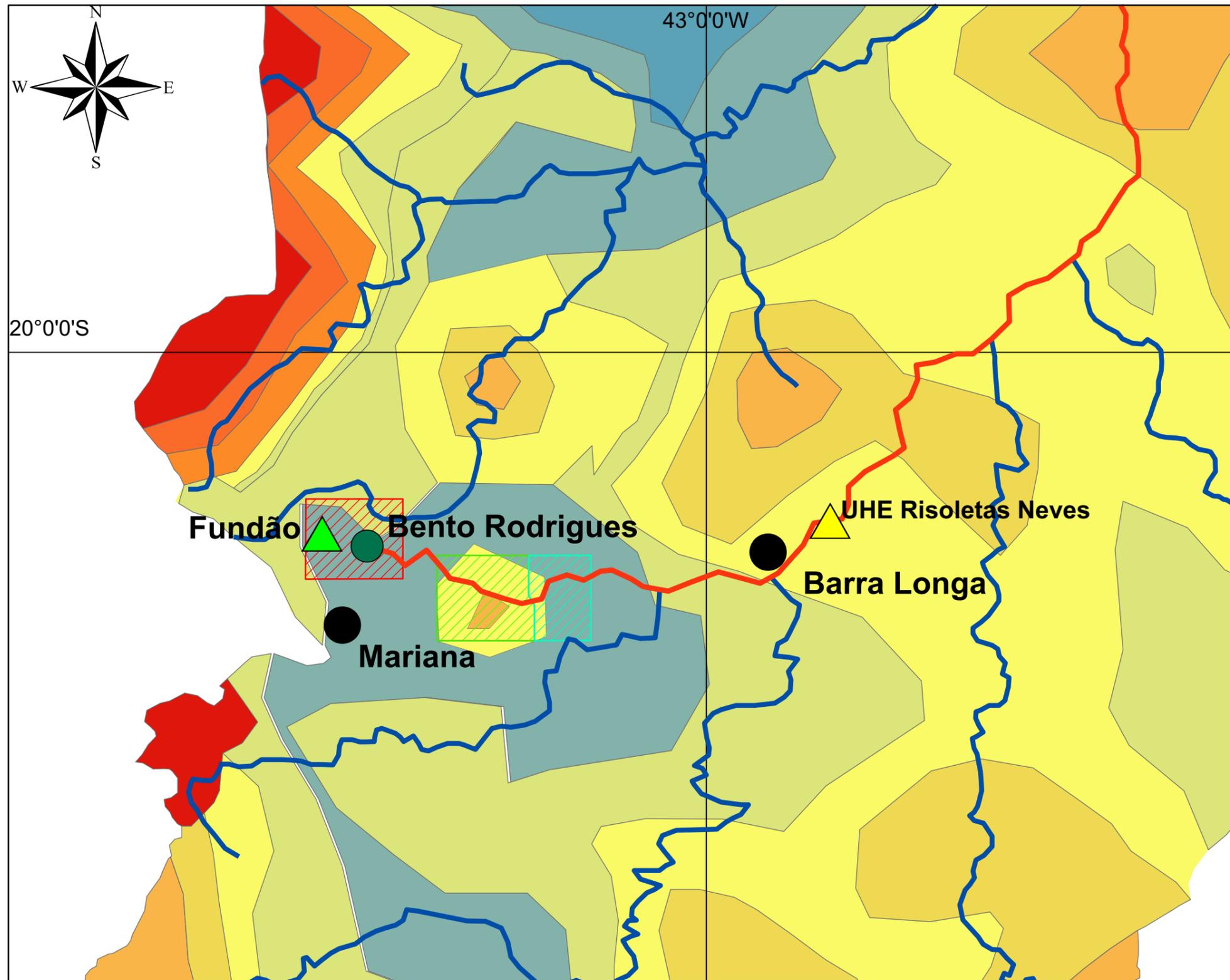


FIGURA N°: 37 Cód. PROJETO: MG.ARSH.1902/306-02

GEÓLOGOS:	NOME E ASSINATURA Igor Hirayama e Tiago Manzolli	03 / 2019
DESENHISTA:	NOME E ASSINATURA Emerson Rocha	03 / 2019
VERIF./APROV.:	NOME E ASSINATURA Alexandre Maximiano	03 / 2019

FORMATO:	ESCALA:	REVISÃO:
A3	Gráfica	1

CLIENTE: **Fundação Renova**

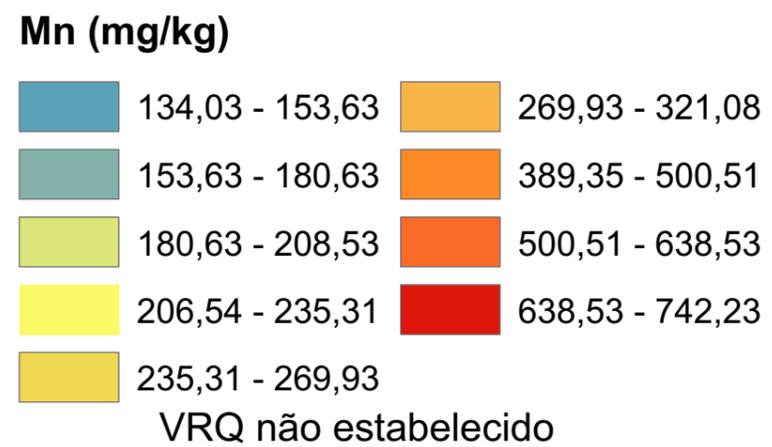
PROJETO: Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III)
--Metodologia ATSDR--
Áreas-alvo 1,2,3.

FIGURA: Teores de Manganês (Mn) em Solos Não Antropizados

RESPONSÁVEL: Alexandre Maximiano

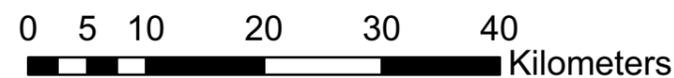
ASSINATURA: CREA: 5060882384

LOGRADOURO
R. João Adolfo, 118 - Sala 103 - Anhangabaú, São Paulo - SP, 01050-020



Legenda

- Municípios
- Distritos
- Barragem do fundão
- Hidrelétricas
- Caminho percorrido pela lama
- Hidrografia
- Área Alvo-01
- Área Alvo-02
- Área Alvo-03



Coordinate System: GCS SIRGAS 2000
Datum: SIRGAS 2000
Units: Degree

FONTE: Institutos Latec. Adaptado

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.

O relatório do Instituto Lactec (2017) aponta para estudos em que foram constatados que o Arsênio é um dos principais contaminantes de água subterrânea na região do QF. Borba, Figueiredo e Cavalcanti (2004) encontraram, em águas de algumas minas auríferas subterrâneas e nascentes das regiões de Ouro Preto e Mariana, concentrações de arsênio total variando de 2 a 2980 µg/L.

- *Agricultural use of SAMARCO's spilled mud assessed by rice cultivation: A promising residue use?* (Andrade *et al.*) Elsevier, 2017.

Neste estudo foram determinadas as concentrações de As, Cd, Hg, Pb, Co, Zn, Mn, Cu, Fe, Al, Se e Sr em solos, raízes e grãos de plantas de arroz cultivadas em solo contendo lama residual da **SAMARCO**. Realizou-se ensaios em solo utilizados para o cultivo do arroz até a completa maturação dos grãos, para determinação de Mn, Fe, Zn, Al, Sr, Cu, Co, Se, As, Cd, Hg e Pb. A adição de lama em concentrações sucessivas nos solos reduziu significativamente os teores de Mn, Fe, As, Pb e Cu quando comparado às amostras controles. Para Cd, Al, Se, Sr, Co e Zn este efeito foi pronunciado apenas em amostras cultivadas com lama a 50%.

As maiores concentrações médias foram encontradas para Fe, Mn e Al nos solos. Maiores concentrações desses elementos nas amostras controles eram esperadas, uma vez que os solos eram constituídos de latossolo eutroférico, areia e matéria orgânica. O latossolo vermelho eutroférico é derivado do basalto e apresenta altos teores de Fe, Al e Mn (CETESB, 2015; CETESB, 2001; Caires, 2009; Ker, 1997 *apud* Andrade *et al.*, 2017). O aumento da lama junto ao solo levou a diminuição dos teores de Fe nos solos cultivados, ocorrendo essa situação também para aos demais elementos.

Este estudo permitiu evidenciar que a constituição básica da lama proveniente do evento ocorrido no fim de 2015 é de óxidos de Fe, Si, Al e Mn, indicando baixos níveis de metais potencialmente tóxicos, deficiência de nutrientes e propriedades físicas que causaram alterações na planta (arroz). A análise dos grãos de arroz cultivados na lama mostrou que o acúmulo de elementos potencialmente tóxicos (As, Cd, Hg e Pb) pela planta não foi relevante.

5.5.5. HIDROLOGIA

Os aspectos apresentados neste item são referentes a caracterização fluviométrica e hidrossedimentométrica, descritas por meio de relações entre diversos parâmetros, como

climatologia das variáveis, curvas de permanência das vazões, vazões médias de longo termo, de enchente, de estiagem e curvas-chave de sedimentos.

As fontes utilizadas pela Lactec para o levantamento das informações foram:

- Estações de monitoramento disponibilizadas pelo portal da Hidroweb (até outubro de 2015);
- Dados disponibilizados até 2014 pela Agência Nacional de Águas (ANA);
- Atlas Digital das Águas de Minas;
- Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce (Consórcio ECOPLAN-LUME, 2010a);
- Estudos de aspectos hidrológicos, hidráulicos e hidrogeomorfológicos da bacia.

5.5.5.1. Análise Fluviométrica

A seleção das estações fluviométricas seguiu os critérios de apresentar 30 anos de dados consecutivos até 2015 e número de falhas inferior a 30% do total de dias do período selecionado. Segundo a Lactec, para os trechos dos rios Santarém e Gualaxo do Norte, foram selecionadas as estações presentes, mesmo que não atendam os critérios adotados. Essa seleção teve como objetivo selecionar grupos com períodos não muito distintos entre si, permitindo a comparação dos dados sob o mesmo contexto.

Logo, a estação avaliada neste trecho é Fazenda Ocidente. Os dados são apresentados no **Quadro 28**.

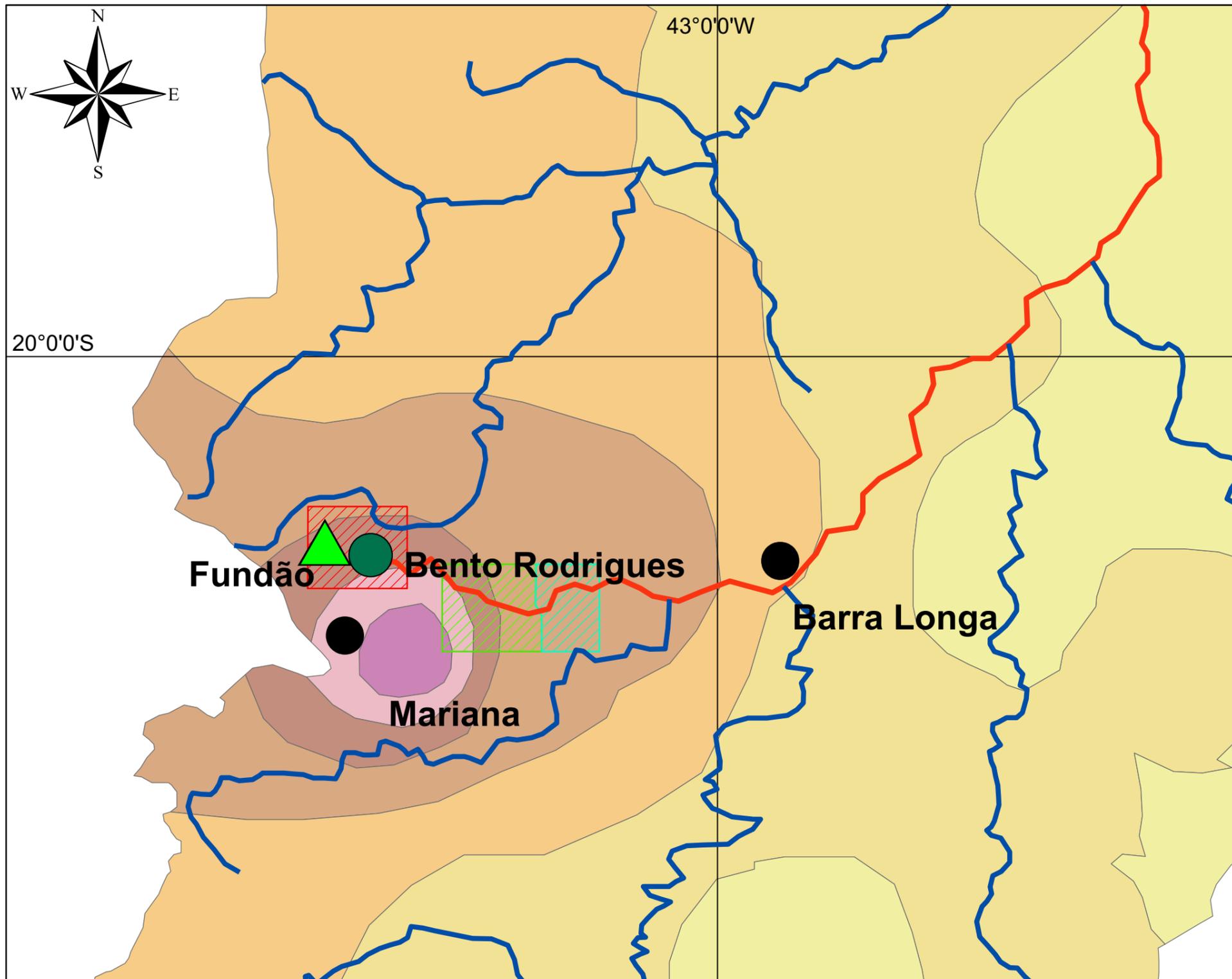
Quadro 28 - Dados da estação de monitoramento fluviométrica no rio Gualaxo do Norte

Código	Nome	Rio	Drenagem (km ²)	Latitude	Longitude	Data inicial	Data final
56337000	Fazenda Ocidente	Gualaxo do Norte	529	-20,27	-43,10	01/01/1985	30/04/2015

Fonte: Institutos Lactec.

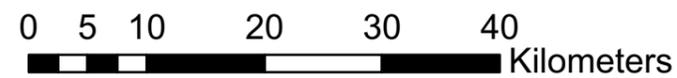
A **Figura 38** apresenta o mapa de interpolação de vazões médias específicas de longo termo da bacia do rio Doce e a **Figura 39** apresenta o mapa de interpolação de vazões máximas diárias específicas de Tempo de Retorno (TR) de 10.000 anos. No trecho de interesse, entre o distrito de Bento Rodrigues e o município de Barra Longa, verifica-se que há uma diminuição nas vazões médias específicas, variando do intervalo de 24,61 - 27,85 para o intervalo de 14,91 - 18,15. Em relação as vazões máximas diárias específicas, observa-se valores dentro do intervalo máximo de 1.860 - 2.046 no meio do trecho de interesse. A trecho nas proximidades de Bento Rodrigues apresentam valores no intervalo de 926 - 1.112, enquanto o trecho pertencente a Barra Longa 1.113 - 1.299.

A **Figura 40** apresenta o mapa de interpolação de vazões mínimas específicas para seca de duração de 7 dias e tempo de retorno de 10 anos. Esse mapa representa a estimativa das vazões de estiagem. Na parte central do trecho de interesse, observa-se valores dentro do intervalo máximo de 7,41 - 8,22, diminuindo em direção ao distrito de Bento Rodrigues e município de Barra Longa, ambos com valores dentro do intervalo de 4,94 - 5,76. Para a estação Fazenda Ocidente, a vazão média absoluta e específica é, respectivamente, de 12,9 m³/s e 24,3 l/s/km², enquanto a vazão mínima é de 8,22 l/s/km².



Legenda

- Municípios
- Barragem do fundão
- Distritos
- Hidrografia
- Caminho percorrido pela lama
- Área Alvo-01
- Área Alvo-02
- Área Alvo-03



Coordinate System: GCS SIRGAS 2000
 Datum: SIRGAS 2000
 Units: Degree

FONTE: Institutos Latec. Adaptado



FIGURA N°:	38	CÓD. PROJETO:	MG.ARSH.1902/306-02
------------	----	---------------	---------------------

GEÓLOGOS:	NOME E ASSINATURA Igor Hirayama e Tiago Manzolli	03 / 2019
DESENHISTA:	NOME E ASSINATURA Emerson Rocha	03 / 2019
VERIF./APROV.:	NOME E ASSINATURA Alexandre Maximiano	03 / 2019

FORMATO:	ESCALA:	REVISÃO:
A3	Gráfica	1

CLIENTE:
Fundação Renova

PROJETO:
 Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III)
 --Metodologia ATSDR--
 Áreas-alvo 1,2,3.

FIGURA:
 Mapa de interpolação de vazões médias específicas

RESPONSÁVEL: Alexandre Maximiano

ASSINATURA: _____ CREA: 5060882384

LOGRADOURO
 R. João Adolfo, 118 - Sala 103 - Anhangabaú, São Paulo - SP, 01050-020

Vazões médias específicas (l/s/km²)

31,11 - 34,3	18,16 - 21,40
27,86 - 31,10	14,91 - 18,15
24,61 - 27 - 85	11,66 - 14 - 90
21,41 - 24,60	

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.

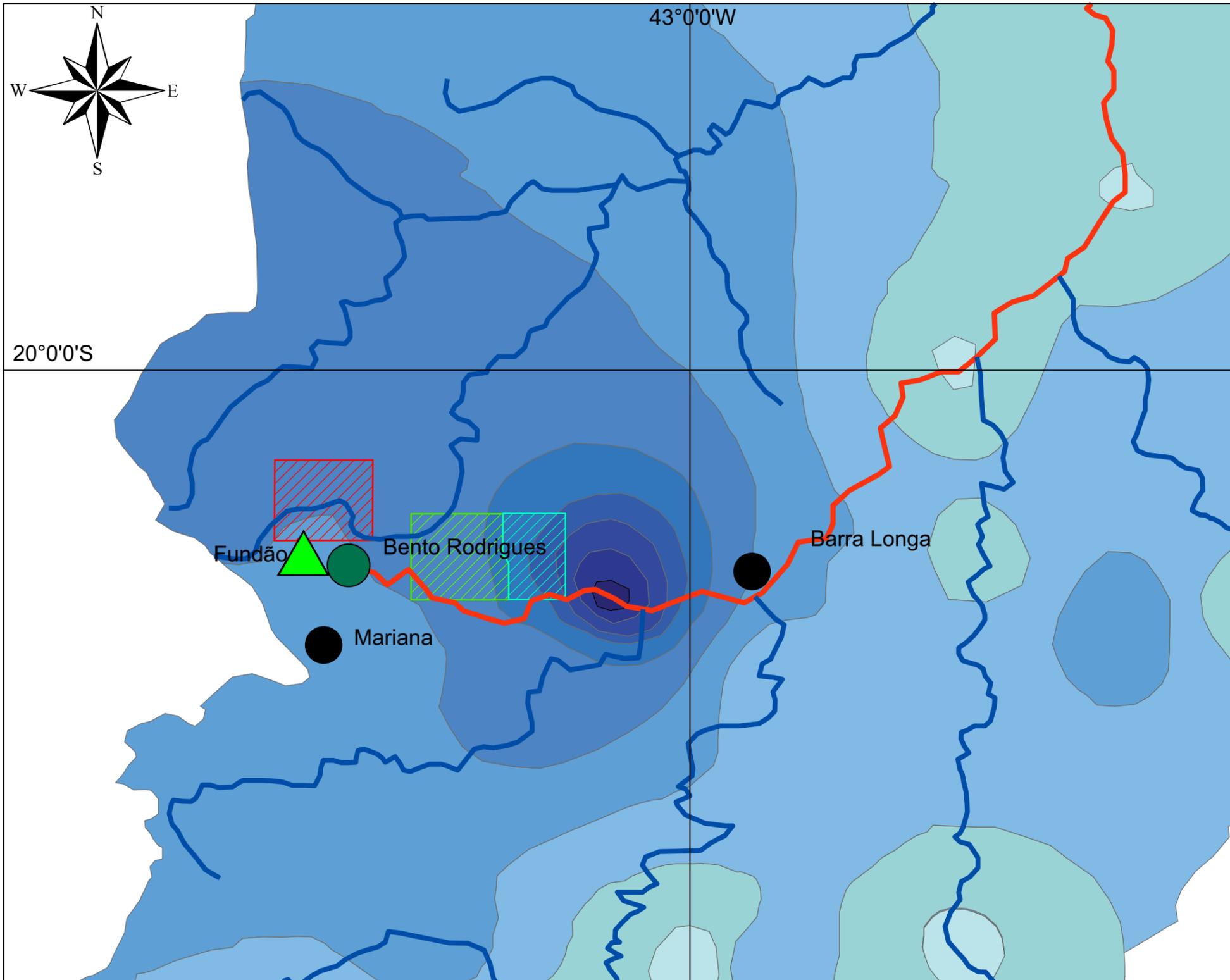


FIGURA N°:	39	CÓD. PROJETO:	MG.ARSH.1902/306-02
------------	----	---------------	---------------------

GEÓLOGOS:	NOME E ASSINATURA Igor Hirayama e Tiago Manzolli	03 / 2019
DESENHISTA:	NOME E ASSINATURA Emerson Rocha	03 / 2019
VERIF./APROV.:	NOME E ASSINATURA Alexandre Maximiano	03 / 2019

FORMATO:	ESCALA:	REVISÃO:
A3	Gráfica	1

CLIENTE:
Fundação Renova

PROJETO:
Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III)
--Metodologia ATSDR--
Áreas-alvo 1,2,3.

FIGURA:
Mapa de Interação de Vazões Máximas diárias para um período de 10.000 anos

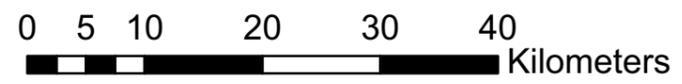
RESPONSÁVEL: Alexandre Maximiano
ASSINATURA: _____ CREA: 5060882384
LOGRADOURO
R. João Adolfo, 118 - Sala 103 - Anhangabaú, São Paulo - SP, 01050-020

**Vazão máxima (l/s/km²)
TR 1000 anos**

1860 - 2046	926 - 1112
1674 - 1859	740 - 925
1487 - 1673	553 - 739
1300 - 1486	366 - 552
1113 - 1299	178 - 365

Legenda

- Hidrografia
- Caminho percorrido pela lama
- Área Alvo-01
- Área Alvo-02
- Área Alvo-03
- Municípios
- Distritos
- Barragem do fundão



Coordinate System: GCS SIRGAS 2000
Datum: SIRGAS 2000
Units: Degree

FONTE: Institutos Latec. Adaptado

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.

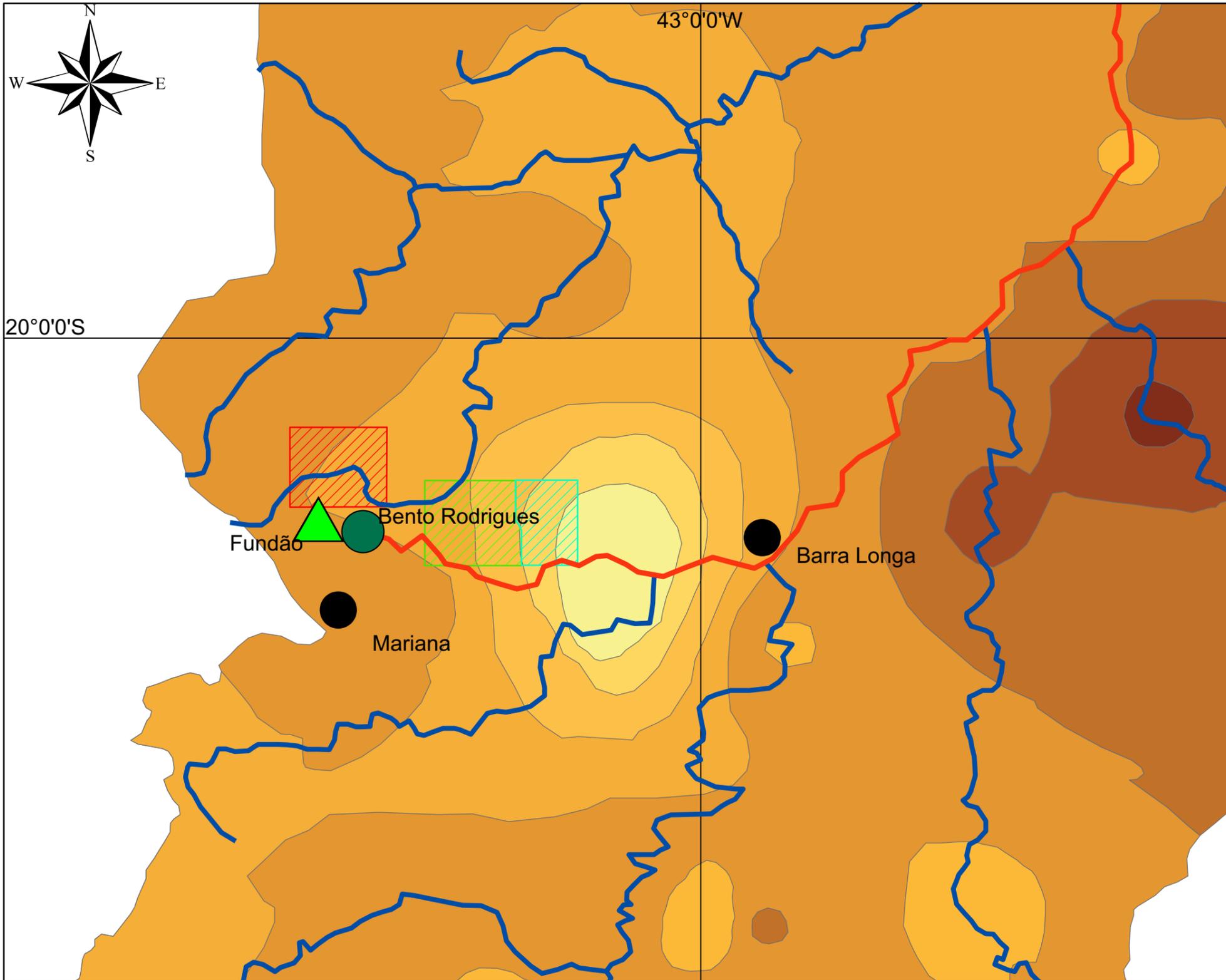


FIGURA N°: 40 Cód. PROJETO: MG.ARSH.1902/306-02

GEÓLOGOS:	NOME E ASSINATURA Igor Hirayama e Tiago Manzolli	03 / 2019
DESENHISTA:	NOME E ASSINATURA Emerson Rocha	03 / 2019
VERIF./APROV.:	NOME E ASSINATURA Alexandre Maximiano	03 / 2019

FORMATO:	ESCALA:	REVISÃO:
A3	Gráfica	1

CLIENTE: **Fundação Renova**

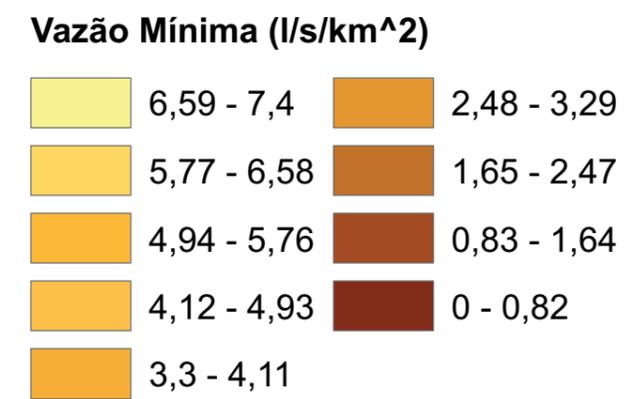
PROJETO: Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III)
--Metodologia ATSDR--
Áreas-alvo 1,2,3.

FIGURA: Mapa de Interação de Vazões Máximas diárias para um período de 10.000 anos

RESPONSÁVEL: Alexandre Maximiano

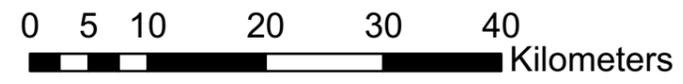
ASSINATURA: CREA: 5060882384

LOGRADOURO
R. João Adolfo, 118 - Sala 103 - Anhangabaú, São Paulo - SP, 01050-020



Legenda

- Municípios
- Barragem do fundão
- Distritos
- Hidrografia
- Caminho percorrido pela lama
- Área Alvo-01
- Área Alvo-02
- Área Alvo-03



Coordinate System: GCS SIRGAS 2000
Datum: SIRGAS 2000
Units: Degree

FONTE: Institutos Latec. Adaptado

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.

5.5.5.2. Análise Hidrossedimentométrica

A análise hidrossedimentométrica para o trecho de interesse é realizada principalmente por meio dos estudos publicados de Campagnoli (2006), ANA (2016b) e Fagundes *et al* (2017), visto que as estações de monitoramento selecionadas para o estudo de análise hidrossedimentométrica não apresentam resultados para o rio Gualaxo do Norte, componente hidrológico principal da área de estudo referida neste trabalho.

O estudo de Campagnoli (2006) consiste na elaboração de um mapa de classificação da produção de sedimentos em suspensão no continente sul-americano, levando em consideração as características geológicas, geomorfológicas, pedológicas, uso do solo, declividade e precipitação. Com base neste estudo, a ANA (2016b) deu enfoque na elaboração deste mapa para a bacia do rio Doce. O mapa elaborado pela ANA (2016b) é apresentado na **Figura 41**.

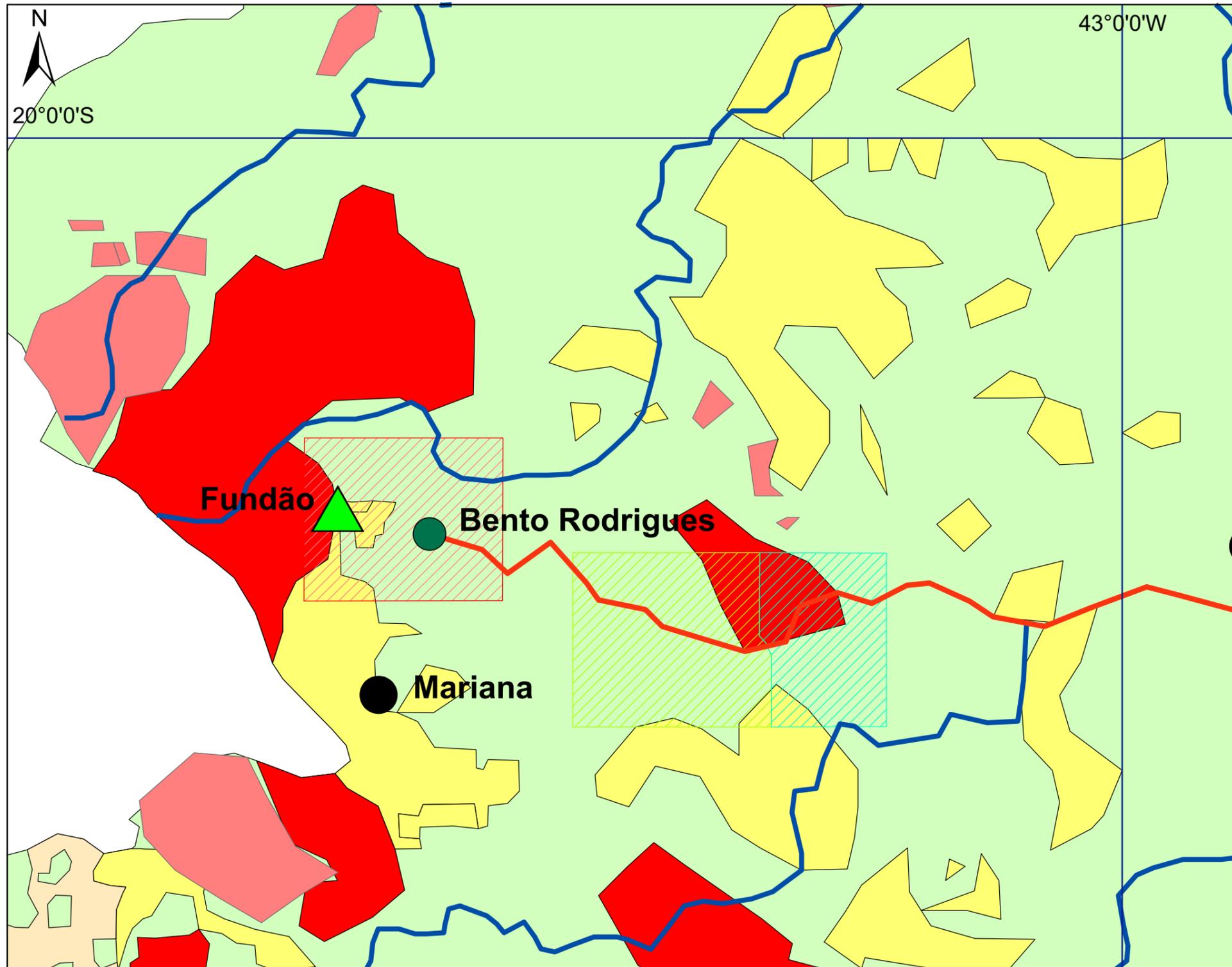
Neste mapa, observa-se que o trecho de interesse apresenta potencial de produção de sedimentos predominantemente no intervalo de muito baixo (<5 t/km².ano) a moderado (70 a 200 t/km².ano), com a ocorrência de algumas regiões de potencial alto (200 a 400 t/km².ano).

Fagundes *et al* (2017) calcularam, por meio do modelo MGB-SED, a variabilidade espacial e temporal de variáveis como a carga total de sedimentos (toneladas por dia) que será propagada e aportada nos rios. A **Figura 42** apresenta o mapa com os resultados calculados em seu trabalho. O trecho de interesse do presente estudo, de acordo com este mapa, tem perdas de solo na ordem de 350 a 570 ton/ano.km².

Para a análise do processo erosivo presente na bacia, o Consórcio ECOPLAN-LUME (2010a) apresentou um mapa de susceptibilidade erosiva, baseado nos estudos relativos ao Inventário Hidrelétrico da bacia do rio Doce, realizados pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC). A elaboração deste mapa levou em consideração os parâmetros denominados de Fatores Condicionantes, sendo eles a geomorfologia, precipitação e mapas de solo. O mapa é apresentado na **Figura 43**.

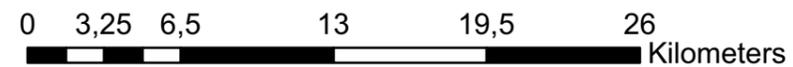
O trecho de interesse está inserido em duas classes de susceptibilidade, estando a porção próxima ao distrito de Bento Rodrigues inserida na classe Forte e o restante do trecho em direção ao município de Barra Longa inserido na classe Média. A definição das classes é apresentada a seguir:

- (a) Muito forte: associação dos três condicionantes ocorrerem na área;
- (b) Forte: presença de pelo menos um fator condicionante;
- (c) Média: ocorrência esparsa de erosão e devido à escala não foi possível identificar o fator condicionante;
- (d) Baixa ou nula: abrange as planícies fluviais e marinhas da foz do rio Doce.



Legenda

- Municípios
- Barragem do fundão
- Distritos
- Hidrografia
- Caminho percorrido pela lama
- Área Alvo-01
- Área Alvo-02
- Área Alvo-03



Coordinate System: GCS SIRGAS 2000
 Datum: SIRGAS 2000
 Units: Degree

FONTE: ANA



FIGURA N°:	41	CÓD. PROJETO:	MG.ARSH.1902/306-02
------------	----	---------------	---------------------

GEÓLOGOS:	NOME E ASSINATURA Igor Hirayama e Tiago Manzolli	03 / 2019
DESENHISTA:	NOME E ASSINATURA Emerson Rocha	03 / 2019
VERIF./APROV.:	NOME E ASSINATURA Alexandre Maximiano	03 / 2019

FORMATO:	ESCALA:	REVISÃO:
A3	Gráfica	1

CLIENTE:
Fundação Renova

PROJETO:
 Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III)
 --Metodologia ATSDR--
 Áreas-alvo 1,2,3.

FIGURA:
 Mapa de potencial de produção de sedimentos

RESPONSÁVEL: Alexandre Maximiano

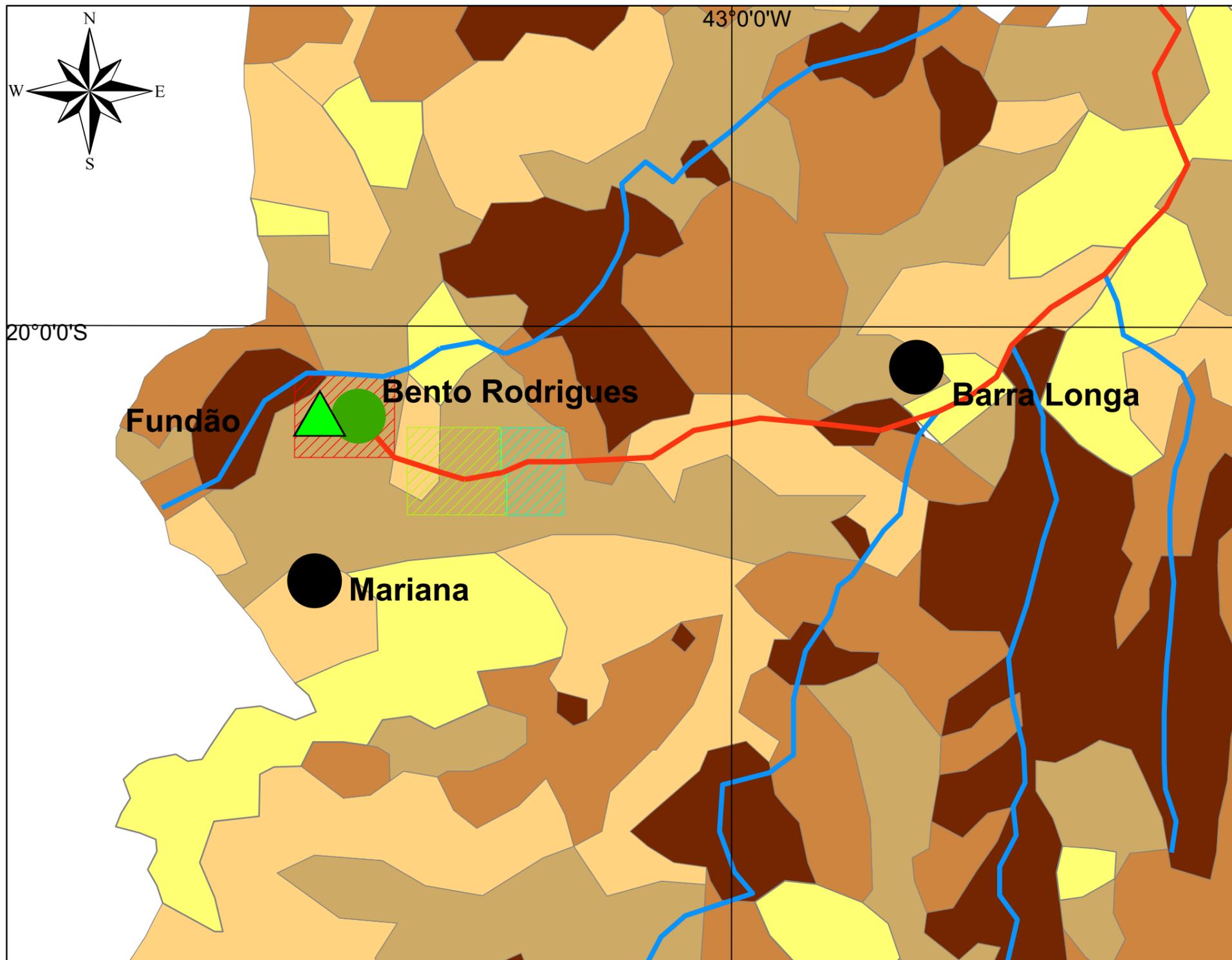
ASSINATURA: _____ CREA: 5060882384

LOGRADOURO
 R. João Adolfo, 118 - Sala 103 - Anhangabaú, São Paulo - SP, 01050-020

Potencial de Produção de Sedimentos (t/ano.km²)

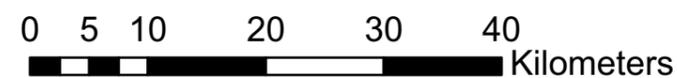
- Muito Alto (>400)
- Alto (200 a 400)
- Moderado (70 a 200)
- Baixo (5 a 70)
- Muito Baixo (<5)

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.



Legenda

-  Distritos
-  Municípios
-  Barragem do fundão
-  Hidrografia
-  Caminho percorrido pela lama
-  Área-Alvo 01
-  Área-Alvo 02
-  Área-Alvo 03



Coordinate System: GCS SIRGAS 2000
 Datum: SIRGAS 2000
 Units: Degree

Fonte: Fagundes *et al*



TECNOHIDRO

FIGURA N°:	42	CÓD. PROJETO:	MG.ARSH.1902/306-02
------------	----	---------------	---------------------

GEÓLOGOS:	NOME E ASSINATURA Igor Hirayama e Tiago Manzolli	03 / 2019
DESENHISTA:	NOME E ASSINATURA Emerson Rocha	03 / 2019
VERIF./APROV.:	NOME E ASSINATURA Alexandre Maximiano	03 / 2019

FORMATO:	ESCALA:	REVISÃO:
A3	Gráfica	1

CLIENTE:
Fundação Renova

PROJETO:
 Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III)
 --Metodologia ATSDR--
 Áreas-alvo 1,2,3.

FIGURA:
 Mapa de perda de solo

RESPONSÁVEL: Alexandre Maximiano

ASSINATURA: CREA: 5060882384

LOGRADOURO
 R. João Adolfo, 118 - Sala 103 - Anhangabaú, São Paulo - SP, 01050-020

Perda de solo (ton/ano.km²)

-  0,0 - 210,0
-  210,0 - 350,0
-  350,0 - 570,0
-  570,0 - 1000,0
-  1000,0 - 14681,0

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.

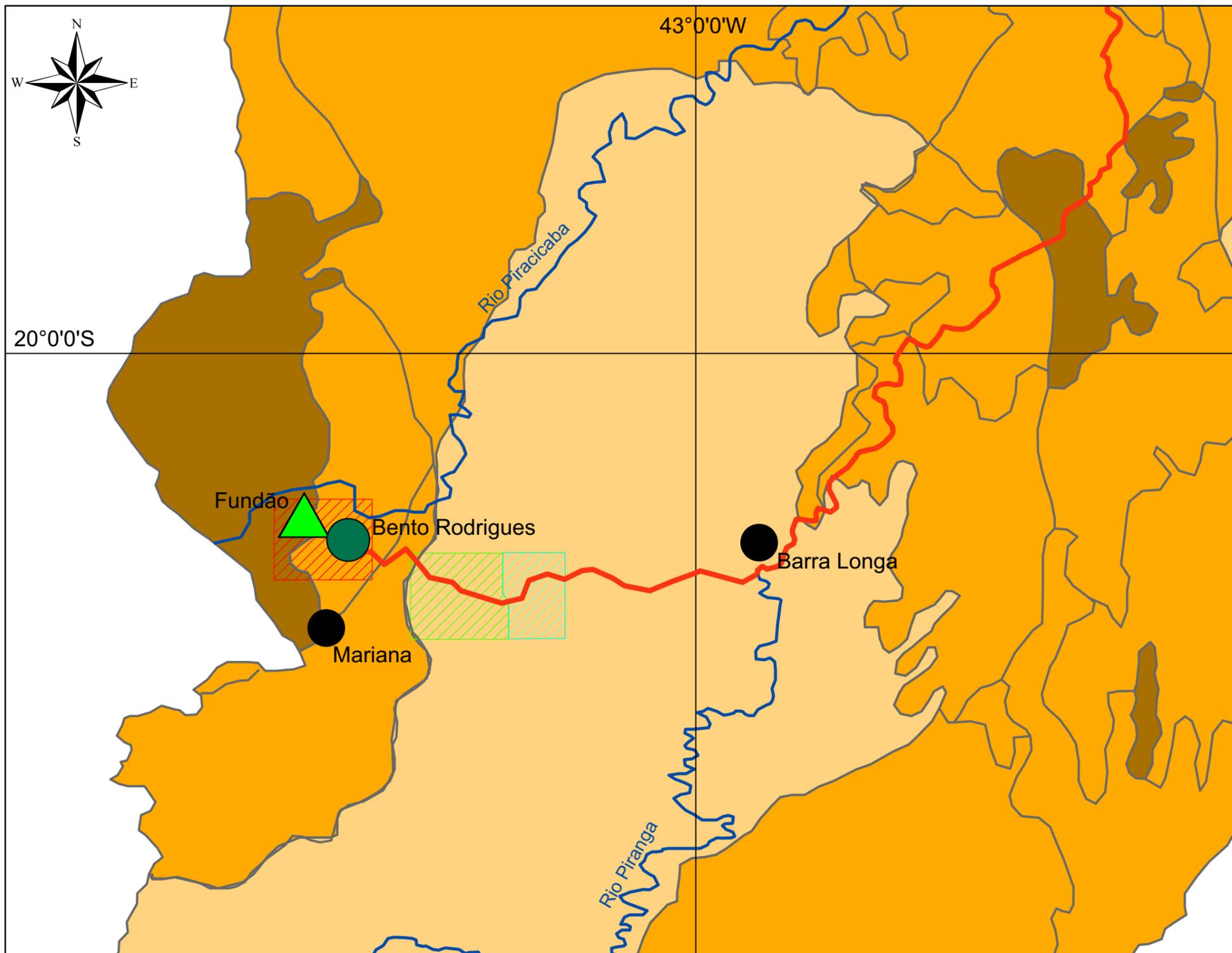


FIGURA N°:	43	CÓD. PROJETO:	MG.ARSH.1902/306-02
------------	----	---------------	---------------------

GEÓLOGOS:	NOME E ASSINATURA Igor Hirayama e Tiago Manzolli	03 / 2019
DESENHISTA:	NOME E ASSINATURA Emerson Rocha	03 / 2019
VERIF./APROV.:	NOME E ASSINATURA Alexandre Maximiano	03 / 2019

FORMATO:	ESCALA:	REVISÃO:
A3	Gráfica	1

CLIENTE:	Fundação Renova
PROJETO:	Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III) --Metodologia ATSDR-- Áreas-alvo 1,2,3.
FIGURA:	Susceptibilidade à erosão

RESPONSÁVEL:	Alexandre Maximiano
ASSINATURA:	CREA: 5060882384
LOGRADOURO	R. João Adolfo, 118 - Sala 103 - Anhangabaú, São Paulo - SP, 01050-020

Classes de susceptibilidade erosiva

- Muito Forte
- Forte
- Média

Legenda

- Distritos
- Municípios
- Barragem do Fundão
- Caminho percorrido pela lama
- Hidrografia
- Área-Alvo 01
- Área-Alvo 02
- Área-Alvo 03

04,28,5 17 25,5 34
 Kilometers

Coordinate System: GCS SAD 1969 96
 Datum: South American Datum 1969 96
 Units: Degree

FONTE: CETEC, 1989. Adaptado

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.

5.5.6. HIDROGEOLOGIA

A hidrogeologia do trecho de interesse deste estudo tem como base o contexto hidrogeológico da bacia do rio Doce e o mapa de geodiversidade do estado de Minas Gerais (Machado & Silva, 2010), respectivamente publicados pela Consórcio ECOPLAN-LUME (2010a) e CPRM (2010).

5.5.6.1. Contexto Hidrogeológico da Bacia do Rio Doce

A hidrogeologia depende das características geomorfológicas, litoestratigráficas e estruturais constituem a geologia regional. Em vista disso, as duas unidades de aquífero presentes na bacia são denominadas granular e fissurado. A unidade de aquífero fissurado ocupa cerca de 90% da área da bacia.

Na bacia foram caracterizadas três subunidades espaciais de agrupamento, definidas por um ou mais tipos litológicos predominantes e bem definidos de rocha-reservatório, associadas a uma unidade geológica regional. As unidades geológicas associadas a unidade de aquífero fissurado são rochas quartzíticas, xistosas e cristalinas. Já o aquífero granulado, as unidades estão associadas a uma sequência de rochas sedimentares detríticas de idade Cenozóica. Os aquíferos ganulares ocupam cerca de 9% da área da bacia e sua composição litológica é composta por sedimentos cascalhos, areias, argiloarenosos, argilas, arenitos, conglomerados inconsolidados das formações Barreira e Fonseca, de aluviões recentes, de coluviões e depósitos de cordões litorâneos fluvio-lagunares na região da foz do rio Doce, além de coberturas detrítico-lateríticas aluvionares.

Devido à extensão da bacia hidrográfica do rio Doce, seu regime hídrico é condicionado a variações climáticas e sazonalidades. Segundo a Lactec (2017), em afirmação de caráter preliminar, há um predomínio do comportamento efluente, ou seja, os aquíferos providenciam água para os cursos d'água. No período de seca, a pluviosidade da bacia aumenta de montante para jusante, em oposição ao que ocorre no período de chuvas (ECOPLAN-LUME, 2010a), porém tudo indica que o caráter efluente do rio predomina. O mapa hidrogeológico da bacia do rio Doce está apresentado na **Figura 44**.

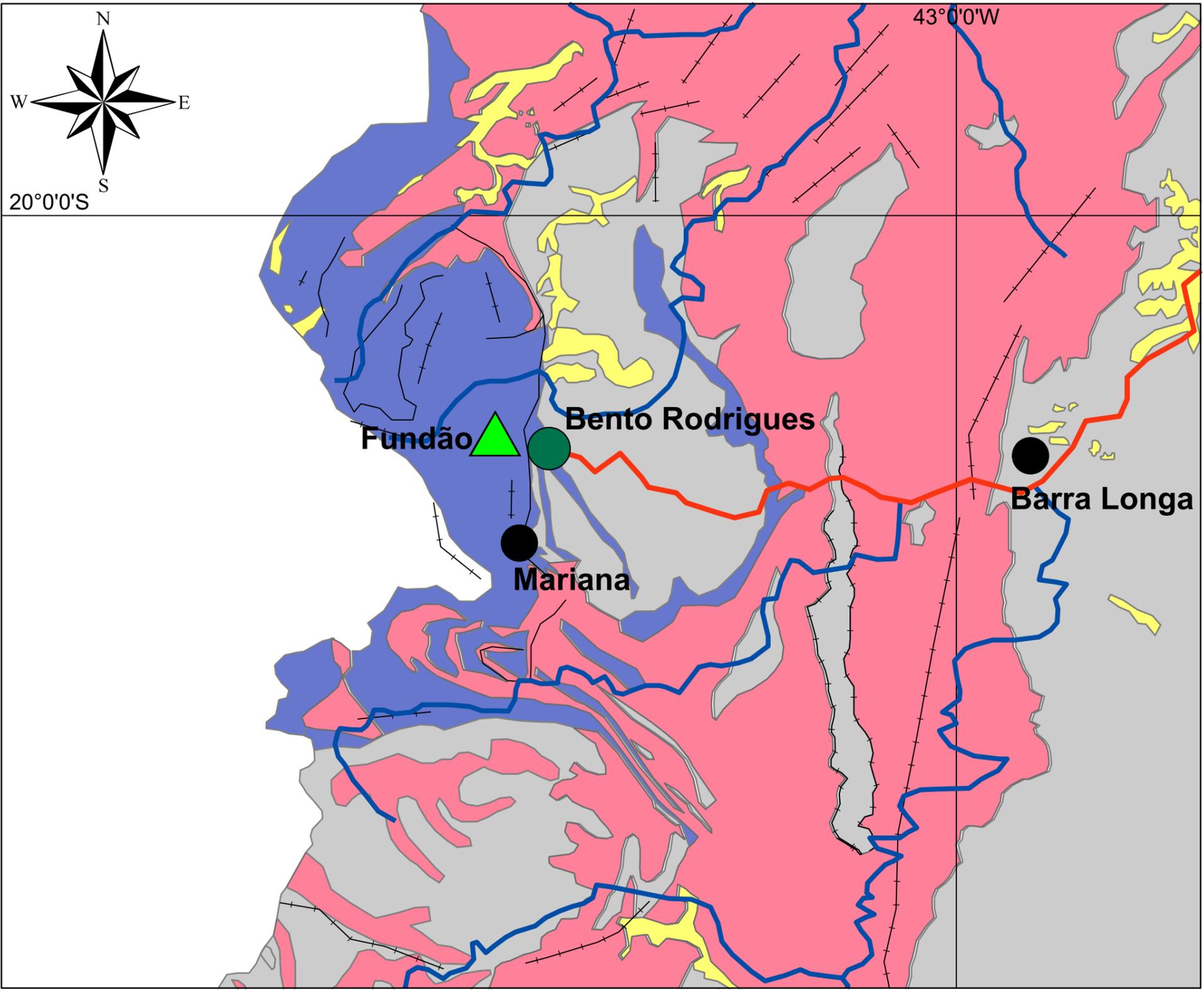


FIGURA N°: 44	CÓD. PROJETO: MG.ARSH.1902/306-02
GEÓLOGOS:	NOME E ASSINATURA Igor Hirayama e Tiago Manzolli 03 / 2019
DESENHISTA:	NOME E ASSINATURA Emerson Rocha 03 / 2019
VERIF./APROV.:	NOME E ASSINATURA Alexandre Maximiano 03 / 2019
FORMATO: A3	ESCALA: Gráfica
REVISÃO: 1	
CLIENTE: Fundação Renova	
PROJETO: Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III) --Metodologia ATSDR-- Áreas-alvo 1,2,3.	
FIGURA: Mapa hidrogeológico	
RESPONSÁVEL: Alexandre Maximiano	
ASSINATURA:	CREA: 5060882384
LOGRADOURO R. João Adolfo, 118 - Sala 103 - Anhangabaú, São Paulo - SP, 01050-020	

- Aquífero fissurado em rochas cristalinas
- Aquífero fissurado em rochas xistosas
- Aquífero fissurado em rochas quartzíticas
- Aquífero Granular

Legenda

- Municípios
- Distritos
- Barragem do fundão
- Hidrografia
- Caminho percorrido pela lama
- Lineamentos estruturais
- Falha ou fratura
- Área Alvo-01
- Área Alvo-02
- Área Alvo-03

0 3 6 12 18 24
Kilometers

Coordinate System: GCS SIRGAS 2000
Datum: SIRGAS 2000
Units: Degree

FONTE: PIRH Bacia do Rio Doce.
Adaptado.

ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.

5.5.6.2. Contexto Hidrogeológico do Trecho de Interesse

No trecho entre o distrito de Bento Rodrigues e o município de Barra Longa, há a predominância dos subdomínios hidrogeológicos metassedimentos/metavulcânicas e cristalino, conforme exposto pelo mapa de geodiversidade do estado de Minas Gerais, com classe de favorabilidade hidrogeológica predominantemente baixa.

Neste percurso, de Bento Rodrigues a Barra Longa, os recursos hídricos estão associados aos domínios, respectivamente:

- Domínio de sequências vulcanossedimentares proterozóicas dobradas, metamorfizadas de baixo a alto grau, especificamente a Unidade geológico-ambiental de metacherts, metavulcânicas, formações ferríferas e/ou formações manganesíferas, metacalcários, metassedimentos arenosos e siltico-argilosos.
- Domínio de sequências vulcanossedimentares tipo *Greenstone Belt*, arqueano até o mesoproterozóico, especificamente a unidade de predomínio de sequência sedimentar.
- Domínio dos complexos granito-gnaiss migmatítico e granulitos, especificamente a unidade de predomínio de gnaiss ortoderivado, podendo conter porções migmatíticas.
- Domínio dos complexos granitóides intensamente deformados: ortognaisses, especificamente a unidade de associações charnokíticas.
- Domínio dos complexos granitóides não deformados, especificamente a unidade de séries graníticas alcalinas.

No geral, pode-se dizer dos domínios que nestes predominam aquíferos do tipo fissural, com potencial hidrogeológico irregular, a depender da:

- Presença de fraturas e fendas, servindo de caminho e a armazenamento de água;
- Característica do manto de alteração, podendo ter boas características hidrodinâmicas ou apresentar baixa permeabilidade.

O mapa de geodiversidade e seu guia descritivo estão disponíveis no link <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/14704>.

5.5.7. HIDROGEOQUÍMICA

A hidroquímica do rio Gualaxo do Norte foi estudada por Fernandes (2017), onde é feita uma compilação de dados de análises químicas das águas do rio tanto antes do rompimento da barragem de Fundão quanto depois. Será caracterizada a seguir a situação anterior ao rompimento, ajudando a entender a dinâmica da região fora do contexto da tragédia.

De acordo com os dados levantados por Fernandes (2017), a água do rio Gualaxo do Norte antes do rompimento da barragem de Fundão apresentava concentrações de alumínio, cádmio, ferro, mercúrio, manganês, fósforo, chumbo, enxofre e zinco acima do limite de classes 1 e 2 para o cultivo de organismos aquáticos segundo os padrões das Resoluções COPAM-CERH/MG 01 (2008) e CONAMA 357 (2005). Destes elementos, com exceção do enxofre (S) e fósforo (P), todos apresentam *background* elevado devido à geologia do local, bem como ao lançamento de efluentes domésticos nos corpos d'água, prática recorrente onde há edificações na bacia, segundo Fernandes (2017).

Na **Tabela 78** são apresentadas as concentrações máximas encontradas para alguns elementos pela autora, tanto na bibliografia como dados próprios.

Tabela 78 - Concentrações máximas encontradas ao longo do rio Gualaxo do Norte

Concentrações máximas encontradas ao longo do rio Gualaxo do Norte			
Elemento	Concentração Máxima (mg/L)	Elemento	Concentração Máxima (mg/L)
Alumínio (Al)	14	Chumbo (Pb)	0,15
Arsênio (As)	0,001	Enxofre (S)	3,78
Bário (Ba)	0,04178	Antimônio (Sb)	0,001
Cádmio (Cd)	0,037	Escândio (Sc)	<0,00102
Cobalto (Co)	0,01	Sílicio (Si)	4,69
Cromo (Cr)	0,03	Estrôncio (Sr)	0,01733
Cobre (Cu)	0,00739	Titânio (Ti)	<0,00564
Ferro (Fe)	98,4	Vanádio (Va)	<0,00274
Mercúrio (Hg)	0,0035	Zinco (Zi)	0,06
Potássio (K)	4,012	Bicarbonato	105,042
Lítio (Li)	<0,00366	Brometo	0,005
Manganês (Mn)	3,73	Cloreto	1,85
Molibdênio (Mo)	<0,0135	Fluoreto	0,06
Mangésio (Mg)	6,558	Fosfato	0,06
Sódio (Na)	95,44	Nitrato	2,33
Níquel (Ni)	0,02	Nitrito	0,02
Fósforo (P)	0,07	Sulfato	123,99

Fonte: Fernandes (2017).

De acordo com os dados encontrados, podemos concluir que a região em questão já apresenta concentrações basais elevadas para diversos possíveis contaminantes, sendo suas fontes naturais, porém é possível que a grande mobilização de rejeito ao longo do rio Gualaxo do norte tenha remobilizado sedimentos com estes elementos, fornecendo novas fontes de contaminantes, podendo aumentar suas concentrações.

5.6. DADOS SOBRE EFEITOS NA SAÚDE

Neste item serão apresentados os dados da saúde utilizando como base o relatório técnico final da Ambios, denominado “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG - Relatório Final”, de março de 2019. Os trabalhos utilizados pela Ambios como referência são apresentados a seguir:

Relatório Final “Estudo sobre o Perfil Epidemiológico da População de Barra Longa - MG, Pós-Desastre, 2016”. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. (EPISUS, 2016)

O objetivo deste trabalho foi estimar a prevalência de atendimentos ambulatoriais por demanda espontânea da população de Barra Longa, no período de janeiro de 2014 a junho de 2016. Neste período, foram registradas 7.511 fichas de atendimento, sendo n = 2.583 (2014), n = 2.983 (2015) e n = 1.945 (2016) (EPISUS, 2016).

Como resultado, verificou-se que as infecções de vias aéreas superiores (IVAS) (n= 766) apresentaram a maior prevalência em relação aos demais atendimentos, sendo 18,4% em 2014 (n = 92), 15,3% em 2015 (n=331) e 24,3% em 2016 (n=343) (EPISUS, 2016). O período de atendimento referente à 2016 é de 6 meses (janeiro a junho). A Ambios destaca que apesar de se levar em consideração uma possível subnotificação ocorrida nos anos anteriores e o elevado percentual de fichas sem diagnóstico ou ilegível como referido no Relatório, o percentual de atendimentos por IVAS registrado em 6 meses de 2016 é 60% superior ao registrado em todo o ano de 2015. Também aponta que este período corresponde ao processo de remoção da lama depositada nas ruas e residências de Barra Longa, gerando grande quantidade de poeira decorrente do trajeto dos caminhões pela cidade. Por informações coletadas com representantes da comunidade e do município indicam que a poeira se espalhou por toda a cidade e que a atividade de remoção da lama foi realizada por mais de 1 ano.

Em conclusão, a EPISUS (2016) indica que o aumento de atendimentos pode ser devido à presença de poeira proveniente da lama de rejeito da barragem que secou, influenciando no aumento da poluição atmosférica, e conseqüente risco para doenças respiratórias. A Ambios concorda com as considerações do trabalho da EPISUS (2016).

Segundo o inquérito populacional realizado nesse estudo, a maioria da população de estudo sorteada reside na zona rural, 59,4%, e 40,6% na zona urbana. Esta população foi dividida em residente em área afetada e em área não afetada, segundo critérios definidos pelo estudo. A exposição da população classificada como residente em área afetada foi 2 e 3 vezes maior, por meio do contato com a lama e com a água contaminada, respectivamente, do que a exposição da população residente em área não afetada (Tabela 9, Relatório EPISUS, 2016).

A Ambios ressalta que, embora a exposição à poeira também seja maior nos residentes da área afetada (50%) em comparação aos residentes da área não afetada, a magnitude desta

diferença é menor, o que pode ser devido à capacidade de dispersão aérea, podendo contaminar residências não atingidas pela lama, ou que não foram consideradas como localizadas em áreas próximas das áreas afetadas pela lama e rejeitos. Logo, um maior número de pessoas pode ter sido exposto em relação ao considerado pelo estudo do EPISUS (2016). A Ambios destaca os resultados observados na Tabela 15 do mesmo estudo. Observa-se uma razão de prevalência com significância estatística de sintomas associados com estresse emocional (insônia e irritabilidade) nos residentes da área afetada. Porém, em relação aos sintomas e sinais geralmente associados à uma exposição por via respiratória ou ocular (coriza, irritação nos olhos e tosse), embora exista uma razão de prevalência maior nos residentes da área afetada, esta não apresenta significância estatística em relação aos residentes da área não afetada (coriza _ RP: 1,26, IC: 0,89 - 1,78, p=0,20; irritação nos olhos _ RP: 1,37, IC: 0,83 - 2,25, p=0,23; tosse _ RP: 1,17, IC: 0,88 - 1,55, p=0,29). Em relação ao sintoma coceira, o qual pode estar associado não só ao contato direto com a lama e resíduos, mas também com a poeira contaminada, há razão de prevalência superior (1,48) nos residentes na área afetada, porém, sem significância estatística (IC: 0,98 - 2,23; p=0,09).

Por fim, a Ambios conclui baseado nestes resultados que, em relação à exposição através da inalação ou contato com a poeira contaminada, não é possível classificar a população como residente em área afetada e não afetada. Para fins de ações de atenção à saúde, A Ambios considera toda a população de Barra Longa como exposta.

Relatório Final “Dois anos pós-desastre da barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG, 2018”. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. (EPISUS, 2018)

Este relatório abordou os resultados dos estudos realizados pela equipe do EPISUS no período de maio a julho de 2018, sendo eles: Estudo Descritivo Dos Atendimento Ambulatoriais e Inquérito Populacional.

O primeiro estudo citado foi relativo aos atendimentos ocorridos nas unidades de saúde do município de Barra Longa no período de julho de 2016 a maio de 2018. Foi identificado um aumento de 23% nos atendimentos no período de 2016 para 2017. O maior número de registros foi por Infecções de vias aéreas superiores (IVAS), 1.060 (14,2%). Houve um aumento superior a 1000% nos atendimentos referentes à parasitose, hipertensão, dermatite, diabetes, depressão, transtorno mental e asma. A manifestação clínica mais registrada nas fichas de atendimento ao

longo do período foi tosse, 609 (8,1%), seguida de dor de garganta 359 (4,8%), febre 316 (4,2%) e cefaleia 300 (4%).

O segundo estudo citado foi realizado no período de maio a julho de 2018, tendo como população de estudo residentes do município há pelo menos um ano antes do rompimento da Barragem do Fundão ou filhos desses residentes nascidos após o desastre, selecionados através de amostragem probabilística do tipo aleatória simples, estratificada por zona de residência. No total, foram realizadas 356 entrevistas. A 317 dos entrevistados (89%) informou ter contato com poeira, 185 (52%) com a lama e 104 (29,2%) com água contaminada e com a lama. Houve um aumento na frequência dos diagnósticos médicos de IVAS de 30,5% e de alergia de 24,4%, após o desastre. A piora dessas doenças esteve associada, estatisticamente, à exposição aos produtos do rejeito da barragem.

O estudo realizou uma abordagem sindrômica para intoxicação por metais pesados cuja caracterização clínica (agrupamento de sinais e sintomas) é inespecífica na avaliação da Ambios, não sendo possível estabelecer qualquer inferência. Os resultados referentes às análises laboratoriais de metais pesados não estavam disponíveis.

Avaliação dos riscos à saúde da população de Barra longa / MG afetada pelo desastre - Março 2017 - Instituto Saúde e Sustentabilidade e Greenpeace. Pesquisa Avaliação de Saúde da População de Barra Longa afetada pelo Desastre de Mariana, Brasil. (INSTITUTO SAUDE E SUSTENTABILIDADE, 2017)

Esta pesquisa teve como objetivo identificar as percepções dos entrevistados quanto aos efeitos à saúde e ao atendimento às suas necessidades que lhes garantissem saúde e bem-estar. O trabalho foi realizado no período de outubro de 2016 a janeiro de 2017 por meio de questionários de auto avaliação em saúde aplicados a 223 famílias, em um total de 507 indivíduos moradores na área urbana da cidade e nas comunidades rurais de Gesteira e Barretos. Destacaram-se três principais grupos de problemas de saúde relatados espontaneamente pelos entrevistados como tendo ocorrido após o desastre, sendo eles de origem respiratória (40%), afecções de pele (15,8%) e transtornos mentais e comportamentais (11%).

Os resultados observados nesta pesquisa são condizentes com os da EPISUS (2016) em relação aos principais agravos à saúde observados na população a partir do desastre ocorrido em novembro de 2015.

Relatório Instituto Saúde e Sustentabilidade. Município de Barra Longa. Resultados de Exames Toxicológicos. Proposta de Novos Estudos. Contextualização sobre os Metais encontrados. (Vormittag, E).

Este estudo, denominado pelos autores como “segunda pesquisa” é decorrente da pesquisa supracitada, e tem como escopo a realização de análise laboratorial em amostras biológicas de sangue e cabelo colhidos de 11 moradores de Barra Longa que haviam referido alguma queixa de saúde durante a realização da primeira pesquisa. Os parâmetros analisados foram os metais: Alumínio, Arsênio, Bário, Cádmi, Chumbo, Cobalto, Cobre, Ferro, Manganês, Níquel, Selênio, Urânio e Zinco. Os resultados nas amostras de cabelo não estavam disponíveis até o momento da elaboração do relatório da Ambios e, portanto, não foram discutidos resultados quanto à isso.

Como resultados das análises de sangue, obtiveram-se: 11 participantes apresentaram aumento dos níveis de níquel no sangue; 10 participantes apresentaram diminuição dos níveis de zinco; 3 participantes apresentaram aumento dos níveis de arsênio no sangue e 5 participantes apresentaram níveis no limite superior da normalidade. Os autores não informaram as concentrações encontradas para cada metal, os valores mínimos, médios e máximos, e nem os limites de segurança utilizados, assim como a metodologia de realização do mesmo.

A Ambios concluiu que não é possível qualquer tipo de conclusão em relação ao significado destes resultados para o estabelecimento das implicações sobre a saúde da população exposta decorrentes do desastre de Mariana. Ela destaca a importância da presença de níquel no sangue de todos os participantes, embora em níveis não relatados. Da mesma forma, o relato de níveis diminuídos de zinco em uma população referida pelos autores como tendo uma ingestão dietética adequada, pode estar associado a mecanismos de interação entre os metais no processo de absorção intestinal.

Segundo a Ambios, em relação aos resultados encontrados para arsênio, a mensuração dos níveis sanguíneos não são em geral considerados indicadores confiáveis para monitoramento humano da exposição crônica a baixos níveis de arsênio, conforme ATSDR, 2007. A mensuração das concentrações urinárias é considerada o indicador mais confiável para exposição recente. Como o arsênio tende a se acumular no cabelo e unhas, a mensuração dos seus níveis nestes tecidos pode ser um indicador útil de exposição passada. Como não foram

realizadas análises em urina e os resultados em cabelo não estão disponíveis não é possível fazer considerações sobre os achados deste Estudo. No entanto, as análises das amostras ambientais realizadas no Estudo de Avaliação de risco da Ambios não encontraram concentrações de arsênio acima, ou limítrofe, aos valores de segurança utilizados, em nenhum meio ambiental pesquisado.

Doenças transmitidas por vetores - Relatório Final. TETRA TECH - 2018. (TETRA TECH, 2018)

O objetivo deste relatório foi fornecer dados epidemiológicos secundários sobre doenças vetoriais: arboviroses, malária, doença de Chagas, leishmanioses (tegumentar americana e visceral) e peste.

Para tal, foi realizada revisão bibliográfica com o intuito de analisar a relação do aparecimento e a disseminação das doenças vetoriais no território com o evento de rompimento da Barragem. Foi realizado levantamento de dados secundários relacionados às doenças causadas por vírus (arboviroses), bactérias (peste bubônica), protozoários (malária, leishmanioses e doença de Chagas) e helmintos (filariose linfática e oncocercose). As bases utilizadas para a realização desse levantamento de dados foram DATASUS, boletins epidemiológicos do Ministério da Saúde, publicações indexadas em bases de dados e análise de mídia.

Esses agravos são doenças de notificação compulsória definidas conforme Portaria Nº 24 do Ministério da Saúde no ano de 2016, a fonte dos dados é o Sistema de Informações de Agravos de Notificação (SINAN - net).

A Ambios destacou que a metodologia do trabalho é válida para levantamento de dados epidemiológicos secundários sobre as doenças vetoriais, bem como para a revisão bibliográfica. Segundo a Ambios, a consulta realizada no DATASUS para os dados do SINAN abrangeu apenas o período de 2007 a 2014. Outro ponto destacado pela Ambios é que embora a revisão bibliográfica tenha sido realizada para analisar em que medida o aparecimento e a disseminação das doenças vetoriais no território estejam associadas ao rompimento da Barragem, seu estudo de ARSH não estabelece nexo de causalidade.

Perfil de morbimortalidade dos agravos e doenças, dos últimos 10 anos, antes da ocorrência do rompimento da barragem de fundão. Fundação Renova, 2017. (RENOVA, 2017a).

Este documento tem como objetivo a descrição do perfil de morbimortalidade dos agravos e doenças, considerando os últimos 10 anos antes da ocorrência do rompimento da Barragem, de 2005 a 2015. Ele apresenta a análise descritiva de dados disponibilizados pelo DATASUS, realizada para 35 municípios do estado de Minas Gerais e 05 municípios do estado de Espírito Santo. Para a pirâmide etária dos municípios, utilizaram-se os dados do Censo de 2010 por apresentar maior fidedignidade em relação à distribuição populacional entre as faixas etárias.

Segundo a Ambios, a metodologia é válida para caracterização de perfil de morbimortalidade dos agravos e doenças e atende aos critérios previstos na metodologia do estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana - ARSH. Ela destaca que os dados relacionados aos óbitos, embora extraídos de fontes oficiais, foram agrupados por capítulos de mortalidade, o que dificulta um maior detalhamento e descrição das informações relacionadas aos óbitos.

Perfil dos serviços de saúde nos municípios da área impactada pelo rompimento da barragem de fundão. Fundação Renova, 2017 (RENOVA, 2017g)

Este documento tem como objetivo caracterizar a estrutura e os serviços de saúde existentes nos municípios da área impactada pelo rompimento da barragem de Fundão.

É apresentado a análise descritiva de dados consultados em sistemas de informação em saúde, principalmente o Cadastro de Estabelecimentos de Saúde (CNES), além de dados socioeconômicos e informações disponíveis no IBGE. A caracterização foi realizada para 35 municípios do estado de Minas Gerais e 05 municípios do estado de Espírito Santo.

Segundo a Ambios, a metodologia é válida para descrição dos serviços de saúde no tocante a estrutura física, equipamentos e recursos humanos e os dados foram extraídos de fontes oficiais. Deste modo, este estudo atendeu aos critérios previstos na metodologia do estudo de ARSH da Ambios.

Estudo bibliográfico e dos dados do DATASUS sobre a saúde mental nos municípios afetados pelo rompimento da barragem de fundão em Mariana, Minas Gerais. (INSTITUTO SAUDE E SUSTENTABILIDADE, 2018)

Este estudo é dividido em estudo A e B. Conforme apresentado no relatório da Ambios, os objetivos do estudo A foram: revisar bibliografia existente sobre os efeitos em saúde mental em situações de desastres em geral, tecnológicos e naturais; desenvolver revisão sistemática sobre artigos científicos selecionados sobre o tema Desastres e efeitos à saúde mental; e elaborar uma narrativa desenvolvida como “Introdução”, a partir de revisões de narrativas, revisões sistemáticas e metanálises que tratam do tema Desastres e efeitos à saúde mental.

Os objetivos do estudo B foram: identificar e levantar os indicadores da situação de saúde mental, disponibilizados pelo DataSUS para os 40 municípios envolvidos no estudo; analisar os dados e elaborar conclusões para cada um dos quarenta municípios afetados.

A metodologia do estudo A foi uma revisão sistemática e para relatar os resultados dessa revisão foi escolhido o PRISMA. A metodologia estudo B foi analisar três tipos de informações para cada um dos municípios incluídos no estudo, sendo eles: 1) dados de produção para os procedimentos e indicadores relacionados à Saúde Mental, no período de 2005 a 2017, ou seja, a caracterização da produção da rede assistencial em saúde mental; 2) o número de ocorrências relacionadas a tentativas de suicídio; 3) dados de consumo de medicamentos psicotrópicos.

Segundo a Ambios, o estudo utiliza linguagem e perspectivas ideológicas distintas nas diferentes partes da pesquisa. No estudo A, a linguagem e o recorte estão voltados para uma perspectiva organicista, medicalocêntrica e centrado na patologização dos sintomas. Já o estudo B aponta para sintomas que indicam sofrimento e não patologia, com foco em aspectos da rede de atenção psicossocial como potencial de cuidado. O estudo aponta que a análise das informações não permite concluir sobre o impacto do rompimento da barragem na saúde mental da população atingida, porém as discussões levantadas sobre a rede e os atendimentos podem servir de subsídio para melhoria da oferta de cuidado em saúde mental dos municípios analisados. A revisão bibliográfica não inclui documentos importantes de instituições como a OPAS, OMS e IASC e as pesquisas analisadas têm viés quantitativo, ignorando a importância dos estudos qualitativos para entendimento dos aspectos psicossociais relacionados aos desastres, com foco apenas em transtornos mentais e não para as causas.

De acordo com a Ambios, o olhar qualificado para as causas e peculiaridades do sofrimento gerado pelas situações de crise poderia trazer informações mais relevantes para pensar o cuidado a essas pessoas. Destacou-se também que a literatura nacional sobre o tema foi pouco considerada. A Ambios afirma que há diversos documentos importantes de conselhos regionais de psicologias publicados e trabalhos com pesquisadores nacionais atuantes em situação de desastre publicados no Brasil, que não foram citados. Ressalta também a existência uma Portaria Interministerial que trata de ações de atenção psicossocial a grupos vulneráveis em situações de desastres, que também poderia ser inserida. Os trabalhos nacionais são importantes por estarem em maior consonância com os preceitos do SUS e da RAPS do que apenas a literatura internacional. Por fim, a Ambios julgou a metodologia deste estudo como inválida para a utilização em sua ARSH.

PRISMMA - Pesquisa sobre a Saúde Mental das Famílias Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão em Mariana (PRISMMA, 2018)

O principal objetivo desta pesquisa foi avaliar a situação atual de saúde dos indivíduos diretamente afetados pelo desastre do rompimento da barragem de Fundão em Mariana, com ênfase em saúde mental. Os objetivos secundários foram:

- Descrever as características sociodemográficas da população de pessoas atingidas;
- 2. Identificar, mapear e analisar o território onde vive atualmente a população de atingidos;
- 3. Quantificar a prevalência declarada de doenças clínicas;
- 4. Quantificar a prevalência dos diagnósticos de transtornos mentais relacionados ao estresse (transtorno depressivo maior, transtorno de estresse pós-traumático, transtorno de ansiedade generalizada, risco de suicídio);
- Avaliar os fatores relacionados ao desastre que podem estar associados ao aumento do risco de transtornos mentais associados a estresse;
- Verificar o acesso e o uso dos serviços de assistência social, jurídica e de saúde, disponíveis para a população de atingidos; e

- Mensurar a prevalência de sintomas cardiovasculares na população diretamente atingida e a possível exacerbação de tais sintomas pelo desastre.

Segundo a Ambios, esta metodologia propõe um estudo epidemiológico de base domiciliar, com delineamento transversal. Por meio de entrevistas estruturadas, foi avaliada a saúde dos indivíduos atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão em Mariana, com ênfase em saúde mental. Sendo assim, a Ambios valida à sua utilização para seu estudo de ARSH para a parte de avaliação sociodemográfica. O aspecto de saúde mental, porém, não se aplica à metodologia de ARSH porque a metodologia utilizada apenas diagnosticou, por meio de rastreamento com testes validados, os casos de transtornos mentais relacionados ao estresse (transtorno depressivo maior, transtorno de estresse pós-traumático, transtorno de ansiedade generalizada e risco de suicídio). De acordo com a Ambios, sua metodologia não se baseou em um levantamento para quantificar os diagnósticos, e sabe-se que o uso de testes de rastreio em saúde mental, de forma rápida, generalizada pode implicar em aumento da taxa de falsos positivos, para alterações psíquicas. Embora os instrumentos utilizados para rastreamento de transtornos mentais fossem validados, os questionários para diagnosticar os transtornos mentais foram aplicados junto com uma série de outras perguntas por pessoas que não conheciam aquela população entrevistada, o que indica condições pouco favoráveis para um diagnóstico qualificado em Saúde Mental. Diagnósticos realizados de forma rápida, sem levar em consideração fatores como vínculo entre profissional e paciente, histórico de outras consultas, aplicação de um questionário longo, com diversas perguntas não relacionadas ao diagnóstico, entre outros podem causar prejuízos como estigmas e aumento da medicalização da população.

Além disso, a Ambios afirma que os resultados obtidos podem ser contraproducentes em relação a avaliação dos fatores relacionados ao desastre que podem estar associados ao aumento do risco de transtornos mentais associados a estresse. O que foi avaliado não foram os fatores relacionados ao desastre, mas sim as pessoas. Assim, as questões de ordem social, política, cultural ficaram como pano de fundo, sobrepostas pelos diagnósticos de distúrbios e transtornos, atribuindo ao indivíduo uma série de dificuldades que o inserem no campo das patologias e dos rótulos, das classificações psiquiátricas. A codificação de sofrimentos em patologias faz com que as orientações, recomendações e intervenções que podem se desdobrar a partir dessa informação estejam no campo da área médica e organicista, escondendo as informações importantes sobre as causas que levam ao sofrimento.

Antes fosse mais leve a carga: uma avaliação dos aspectos econômicos, institucionais e sociais do desastre da Vale/BHP/Samarco em Mariana (MG) (ZONTA, M.; TROCATE, 2016)

O principal objetivo deste trabalho é subsidiar os movimentos sociais e as organizações não governamentais que reivindicam a garantia dos direitos humanos das pessoas atingidas pelo rompimento da barragem, bem como a remediação dos impactos socioambientais.

A motivação da confecção deste relatório foi a necessidade de uma sistematização das informações que vinham sendo produzidas sobre o rompimento da barragem do Fundão. Para tal, associou-se o levantamento de informações complementares que pudessem ampliar o entendimento sobre a empresa, o contexto operacional/institucional no qual ela atua e algumas das possíveis consequências do rompimento da barragem. Neste contexto, o relatório analisado propôs contribuir para o aprimoramento do debate sobre a atividade mineral no país, por meio da sistematização e divulgação da informação.

Os autores deste trabalho apontam que o acesso à informação por parte dos movimentos e organizações envolvidos com questões de proteção aos direitos humanos e de preservação ambiental pode aprimorar sua capacidade de atuação. Sendo assim, espera-se que o reconhecimento do Brasil como um país minerador, bem como dos riscos e impactos gerados por essas atividades para a sociedade e para o meio ambiente, aumente a pressão social sobre agentes do Estado e sobre as empresas para que assim seja feita a construção de novos sistemas, democráticos e participativos, de controle sobre a exploração de bens minerais do país.

A Ambios considerou o estudo válido. Ela aponta que o conteúdo está bem articulado atinge o objetivo, e utilizou grande quantidade de referências bibliográficas de origens distintas. O texto aponta para falta de disponibilização de dados sobre o conteúdo do rejeito pela Samarco e cita estudos que mostram quantidades elevadas de metais e outros elementos químicos, além de apontar a necessidade de realização de novos estudos. Por fim, o texto levanta a discussão sobre o racismo ambiental que deve ser levado em consideração na ARSH.

6. PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE COM A SAÚDE

O item de Preocupações da Comunidade com a Saúde foi desenvolvido com base no levantamento de dados de campo junto as populações das Áreas Alvo (AA1, AA2 e AA3) em estudo desenvolvido pela empresa AMBIOS Engenharia e Processos LTDA. Este procedimento foi adotado para garantir que as mesmas preocupações levantadas e discutidas no relatório de Avaliação de Risco da AMBIOS (Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão de março de 2019) fossem tratadas no presente relatório. No relatório supramencionado, o Capítulo VI, intitulado “Preocupações da Comunidade com sua saúde” e é voltado à identificação das preocupações das comunidades atingidas às questões relacionadas ao rompimento da barragem. Trata-se de um levantamento denso e adequado para os propósitos do presente trabalho, e por isso o Capítulo VI será apresentado de forma resumida.

O levantamento das preocupações da população atingida foi realizado nos municípios de Mariana e Barra Longa. A metodologia utilizada em cada local foi semelhante: entrevistas aos moradores e profissionais da área da saúde. Inicialmente foram selecionados moradores diretamente atingidos pelo rompimento da barragem, posteriormente foram selecionados moradores cujas residências foram alvo de amostragens. Segundos as Diretrizes (2010), o levantamento das preocupações da comunidade com a saúde é dividido em três etapas: a. Etapa preparatória antes da visita ao local; b. Visita ao local; e c. Socialização das Informações e Comunicação de Risco.

A etapa a. foi realizada pela Ambios com a solicitação do acompanhamento de profissionais das Secretarias Estaduais e/ou Municipais de Saúde, bem como a seleção dos locais onde as entrevistas seriam realizadas, sendo elas as Unidades Básicas de Saúde ou locais de fácil acesso à população. A responsabilidade da seleção dos participantes da comunidade ficou na responsabilidade dos profissionais de saúde que acompanharam as entrevistas, enquanto a seleção dos participantes de profissionais de saúde a serem entrevistados utilizou como critério o envolvimento com a população atingida.

A etapa b. consistiu primeiramente na apresentação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, apresentado no Anexo 1 do relatório técnico da Ambios, seguido da aplicação de entrevista por questionário semiestruturado com perguntas abertas. O questionário aplicado

para moradores e profissionais da saúde foram distintos, com perguntas específicas para cada público. A descrição e análise das informações foram tratadas pela análise de conteúdo, agrupando fragmentos de relatos que apresentavam características comuns (CAREGNATO & MUTTI, 2006, *apud* AMBIOS, 2018).

A etapa c. de comunicação do risco é tratada na FASE IV e V do GAISMA, com o Plano de Comunicação do Risco.

Foram adotados questionários direcionados ao perfil do entrevistado, e, após análise dos resultados conforme Caregnato e Mutti (2006) *apud* Ambios (2018) foram estabelecidas as seguintes categorias:

- Preocupações relacionadas à saúde mental da população atingida;
- Preocupações relacionadas ao impacto sobre a saúde da população atingida;
- Preocupações relacionadas ao consumo de água e alimentos;
- Preocupações relacionadas às condições e à qualidade de vida da população atingida.

6.1. MUNICÍPIO DE MARIANA E DISTRITOS DE BENTO RODRIGUES, PARACATU DE BAIXO E PARACATU DE CIMA

- Saúde mental

A saúde da população de Mariana e demais distritos supracitados foi avaliada com base nos relatos de profissionais da área da saúde e da própria população. O relato contempla a incidência dos problemas relacionados à saúde mental, indicativos sobre quais doenças ocorrem e hipóteses sobre causas prováveis.

De forma qualitativa, os profissionais da área da saúde indicam uma maior incidência de problemas de saúde mental, e citam casos de depressão, ansiedade, pânico e dependência química. Apontam hipóteses para o aumento dos problemas de saúde mental a traumas devido aos momentos imediatamente posteriores ao rompimento da barragem, mortes, perdas materiais e critérios utilizados para atribuição das indenizações.

As entrevistas realizadas com a população indicam de forma qualitativa a incidência das mesmas doenças relatadas pelos profissionais da área da saúde. A existência de um conflito entre as pessoas indenizadas e diretamente atingidos pelo rompimento da barragem com o resto da população é relatado por ambos grupos de entrevistados, conforme relatos abaixo:

“O povo acha que quem ficou com a casa em pé não tem direito de vir para Mariana (...) não merece indenização (...);”

“Ela (filha) foi para uma escola onde as crianças de Bento sofriram muito bullying (os atingidos pelo desastre eram chamados de ‘meninos da lama; pé sujo’) e outras chacotas. Com isso não queria mais ir para escola, chorava demais quando ia chegando a hora de ir para a escola. Antes quando ela estudava no Bento e ficava o dia inteiro na escola, ela adorava”.

- Preocupações sobre possíveis impactos na saúde

A população entrevistada relatou de forma qualitativa preocupação sobre problemas de saúde de cunho respiratório, dermatológico, cardíaco e psicológico, de forma específica (com indicações sobre quais doenças poderia acometê-los) e inespecífica.

Os problemas de saúde relatados de forma específica foram: câncer, problemas respiratórios e alérgicos, coceira e depressão. Os problemas foram comumente relacionados a poeira gerada a partir do material liberado durante o rompimento da barragem.

Indicações sobre a toxicidade do material liberado pelo rompimento da barragem foi descrita pelos entrevistados segundo odor, aspecto físico, e sugestões sobre a composição química do mesmo. Entrevistados indicaram desconfiança sobre a ação da Renova, que seria responsável por fertilizar as áreas de plantação sem consentimento dos donos, sendo isso refletido por colheitas de melhor qualidade.

- Preocupações sobre o consumo de água e alimentos

Profissionais da área da saúde descreveram os hábitos atuais da população quanto ao consumo de alimentos oriundos de região atingida pelo rompimento da barragem e indicaram que parte da população partilha de receio sobre a contaminação desses alimentos.

A população entrevistada corrobora o relato de que há consumo de alimentos produzidos na região, e de que houve impacto na saúde de pessoas após consumirem tais alimentos. O impacto na saúde foi descrito de forma específica para: infecção intestinal, irritação na pele e queda de cabelo.

Alterações nas características dos alimentos antes e depois do rompimento da barragem foram descritas para peixes e frutas. É atribuída à Samarco, que após a limpeza de um lago e reintrodução de peixes no mesmo, esses atingiriam tamanho superior, e parte das espécies seriam diferentes. À Renova é atribuída a responsabilidade por plantações de qualidade superior à antes do rompimento da barragem, através da adição de fertilizantes sem autorização.

- Preocupações sobre as condições e qualidade de vida

As condições e qualidade de vida foram abordadas sob os seguintes parâmetros: êxodo rural, mudanças na dinâmica do trabalho, redução dos espaços de lazer e percepção do risco à saúde devido exposição ao material liberado durante o rompimento da barragem.

O deslocamento da população diretamente atingida pelo rompimento da barragem para áreas urbanas impede a manutenção das atividades de cultivo realizadas pelos realojados. Os entrevistados indicam que as principais atividades eram a criação de animais, hortas e pomares, cujo destino final eram as feiras livres na cidade de Mariana.

Os relatos dos profissionais da área da saúde apontam que esses acreditam que o material liberado durante o rompimento da barragem tem potencial de causar risco à saúde. Segundo os mesmos, a população não tem conhecimento de que o material poderia causar riscos à saúde, ou se podem, não tem clareza sobre como isso ocorreria. Para um maior detalhamento dessa análise, verificar item VI no “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão”.

A ausência dos espaços de convivência social utilizados pelos moradores de Mariana, Bento Rodrigues, Paracatu de baixo e de Paracatu de cima é descrito pela população, que atrela isso a ausência de atividades de lazer, e aumento de conflitos familiares.

6.2. MUNICÍPIO DE BARRA LONGA E DISTRITOS DE GESTEIRA, MANDIOCA, VOLTA GRANDE, SÃO GONÇALO E BARRETOS

A saúde da população de Barra Longa foi avaliada com base nos relatos de profissionais da área da saúde e da própria população. O relato contempla a incidência dos problemas relacionados à saúde mental, indicativos sobre quais doenças ocorrem e hipóteses sobre as causas.

As entrevistas realizadas com a população foram condicionadas a um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e questionários específicos. Foram realizadas três rodas de conversas com moradores selecionados pelos profissionais de saúde, que prestaram ou prestam atendimento a população. Foram realizadas rodas de conversas nas unidades de saúde e nos domicílios dos entrevistados. Foram selecionados participantes voluntários e que são atingidos diretamente pelo rompimento da barragem.

A premissa adotada para o Município de Barra Longa é a de que toda a população é considerada como atingida pelo rompimento da barragem. De forma introdutória aos tópicos abordados durante as entrevistas, é afirmado que as casas foram atingidas de forma intensa, com o material liberado atingindo o primeiro andar e outras, onde o material atingiu poucos centímetros dentro das residências. É relatado que algumas casas foram interditadas pela Defesa Civil por problemas estruturais devido ao intenso tráfego de veículos pesados após o rompimento da barragem. É descrito que população teve o corpo completamente exposto ao material, e foram realizados exames toxicológicos que reportaram contaminação por metais pesados.

- Saúde mental

De acordo com os entrevistados, a saúde mental da população foi atingida. São relatados problemas de forma específica como: ansiedade e depressão. Em 05 dos 08 relatos apresentados, as incertezas e possibilidade de rompimento de outra barragem são citados como fonte de preocupação.

- Preocupações sobre possíveis impactos na saúde

Os profissionais da área da saúde analisam de forma qualitativa que há agravos em processos de adoecimentos correlacionáveis ao rompimento da barragem. De forma específica, são listados os seguintes problemas de saúde: labirintite, reações alérgicas dermatológicas, reações alérgicas respiratórias e aumento de uso de medicamentos e automedicação, dores de cabeça e fraqueza. Questionamentos sobre a possibilidade do aumento nos casos de câncer, diarreia, dengue e malformação fetal são relatados.

De forma similar aos profissionais da área da saúde a população relata agravos em processos de adoecimentos, que estariam relacionados ao rompimento da barragem. A poeira foi citada como fonte de preocupação em virtude do aumento do fluxo de veículos e consequente soerguimento de poeira.

A população relata preocupação com a poeira soerguida considerando os seguintes aspectos: contaminação da poeira, aumento de problemas respiratórios e alérgicos, transtornos diários decorrentes da poeira, problemas dermatológicos e problemas oftalmológicos.

Os relatos da população e descrição específica sobre doenças ou agravamento das mesmas, e atribuídas ao rompimento da barragem, estão presentes no Capítulo 6, intitulado “Preocupações da Comunidade com sua saúde”.

- Preocupações sobre o consumo de água e alimentos

Profissionais da área da saúde e população descreveram insegurança quanto ao consumo de alimentos oriundos de região atingida pelo rompimento da barragem. Parte da população partilha de receio sobre a contaminação de água e alimentos e tem evitado o consumo de peixe, leite, ovos, carnes, frutas, tubérculo e verduras produzidas na região.

- Preocupações sobre às condições e qualidade de vida

As entrevistas realizadas sobre as condições e qualidade de vida refletiu o aumento na quantidade de pessoas que frequentam a cidade e redução dos espaços de lazer. Segundo o relato dos moradores, o rio atingido pelo material liberado durante o rompimento da barragem era o principal espaço de convivência social e lazer utilizado pela população. De forma qualitativa, relatos sugerem aumento na criminalidade e assédio sexual e, posteriormente, correlacionam ao aumento de pessoas de fora de cidade.

A dinâmica de trabalho da população foi alterada. Os profissionais da área da saúde relatam a perda de financiamento por crédito no PRONAF (Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar) pros agricultores locais. Os relatos apresentados pela população refletem que problemas de saúde ou perdas materiais são as principais causas de impedimento de trabalho.

Os moradores sugerem que sejam distribuídos umidificadores para a população, e a contratação de médico otorrinolaringologista.

7. SELEÇÃO DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE

Uma Substância Química de Interesse (SQI) para projetos de ARSH é aquela substância química quantificada em amostra proveniente em pelo menos um compartimento ambiental de interesse impactado, que está relacionada à fonte primária (evento de rompimento da barragem de Fundão) ou secundária de contaminação (compartimentos ambientais impactados a partir da lama de rejeitos), é subproduto do processo de atenuação natural de substâncias associadas a estas fontes, ou foi remobilizada física ou físico-quimicamente pela passagem da lama originada pela passagem do rejeito de minério de ferro proveniente do Rompimento da Barragem de Fundão nas AA1, AA2 e AA3.

Neste contexto, a seleção das SQI para as áreas alvo em questão, teve como base as informações disponíveis nos itens 5 e 6 deste relatório, bem como nos procedimentos técnicos descritos nas Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos (MS, 2010). Na ausência destes nas Diretrizes, teve-se como base o descrito no *Public Health Assessment Guidance Manual* (ATSDR, 2005).

A primeira seleção foi realizada por meio da identificação das substâncias químicas para cada fonte de contaminação secundária, conforme os critérios a seguir:

- (1) Verificar se todas as substâncias e elementos químicos associadas ao evento de rompimento da barragem do Fundão (Mariana, MG) foram analisadas quimicamente:
 - ✓ Conforme Plano de Amostragem executado pela empresa **EPA Engenharia de Proteção Ambiental LTDA** e reportado no relatório “Relatório Final de Investigação Ambiental Complementar. Mariana-MG”, foram amostrados todos os metais constantes na lista de Metais Poluentes Prioritários associados e não associados ao rejeito de minério de ferro proveniente do Rompimento da Barragem de Fundão.
- (2) Verificar se todas as substâncias e elementos químicos que possam surgir como metabólitos daquelas associadas ao evento de rompimento da barragem do Fundão (Mariana, MG) foram analisadas quimicamente:

- ✓ Considerando que o Plano de Amostragem supramencionado previu a investigação da lista completa de metais poluentes prioritários, pode-se afirmar que não foram coletadas SQI que possam passar por processos de degradação ou atenuação que gerem metabólitos ou subprodutos a partir dos metais originalmente avaliados.

(3) Verificar se todas as substâncias e elementos químicos que possam ter sido remobilizadas nos compartimentos de interesse do meio físico a partir do evento de rompimento da barragem do Fundão (Mariana, MG) foram analisadas quimicamente:

- ✓ Considerando a amplitude da lista de metais prevista no Plano de Amostragem supramencionado, que considerou metais associados a composição química do rejeito e metais não associados à esta composição, pode-se afirmar que possíveis SQI associadas a remobilização pela passagem da lama também serão avaliadas neste estudo.

(4) listar para cada compartimento de interesse do meio físico (sedimento, solo, água superficial, água subterrânea, e ar se aplicável) e pontos onde ocorrem concentrações das substâncias selecionadas e relacionar tecnicamente com o impacto ambiental ocorrido, considerando: as substâncias químicas identificadas analiticamente acima do Limite de Quantificação da Amostra (LQ); que possuem resultados válidos; que estão acima dos padrões legais aplicáveis (Valores de Investigação, Padrões de Potabilidade, entre outros):

- ✓ A **Figura 30**, citada no item 5.4.4, apresenta a consolidação das SQI válidas para as AA1, AA2 e AA3 divididas por compartimento de interesse do meio físico, abrangência e ocorrência espacial e relação com os Padrões Legais Aplicáveis (PLA) utilizados para avaliação.

A segunda seleção, conforme RAGS (1989) e ATSDR (2005), deverá ser feita entre aquelas selecionadas no primeiro processo de seleção, obedecendo aos seguintes critérios:

(1) Deve possuir dados toxicológicos validados cientificamente e disponíveis:

- ✓ Todas as SQI validadas para as três áreas alvo em estudo possuem perfil toxicológico válido e disponível.

(2) Deve possuir dados físico-químicos validados cientificamente e disponíveis:

- ✓ Todas as SQI validadas para as três áreas alvo em estudo possuem perfil físico-químico válido e disponível.

(3) Deve possuir relação R_{ij}/R_j (fator de risco para a substância i no meio j/fator de risco total no meio j) superior a 0,01:

- ✓ Todas as SQI validadas para as três áreas alvo possuem relação R_{ij}/R_j superior a 0,01.

Conforme os resultados analíticos, os metais que apresentaram concentrações superiores aos seus respectivos PLA para cada compartimento ambiental foram:

- Solo superficial: Alumínio, Antimônio, Bário, Cobalto, Cobre, Cromo, Ferro e Manganês;
- Solo subsuperficial: Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bário, Cobalto, Cromo, Ferro, Manganês e Níquel;
- Sedimento: Antimônio, Arsênio, Cromo, Ferro, Manganês e Mercúrio;
- Sedimento subsuperficial: Antimônio, Arsênio, Chumbo, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio e Níquel;
- Água superficial (total ou dissolvido): Alumínio, Ferro e Manganês;
- Água Subterrânea (total ou dissolvido): Alumínio, Ferro e Manganês;
- Água de Abastecimento (total ou dissolvido): Alumínio e Ferro;
- Poeira Domiciliar: Antimônio, Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre, Ferro e Zinco;
- Raspagem de Alvenaria: Antimônio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo e Zinco;

- Fruta: Arsênio;
- Hortaliça: Cromo e Selênio;
- Ovo: Selênio;
- Vegetal: Arsênio.

A **Tabela 79** apresenta as SQI válidas para as AA1, AA2 e AA3 divididas por associação ao evento de rompimento da barragem de Fundão. Devido a semelhança nas características do meio físico e uso e ocupação, apresentadas no item 5 de Levantamento e Avaliação de Informação Local, mais especificamente item 5.3 (Uso e Ocupação) e 5.5 (Informações sobre Rotas Ambientais), as SQI são consideradas válidas para as três AA no presente estudo.

A associação do metal ao evento foi caracterizada pela consolidação da análise espacial, apresentada no item 5.4.4, e comparação com os níveis de concentração basal, discutido no item 5.4.5. Conforme discutido nos itens citados, a presença do metal na composição química do rejeito não necessariamente implica na sua associação ao evento.

Tabela 79 - Consolidação das SQI válidas para as AA1, AA2 e AA3

Consolidação das SQIs válidas para as AA1, AA2 e AA3	
SQI Válidas Associadas ao Evento	SQI Válidas Não Associadas ao Evento
Ferro Total (Total ou Dissolvido)	Alumínio (Total ou Dissolvido)
Manganês (Total ou Dissolvido)	Antimônio (Total ou Dissolvido)
	Arsênio (Total ou Dissolvido)
	Arsênio III (Especiado)
-	Arsênio V (Especiado)
-	Arsênio III + IV (Especiado)
	Arsênio MMA (Especiado)
	Arsênio DMA (Especiado)
-	Bário (Total ou Dissolvido)
-	Cádmio (Total ou Dissolvido)
-	Chumbo (Total ou Dissolvido)
-	Cobalto (Total ou Dissolvido)
-	Cobre (Total ou Dissolvido)
-	Cromo (Total ou Dissolvido)
-	Mercúrio (Total ou Dissolvido)
-	Selênio (Total ou Dissolvido)
-	Zinco (Total ou Dissolvido)

Os quadros 29 a 36 apresentam as SQI válidas por AA, região de exposição e compartimento. As abreviações são apresentadas conforme a seguir:

SSP - Solo superficial; SED - Sedimento; ASPt - Água Superficial Total; ASPd - Água Superficial Dissolvida; ASBt - Água Subterrânea Total; ASBd - Água Subterrânea Dissolvida; POE - Poeira domiciliar; POETINT - Poeira de alvenaria; FRT - Fruta; HORT - Hortaliças; LEI - Leite; OVO - Ovo; VEG - Vegetais.

Quadro 29 - SQI AA1 RED

AA1	RED			
COMPARTIMENTOS	SSP	SED	ASPt	ASPd
Arsênio V (Especiado)	X	X		
Bário			X	
Cobalto		X		
Ferro			X	
Manganês	X	X		

Quadro 30 - SQI AA1 RNE

AA1	RNE									
COMPARTIMENTOS	SSP	SED	ASPt	ASPd	POE	FRT	HORT	LEI	OVO	VEG
Alumínio		X	X			X	X			
Arsênio III (Especiado)		X								
Arsênio V (Especiado)		X			X					
Arsênio MMA (Especiado)						X	X	X	X	X
Arsênio DMA (Especiado)									X	
Bário		X		X			X		X	
Cobalto		X								
Ferro	X	X				X	X		X	X
Manganês	X						X			

Quadro 31 - SQI AA2 RED

AA2	RED										
COMPARTIMENTOS	SSP	SED	ASPt	ASPd	ASBt	ASBd	POE	FRT	HORT	LEI	VEG
Alumínio		X						X	X		X
Antimônio	X	X					X				
Arsênio III (Especiado)	X			X		X	X				
Arsênio V (Especiado)	X	X					X	X	X	X	X
Bário		X		X				X	X		X
Cobalto	X	X									
Cobre			X								
Cromo	X	X									
Ferro	X	X						X	X		X
Manganês	X	X						X	X		X
Zinco				X							

Quadro 32 - SQI AA2 REI

AA2	REI					
COMPARTIMENTOS	SSP	POE	FRT	LEI	OVO	VEG
Alumínio	X		X		X	X
Arsênio V (Especiado)	X	X	X		X	X
Arsênio MMA (Especiado)				X	X	
Bário			X		X	X
Ferro			X		X	X
Manganês			X			X

Quadro 33 - SQI AA2 RNE

AA2	RNE											
COMPARTIMENTOS	SSP	SED	ASPt	ASPd	ASBt	ASBd	POE	FRT	HORT	LEI	OVO	VEG
Alumínio		X						X	X	X	X	X
Antimônio							X	X				
Arsênio III (Especiado)					X	X						
Arsênio V (Especiado)	X	X					X			X	X	
Arsênio MMA (Especiado)								X	X	X	X	X
Bário		X		X				X	X		X	X
Chumbo							X					
Cobalto		X										
Ferro	X	X				X		X	X	X	X	X
Manganês								X	X			X
Selênio									X		X	

Quadro 34 - SQI AA3 RED

AA3	RED							
COMPARTIMENTOS	SSP	SED	ASPt	ASPd	POE	HORT	LEI	OVO
Alumínio		X				X	X	X
Antimônio		X						
Arsênio V (Especiado)	X	X			X	X	X	
Arsênio MMA (Especiado)								X
Bário		X		X	X			X
Cádmio					X			
Cobalto		X						
Cobre			X		X			
Ferro	X	X				X		X
Manganês		X				X		
Selênio								X
Zinco				X	X			

Quadro 35 - SQI AA3 REI

AA3	REI											
COMPARTIMENTOS	SSP	SED	ASPt	ASPd	ASBt	ASBd	POE	FRT	HORT	LEI	OVO	VEG
Alumínio									X	X	X	X
Arsênio							X					
Arsênio V (Especiado)	X						X		X	X	X	X
Arsênio III + IV (Especiado)												
Arsênio MMA (Especiado)									X	X		X
Arsênio DMA (Especiado)											X	
Bário									X			X
Ferro	X								X	X	X	X
Manganês									X			X

Quadro 36 - SQI AA3 RNE

AA3	RNE											
COMPARTIMENTOS	SSP	SED	ASPt	ASPd	ASBt	ASBd	POE	FRT	HORT	LEI	OVO	VEG
Alumínio		X						X	X	X	X	X
Antimônio	X											
Arsênio III (Especiado)				X		X						
Arsênio V (Especiado)	X	X					X			X		X
Arsênio MMA (Especiado)								X	X	X	X	X
Arsênio DMA (Especiado)												
Bário	X	X		X				X	X		X	X
Cobalto	X	X										
Cobre				X			X					
Cromo	X								X			
Ferro		X					X	X	X		X	X
Manganês	X							X	X			X
Selênio											X	
Zinco				X								

A avaliação dos efeitos adversos à saúde humana, identificação dos perfis toxicológicos, discussão sobre transporte e atenuação no meio físico, das substâncias químicas de interesse listadas na **Tabela 79** será realizada no capítulo de “Análise de Toxicidade” deste relatório.

A avaliação da distribuição temporal e espacial das SQI listadas anteriormente foi realizada nos capítulos de “Impacto ambiental” e “Níveis de Concentração Basal (Concentração de *Background*)”.

A avaliação do controle de qualidade no processo de aquisição das amostras representativas de cada compartimento de interesse do meio físico, bem como o controle de qualidade analítico laboratorial foi realizado no item 5.4.1.

8. MECANISMOS DE TRANSPORTE

Em estudos de avaliação de risco à saúde humana as fontes secundárias de contaminação serão aqueles compartimentos ambientais que potencialmente foram impactados pela fonte primária de contaminação (a barragem de Fundão) e que podem estar em contato ou gerar concentrações que estejam em contato com receptores humanos. Há também a possibilidade de serem identificados compartimentos ambientais, os quais também podem ser expostos pelas fontes secundárias e gerar algum tipo de exposição humana, como por exemplo ovos, peixes, vegetais, água de abastecimento, etc.

Neste contexto foi definido como fonte secundária de contaminação para efeitos de Avaliação de Risco a Saúde Humana todo compartimento ambiental possivelmente impactado pela lama originada pela passagem do rejeito de minério de ferro proveniente do Rompimento da Barragem de Fundão nas AA1, AA2 e AA3. Os compartimentos ambientais a serem considerados para composição dos cenários de exposição são os seguintes:

- ✓ Sedimento;
- ✓ Sedimento subsuperficial;
- ✓ Solo superficial;
- ✓ Solo subsuperficial;
- ✓ Água subterrânea;
- ✓ Água superficial;
- ✓ Ar atmosférico;
- ✓ Leite;
- ✓ Ovos;

- ✓ Ictiofauna¹¹;
- ✓ Alimentos Derivados de Carne Bovina e Suína¹²;
- ✓ Alimentos Foliáceos;
- ✓ Alimentos Tuberosos;
- ✓ Alimentos Frutíferos.

É importante ressaltar que cada compartimento ambiental a ser avaliado poderá receber aporte secundário de contaminantes de fontes e atividades externas a AA avaliada (AA1, AA2 e AA3), não associadas ao evento de rompimento da Barragem de Fundão, logo, uma avaliação quantitativa que envolva esta dinâmica deve ser desenvolvida e considerada, se pertinente, no momento da definição das Substâncias Químicas de Interesse (SQI), conforme a discussão realizada nos itens 5 e 7.

A descrição dos mecanismos de transporte nos compartimentos, de cada SQI, é detalhada no item 10.1.3. Para as SQI consideradas válidas para o presente estudo, pode-se resumir os mecanismos de transporte da seguinte forma:

Solo: (bio)acumulação, derrame, infiltração, lixiviação, erosão, adsorção, etc.;

Sedimentação: (bio)acumulação, infiltração, erosão, lixiviação, advecção, adsorção, etc.;

Água superficial e subterrânea: (bio)acumulação, derrame, infiltração, lixiviação, advecção, dispersão, etc.;

¹¹ Mesmo sendo considerada a ictiofauna um compartimento ambiental relevante para cenários de exposição associados ao impacto ambiental na Bacia do Rio Doce, e que a ocorrência de metais em peixes está associada à hábitos alimentares, localização e tempo de permanência na região do impacto, peso, idade, entre outros, estes dados não estão disponíveis para as AA1, AA2 e AA3. Sendo assim, a quantificação da Dose de Exposição não será possível para este compartimento ambiental.

¹² Informações relativas a concentrações das Substâncias Químicas de Interesse associadas a carne bovina e suína não estão disponíveis para as AA1, AA2 e AA3. Sendo assim, a quantificação da Dose de Exposição não será possível para este compartimento ambiental.

9. IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ROTAS DE EXPOSIÇÃO

9.1. CARACTERIZAÇÃO DAS ROTAS DE EXPOSIÇÃO

Os cenários (ou rotas) de exposição em projetos de ARSH se caracterizam por delimitar conceitualmente o processo exposicional, considerando os diferentes caminhos pelos quais uma SQI se desloca a partir da fonte secundária de contaminação presente no meio físico e chega a um determinado ponto de exposição (PDE). Cenários de Exposição possuem os seguintes elementos fundamentais:

- Fonte Secundária de Contaminação e Compartimentos do Meio Físico;
- Substâncias Químicas de Interesse (SQI);
- Caminhos de Exposição;
- Ponto de Exposição (PDE);
- Via de Ingresso;
- Receptores.

9.2. VIAS DE INGRESSO

Em projetos de ARSH uma via de ingresso é caracterizada pelo modo pelo qual uma SQI entra em contato com o organismo receptor exposto. Sendo assim, para o presente estudo foi considerado como vias de ingresso possíveis às listadas abaixo:

- ✓ Inalação;
- ✓ Ingestão;
- ✓ Contato Dérmico.

9.3. ROTAS DE EXPOSIÇÃO E PONTOS DE EXPOSIÇÃO (PDE)

Em projetos de ARSH um caminho (ou rota) de exposição será o trajeto percorrido por uma SQI em um ou mais compartimentos de interesse do meio físico, até que esta chegue no ponto de exposição (PDE) de uma população ou receptor humano potencialmente exposto.

Os compartimentos de interesse do meio físico a serem considerados para composição dos caminhos de exposição são aqueles listados no item 8. Sendo assim, a caracterização dos caminhos de exposição foi desenvolvida a partir das seguintes informações:

- ✓ Compartimentos do meio físico que estão impactados;
- ✓ Mecanismos de transporte das SQI nestes compartimentos até os pontos de exposição;
- ✓ Vias de ingresso pertinentes a exposição;
- ✓ Localização dos pontos de exposição;
- ✓ Receptores potencialmente expostos.

Para uma rota de exposição ser considerada completa, de acordo com as Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos (MS, 2010), ela deve apresentar os cinco elementos, sendo eles fonte de contaminação, meio afetado, ponto de exposição, via de exposição e população receptora. Para classificar uma rota como futura rota de exposição completa, é necessário verificar se esta atende as três condições a seguir:

- a) Existência de uma contaminação atual em um ponto de exposição ou em um compartimento ambiental que poderia chegar a ser um ponto de exposição em dias, semanas ou meses (áreas em via de urbanização em local contaminado);
- b) Pessoas de uma comunidade que no futuro terão acesso a um ponto de exposição ou poderão participar de atividades na área contaminada (trabalhadores das companhias que construirão parques desportivos sobre área contaminada e o trânsito de moradores nos locais contaminados);
- c) A inexistência de controle ou de restrições em certas áreas, para prevenir o contato com contaminantes atuais em pontos de exposição, onde é alta a possibilidade de contato humano com um meio contaminado que pode aparecer a qualquer momento em um futuro próximo. Por exemplo, existe uma futura rota de exposição completa

se uma casa em construção sem um poço profundo, encontre-se localizada sobre um aquífero contaminado e não existem impedimentos para prevenir os residentes ou proprietários sobre a construção de poços no aquífero contaminado. Outro exemplo de uma rota completa futura é quando existe a probabilidade de que a rota presente continue no futuro.

Neste contexto, considerando os critérios de validação dos cenários de exposição descritos no capítulo 6 das Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos (MS, 2010) e capítulo 6 (*Evaluating Exposure Pathways*) do *ATSDR Public Health Assessment Guidance Manual* (ATSDR, 2005), os caminhos de exposição identificados para as áreas alvo AA1, AA2 e AA3 estão listados abaixo.

9.3.1. COMPARTIMENTO DO MEIO FÍSICO: SEDIMENTO

- ✓ Contato Dérmico com sedimento contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento;
- ✓ Ingestão Incidental de sedimento contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento.

9.3.2. COMPARTIMENTO DO MEIO FÍSICO: SOLO SUPERFICIAL

- ✓ Contato Dérmico com partículas de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento;
- ✓ Ingestão Incidental de partículas de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento;
- ✓ Inalação de partículas de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento;

- ✓ Inalação de partículas de poeira domiciliar em ambientes fechados, provenientes de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento.

9.3.3. COMPARTIMENTO DO MEIO FÍSICO: ÁGUA SUBTERRÂNEA

- ✓ Contato Dérmico com água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento;
- ✓ Ingestão com água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento;
- ✓ Ingestão de água de captação para abastecimento público a partir de água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento.

9.3.4. COMPARTIMENTO DO MEIO FÍSICO: ÁGUA SUPERFICIAL

- ✓ Contato Dérmico durante recreação ou trabalho com água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento;
- ✓ Ingestão Incidental durante recreação ou trabalho de água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento;
- ✓ Ingestão de água durante atividade de pesca a partir de água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento;
- ✓ Ingestão de água de captação para abastecimento público a partir de água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento.

9.3.5. COMPARTIMENTO DO MEIO FÍSICO: ALIMENTOS

- ✓ Consumo de frutas, hortaliças e tuberosas cultivadas em solo contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento;
- ✓ Consumo de frutas, hortaliças e tuberosas irrigadas com água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento;
- ✓ Consumo de frutas, hortaliças e tuberosas irrigadas com água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento;
- ✓ Consumo de peixes provenientes de criadouros ou pescados diretamente em água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento;
- ✓ Consumo de ovos e leite de animais criados em solo contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento;
- ✓ Consumo de ovos e leite de animais criados com ingestão de água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento;
- ✓ Consumo de ovos e leite de animais criados com ingestão de água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento.

9.4. RECEPTORES

Para identificação dos potenciais receptores associados as áreas alvo em estudo, foi considerado que o mesmo é caracterizado por ser um indivíduo ou grupo de indivíduos que possuam características que identifiquem uma população potencialmente exposta no presente e/ou possa estar exposta no futuro considerando um dos caminhos de exposição descritos nos itens anteriores. A localização dos tipos de receptores nas áreas alvo é brevemente descrito no Uso e Ocupação.

Para efeito de avaliação quantitativa do risco, as populações potencialmente expostas a contaminação associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão (RED), ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento (REI), foram divididos em

Receptores Atuais Completos e Receptores Futuros Potenciais. O mesmo foi feito com as populações potencialmente expostas a contaminação não associada direta ou indiretamente ao evento (RNE).

Os Receptores Atuais Completos são aqueles que estão presentes atualmente nas condições de exposição. Os Receptores Futuros Potenciais são aqueles que virão a estar presentes nas condições de exposição. Logo, os receptores são semelhantes, mudando apenas o tempo a qual a exposição ocorre (presente ou futuro).

O Mapa de Receptores é apresentado no Anexo 10.

9.4.1. ATUAIS COMPLETOS

- ✓ Os residenciais (crianças e adultos) que devem ser identificados sobre a ocorrência de contaminação/anomalia (RED/RNE) dos compartimentos de interesse do meio físico ou a uma distância desta contaminação (REI) e caracterizam-se por representarem a população que resida continuamente nas AA1, AA2 e AA3.
- ✓ Os trabalhadores rurais e comerciais (adultos) que devem ser identificados sobre a ocorrência de contaminação/anomalia (RED/RNE) dos compartimentos de interesse do meio físico ou a uma distância desta contaminação (REI) e caracterizam-se por representarem a população que resida continuamente nas AA1, AA2 e AA3.
- ✓ Os trabalhadores de obras civis (adultos) que devem ser identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) dos compartimentos de interesse do meio físico.
- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) que devem ser identificados sobre a ocorrência de contaminação/anomalia (RED/RNE) dos compartimentos de interesse do meio físico ou a uma distância desta contaminação (REI) e caracterizam-se por representarem a população que resida continuamente nas AA1, AA2 e AA3.

9.4.2. FUTUROS POTENCIAIS

- ✓ Os residenciais (crianças e adultos) que devem ser identificados sobre a ocorrência de contaminação/anomalia (RED/RNE) dos compartimentos de interesse do meio físico

ou a uma distância desta contaminação (REI) e caracterizam-se por representarem a população que resida continuamente nas AA1, AA2 e AA3.

- ✓ Os trabalhadores rurais e comerciais (adultos) que devem ser identificados sobre a ocorrência de contaminação/anomalia (RED/RNE) dos compartimentos de interesse do meio físico ou a uma distância desta contaminação (REI) e caracterizam-se por representarem a população que resida continuamente nas AA1, AA2 e AA3.
- ✓ Os trabalhadores de obras civis (adultos) que devem ser identificados sobre a ocorrência de contaminação/anomalia (RED/RNE) dos compartimentos de interesse do meio físico.
- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) que devem ser identificados sobre a ocorrência de contaminação/anomalia (RED/RNE) dos compartimentos de interesse do meio físico ou a uma distância desta contaminação (REI) e caracterizam-se por representarem a população que resida continuamente nas AA1, AA2 e AA3.

9.5. CONSOLIDAÇÃO DOS CENÁRIOS DE EXPOSIÇÃO

A Consolidação dos Cenários de Exposição foi realizada tendo como base a avaliação de todas as possibilidades de exposição decorrentes do contato entre os receptores identificados nas áreas alvo em estudo e uma SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, considerando ainda os diferentes caminhos de exposição validados e pontos de exposição identificados. Sendo assim, todos os elementos descritos nos itens anteriores (fonte secundária de contaminação, substâncias químicas de interesse, caminho de exposição, receptores potenciais, ponto de exposição e via de ingresso) participaram da consolidação dos cenários de exposição. Como critérios para esta consolidação foram utilizados aqueles descritos nos procedimentos técnicos das Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos (MS, 2010). Na ausência destes nas Diretrizes, teve-se como base o descrito no *Public Health Assessment Guidance Manual* (ATSDR, 2005).

Os cenários (ou rotas) de exposição consolidados nos itens seguintes são considerados rotas de exposição completas e futuras rotas de exposição completas. O quadro a seguir apresenta um resumo da consolidação dos cenários.

Quadro 37 - Resumo da Consolidação dos Cenários de Exposição

Rota	Fonte	Meio Ambiente	Elementos da rota de exposição		População Receptora	Tempo
			Ponto de Exposição	Via de Exposição		
Sedimento	Sedimento	Partículas	No rio, nas margens	Ingestão, Contato Dérmico	Residentes (crianças e adultos); Trabalhadores rurais, comerciais e de obras civis; Visitantes, turistas e trabalhadores esporádicos	Atual e Futuro
Solo	Solo, Poeira Domiciliar	Partículas	Locais com Lama Exposta	Ingestão, Contato Dérmico, Inalação	Residentes (crianças e adultos); Trabalhadores rurais, comerciais e de obras civis; Visitantes, turistas e trabalhadores esporádicos	Atual e Futuro
Água Subterrânea	Água Subterrânea	Água Subterrânea Contaminada	Água subterrânea, de nascente ou de captação que utilize uma dessas fontes	Ingestão, Contato Dérmico	Residentes (crianças e adultos); Trabalhadores rurais, comerciais e de obras civis; Visitantes, turistas e trabalhadores esporádicos	Atual e Futuro
Água Superficial	Água Superficial	Água Superficial Contaminada	Água superficial em contato com a lama	Ingestão, Contato Dérmico	Residentes (crianças e adultos); Trabalhadores rurais, comerciais e de obras civis; Visitantes, turistas e trabalhadores esporádicos	Atual e Futuro
Alimentos	Alimentos	Alimentos cultivados em solo ou irrigados por água contaminada	Locais com cultivo em contato com solo e água contaminados, pontos de distribuição do alimento contaminado	Ingestão	Residentes (crianças e adultos); Trabalhadores rurais, comerciais e de obras civis; Visitantes, turistas e trabalhadores esporádicos	Atual e Futuro

9.5.1. COMPARTIMENTO DO MEIO FÍSICO: SEDIMENTO

- ✓ Residentes (crianças e adultos) em Contato Dérmico com sedimento contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED).
- ✓ Residentes (crianças e adultos) em Ingestão Incidental de sedimento contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED).
- ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em Contato Dérmico com sedimento contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED).
- ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em Ingestão Incidental de sedimento contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED).
- ✓ Trabalhadores de obras civis (adultos) em Contato Dérmico com partículas de sedimento contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento

da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).

- ✓ Trabalhadores de obras civis (adultos) em Ingestão Incidental de partículas de sedimento contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em Contato Dérmico com sedimento contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED).
- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em Ingestão Incidental de sedimento contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED).

9.5.2. COMPARTIMENTO DO MEIO FÍSICO: SOLO SUPERFICIAL

- ✓ Residentes (crianças e adultos) em Contato Dérmico com partículas de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Residentes (crianças e adultos) em Ingestão Incidental de partículas de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Residentes (crianças e adultos) em Inalação de partículas de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).

- ✓ Residentes (crianças e adultos) em Inalação de partículas de poeira domiciliar em ambientes fechados, provenientes de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em Contato Dérmico com partículas de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em Ingestão Incidental de partículas de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em Inalação de partículas de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em Inalação de partículas de poeira domiciliar em ambientes fechados, provenientes de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores de obras civis (adultos) em Contato Dérmico com partículas de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores de obras civis (adultos) em Ingestão Incidental de partículas de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento,

identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).

- ✓ Trabalhadores de obras civis (adultos) em Inalação de partículas de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em Contato Dérmico com partículas de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em Ingestão Incidental de partículas de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em Inalação de partículas de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em Inalação de partículas de poeira domiciliar em ambientes fechados, provenientes de solo superficial contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).

9.5.3. COMPARTIMENTO DO MEIO FÍSICO: ÁGUA SUBTERRÂNEA

- ✓ Residentes (crianças e adultos) em Contato Dérmico com água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).

- ✓ Residentes (crianças e adultos) em Ingestão com água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Residentes (crianças e adultos) em Ingestão de água de captação para abastecimento público a partir de água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em Contato Dérmico com água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em Ingestão com água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em Ingestão de água de captação para abastecimento público a partir de água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores de Obras Civas (adultos) em Contato Dérmico com água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores de Obras Civas (adultos) em Ingestão com água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores de Obras Civas (adultos) em Ingestão de água de captação para abastecimento público a partir de água subterrânea contaminada com SQI associada à

lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).

- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em Contato Dérmico com água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em Ingestão com água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em Ingestão de água de captação para abastecimento público a partir de água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).

9.5.4. COMPARTIMENTO DO MEIO FÍSICO: ÁGUA SUPERFICIAL

- ✓ Residentes (crianças e adultos) em Contato Dérmico durante recreação ou trabalho com água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Residentes (crianças e adultos) em Ingestão Incidental durante recreação ou trabalho de água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Residentes (crianças e adultos) em Ingestão de água de captação para abastecimento público a partir de água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo

- evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em Ingestão de água de captação para abastecimento público ou água retirada diretamente do rio impactado durante atividade de pesca a partir de água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
 - ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em Ingestão Incidental durante trabalho a partir de água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
 - ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em Contato Dérmico durante trabalho com água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
 - ✓ Trabalhadores de Obras Civas (adultos) em Ingestão de água de captação para abastecimento público a partir de água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
 - ✓ Trabalhadores de Obras Civas (adultos) em Ingestão Incidental durante trabalho a partir de água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
 - ✓ Trabalhadores de Obras Civas (adultos) em Contato Dérmico durante trabalho com água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento,

identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).

- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em Contato Dérmico durante recreação ou trabalho com água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em Ingestão Incidental durante recreação ou trabalho de água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em Ingestão de água de captação para abastecimento público a partir de água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).

9.5.5. COMPARTIMENTO DO MEIO AMBIENTAL: ALIMENTOS

- ✓ Residentes (crianças e adultos) em consumo de frutas, hortaliças e tuberosas cultivadas em solo contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Residentes (crianças e adultos) em consumo de frutas, hortaliças e tuberosas irrigadas com água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Residentes (crianças e adultos) em consumo de frutas, hortaliças e tuberosas irrigadas com água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este

- evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Residentes (crianças e adultos) em consumo de ovos e leite de animais criados em solo contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
 - ✓ Residentes (crianças e adultos) em consumo de ovos e leite de animais criados com ingestão de água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
 - ✓ Residentes (crianças e adultos) em consumo de ovos e leite de animais criados com ingestão de água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
 - ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em consumo de frutas, hortaliças e tuberosas cultivadas em solo contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
 - ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em consumo de frutas, hortaliças e tuberosas irrigadas com água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
 - ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em consumo de frutas, hortaliças e tuberosas irrigadas com água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
 - ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em consumo de ovos e leite de animais criados em solo contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de

rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).

- ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em consumo de ovos e leite de animais criados com ingestão de água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores Rurais e Comerciais (adultos) em consumo de ovos e leite de animais criados com ingestão de água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores de obras civis (adultos) em consumo de frutas, hortaliças e tuberosas cultivadas em solo contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores de obras civis (adultos) em consumo de frutas, hortaliças e tuberosas irrigadas com água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores de obras civis (adultos) em consumo de frutas, hortaliças e tuberosas irrigadas com água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores de obras civis (adultos) em consumo de ovos e leite de animais criados em solo contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).

- ✓ Trabalhadores de obras civis (adultos) em consumo de ovos e leite de animais criados com ingestão de água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Trabalhadores de obras civis (adultos) em consumo de ovos e leite de animais criados com ingestão de água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em consumo de frutas, hortaliças e tuberosas cultivadas em solo contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em consumo de frutas, hortaliças e tuberosas irrigadas com água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em consumo de frutas, hortaliças e tuberosas irrigadas com água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em consumo de ovos e leite de animais criados em solo contaminado com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).
- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em consumo de ovos e leite de animais criados com ingestão de água subterrânea contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento

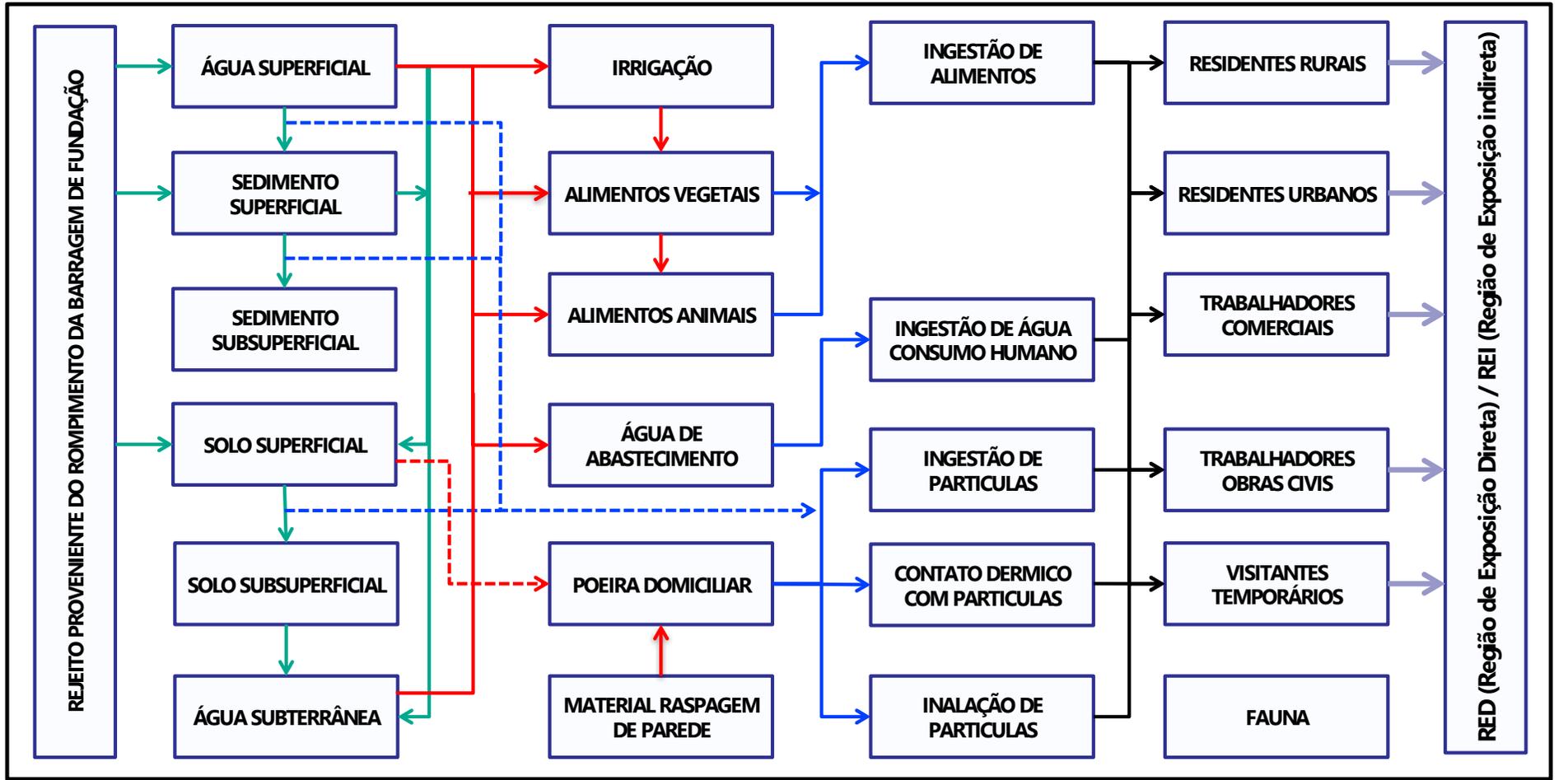
da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).

- ✓ Visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), trabalhadores esporádicos (adultos) em consumo de ovos e leite de animais criados com ingestão de água superficial contaminada com SQI associada à lama gerada pelo evento de rompimento da Barragem do Fundão, ou remobilizadas e disponibilizadas por este evento, identificados sobre a ocorrência de contaminação (RED) ou a uma distância desta contaminação (REI).

9.6. MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO

O Modelo conceitual de Exposição tem por objetivo consolidar e sistematizar todos os cenários de exposição válidos atuais e futuros para que seja a base para quantificação da Dose de Exposição. A **Figura 45** apresenta o Modelo Conceitual de Exposição desenvolvido para as áreas alvo AA1, AA2 e AA3.

— Mecanismos de Liberação Associados ao Meio Físico
 - - - Mecanismos de Liberação Associados ao Compartimento Ambiental
 - - - Cenário de Exposição Associado aos Compartimentos
 Receptores Associados ao Cenário
 Região de Exposição



ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE DA TECNOHIDRO E NÃO PODE SER COPIADO, REPRODUZIDO OU TRANSMITIDO POR NENHUM OUTRO MEIO, OU USADO EM DIFERENTE PROPÓSITO QUE AQUELE PARA O QUAL O MESMO FOI FEITO.

			CLIENTE:		Fundação Renova		FIGURA Nº: 45	
			PROJETO:		Avaliação de Risco a Saúde Humana (Fase III) -- Metodologia USEPA (Rags, 1989) -- Áreas-alvo 1, 2 e 3.		CÓD. PROJETO: MG.ARSH.1902/306-02	
GEÓLOGOS:	Nome e Assinatura: Igor Hirayama e Tiago Manzolli	03 / 2019	RESPONSÁVEL:	Alexandre Maximiano	ASSINATURA:	Modelo Conceitual de Exposição para as AA1, AA2 e AA3		
DESENHISTA:	Nome e Assinatura: Emerson Rocha	03 / 2019	LOGRADOURO	R. João Adolfo, 118 - Sala 103 - Anhangabaú, São Paulo - SP, 01050-020			ÁREA EDIFICADA	ÁREA TOTAL
VERIF./APROV.:	Nome e Assinatura: Alexandre Maximiano	03 / 2019	FORMATO:	A4	ESCALA:	Gráfica	REVISÃO:	1
							-	-

Com base no MCE apresentado, foram estabelecidas as seguintes premissas que servirão de base para a quantificação das Doses de Exposição:

- ✓ Serão utilizados os cenários mais restritivos para quantificação das Dose de Ingresso de cenários residenciais. Sendo assim, os resultados obtidos para receptores residentes (crianças e adultos) serão considerados também para visitantes (crianças e adultos), turistas (crianças e adultos), haja vista, que os valores dos parâmetros exposicionais utilizados para o primeiro grupo (residentes) são mais restritivos;
- ✓ Serão utilizados os cenários mais restritivos para quantificação das Dose de Ingresso de cenários comerciais. Sendo assim, os resultados obtidos para receptores trabalhadores rurais (adultos) serão considerados também para trabalhadores esporádicos (adultos), haja vista, que os valores dos parâmetros exposicionais utilizados para o primeiro grupo (trabalhadores rurais locais) são mais restritivos.

10. IMPLICAÇÕES PARA A SAÚDE PÚBLICA

Na etapa de Avaliação dos Efeitos à Saúde foi desenvolvida uma análise crítica quanto aos potenciais efeitos às populações expostas em cenários completos atuais e potenciais futuros definidos 6.2 do presente relatório, permitindo a classificação exposição de maneira consistente visando a identificação de quais efeitos adversos a saúde humana podem ocorrer derivados desta exposição. Este processo foi executado por meio da utilização “Valores de Comparação” baseados em estudos de saúde.

Os Valores de Comparação são Doses de Referência (diretrizes de saúde) ou concentrações de substâncias (diretrizes ambientais) bem abaixo dos níveis conhecidos ou previstos que resultam em efeitos adversos à saúde, as quais foram obtidas em bancos de dados providos pela ATSDR e USEPA.

Diretrizes de saúde (Análise de Toxicidade) são derivadas com base em dados extraídos da literatura epidemiológica e toxicológica com muitos fatores de incerteza ou segurança aplicados para garantir que eles sejam amplamente protetores da saúde humana. Os níveis de risco mínimo (MRL), as doses de referência (RfD) e as concentrações de referência (RfC) são as diretrizes de saúde mais usadas no processo de avaliação da saúde pública.

Diretrizes ambientais derivam das diretrizes de saúde e representam concentrações de uma substância (por exemplo, na água, no solo e no ar) às quais os seres humanos podem ser expostos por uma determinada rota de exposição durante um período de tempo especificado sem sofrer efeitos adversos à saúde. As diretrizes ambientais da ATSDR incluem guias de avaliação de meio físico (EMEGs) e guias de avaliação de risco de câncer (CREGs).

10.1. ANÁLISE DE TOXICIDADE

A avaliação de toxicidade caracteriza a relação entre a magnitude da exposição a uma SQI e a natureza e a magnitude de efeitos adversos à saúde que podem resultar de tal exposição. Os critérios de toxicidade para uso em avaliação de risco podem ser baseados em dados epidemiológicos, estudos de exposição humana em curto prazo ou estudos de toxicidade subcrônica ou crônica em animais.

A toxicidade química é dividida em duas categorias, carcinogênica e não carcinogênica, com base no tipo de efeito adverso exercido sobre a saúde. Os riscos à saúde são calculados de modo diferente para esses dois tipos de efeitos, porque seus critérios de toxicidade são baseados em mecanismos de suposições diferentes e expressos em unidades diferentes.

Para análise da toxicidade no presente estudo, as SQIs foram selecionadas de modo a abranger concentrações significativas e correlacionadas ou não ao rejeito da barragem, que possam apresentar riscos à saúde humana. As mesmas estão apresentadas no item 10.1.3 do presente relatório.

10.1.1. INDICADORES DE TOXICIDADE EFEITOS NÃO CARCINOGENICOS

Um efeito não carcinogênico é definido como qualquer resposta adversa a um composto químico que não seja câncer. Qualquer composto químico pode causar efeitos adversos à saúde se administrado numa dose suficientemente alta. Quando a dose é suficientemente baixa nenhum efeito adverso é observado. Assim, para caracterizar os efeitos não carcinogênicos de um composto químico, o parâmetro chave é a dose limite a partir da qual o primeiro efeito adverso torna-se evidente.

A dose limite é tipicamente estimada a partir de dados toxicológicos (derivados de estudos em humanos e/ou animais) pela determinação da dose mais alta que não produz um efeito adverso observável à saúde (o “Nível Sem Efeito Adverso Observado” - “*No-Observed-Adverse-Effect-Level*” [NOAEL]) ou se não houver um NOAEL disponível, a dose mais baixa na qual um efeito adverso é observado (o “Nível Mais Baixo de Efeito Adverso Observado” - “*Lowest-Observed-Adverse-Effect-Level*” [LOAEL]). Visando assegurar proteção a receptores potenciais particularmente sensíveis, avaliações de risco não carcinogênico não são baseadas diretamente no nível limite de exposição, mas num valor mais baixo (mais restritivo) referido como a Dose de Referência (RfD).

A RfD é definida como uma estimativa do nível diário de exposição durante toda a vida (expressa em unidades de mg de composto químico/kg de massa corpórea/dia), incluindo subgrupos sensíveis, que provavelmente seja isenta de risco apreciável de efeitos deletérios (USEPA 1989a). Similarmente, concentrações de referência (RfCs) são concentrações no ar (em unidades de mg/m³) que representam uma exposição que provavelmente seja isenta de risco apreciável de efeitos deletérios. As RfDs e RfCs são usualmente derivadas partir de NOAELs

(ou LOAELs, se NOAELs confiáveis não estão disponíveis) a partir de estudos nas espécies mais sensíveis, linhagens e sexo do animal experimental, com base na suposição de que os humanos não são mais sensíveis do que as mais sensíveis espécies animais testadas. Estes critérios incorporam uma série de fatores de incerteza que representam a variabilidade entre e intra-espécies e a qualidade e a integridade do banco de dados toxicológicos:

- (a) Animais a humanos;
- (b) Altos níveis experimentais até níveis de efeitos nulos em humanos;
- (c) Durações de exposição de curto até longo prazo;
- (d) Diferenças entre indivíduos (subpopulações sensíveis);
- (e) Suficiência do banco de dados;
- (f) Fator modificante (incertezas adicionais).

A cada um desses fatores de incerteza é designado um valor de 1 a 10. Se estudos em humanos estão disponíveis e as observações consideradas confiáveis, o fator de incerteza pode ser tão pequeno quanto 1. Aos fatores de incerteza nunca é alocado um valor menor do que 1, mesmo quando se sabe que os humanos são menos sensíveis do que espécies animais sob teste.

Dividindo-se o NOAEL ou o LOAEL pelo produto de todos os fatores de incerteza, assegura-se que o RfD ou o RfC não é mais alto do que o limite ou o NOAEL na espécie animal mais sensível testada. Desse modo, há uma “margem de segurança” embutida na RfD ou na RfC e, doses iguais ou menores que a RfD ou a RfC são virtualmente certas de não apresentar nenhum efeito adverso em humanos. Enquanto a probabilidade de um efeito adverso aumenta em doses maiores do que a RfD ou a RfC, é importante reconhecer que, diferentemente da avaliação de risco de câncer sem limite, este aumento não representa uma probabilidade estatística de efeito adverso.

Outro indicador de efeitos não carcinogênicos é o Nível de Risco Mínimo (*Minimum Risk Level – MRL*). Conforme apresentado pelas Diretrizes (MS, 2010):

O Nível de Risco Mínimo (Minimal Risk Level - MRL) é definido como uma estimativa de exposição diária humana a uma substância perigosa que provavelmente não trará risco apreciável de efeito adverso diferente de câncer, considerando uma duração específica de exposição (aguda de 1 a 14 dias;

intermediária de 15 a 364 dias; e crônica de 365 dias ou mais) para uma determinada via de exposição. O MRL foi criado para dar idéia do perigo que representa cada substância. Exposições acima do MRL não significam que ocorrerão efeitos adversos. É um indicador de perigo e quer dizer que exposições até esse nível provavelmente não acarretarão efeito adverso inclusive à pessoa mais sensível. O MRL é baseado no NOAEL do estudo que menor dose utilizou para verificar o efeito adverso, associado aos graus de incerteza. Quando se dispõe de informações suficientes de diversos estudos em animais, em diversas espécies, é utilizado o NOAEL. O MRL é produzido dividindo-se o NOAEL pelos fatores de incerteza. Em geral, quando se usa o NOAEL, os fatores de incerteza são dois, agregando um fator 10 pela extrapolação de animais para humanos e outro fator 10 pela variabilidade e susceptibilidades humanas.

10.1.2. INDICADORES DE TOXICIDADE EFEITOS CARCINOGENICOS

Cânceres são geralmente definidos como doenças de mutação, afetando o crescimento e a diferenciação das células. A evidência da carcinogenicidade de um composto químico em humanos é derivada de duas fontes: estudos crônicos em animais de laboratório e estudos de epidemiologia em humanos, nos quais uma incidência aumentada de câncer está associada a uma exposição (usualmente ocupacional) ao produto químico.

A abordagem da USEPA para avaliar riscos humanos associados à exposição a carcinógenos sofreu mudanças significativas desde sua origem nos anos 1980. Notadamente, a orientação anterior para esse processo (USEPA 1986) foi recentemente substituída por uma abordagem significativamente diferente baseada nos extraordinários progressos na compreensão científica da carcinogênese. (USEPA 2005a). Em contraste aos efeitos não carcinogênicos, a suposição da política tradicional da USEPA era a de que não há limite para respostas carcinogênicas, isto é, era considerado que qualquer dose de um carcinógeno introduz algum risco finito de câncer. Além disso, era assumido tipicamente que dados epidemiológicos negativos, quando há dados positivos em animais, não constituem evidência de não carcinogenicidade em humanos. Modelos matemáticos são usados para extrapolar desde as altas doses experimentais até as baixas doses no meio ambiente, pois os riscos a baixos níveis de exposição normalmente encontrados por humanos são difíceis de quantificar diretamente, tanto por estudos em animais ou epidemiológicos. A inclinação da curva extrapolada de dose oral resposta é usada para calcular o fator de inclinação do câncer oral (SF0), que define o risco incremental de câncer durante a vida por unidade de carcinógeno (em unidades de risco por mg/kg-dia). Para exposições de inalação, a inclinação da curva extrapolada de dose-resposta é usada para calcular o fator Unidade de risco (URF), em unidades por µg/m3. O modelo multi-estágio linearizado para extrapolação de baixa-dose mais frequentemente usado pela USEPA

no passado (USEPA 1986) é um dos mais conservadores disponíveis e leva a uma estimativa de risco na faixa alta (o UCL 95% da inclinação da dose-resposta animal modelada). Sob a suposição de linearidade dose-resposta sem limite, a probabilidade de que a potencialidade verdadeira seja maior que a estimada é, assim, de apenas 5%. É provável que a potencialidade efetiva (e o risco resultante) seja menor e poderia, eventualmente, ser zero.

A orientação presente para avaliação de risco carcinogênico possibilita a derivação de relações dose-resposta usando procedimentos de extrapolação de baixa dose resposta biologicamente mais significativos, conforme indicado pela natureza e qualidade do banco de dados (USEPA 2005a). Mais importante ainda, é agora geralmente aceito que (1) alguns tipos compostos químicos podem causar câncer por meio de um modo de ação não linear, tipo limite; (2) alguns tipos de câncer em roedores ocorrem por modos de ação que não funcionam em humanos; e (3) precisam ser levadas em consideração importantes diferenças de espécies em farmacocinética e susceptibilidade. Ademais, na ausência de dados farmacocinéticos, a extrapolação entre espécies é agora baseada em (peso corpóreo), em vez de área superficial, que sozinha resultaria numa redução de duas a quatro vezes nas estimativas de risco.

Apenas poucos compostos químicos, sofreram processo rigoroso de reavaliação, necessário para estimar seu potencial de carcinogenicidade humana, porque a nova orientação foi só recentemente finalizada. Assim, os SFs e URFs existentes para todas as SQIs estimados para a avaliação de risco foram desenvolvidos usando a metodologia superada.

10.1.3. PERFIS TOXICOLÓGICOS

Ainda, é preciso compreender os mecanismos de transportes das substâncias em estudo, e como elas se comportam no meio físico (no ar, água e solo), para correlacioná-las com os caminhos de exposição, seus respectivos receptores identificados e seus potenciais efeitos no organismo. A seguir serão apresentadas as SQI selecionadas, suas características físico químicas, consequências da exposição e comportamento no meio físico a partir dos perfis toxicológicos disponibilizados pela *Agency of Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR). Níveis de Risco Mínimo (MRL) são estimativas da exposição mínima diária à uma substância, a qual não ocorrerão efeitos nocivos ou adversos. Esses níveis são baseados em efeitos não carcinogênicos e não são aplicáveis aos efeitos carcinogênicos. A **Tabela 80** sumariza as características toxicológicas definidas pela ATSDR e EPA, e que serão descritas nos itens a seguir.

Tabela 80 - Parâmetros Toxicológicos das SQI selecionadas

	MRL (oral)			MRL (inalatório)			Doses de Referência			Fatores de Carcinogenicidade			PC	ABSd
	Intermediária	Aguda	Crônica	Intermediária	Aguda	Crônica	RfDo	RfDi	RfDd	Sfo	Sfi	Sfd		
METAIS	mg/kg.dia	mg/kg.dia	mg/kg.dia	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/kg.dia	mg/kg.dia	mg/kg.dia	kg.dia/mg	kg.dia/mg	kg.dia/mg	(cm/hora)	kg.dia/mg
Alumínio	1,00E+00	-	1,00E+00	-	-	-	1,00E+00	1,43E-03	1,00E+00	-	-	-	1,00E-03	-
Antimônio	6,00E-04	1,00E+00	-	1,00E-03	1,00E-03	3,00E-04	4,00E-04	-	6,00E-05	-	-	-	1,00E-03	-
Arsênio	-	5,00E-03	3,00E-04	-	-	-	3,00E-04	4,29E-06	3,00E-04	1,50E+00	1,51E+01	1,50E+00	1,00E-03	3,00E-02
Bário	2,00E-01	-	2,00E-01	-	-	-	2,00E-01	1,43E-04	1,40E-02	-	-	-	1,00E-03	-
Cádmio	5,00E-03	-	1,00E-03	-	3,00E-05	5,00E-04	1,00E-03	5,71E-06	2,50E-05	-	6,30E+00	-	1,00E-03	1,00E-03
Chumbo	-	-	-	-	-	-	3,60E-03	-	3,60E-03	-	-	-	1,00E-04	-
Cobalto	1,00E-02	-	-	-	-	1,00E-04	3,00E-04	1,71E-06	3,00E-04	-	3,15E+01	-	4,00E-04	-
Cobre	1,00E-02	1,00E-02	-	-	-	-	4,00E-02	-	4,00E-02	-	-	-	1,00E-03	-
Ferro	-	-	-	-	-	-	7,00E-01	-	7,00E-01	-	-	-	1,00E-03	-
Manganês	-	-	-	-	-	3,00E-04	2,40E-02	1,43E-05	9,60E-04	-	-	-	1,00E-03	-
Selênio	-	-	5,00E-03	-	-	-	5,00E-03	5,71E-03	5,00E-03	-	-	-	1,00E-03	-
Zinco	3,00E-01	-	3,00E-01	-	-	-	3,00E-01	-	3,00E-01	-	-	-	6,00E-04	-

Valores de referência utilizados nos cálculos de risco

10.1.3.1. ALUMÍNIO

O alumínio é um dos metais mais abundantes na crosta do planeta e é encontrado na natureza em ligações com oxigênio e sílica na forma de minerais que compõem os solos e rochas. É encontrado em minerais silicáticos como o feldspato, um dos mais abundantes na crosta. Seu principal minério é a bauxita, e a partir da extração do alumínio metal e seus compostos, a gama de utilizações é vasta, como recipientes, painéis, folhas, abrasivos, antiácidos e aditivos químicos.

10.1.3.1.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE E COMPORTAMENTO NO MEIO FÍSICO

A liberação do alumínio ao ambiente está associada a dois principais mecanismos, os processos naturais e antrópicos. O seu comportamento varia com as condições físico químicas do meio na qual está inserido. Dentre os parâmetros de controle, o pH é um dos mais importantes, pois está associado à mobilidade do elemento em meio aquoso. Em pH acima de 5,5, o elemento tende a ser encontrado naturalmente sob a forma de hidróxidos de alumínio (gibbsita) ou aluminossilicatos, e conforme o aumento da acidez (diminuição do pH), a solubilidade do elemento tende a aumentar e por consequência, a sua mobilidade (ATSDR, 2008).

A partição entre o meio sólido e aquoso se dá por reações e complexações com moléculas de água e ânions como fluoretos, sulfatos e nitratos.

AR

No ar, a liberação ocorre pelas partículas oriundas do intemperismo de rochas ou solos que são transportadas por correntes de ar. Em eventos episódicos, o elemento pode ser liberado para atmosfera a partir de erupções vulcânicas. No fator antrópico, o meio de liberação está associado às queimas de carvão e produção de alumínio (industrial).

ÁGUA

Na água, o alumínio pode ser lançado no meio a partir de águas utilizadas no tratamento da bauxita, em processos industriais correlacionados ao mineral, ou mesmo pela deposição de partículas da atmosfera diretamente nos corpos aquosos. A liberação do elemento também está associada à lixiviação de rochas aluminosas.

Sua mobilização está intimamente ligada à acidificação, que é a queda do pH do meio, e ocorre geralmente em eventos episódicos (CAMPBELL et al., 1992 *apud* ATSDR, 2008).

SOLO

Apesar de ser um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, o alumínio pode ser lançado nos solos naturalmente pela intemperização de rochas ou solos ou antropogenicamente pelo descarte de resíduos de mineração ou processos industriais.

10.1.3.1.2. BIOACUMULAÇÃO

A bioacumulação de alumínio não tende a se prolongar por muito tempo em um organismo, e em algumas plantas, a concentração pode ser relativamente alta, como nas folhas de chá, que podem chegar até 5000 mg/Kg (DONG et al, 1999 *apud* ATSDR, 2008). Ainda, o alumínio por não ser saudável aos muitos organismos aquáticos, não tende a se bioacumular nos mesmos. Seu fator de bioacumulação (BCF) tende a ser menor em peixes, e mesmo assim, o consumo de organismos aquáticos com alumínio bioacumulado não parece ser uma rota significativa de exposição (ATSDR, 2008).

10.1.3.1.3. PERFIL TOXICOLÓGICO

Sob certas condições atípicas, como por exemplo, insuficiência renal com aumento da carga de alumínio, os níveis de alumínio no corpo podem aumentar o suficiente para causar toxicidade em humanos. Os principais órgãos-alvo nessas condições parecem ser o sistema nervoso central e os ossos (ATSDR, 2008).

A aluminose, também descrita como a pneumoconiose do alumínio metálico, pode ocorrer quando da inalação deste metal na forma de pó. Porém, atualmente, raros são os casos desta doença, em função das melhorias das condições de exposição de trabalhadores expostos ao alumínio. Também pode ocorrer pneumoconiose, conhecida como doença de Shaver, que está associada à inalação de poeiras durante o processo abrasivo de alumina (Al₂O₃). Entretanto, a pneumoconiose pode ainda ser atribuída como causa da concentração de sílica livre presente em tais processos, bem como da exposição a outros materiais particulados, potencialmente fibrogênicos, nos locais de trabalho que utilizam processos abrasivos (MENDES, 2003).

O potencial neurotóxico do alumínio não está claramente estabelecido. Em estudos conduzidos com animais de experimentação, observou-se degeneração neurofibrilar dos neurônios motores do cérebro e da medula espinhal, com alterações nos dendritos e no pericárdio relacionados ao edema axonal. Nos casos de intoxicação severa ao alumínio, pode-se observar o aparecimento de convulsões (MENDES, 2003).

10.1.3.1.3.1. Toxicocinética

O alumínio é pouco absorvido após a exposição oral e exposição inalatória e, essencialmente, não é absorvido por via dérmica. Aproximadamente 0,1 a 0,6% do alumínio ingerido é geralmente absorvido, embora a absorção de formas menos biodisponíveis, como o hidróxido de alumínio, possa ser da ordem de 0,1%. O alumínio não absorvido é excretado nas fezes. A biodisponibilidade do alumínio é fortemente influenciada pelo composto de alumínio e pela presença de constituintes da dieta que podem formar complexos com o alumínio e, assim, aumentar ou inibir a sua absorção. O principal mecanismo de absorção é provavelmente a difusão passiva através de vias paracelulares. O alumínio liga-se a vários ligantes no sangue e se distribui para todos os órgãos, com maiores concentrações encontradas nos tecidos ósseo e pulmonar. O alumínio absorvido é excretado principalmente na urina e, em menor grau, na bile (ATSDR, 2008).

O alumínio pode formar complexos com muitas moléculas no corpo (ácidos orgânicos, aminoácidos, nucleotídeos, fosfatos, carboidratos, macromoléculas). Muitos compostos de alumínio têm produtos de baixa solubilidade, portanto, seus íons de alumínio livres ocorrem em concentrações muito baixas. A toxicocinética do alumínio pode variar, dependendo da natureza desses complexos. Por exemplo, o alumínio ligado a um complexo de baixo peso molecular poderia ser filtrado nos glomérulos renais e excretado, enquanto o alumínio em um complexo de alto peso molecular (transferrina de alumínio) não seria (ATSDR, 2008).

10.1.3.1.3.2. Efeitos adversos à saúde

Carcinogenicidade

Os estudos de carcinogenicidade realizados em animais de experimentação não encontraram aumento biologicamente relevante da formação de tumores malignos (ATSDR, 2008; KREWSKI et al., 2007). Com base em evidências atuais, a Agência Internacional para Pesquisa sobre Câncer (IARC) declarou que “os estudos epidemiológicos disponíveis fornecem

evidência limitada de que determinadas exposições ocupacionais ao alumínio sejam carcinogênicas para o homem, sendo a bexiga e os pulmões, os principais órgãos-alvo” (IARC, 2012).

Toxicidade reprodutiva

Há informações limitadas sobre o potencial de indução de efeitos reprodutivos relacionados ao alumínio. Apesar de diversos estudos não terem reportado alterações nos parâmetros reprodutivos e na prole, nenhum deles avaliou os potenciais efeitos na fertilidade e/ou na morfologia e mobilidade do esperma (ATSDR, 2008).

Toxicidade para órgãos-alvo específicos após exposição única

Estudos com compostos de alumínio conduzidos em animais de experimentação e dados de exposição ocupacional no homem sugerem que o trato respiratório, principalmente os pulmões, e o sistema nervoso são os potenciais alvos de toxicidade do alumínio, após a exposição por inalação a fumos e poeiras deste metal (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2008).

Toxicidade para órgãos-alvo específicos após exposição crônica

Estudos com compostos de alumínio conduzidos em animais de experimentação e dados de exposição ocupacional sugerem que, após a exposição por inalação a grandes quantidades de fumos e poeiras de alumínio, os principais órgãos-alvos são os pulmões e o sistema nervoso. Assim, a inalação de pós/fumos de alumínio pode levar à fibrose pulmonar, pneumoconiose e funções respiratórias alteradas e efeitos no sistema nervoso, cujas alterações podem ser observadas em testes que medem o desempenho de trabalhadores expostos (ATSDR, 2008; HSDB, 2010).

Níveis de alumínio em concentrações próximas dos limites ocupacionais, mas ainda em valores relatados como seguros, foram responsáveis por causar alterações hipotálamo-hipofisárias transitórias em indivíduos expostos ocupacionalmente. Inicialmente, os níveis de TSH (hormônio estimulante da tireoide) reduziram de forma não significativa, retornando ao normal depois de meses, por provável mecanismo de adaptação (MENDES, 2003).

Vários efeitos neurotóxicos do alumínio foram induzidos em animais, variando de alterações neurocomportamentais e de neurodesenvolvimento após repetidas exposições pela via oral em camundongos e ratos até alterações patológicas neurodegenerativas no cérebro causadas por administração parenteral aguda em espécies de não roedores (ATSDR, 2008).

Crianças

Crianças com deficiência renal podem vir a apresentar problemas ósseos ou cerebrais. O alumínio acumulado no estômago causa deficiência na absorção de fosfato, que é fundamental para o crescimento saudável de ossos. Não há estudos concretos sobre efeitos do alumínio durante a gestação e desenvolvimento do ser humano (ATSDR, 2008).

10.1.3.1.3.3. Mecanismos de toxicidade

Ossos

Após exposição ao alumínio, ocorre sua ligação ao fósforo proveniente da dieta e prejudicando sua absorção gastrointestinal. A osteomalácia e o raquitismo estão diretamente relacionados à diminuição da carga corporal de fosfato. Em pacientes de diálise, expostos ao alumínio via fluido de diálise ou medicação para controlar hiperfosfatemia, os níveis de alumínio ósseo estão marcadamente aumentados e o alumínio está presente entre a junção do osso calcificado e não calcificado. A osteomalácia é caracterizada pelo aumento do tempo de latência da mineralização, superfície osteoide e área osteoide, níveis relativamente baixos de hormônio da paratireoide e níveis séricos de cálcio levemente elevados (ATSDR, 2008).

Neurotoxicidade

Apesar de haver poucos dados para elucidação da neurotoxicidade do alumínio, alguns processos gerais podem ser identificados.

As alterações nas proteínas do citoesqueleto, manifestadas como agregados neurofilamentosos hiperfosforilados nos neurônios cerebrais, mostram-se como resposta característica ao alumínio em certos animais, como coelhos, gatos, furões e primatas não humanos e em diferentes modos de exposição, como administrações intracerebral e intracisternal. Alterações patológicas neurofibrilares semelhantes foram associadas a vários distúrbios neurodegenerativos, sugerindo que a causa da função neuronal anormal relacionada

ao alumínio pode envolver mudanças nas funções da proteína do citoesqueleto nas células afetadas. Os agregados neurofilamentosos parecem resultar principalmente de fosforilação alterada, aparentemente por modificações pós-traducionais na síntese de proteínas, mas também podem envolver proteólise, transporte e síntese. As interações entre esses processos provavelmente contribuem para a indução dos neurofilamentos fosforilados. Cada um dos processos pode ser influenciado por quinases, algumas ativadas por sistemas de segundo mensageiro. Por exemplo, o alumínio parece influenciar a homeostase do cálcio e os processos dependentes de cálcio no cérebro por meio do enfraquecimento do sistema de produção de segundo mensageiro de fosfoinosítídeo, o qual modula as concentrações de cálcio intracelular; proteinases ativadas por cálcio podem ser afetadas, o que poderia alterar a distribuição e concentração de proteínas do citoesqueleto. Outro processo que pode contribuir para a neurodegeneração é a apoptose (ATSDR, 2008).

Em espécies de roedores, foram observados efeitos neurocomportamentais induzidos pelo alumínio, como alterações na atividade locomotora, na aprendizagem e memória, mas falharam em desenvolver uma patologia citoesquelética significativa, apenas exibem uma série de alterações neuroquímicas após a exposição *in vivo* ou *in vitro*. Os estudos conduzidos nestes animais indicam que a exposição ao alumínio pode afetar a permeabilidade da barreira hematoencefálica, atividade colinérgica, vias de transdução de sinal, peroxidação lipídica, e prejudicam a via neuronal do glutamato-óxido nítrico-GMP cíclico, bem como interfere no metabolismo de oligoelementos essenciais, como o ferro (ATSDR, 2008).

10.1.3.1.4. LIMITES- ALUMÍNIO

10.1.3.1.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs

Para o alumínio, foram determinados os seguintes valores de MRL:

- MRL (oral de duração intermediária) = 1 mg Al/kg/dia foi derivado para exposição oral de duração intermediária (15-364 dias) ao alumínio (ATSDR, 2008).

- MRL (oral de duração crônica) = 1 mg Al/kg/dia foi derivado para exposição oral de duração crônica (≥ 1 ano) ao alumínio (ATSDR, 2008).

10.1.3.1.4.2. Doses de Referência

Doses de Referência - Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST)

Não há dados adequados para determinação das doses de referência crônica e subcrônica para o alumínio (US EPA, 1999).

Doses de Referência - US EPA's IRIS Program

Fosfato de alumínio

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,0004 mg/kg/dia

Fator de incerteza: 100

Via: Oral

Alvo/ Efeito crítico: Peso corpóreo e parâmetros clínicos / Alterações

Espécie: Ratos

Nível de Efeito: NOAEL

Dose: 0,51 mg/kg/dia (alimento) ou 0,025 mg/kg/dia (fosfina) convertido em fosfato de alumínio 0,043 mg/kg/dia.

Duração do experimento: 2 anos (US EPA, 1987).

Não foram estabelecidas concentrações de referência (via inalatória) para os compostos à base de alumínio.

10.1.3.2. ANTIMÔNIO

O antimônio é um metal branco prateado utilizado principalmente como liga metálica para produção de baterias, soldas ou artefatos metálicos. O trióxido de alumínio é um componente de garrafas PET. O elemento é um componente natural dos solos, mas pode ser encontrado em sulfetos como a estibinita. É um componente pouco relevante na crosta terrestre (cerca de 0,2 a 0,3 ppm).

10.1.3.2.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE E COMPORTAMENTO NO MEIO FÍSICO

O antimônio possui 4 estados de oxidação, porém as mais estáveis estão na forma +3 (Sb III) e +5 (Sb V). Alguns estudos indicam que o antimônio pode ser retido no solo por adsorção sob a superfície de minerais argilosos, óxidos ou hidróxidos, presentes no próprio solo ou nos sedimentos aquáticos (WILSON et al., 2010 *apud* ATSDR, 2017).

AR

O ingresso de antimônio na atmosfera está vinculado aos processos antropogênicos e naturais. Os antropogênicos envolvem usinas de queima de carvão, casas de fundição ou refinarias que empregam o uso de antimônio. Naturalmente, o ingresso é contribuído pela erosão eólica, erupções vulcânicas, incêndios e fontes biogênicas (BELZILE et al., 2011 e NRIAGU, 1989 *apud* ATSDR, 2017).

ÁGUA

O ingresso de antimônio na água ocorre naturalmente por correntes ou fluxos de água em contato com o solo ou rochas que contenham o elemento. Antropogenicamente é liberado por indústrias de mineração, fundição ou indústrias de refinaria.

SOLO

Antimônio é um componente natural do solo, apesar de ocorrer em baixas concentrações e locais específicos. É liberado a partir de processos erosivos e intempéricos ou e pelo despejo ou descarte de resíduos de indústrias de fundição. Em geral, nas indústrias que utilizam ou produzem antimônio ou o trióxido de antimônio (ECKEL e LANGLEY, 1988 *apud* ATSDR, 2017).

10.1.3.2.2. BIOACUMULAÇÃO

Em alguns estudos realizados com diversas espécies de plantas, mostraram que a bioacumulação é proporcional à disponibilidade do antimônio no meio (PAN et al., 2010 *apud* ATSDR, 2017).

O antimônio não tende a se acumular em organismos aquáticos, porém os estudos disponíveis são antigos e necessitam de novos dados para obter uma correlação e novas interpretações (ATSDR, 2017).

10.1.3.2.3. PERFIL TOXICOLÓGICO

A maioria dos dados toxicológicos disponíveis para o antimônio diz respeito ao antimônio trivalente, em particular ao trióxido de antimônio (ATSDR, 2017).

A toxicidade do antimônio é uma função da solubilidade em água e do estado de oxidação das espécies sob consideração. Em geral, antimônio trivalente é mais tóxico do que o pentavalente e os compostos inorgânicos são mais tóxicos do que os orgânicos (WHO, 2003).

Após administração intraperitoneal, intravenosa e/ou intramuscular, principalmente do tartarato de potássio ou de sódio de antimônio (compostos trivalentes), compostos utilizados como medicamentos, foram observados diversos efeitos adversos, tais como vômitos, diarreia, cólicas abdominais, dores musculares e nas articulações e toxicidade cardíaca (ATSDR, 2017). Os sais solúveis de antimônio, após administração oral, exercem um severo efeito irritante na mucosa gastrintestinal e desencadeiam vômitos contínuos. Os sintomas agudos são similares àqueles vistos após intoxicação aguda por arsênico (WHO, 2003).

Os efeitos adversos para o homem e em animais de experimentação foram observados pelas vias oral, dérmica e inalatória, sendo esta última o alvo predominante de toxicidade do antimônio. Os pulmões são os alvos primários de toxicidade pela via inalatória e os efeitos são observados após exposições a curto, médio e longo prazo (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTER, 2017).

A absorção inalatória crônica de pós contendo antimônio levam à irritação do trato respiratório e danos ao miocárdio e fígado (WORLD HEALTH ORGANISATION, 2003).

Após exposição inalatória ao pentacloro e tricloro de antimônio, observou-se rinite e, em exposições severas, edema pulmonar agudo como parte da toxicidade aguda destes compostos. Na exposição crônica, via inalatória, a outros compostos de antimônio, observou-se rinite, faringite, traqueíte e mais a longo prazo, bronquite e eventualmente pneumoconiose com doença obstrutiva dos pulmões e enfisema (LIU *et al.*, 2008).

10.1.3.2.3.1. Toxicocinética

A absorção do antimônio pela via oral é provavelmente afetada por inúmeros fatores, incluindo a forma química, a solubilidade, a idade e a dieta. Embora dados quantitativos da absorção do antimônio não estejam disponíveis para todas as formas, recomenda-se um valor de 10% para o tartarato de antimônio e 1% para as outras formas, como valores de referência para a absorção gastrointestinal em humanos (ATSDR, 2017). Estudos de absorção do antimônio por via oral indicam que a absorção é relativamente baixa. Mesmo em formas solúveis, o antimônio não é prontamente absorvido no trato gastrointestinal, independentemente do estado de valência (WHO, 2003). Além disso, considera-se que a absorção gastrointestinal do antimônio pode ser saturável. A comparação de concentrações sanguíneas, 24hs após administração de 100 e 1000 mg/kg de trióxido de antimônio, encontrou uma diferença de apenas 2 vezes, mesmo havendo uma diferença de 10 vezes entre as doses (ATSDR, 2017). Por causa da baixa absorção via oral, os medicamentos à base de antimônio devem ser administrados via parenteral (IPCS, 1996).

Em relação à exposição inalatória, as partículas de antimônio inaladas e depositadas no trato respiratório são sujeitas a 3 processos de distribuição, dependendo do diâmetro das partículas: 1) transporte mucociliar branqueal e traqueal até o trato gastrointestinal (diâmetro > 5 μ m); 2) transporte para os linfonodos torácicos (ex. pulmão, traqueobranquial e mediastino) (diâmetro \leq 5 μ m) ou 3) absorção sanguínea e pela linfa e transferência para outros tecidos (ex. tecidos linfáticos periféricos, fígado, rim) (diâmetro \leq 5 μ m) (ATSDR, 2017).

O antimônio dissolvido é absorvido e alcançará a circulação sanguínea, sendo que a taxa de absorção dependerá da sua solubilidade. A Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICPR - *International Commission on Radiological Protection*) considera que os óxidos, hidróxidos, hálides, sulfetos, sulfatos e nitratos de antimônio sejam classe W e todos os outros compostos classe D. As classes D e W são aquelas que apresentam taxas de eliminação no trato respiratório de dias e semanas, respectivamente (ATSDR, 2017).

Não foram encontrados estudos referentes à absorção dérmica do antimônio em humanos. Em animais de experimentação, supõe-se que algumas formas de antimônio possam ser absorvidas pela via dérmica (ATSDR, 2017).

Em relação à distribuição, níveis muito baixos de antimônio foram encontrados em homens não expostos, pós-morte. Em animais de experimentação, após exposição inalatória, as maiores concentrações de antimônio foram encontradas nos pulmões, trato gastrintestinal, fígado, rim e esqueleto. Observou-se também que os níveis de antimônio trivalente aumentaram mais rapidamente no fígado do que o pentavalente. Também, após exposição ao antimônio trivalente, os níveis eritrocitários estavam elevados, diferentemente do ocorrido para o pentavalente, onde os níveis plasmáticos estavam elevados, após exposição inalatória, o que demonstra que a partição entre eritrócitos e plasma é uma função da valência (ATSDR, 2017; IPCS, 1996; Liu *et al.*, 2008).

Após exposição oral em animais, os maiores locais de acúmulo, fora do trato gastrintestinal, foram: fígado, rim, ossos, pulmões, baço e tireoide, e até mesmo na pele e no cabelo, em menor extensão (WHO, 2003; ATSDR, 2017; Liu *et al.*, 2008).

Como o antimônio é um metal, não será metabolizado. Pode interagir covalentemente com grupos sulfidrilas e fosfato, assim como ter numerosas ligações reversíveis com ligantes endógenos (ex. proteínas). Não se conhece se estas interações são toxicologicamente significantes. Há dados limitados da ocorrência de conversão *in vivo* da forma pentavalente para trivalente (ATSDR, 2017; WHO, 2003). O antimônio III (na forma de trihidróxido de antimônio) pode passar facilmente pelas membranas celulares devido à falta de carga elétrica. Esta pode ser a razão pela sua maior meia-vida de eliminação (94h) comparada com o antimônio V (24hs) (WHO, 2003).

Quanto à eliminação, níveis urinários elevados de antimônio foram observados em trabalhadores expostos principalmente ao antimônio trióxido. Em animais, o antimônio foi excretado via urinária e fecal. Parte do antimônio excretado via fezes, pode representar a porção não absorvida que chegou ao trato gastrintestinal pela ação mucociliar, após exposição inalatória, por conta do tamanho das partículas. A depuração do tartarato de antimônio trivalente ou pentavalente é bifásica. Um dia pós-exposição, 65 e 60% da carga corporal inicial do antimônio trivalente e pentavalente, respectivamente, foi excretada. A meia-vida da fase lenta foi de aproximadamente 16 dias (ATSDR, 2017).

Pelo fato do antimônio ser parcialmente absorvido por via oral, considera-se que a excreção fecal seja uma importante via de eliminação do antimônio ingerido, em humanos. A porção absorvida pode ser eliminada via urinária ou fecal, de forma variável, dependendo da

forma química ingerida (ATSDR, 2017). A forma pentavalente é predominantemente excretada na urina, enquanto o antimônio trivalente é conjugado com a glutatona e excretada via biliar e, portanto, encontrado principalmente nas fezes (Liu *et al.*, 2008).

10.1.3.2.3.2. Efeitos adversos à saúde

Carcinogenicidade

A maior preocupação relacionada à carcinogenicidade dos compostos de antimônio está relacionada com a via inalatória. O trióxido de antimônio tem demonstrado ser carcinogênico para animais de experimentação, nos estudos inalatórios, e causar danos pulmonares diretos após inalação crônica como uma consequência de uma sobrecarga de partículas insolúveis. Contrariamente, após exposição por via oral, não houve indicação de que o antimônio (trivalente) apresenta-se potencial carcinogênico (ATSDR, 2017). Porém, estes estudos foram considerados inapropriados para avaliar o potencial carcinogênico.

Desta forma, existem evidências inadequadas de carcinogenicidade do trióxido e do trissulfeto de antimônio, mas ambos têm sido associados com o aparecimento de câncer pulmonar em ratos. O trióxido de antimônio é classificado como possível carcinogênico para o homem (grupo 2B) e o trissulfeto de antimônio classificado no grupo 3, não classificado quanto à carcinogenicidade para o homem (IARC, 1989; Sundar, S.C, 2010; ATSDR, 2017).

Toxicidade sistêmica

O trato respiratório é o órgão-alvo mais sensível de toxicidade do antimônio por via inalatória, demonstrado tanto por estudos epidemiológicos quanto pelos estudos em animais de experimentação. Os pulmões parecem ser a porção mais sensível do trato respiratório, sendo que a severidade dos efeitos respiratórios parece ser concentração e duração dependente.

A exposição ao antimônio, na forma de aerossol, resulta em deposição de partículas nos pulmões, que leva a um aumento no número de macrófagos alveolares, inflamação e fibrose. Este aumento alveolar e intra-alveolar de macrófagos é o efeito inicial e mais sensível do antimônio inalado. A proliferação de macrófagos é uma resposta fisiológica normal da deposição de partículas insolúveis nos pulmões e este aumento por si só, na ausência de evidência de danos pulmonares, não é considerado adverso. O aumento na deposição de antimônio nos pulmões também resulta em aumento no tempo de meia-vida de depuração

pulmonar, não somente pela sobrecarga volumétrica, mas por uma toxicidade intrínseca do antimônio (trióxido) (ATSDR, 2017).

Após exposição ao antimônio, observa-se alterações degenerativas no miocárdio e anormalidades do eletrocardiograma (elevação nos segmentos RS-T e achatamento das ondas T) em diversas espécies (ATSDR, 2017).

Uma variedade de sintomas gastrintestinais foi relatada em trabalhadores envolvidos em atividades que incluíam exposição aguda ao tricloreto de antimônio e exposição crônica ao trissulfeto de antimônio ou óxido de antimônio. Estes sintomas incluíam dores abdominais, diarreia, vômitos e úlceras. Porém, uma relação causal não foi estabelecida porque os trabalhadores estavam expostos aos diversos outros agentes químicos, além do antimônio (ATSDR, 2017).

Mutagenicidade

A genotoxicidade do antimônio trivalente e pentavalente tem sido avaliada em diversos estudos *in vitro* e *in vivo* em várias espécies e sistemas teste (ATSDR, 2017).

Os resultados dos estudos de genotoxicidade *in vitro* são controversos e mostram desde resultados negativos até resultados positivos para a quebra de cromossomos em leucócitos humanos. Num estudo para avaliar o risco genotóxico e danos oxidativos em trabalhadores expostos ao trióxido de antimônio, não se observaram diferenças na troca de cromátides irmãs e micronúcleos entre o grupo tratado e o controle, contudo, danos oxidativos foram observados no grupo tratado. Num outro estudo, o antimônio mostrou genotoxicidade tanto em teste de mutação bacteriana como no de aberração cromossômica. Porém, devido à ausência de estudos adequados *in vivo*, a genotoxicidade para o homem não pode ser determinada (Sundar, S.C, 2010; Liu *et al.*, 2008).

Crianças

Não há estudos suficientes para correlacionar a exposição de antimônio aos efeitos na saúde de crianças. Estudos com trabalhadores mais suscetíveis à poeira com antimônio e animais, parecem demonstrar um retardo no crescimento infantil, porém os estudos não são concretos.

Mecanismo de toxicidade

O mecanismo de ação do antimônio não é bem estabelecido, mas parece envolver a disrupção das proteínas tiol, através da ligação com grupos sulfidríla (IPCS, 1996).

Em função da cardiotoxicidade observada para o antimônio, alguns estudos *in vitro* investigaram danos aos miócitos, que resultam em morte celular e alterações, e que podem levar às anormalidades nos eletrocardiogramas e arritmias. As possíveis alterações bioquímicas nos miócitos cardíacos incluem: disrupção da homeostase do tiol celular, particularmente depleção de glutatona, indução de peroxidação lipídica e ligação com tiols vicinais, tal como piruvato desidrogenase. Subsequentemente, a inibição do piruvato desidrogenase leva a um decréscimo nos níveis de ATP celular. Todas estas alterações bioquímicas contribuem para a morte celular. Adicionalmente, o tartarato potássico de antimônio desregula a homeostase de cálcio nos miócitos. Observou-se um influxo reduzido e um efluxo aumentado de cálcio, o que pode ser responsável pela resposta cardíaca diminuída observada nos estudos *in vivo*. Também foi observado que o antimônio trivalente aumenta a corrente de cálcio cardíaco, resultando num prolongado potencial de ação; isso causa um atraso na repolarização cardíaca, que pode explicar o prolongamento no intervalo QT observado no eletrocardiograma e arritmias em humanos, que administraram antimônio no tratamento de leishmaniose (ATSDR, 2017).

10.1.3.2.4. LIMITES - ANTIMÔNIO

10.1.3.2.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs

Estimativas de níveis de exposição que representam risco mínimo para o homem (MRLs) foram feitas para o antimônio (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTER, 2017).

Para o antimônio, foram determinados os seguintes valores de MRL:

- MRL (inalatório agudo - curta duração) = 0,001 mg Sb/m³ foi derivado para exposição inalatória de duração aguda (duração <14 dias) ao antimônio; fator de incerteza: 30; *endpoint*: respiratório (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTER, 2017;2019).

- MRL (inalatório - duração intermediária) = 0,001 mg Sb/m³ foi derivado para exposição inalatória de duração aguda (duração <14 dias) ao antimônio; fator de incerteza: 30; *Endpoint*: respiratório (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTER, 2017;2019).

- MRL (inalatório - duração crônica) = 0,0003 µg Sb/m³ foi derivado para exposição inalatória de duração crônica (≥1 ano) ao antimônio; fator de incerteza: 30; *Endpoint*: respiratório (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTER, 2017; 2019).

- MRL (oral agudo -curta duração) = 1 mg Sb/kg/dia foi derivado para exposição oral de duração aguda (< 14 dias) ao antimônio; fator de incerteza: 100; *Endpoint*: lesões hepáticas (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTER, 2017;2019).

- MRL (oral - duração intermediária) = 0,0006 mg Sb/kg/dia foi derivado para exposição oral de duração intermediária (15 a 365 dias) ao antimônio; fator de incerteza: 100; *Endpoint*: metabolismo (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTER, 2017; 2019).

10.1.3.2.4.2. Doses de Referência

Doses de Referência - Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST)

Antimônio inorgânico

Toxicidade Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,0004 mg/kg/dia

Fator de incerteza: 1000

Via: Oral

Alvo/ Efeito crítico: Aumento da mortalidade e alterações bioquímicas

Espécie: Ratos

Nível de Efeito: LOAEL

Dose: 0,35 mg/kg/dia

Duração do experimento: Crônico.

O valor de referência crônico foi adotado como valor de referência subcrônico (HEAST, 1999).

Antimônio Trióxido

Toxicidade Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,0004 mg/kg/dia

Fator de incerteza: 1000

Via: Oral

Alvo/ Efeito crítico: Aumento da mortalidade e alterações bioquímicas

Espécie: Ratos

Nível de Efeito: LOAEL

Dose: 0,35 mg/kg/dia

Duração do experimento: Crônico.

O valor de referência crônico foi adotado como valor de referência subcrônico (HEAST, 1999).

RfC Sub-crônica: 0,0002 mg/m³

Fator de incerteza: 30

Via: Inalatória

Alvo/ Efeito crítico: Toxicidade pulmonar, inflamação intersticial crônica

Espécie: Ratos

Nível de Efeito: BMC

Dose: 0,87 mg/m³

Duração do experimento: 1 ano.

O valor de referência subcrônico foi adotado como valor de referência crônico (HEAST, 1999).

Doses de Referência - US EPA's IRIS Program

Antimônio

Toxicidade Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,0004 mg/kg p.c./dia

Fator de incerteza: 1000

Via: Oral

Alvo/ Efeito crítico: Longevidade e alterações na glicemia e nos níveis de colesterol

Espécie: Ratos

Nível de Efeito: LOAEL

Dose: 0,4 mg/kg/dia (LOAEL)

Duração do experimento: Crônico.

OBS. Foi atribuído um baixo grau de confiança nesta dose de referência, em função da falta de um estudo adequado para avaliar exposição oral, visto que este estudo foi conduzido com uma única dose, e não foi estabelecido um nível de dose sem aparecimento de efeito adverso (NOAEL).

Uma concentração de referência crônica, via inalatória, não foi estabelecida pela IRIS, nem tampouco realizada a avaliação de carcinogenicidade, relativa ao antimônio (CAS 7440-36-0) (U.S. EPA, 1987)

Antimônio Trióxido

Toxicidade Crônica (não carcinogênico):

RfC Crônica: 0,0002 mg/m³

Fator de incerteza: 300

Via: Inalatória

Alvo/ Efeito crítico: toxicidade pulmonar com inflamação crônica intersticial

Espécie: Ratos

Nível de Efeito: NOAEL

Dose: 0,06 mg/kg/dia (NOAEL)

Duração do experimento: Crônico 1 ano.

OBS. Foi atribuído um grau médio de confiança nesta concentração de referência, em função dos dados utilizados.

Não foi estabelecida uma dose de referência crônica, via oral. (INTEGRATED RISK INFORMATION SYSTEM, 1995)

10.1.3.3. ARSÊNIO

O arsênio é um metaloide (possui propriedades metálicas e não metálicas) prateado presente e distribuído na crosta terrestre numa concentração média de 3 a 4 ppm. Quando ligado aos outros elementos, é denominado arsênio inorgânico e quando ligado ao carbono ou hidrogênio é referido como arsênio orgânico. O tipo inorgânico ocorre naturalmente sob a forma de minerais ou no tratamento de minérios de cobre, chumbo, cobalto e ouro (ATSDR, 2007).

O arsênio é utilizado majoritariamente como conservante de madeiras, num composto com cobre cromado, denominado CCA. Outros usos são associados às ligas não metálicas e derivados para fabricação de diversos produtos como semicondutores e células solares.

10.1.3.3.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE E COMPORTAMENTO NO MEIO FÍSICO

O arsênio ocorre naturalmente no meio físico e é transportado pelos ventos podendo chegar em corpos de água. O elemento pode chegar à superfície ou sedimentos a partir de regiões onde ocorrem mineração e tratamento de metais associados ao arsênio como o cobre e o chumbo, e secundariamente de erupções vulcânicas.

AR

Arsênio pode ser liberado na atmosfera naturalmente, por processos biogênicos, incêndios florestais e vulcões. Antropogenicamente, o elemento pode ser emitido a partir de fundição e refinamento de metais, carvão e uso de agrotóxicos.

ÁGUA

Na água, o arsênio é liberado a partir da alteração química de rochas, minerais e resíduos químicos ou de mineração. O transporte e comportamento depende da sua forma química.

Em ambientes aquáticos oxigenados, o arsênio (V) possui maior estabilidade, ao passo que, quanto mais redutor o ambiente, o arsênio (III) passa a ser mais estável. A solubilidade de arsênio na água tende a aumentar proporcionalmente com o pH.

SOLO

Diversas atividades atuam como fonte de arsênio no solo, sendo as atividades de fundição de metais, resíduos industriais, de usinas elétricas e atividades minerárias as principais.

Quando forma complexos insolúveis, ligados ao ferro, alumínio ou magnésio, o arsênio apresenta baixa mobilidade, tendendo a ficar adsorvidos no solo. Em casos de ambientes redutores, essas partículas tendem a se soltar (ATSDR, 2007).

10.1.3.3.2. BIOACUMULAÇÃO

Estudos indicam que a bioacumulação ocorre nos ambientes aquáticos, a partir da água concentrada com arsênio e de toda a cadeia presente no meio. Porém, a biomagnificação ou magnificação trófica não tende a aumentar de forma significativa no âmbito toxicológico (WILLIANS et al., 2006 *apud* ATSDR, 2007).

10.1.3.3.3. PERFIL TOXICOLÓGICO

O arsênio e seus compostos são onipresentes na natureza e exibem propriedades metálicas e não metálicas. Os estados de oxidação mais comuns são a forma trivalente (+III) e a forma pentavalente (+V). Do ponto de vista biológico e toxicológico, os compostos de arsênio podem ser classificados em três grandes grupos:

- Compostos inorgânicos de arsênio: arsina, arsenito/arsênio trivalente/As (III) e arsenato/arsênio pentavalente/As (V);
- Compostos orgânicos de arsênio: íon dimetilarsínico (DMA); íon monometilarsínico (MMA); arsenobetaína e arsenoaçúcares, entre outros. DMA e MMA podem ser considerados metabólitos do As (III) e do As (V), sendo que estas formas orgânicas podem ser tri ou pentavalentes.

Conforme será mencionado mais adiante, o arsênio inorgânico é reduzido de As (V) para As (III), que é metilado a MMA e, em seguida, a DMA. A metilação é considerada um mecanismo de desintoxicação, mas ainda assim, o MMA e DMA podem ser considerados mutagênicos e carcinogênicos, assim como os arsênios inorgânicos. O metabólito trivalente apresenta citotoxicidade mais forte, assim como genotoxicidade direta e indireta quando comparado com o arsenito, As (III) (BARTEL *et al.*, 2011).

10.1.3.3.3.1. Toxicocinética

As principais vias de absorção do arsênio na população geral são pela ingestão e inalação.

Arsênio orgânico

Não há estudos referentes ao arsênio orgânico em humanos ou animais. Entretanto, em estudo em ratos com instilação de dimetilarsínico (DMA) nos pulmões, a absorção ocorreu muito rapidamente, com meia-vida de 2,2 minutos, e quase totalmente (pelo menos 92%), indicando rápida e extensiva absorção pela via inalatória (ATSDR, 2007). Compostos orgânicos de arsênio em frutos do mar também são facilmente absorvidos (75 a 85%) e eliminados do organismo (WHO/EUROPE, 2000).

Com base em estudos de excreção urinária em voluntários humanos, tanto o íon monometilarsênico (MMA) como o DMA mostraram-se bem absorvidos através do trato gastrointestinal (pelo menos 75-85%). Em animais de experimentação, pelo menos 75% do DMA foi absorvido pelo trato gastrointestinal. Em camundongos, a biodisponibilidade de MMA ocorreu de forma dose-dependente, com 81% absorvido após dose única de 0,4 mg de MMA/kg p.c./dia em comparação com 60% após a administração de 4 mg de MMA/kg p.c./dia (ATSDR, 2007).

Após administração de DMA a ratos pela via intratraqueal, este foi distribuído por todo o corpo, sugerindo que a inalação de arsênios orgânicos também levaria a uma ampla distribuição (ATSDR, 2007). Diversos estudos de toxicidade aguda oral, em animais, encontraram o arsênio orgânico metilado distribuído por todo o corpo. Em camundongos, o MMA teve maiores picos de concentração na bexiga, rins e pulmões, maiores que no sangue, com os maiores níveis ocorrendo na bexiga. Em ratos expostos a DMA na dieta por 72 horas, altos níveis de arsênio foram encontrados no sangue, principalmente nos eritrócitos onde a concentração do metal é 150 vezes maior que no plasma (ATSDR, 2007).

Estudos em humanos indicam que MMA e DMA ingeridos são excretados principalmente pela urina (75 a 85%) dentro de um dia. Em camundongos e hamsters, o DMA e MMA ingeridos foram depurados rapidamente. Em camundongos, 85% do arsênio administrado pela via oral foi eliminado com uma meia-vida de 2,5 horas. Já em ratos, 45% de DMA foi eliminado com meia-vida de 13 horas, e a porção restante foi eliminada com meia-vida de 50 dias (ATSDR, 2007).

A arsenobetaína, um composto organoarsênico presente nos frutos do mar, aparentemente não é metabolizada *in vivo* e é eliminada rapidamente pelos rins (meia-vida de 18 horas) (WHO/EUROPE, 2000).

Arsênio inorgânico

A absorção pelos pulmões depende de fatores como a forma química, o tamanho das partículas e a solubilidade. Partículas com mais de 10 µm de diâmetro aerodinâmico são predominantemente depositadas nas vias aéreas superiores (nasofaringe); partículas entre 5 e 10 µm são depositadas nas vias aéreas devido à depuração mucociliar; e partículas com diâmetros inferiores a 2 µm penetram significativamente nos alvéolos. Tem-se a estimativa de absorção total de cerca de 30 a 35%. Nos trabalhadores expostos a poeiras de trióxido de arsênio nas fundições, a quantidade de arsênio excretada na urina era de cerca de 40 a 60% da dose inalada estimada (WHO/EUROPE, 2000).

Pelo trato gastrointestinal, estudos indicam que mais de 90% da dose ingerida de arsênio trivalente ou pentavalente inorgânico dissolvido é absorvido em humanos e animais. Absorção de formas menos solúveis é muito menor, como o trióxido de arsênio. A biodisponibilidade do arsênio em solo contaminado por atividades de fundição, após administração oral em coelhos, é de cerca de 25% (WHO/EUROPE, 2000).

Com base nos estudos de literatura, a absorção pela via dérmica é baixa (2,8%). Dados sugerem que a exposição dérmica leva, inicialmente, à ligação do arsênio à pele, e que o arsênio ligado pode ser lentamente absorvido pelo sangue, mesmo após o término da exposição (ATSDR, 2007).

Após absorvido, o arsênio é transportado pelo sangue para todo o corpo, com depuração sanguínea relativamente rápida (ATSDR, 2007; WHO/EUROPE, 2000). Em humanos, as maiores quantidades absolutas de arsênio estão nos músculos, ossos, rins e pulmões. Entretanto, a pele e os órgãos de excreção e armazenamento, como unhas e cabelos, têm as maiores concentrações deste metal. Pode ocorrer transferência transplacentária de arsênio em humanos, sendo que os níveis sanguíneos de arsênio nos cordões de neonatos se aproximam dos níveis de suas mães (WHO/EUROPE, 2000). Em estudo conduzido em animais de experimentação, o arsênio inorgânico atravessou a barreira placentária e se acumulou seletivamente no neuroepitélio do embrião em desenvolvimento. Após a exposição materna ao arsenito ou arseniato durante toda a gestação e lactação, arsênio inorgânico e DMA foram detectados nos cérebros dos camundongos recém-nascidos. Os níveis de arsênio inorgânico no cérebro eram semelhantes aos níveis encontrados no fígado dos recém-nascidos; no entanto, os níveis de DMA no cérebro foram cerca de duas vezes maiores que no fígado (ATSDR, 2007).

Dados sobre os efeitos da valência e do nível de exposição na distribuição tecidual de arsênio indicam que os níveis nos rins, fígado, bile, cérebro, esqueleto, pele e sangue são de 2 a 25 vezes maiores para a forma trivalente do que para a pentavalente e são grandemente aumentados em doses altas. Dados de autópsia de trabalhadores aposentados de fundição de metal, obtidos vários anos após a cessação da exposição ocupacional, mostraram que os níveis de arsênio no pulmão eram oito vezes maiores do que em um grupo controle (WHO/EUROPE, 2000).

O metabolismo do arsênio passa por duas etapas: reações de oxidações/reduções e reações de metilação, que converte o arsenito em DMA e MMA (ATSDR, 2007).

O arsênio inorgânico trivalente é oxidado *in vivo* em animais e humanos expostos a arsenito. A reação oposta, a redução do arseniato ao arsenito, também foi demonstrada em ratos e coelhos. Tanto o arsenito como o arseniato, após a redução ao arsenito, são metilados no fígado. Ambas as espécies metiladas, íon monometilarsênico (MMA) e íon dimetilarsênico (DMA), são consideradas menos tóxicas e se ligam menos aos tecidos, sendo eliminadas mais rapidamente que a forma não metilada. A excreção urinária dos diferentes metabólitos de arsênio varia grandemente. A baixa excreção urinária de metabólitos de arsênio metilado no rato não é uma indicação de baixa capacidade de metilação, mas é devido à retenção específica de DMA nos eritrócitos. Humanos excretam quantidades significativas de MMA após a exposição ao arsênio inorgânico. O coelho parece ser a espécie mais semelhante aos seres humanos em relação à metilação do arsênio. Em voluntários humanos que ingeriram dose oral única de 500 µg arsênio como arsenito de sódio, MMA ou DMA, a taxa de excreção aumentou na ordem: arsênio inorgânico <MMA <DMA. Considerando que a metilação seja o mecanismo de desintoxicação do arsênio inorgânico, foi sugerido que, quando a absorção excede um certo valor, o mecanismo de metilação fica saturado e sua eficiência diminui à medida que a exposição aumenta. Contudo, a análise da excreção de arsênio inorgânico, MMA e a presença de DMA na urina de diferentes grupos de pessoas (não expostas, ocupacionalmente expostas e voluntários), não sustentou essa hipótese do limiar de metilação. Em média, 20-25% do arsênio inorgânico permanece não-metilado, independentemente do nível de exposição. A exposição ocupacional a concentrações de até 300 µg/m³ não inibe a metilação do arsênio (WHO/EUROPE, 2000).

A eliminação de arsênio absorvido por inalação ocorre através da urina. Sugere-se que todo o arsênio depositado nos pulmões (30 a 60%) seja absorvido e eliminado. Após ingestão, 45 a 85% do arsênio é excretado pela urina dentro de 1 a 3 dias em humanos. Durante a lactação, uma fração muito pequena de arsênio é excretada no leite materno.

Em humanos, após ingestão, 66% do arsênio pentavalente radiomarcado foi excretado com intervalo de 2,1 dias, 30% com intervalo de 9,5 dias e 3,7% com intervalo de 38 dias. Em outro experimento em seres humanos, após uma dose de arsênio de 3 mg na forma de arsenito de sódio, 48% da dose foi excretada no prazo de cinco dias, com uma meia-vida de 30 horas (WHO/EUROPE, 2000).

As proporções de arsênio trivalente, arsênio pentavalente, DMA e MMA na urina variam dependendo da fonte de exposição, tempo de exposição, dose e da espécie analisada. Em geral, o DMA é o principal metabólito após exposição de longo prazo, com baixos níveis de arsênio inorgânico e MMA. Em humanos, as proporções são aproximadamente 40 a 75% de DMA, 20 a 25% de arsênio inorgânico e 15 a 25% de MMA (ATSDR, 2007).

10.1.3.3.3.2. Efeitos adversos à saúde

Toxicidade aguda oral

A ingestão de altas doses de arsênio inorgânico pode ser fatal (70-180 mg). Os sintomas de intoxicação aguda incluem febre, anorexia, hepatomegalia, melnose, arritmia cardíaca e, em casos fatais, insuficiência cardíaca. A ingestão aguda de arsênio pode danificar as membranas mucosas do trato gastrointestinal, causando irritação, formação de vesículas e até descamação (Liu *et al.*, 2008).

Em alguns casos, o óbito pode ser tardio, como resultado do dano causado a diversos tecidos pelo arsênio (ATSDR, 2007).

Em animais de experimentação, tem-se os seguintes valores:

DL50 (ratos): 763 mg/kg p.c. (HSDB, 2005).

DL50 (camundongos): 145 mg/kg p.c. (HSDB, 2005).

Genotoxicidade

Há um grande número de estudos *in vitro* e *in vivo* sobre os efeitos genotóxicos de arsênio inorgânico. Em geral, estudos *in vitro* em organismos procarióticos têm sido negativos para mutações genéticas. Estudos em fibroblastos humanos, linfócitos e leucócitos, células de linfoma de camundongo, células de ovário de hamster chinês e células embrionárias de hamster sírio demonstram que a exposição *in vitro* de arsênio pode induzir aberrações cromossômicas e troca de cromátides irmãs. Os estudos *in vitro* em células humanas, de camundongos e de hamster também foram positivos para danos no DNA e reparação e melhoramento ou inibição da síntese de DNA (ATSDR, 2007).

Estudos em humanos detectaram uma incidência maior que a média de aberrações cromossômicas em linfócitos periféricos, tanto após a exposição por inalação quanto por exposição oral. Esses estudos devem ser interpretados com cautela, uma vez que, na maioria dos casos, havia apenas um pequeno número de sujeitos e várias outras exposições químicas eram possíveis. Dados em humanos e animais estão disponíveis indicando que o arsênio inorgânico inalado é clastogênico. Os trabalhadores expostos a concentrações não especificadas de trióxido de arsênio na fundição de cobre (Suécia), mostraram ter um aumento significativo na frequência de aberrações cromossômicas em linfócitos periféricos. Este resultado é apoiado por um estudo em animais que encontrou aumento das aberrações cromossômicas no fígado de camundongos prenhes expostos a 22 mg As/m³, mas não 2,2 ou 0,20 mg As/m³ como trióxido de arsênio nos dias 9-12 da gestação. Trabalhadores na indústria de fabricação de vidro à base de arsênio no sul da Índia tiveram uma frequência significativamente aumentada de micronúcleos nas células bucais e aumentaram o dano ao DNA nos leucócitos em comparação com um grupo controle. Os níveis de exposição não estavam disponíveis, mas a concentração de arsênio no sangue dos trabalhadores foi aproximadamente 5 vezes maior do que no grupo de referência (ATSDR, 2007).

Investigações de efeitos genotóxicos do arsênio ingerido produziram resultados contraditórios possivelmente devido aos diferentes tipos de células examinadas e aos diferentes níveis de exposição experimentados pelas populações estudadas. Um estudo de mutações do gene p53 em câncer da pele relacionados com arsênio de pacientes em Taiwan expostos a arsênio da água potável encontrou uma elevada taxa de mutações no gene p53 e diferentes tipos de mutações do p53 em comparação com os observados em câncer da pele induzidos por UV. Resultados semelhantes foram encontrados em camundongos. Em um estudo com humanos expostos à solução de Fowler (geralmente na dose de 0,3 mg As/kg/dia como arsenito de

potássio), foi reportado aumento de trocas de cromátides-irmãs, mas sem aumento de aberrações cromossômicas, enquanto o inverso foi relatado em outro estudo (aumento de aberrações, mas nenhum aumento na troca de cromátides irmãs) (ATSDR, 2007).

Em uma população masculina no norte do Chile cronicamente exposta a altos e baixos níveis de arsênio na água potável (concentrações médias, 600 e 15 µg As/L, respectivamente), foi observado um aumento dependente da exposição na ocorrência de células micronucleadas em células epiteliais da bexiga. Também foi observado que quebra do cromossomo foi a principal causa da formação do micronúcleo. Pessoas no norte do Chile expostas a até 0,75 mg de As/L na água potável mostraram resultados semelhantes, ou seja, formação de micronúcleos em linfócitos periféricos. Em contraste, não foi encontrado aumento significativo de micronúcleos em células bucais de indivíduos da mesma área em relação a um grupo de baixa exposição. Também não foram encontradas diferenças significativas na frequência de aberrações cromossômicas ou troca de cromátides irmãs entre duas populações em Nevada com diferentes níveis de arsênio na água potável (concentrações médias de 5 e 109 µg/L) (ATSDR, 2007).

Em estudos em animais de experimentação, foi detectada uma incidência aumentada de anomalias cromossômicas em ratos que receberam doses orais de arseniato de sódio (4 mg As/kg/dia) durante 2-3 semanas, mas nenhum aumento consistente nas aberrações cromossômicas foi detectado em células da medula óssea ou espermatogônia de camundongos que receberam arsenito de sódio (cerca de 50 mg As/kg/dia) por até 8 semanas. Esses estudos sugerem que o arsênio ingerido pode causar efeitos cromossômicos, mas esses dados são muito limitados para chegar a uma conclusão (ATSDR, 2007).

Em relação aos compostos orgânicos de arsênios, a genotoxicidade foi investigada em diversos estudos. Vários testes indicam que DMA e roxarsona podem ser capazes de causar aberrações cromossômicas, mutações e rupturas na fita do ácido desoxirribonucleico (DNA); estudos *in vitro* com MMA não encontraram aumentos significativos na ocorrência de aberrações cromossômicas, mutações diretas ou reversas, síntese de DNA não programada. Foi detectado um aumento no número de quebras de cadeias de DNA nos pulmões e em outros tecidos de camundongos e ratos que receberam doses orais de ~ 1500 mg/kg de DMA. Esse efeito pareceu estar relacionado à formação de algumas espécies ativas de oxigênio. Essas

quebras foram reparadas em grande parte dentro de 24 horas, por isso, a relevância em relação ao risco para a saúde é incerta (ATSDR, 2007).

Desenvolvimento

Estudos em animais, no entanto, sugerem que o arsênico inorgânico ingerido pode produzir efeitos para o desenvolvimento em altas doses que também produzem toxicidade materna. Ratos tratados com uma dose única de 23 mg As/kg como trióxido de arsênio, no dia 9 de gestação, tiveram um aumento significativo na perda pós-implantação e uma diminuição nos fetos viáveis por ninhada, enquanto aqueles tratados com 15 mg As/kg não apresentaram efeitos. Ratos tratados por gavagem diariamente com 8 mg As/kg p.c./dia, começando 14 dias antes do acasalamento e continuando através da gestação reduziram significativamente os pesos corporais fetais e aumentaram significativamente a incidência de diversas variações esqueléticas que os pesquisadores consideraram serem em decorrência de um atraso de crescimento no desenvolvimento. Nenhum efeito para o desenvolvimento foi encontrado em 4 mg/kg p.c./dia neste estudo (ATSDR, 2007).

A exposição de ratos a 2,93-4,20 mg de As/kg/dia durante toda a gestação e por 4 meses pós-natal resultou em alterações nos parâmetros neurocomportamentais da prole, incluindo aumento da atividade locomotora espontânea e número de erros em uma tarefa de alternância tardia; o comportamento materno não foi afetado. Estudos em camundongos encontraram aumento da mortalidade fetal, diminuição do peso corporal fetal, baixa incidência de malformações (principalmente exencefalia) e aumento de malformações esqueléticas em camundongos que receberam doses únicas por gavagem de 23-48 mg As/kg durante a gestação, sem efeitos a 11 mg As/kg (ATSDR, 2007).

Similarmente, em camundongos tratados com 24 mg de As/kg p.c./dia como ácido arsênico nos dias 6 a 15 de gestação, houve um aumento significativo no número de reabsorções por ninhada (42% vs 4% nos controles) e reduções significativas o número de filhotes vivos por ninhada (6,6 vs. 12,3 nos controles) e do peso fetal médio (1,0 g vs 1,3 g nos controles), enquanto nenhum efeito para o desenvolvimento foi encontrado em 12 mg/kg/dia (ATSDR, 2007).

Hamsters tratados com uma dose única de 14 mg As/kg durante a gestação também aumentaram a mortalidade fetal e diminuíram o peso do corpo fetal, sem efeito em 11 mg As/kg.

No entanto, a espécie mais sensível foi o coelho, que aumentou as reabsorções e diminuiu fetos viáveis por ninhada em 1,5 mg As/kg/dia e NOAEL para o desenvolvimento de 0,4 mg As/kg/dia, após administração repetida por gavagem com ácido arsênico durante a gestação. Exceto pelo estudo em camundongos, a toxicidade materna, incluindo a morte em alguns casos, foi encontrada nas mesmas doses ou em doses menores que os efeitos para o desenvolvimento (ATSDR, 2007).

O efeito no estudo de reprodução de 3 gerações em camundongos (dose 1 mg As/kg/dia), que foi a diminuição de filhotes por ninhada (todas as gerações), é consistente com os achados de muitos desses estudos de curto prazo. Em um estudo de dois anos, essa dose de 1 mg As/kg/dia produziu efeitos como diminuição do ganho de peso corporal e aumento da mortalidade (ATSDR, 2007).

Uma série de estudos apresentou evidências de que o arsênio inorgânico pode ser um carcinógeno transplacentário em animais. Ratos expostos a arsenito de sódio na água de beber desde o dia de gestação 8 até 18 tiveram sua prole observada durante 90 semanas após o nascimento. As estimativas de doses diárias foram de 9,55 e 19,3 mg As/kg/dia. Foi notificado um aumento relacionado com a dose na incidência de carcinomas hepatocelulares e tumores suprarrenais nos descendentes masculinos de ambos os níveis de tratamento, enquanto os descendentes masculinos de animais com altas doses mostraram um aumento no número total de tumores. Na prole feminina, um aumento na hiperplasia uterina foi observado na prole de ambos os grupos tratados, enquanto a prole de animais de alta dose apresentou maior incidência de carcinomas pulmonares. Para ambos os grupos expostos, independentemente do sexo, os descendentes apresentaram um aumento significativo no número de tumores malignos. Estudos mais recentes sugeriram que a sinalização estrogênica aberrante, potencialmente através do receptor inadequado de estrogênio α (ER- α), pode desempenhar um papel em tumores de fígado induzidos por arsênio em descendentes do sexo masculino e no carcinoma uterino e da bexiga induzido por arsênio na prole feminina. Este último foi baseado na observação da sobre-expressão de ER- α e pS2, um gene regulado por estrogênio, nos respectivos tecidos (ATSDR, 2007).

Esses estudos indicam que o feto pode ser afetado pelo arsênio ingerido (ATSDR, 2007).

Efeitos respiratórios

Com base em informações ocupacionais, a exposição ao arsênio na forma de pós pode causar irritação das membranas mucosas, podendo resultar em laringite, bronquite ou rinite e, em concentrações muito altas, pode levar à perfuração do septo nasal (ATSDR, 2007).

Após inalação, ratos e camundongos expostos a arsênio na forma orgânica apresentaram dificuldade respiratória (ATSDR, 2007).

Irritação ocular

Em trabalhadores expostos ao pó de arsênio no ar, foi relatado conjuntivite química, caracterizada por vermelhidão, inchaço e dor. Isto provavelmente foi causado por irritação direta do contato ocular com a poeira (ATSDR, 2007).

Efeitos neurológicos

A exposição aguda a uma dose única e alta pode produzir encefalopatia, com sinais e sintomas de dor de cabeça, letargia, confusão mental, alucinações, convulsões e até coma (Liu *et al.*, 2008).

Após ingestão de arsênio, a perda sensorial no sistema nervoso periférico é o efeito neurológico mais comum, aparecendo em 1 a 2 semanas após altas doses. Isto ocorre devido à degeneração walleriana de axônios, uma condição que é reversível se a exposição for interrompida (Liu *et al.*, 2008).

A exposição repetida a baixos níveis de arsênio inorgânico pode produzir neuropatia periférica que, geralmente, começa com alterações sensoriais, como dormência nas mãos e nos pés, mas depois pode evoluir para uma sensação dolorosa de “alfinetes e agulhas”. Tanto os nervos sensoriais como os nervos motores podem ser afetados e, frequentemente, desenvolve-se a sensibilidade muscular, seguida de fraqueza, progredindo de grupos musculares proximais para grupos distais. Um exame histológico revelou uma axonopatia tardia com desmielinização, com os efeitos relacionados à dose (ATSDR, 2007; Liu *et al.*, 2008).

Um grande número de estudos epidemiológicos e relatos de casos indicam que a ingestão de arsênio inorgânico pode causar danos ao sistema nervoso. Exposições agudas a altas doses (2 mg de As/kg/dia ou mais) geralmente levam à encefalopatia, com sinais e sintomas como dor de cabeça, letargia, confusão mental, alucinações, convulsões e coma. Exposições

repetidas a níveis mais baixos de arsênio (0,03-0,1 mg As/kg/dia) são tipicamente caracterizadas por uma neuropatia periférica simétrica. Geralmente, esta neuropatia começa como dormência nas mãos e nos pés, mas depois pode evoluir para uma sensação dolorosa de "alfinetes e agulhas". Os nervos sensoriais e motores são afetados, e a fraqueza muscular geralmente se desenvolve, podendo levar à paralisia do nervo radial (punho caído) ou fraqueza na dorsiflexão e eversão do pé (pé caído). Diminuição da sensibilidade a estímulo e reflexos patelares anormais também foram relatados. O exame histológico de nervos de indivíduos afetados revelou uma axonopatia distal (*dying-back*). Pode haver alguma recuperação após a cessação da exposição, mas este é um processo lento e a recuperação é geralmente incompleta. Algumas vezes, a neuropatia periférica também é vista após exposições agudas altas, com ou sem a encefalopatia descrita anteriormente (ATSDR, 2007).

Com base em estudos epidemiológicos, sugere-se que a ingestão de arsênio através da água potável pode estar associada a déficits intelectuais em crianças. Também, em estudo com adolescentes expostos a níveis de arsênio inorgânico na água de beber apresentaram desempenho reduzido em parâmetros de testes cognitivos em relação aos controles não expostos (ATSDR, 2007).

Efeitos neurológicos também foram observados em estudos em animais de experimentação. Um estudo avaliou alterações neurocomportamentais em ratos machos expostos a arsenito de sódio, por gavagem, durante 2 ou 4 semanas. Neste estudo, nos animais expostos às doses mais altas foram observados efeitos significativos na atividade locomotora espontânea e no teste de manipulação de "pellets" de alimento, enquanto nenhum efeito foi observado em ratos expostos a baixa e média concentrações (ATSDR, 2007).

Pela via inalatória, há evidências, a partir de estudos epidemiológicos, de que o arsênio inorgânico pode produzir efeitos neurológicos. A literatura também contém vários estudos de caso de trabalhadores com intoxicação por arsênio inorgânico por inalação que desenvolveram sintomas neurológicos. Embora esses estudos não forneçam informações confiáveis sobre os níveis de exposição ou evidências conclusivas de que os efeitos observados estejam relacionados ao arsênio, tais achados são sugestivos. Nesses casos, os sintomas incluíam não apenas indicadores de neuropatia periférica (dormência, perda de reflexos, fraqueza muscular e tremores), mas também encefalopatia (alucinações, agitação, labilidade emocional, perda de

memória). Tanto a neuropatia periférica quanto a encefalopatia estão associadas à exposição oral ao arsênio inorgânico (ATSDR, 2007).

Um estudo relatou que crianças de aproximadamente 10 anos de idade (n = 56) que viviam perto de uma usina de carvão com alto teor de arsênio inorgânico apresentaram perdas auditivas significativas em comparação a um grupo controle de crianças (n = 51) vivendo fora a área poluída. O local preciso afetado dentro da via auditiva não foi determinado e poderia ter sido na periferia, localizado centralmente ou em ambos. Um outro estudo em crianças relatou uma correlação negativa significativa entre testes de QI verbal e arsênio urinário em crianças (n = 41) vivendo em uma área urbana próxima a um complexo de fundição. As concentrações de arsênio ao qual houve exposição não estavam disponíveis em nenhum dos estudos (ATSDR, 2007).

Sistema cardiovascular

Vários estudos em humanos indicaram que a ingestão de arsênio pode levar a sérios efeitos no sistema cardiovascular. Tanto por exposição aguda quanto por exposição a longo prazo, os efeitos característicos no coração incluíram despolarização miocárdica alterada e arritmias cardíacas. Exposições a baixos níveis de arsênio em longo prazo também podem levar a danos ao sistema vascular (ATSDR, 2007).

Uma associação foi demonstrada entre a ingestão de arsênio inorgânico na água potável e doença cardiovascular. A doença vascular periférica foi observada em pessoas com exposição crônica ao arsênio inorgânico na água potável em Taiwan. Ela se manifesta por acrocianose, e fenômeno de Raynaud, podendo progredir para endarterite e gangrena das extremidades inferiores (Liu *et al.*, 2008).

Pele

A pele é um órgão-alvo importante na exposição crônica ao arsênio inorgânico. Em humanos, a exposição crônica ao arsênio induz uma série de mudanças características no epitélio da pele. A hiperpigmentação difusa ou manchada e, alternativamente, a hipopigmentação, pode aparecer pela primeira vez entre 6 meses a 3 anos de exposição crônica ao arsênio inorgânico. A hiperqueratose palmo-plantar geralmente segue a aparência inicial das mudanças de pigmentação induzidas por arsênio em um período de anos. O câncer de pele é comum com prolongada exposição a altos níveis de arsênio (Liu *et al.*, 2008).

Não há estudos em humanos relacionados aos efeitos cutâneos após ingestão de arsênio. Em animais de experimentação, nenhuma alteração macroscópica ou histológica da pele foi observada em ratos ou camundongos após exposição de duração intermediária ou crônica ao MMA, DMA e roxarsone (ATSDR, 2007).

Olhos

Em pessoas que beberam água contaminada em uma dose aproximada de 0,2 mg/kg por 1 semana, foi relatado inchaço periorbital (ATSDR, 2007).

Em um episódio de contaminação por arsênio em milho de soja no Japão, em dose estimada de 0,05 mg/kg/dia que durou de 2 a 3 semanas, a característica proeminente de envenenamento por arsênio, em 220 casos associados, foi edema facial, geralmente envolvendo as pálpebras (ATSDR, 2007).

Fígado

A lesão hepática, característica da exposição a longo prazo, ou crônica, ao arsênio, manifesta-se, inicialmente, como icterícia, dor abdominal e hepatomegalia. A lesão hepática pode evoluir para cirrose e ascite, até mesmo para carcinoma hepatocelular (Liu *et al.*, 2008).

Outros efeitos adversos

Alguns efeitos imunotóxicos foram sugeridos após exposição ao arsênio. As consequências hematológicas da exposição crônica ao arsênio podem incluir interferência com a síntese da heme, com um aumento na excreção urinária de porfirina, o qual tem sido proposto como um biomarcador para a exposição ao arsênio. A anemia e a leucopenia, particularmente a granulocitopenia, ocorrem alguns dias após a exposição a altas doses de arsênio e são reversíveis (Liu *et al.*, 2008).

A infusão intravenosa de arsênio em doses clínicas no tratamento da leucemia promielocítica aguda pode ser significativamente ou mesmo fatalmente tóxica em pacientes suscetíveis, e pelo menos três mortes súbitas foram relatadas (Liu *et al.*, 2008).

Em relação a efeitos endócrinos do arsênio, muito pouco consta na literatura. A exposição de ratos a 2,3 mg de As/kg/dia como trióxido de arsênio, por 30 dias, resultou em reduções no número de ilhotas no pâncreas, bem como reduções significativas nos níveis das

enzimas superóxido dismutase pancreática (SOD) e catalase e aumento na produção de óxido nítrico e malondialdeído (ATSDR, 2007). Após necrópsias de cinco crianças que morreram no Chile, após exposição crônica ao arsênio na água de beber, notou-se espessamento arterial no pâncreas. Além disso, uma associação entre a exposição ao arsênio na água potável e um aumento na incidência de diabetes mellitus foi demonstrada por pesquisadores, embora as relações dose-resposta não estejam disponíveis (ATSDR, 2007).

Carcinogenicidade

Há evidências suficientes em um grande número de estudos epidemiológicos de que a exposição por inalação de arsênio inorgânico aumenta o risco de câncer de pulmão. A maioria dos estudos envolveu trabalhadores expostos principalmente ao pó de trióxido de arsênio no ar em fundições de cobre e minas. O aumento da incidência de câncer de pulmão também tem sido observado em fábricas de produtos químicos, onde a exposição foi principalmente ao arsenato. Além disso, vários estudos sugerem que os moradores que vivem perto de fundições ou fábricas de produtos químicos que incluem o arsênio também podem ter um risco aumentado de câncer de pulmão (ATSDR, 2007).

O potencial carcinogênico do arsênio foi reconhecido há mais de 110 anos. A IARC (2012) classificou o arsênio como um carcinógeno humano conhecido, associado a tumores da pele, pulmão e bexiga urinária e, possivelmente, rim, fígado e próstata (Liu *et al.*, 2008; IARC, 2012).

Os tipos de câncer de pele induzidos por arsênio incluem carcinomas basocelulares e carcinomas de células escamosas, ambos surgindo em áreas de hiperqueratose induzida por arsênio. Os cânceres basocelulares são geralmente invasivos apenas localmente, mas os carcinomas de células escamosas podem ter metástases à distância. Em humanos, os cânceres da pele ocorrem frequentemente, mas não exclusivamente, em áreas do corpo não expostas à luz solar (por exemplo, nas palmas das mãos e solas dos pés). Eles também costumam ocorrer como múltiplas lesões malignas. Modelos animais mostraram que o arsênio atua como um co-promotor de tumor de pele junto com 12-O-teradecanoil forbol-13-acetato em camundongos *v-Ha-ras Tg.AC* mutantes ou como um co-carcinógeno com irradiação UV em camundongos sem pelo (Liu *et al.*, 2008).

A associação de tumores internos em humanos com exposição ao arsênio é bem reconhecida. Isso inclui tumores da bexiga urinária, pulmões, potencialmente tumores no fígado, rins e próstata. Em ratos, a espécie de arsênio metilado, DMA5+, é um iniciador e promotor de tumores da bexiga urinária e produz citotoxicidade urotelial e regeneração proliferativa com exposição contínua. No entanto, a relevância deste achado para a carcinogenicidade do arsênio inorgânico deve ser extrapolada com cautela, devido à alta dose de DMA necessária para produzir essas alterações em ratos. Em contraste com a maioria dos outros carcinógenos humanos, tem sido difícil confirmar a carcinogenicidade do arsênio inorgânico em animais experimentais (Liu *et al.*, 2008).

Recentemente, um modelo de carcinogenicidade transplacentária induzida por arsênio foi estabelecido em camundongos. A exposição a curto prazo dos roedores prenhes desde o dia 8 ao dia 18 de gestação, um período de sensibilidade geral à carcinogenicidade química, produziu tumores no fígado, adrenais, ovário e pulmões da prole quando adultos. O espectro do tumor, após a exposição ao arsênio no útero, assemelha-se aos carcinógenos estrogênicos e está associado à superexpressão de genes ligados ao estrogênio. Assim, foi proposta uma hipótese de que o arsênio possa atuar de alguma forma na sinalização estrogênica para produzir efeitos hepatocarcinogênicos. De fato, quando a exposição ao arsênio no útero é combinada com o tratamento pós-natal com o estrogênio sintético dietilestilbestrol, observaram-se aumentos sinérgicos nos tumores malignos do sistema urogenital, incluindo tumores da bexiga e tumores do fígado. Como em humanos, o aumento da mortalidade ocorreu por câncer de pulmão em adultos jovens após a exposição *in utero* ao arsênio. Assim, o feto em desenvolvimento parece ser hipersensível à carcinogenicidade do arsênio (Liu *et al.*, 2008).

Exposição Em Crianças

O arsênio entra em contato com as crianças caso haja ingestão de solo contaminado ou com grande concentração de arsênio. Nesse cenário, o contato se dá usualmente quando a criança entra em contato com o solo a partir das mãos até a boca.

Problemas cardiovasculares foram relatados em crianças que consumiram água contaminada por arsênio (0,6 mg/L) durante 7 anos (ATSDR, 2007)

10.1.3.3.3. Mecanismos de toxicidade

O mecanismo da toxicidade e da carcinogenicidade induzida pelo arsênio provavelmente está relacionada com processos metabólicos, de acordo com dados de diversos estudos.

O arsênio pentavalente absorvido é rapidamente reduzido para arsênio trivalente pelo menos parcialmente no sangue. Muito da forma trivalente formada é distribuída aos tecidos e absorvida pelas células (particularmente hepatócitos). Muitos tipos de células parecem acumular arsênio trivalente mais rapidamente que arsênio pentavalente. Como o arsênio trivalente (como arsenito) é conhecido por ser mais altamente tóxico do que o pentavalente (como arseniato), a etapa de redução pode ser considerada bioativação em vez de desintoxicação. A glutatona parece desempenhar um papel na redução de arsênio pentavalente para trivalente, o que é necessário antes da metilação. A metilação do arsênio, em última análise, forma MMA e DMA, que são relativamente menos tóxicos que a forma inorgânica. Este processo é realizado pela alternância entre a reação de redução e a metilação, para a qual a S-adenosilmetionina é considerada a fonte do grupo metila. Tanto o MMA como o DMA são menos reativos aos constituintes do tecido do que o arsênio inorgânico e ambos são excretados rapidamente na urina. O processo de metilação parece incluir vários intermediários, sendo que alguns deles podem ser mais reativos do que o arsênio inorgânico. Metabólitos trivalentes reativos, MMAIII e DMAIII, foram detectados na urina de seres humanos cronicamente expostos ao arsênio na água potável. Estudos *in vitro* demonstraram que o MMAIII é mais tóxico para hepatócitos humanos, queratinócitos epidérmicos e células epiteliais brônquicas do que arsenito ou arsenato. Estudos *in vitro* adicionais demonstraram que tanto o MMAIII quanto o DMAIII apresentam características genotóxicas e de causar dano ao DNA (ATSDR, 2007).

O arsênio pentavalente (como arseniato) demonstrou: (1) substituir o fosfato na glicose-6-fosfato e 6-fosfogluconato em estudos *in vitro*; (2) substituir o fosfato na bomba de sódio e no sistema de transporte de troca aniônica de eritrócitos humanos; (3) diminuir a formação *in vitro* de adenosina-t-trifosfato (ATP) por substituir o fosfato em reações enzimáticas; e (4) esgotar o ATP em alguns sistemas celulares, mas não em eritrócitos humanos. Assim, é cada vez mais evidente que a principal fonte de toxicidade por arsênio e do seu potencial de carcinogenicidade estão relacionados à sua redução a arsenito (trivalente) (ATSDR, 2007).

O arsênio trivalente (como arsenito) reage com moléculas contendo tiol, como a glutationa e cisteína *in vitro*. O arsênio trivalente metilado, como o MMAIII, é um potente inibidor da glutationa redutase e da tio-redoxina redutase. Tem sido sugerido que a ligação de arsenito e arsênio trivalente metilado a grupos tiol críticos poderia levar à inibição de reações bioquímicas essenciais, alteração do estado redox celular e citotoxicidade. A ligação de MMAIII e DMAIII às proteínas também foi demonstrada *in vitro*. O arsenito inibe a piruvato desidrogenase, um complexo que oxida o piruvato a acetil-CoA, um precursor de intermediários do ciclo do ácido cítrico que fornece equivalentes redutores ao sistema de transporte de elétrons para a produção de ATP. Esta propriedade pode explicar a diminuição de carboidratos em ratos tratados com arsenito (ATSDR, 2007).

Há evidências de que o arsênio possa induzir alterações no metabolismo do óxido nítrico e na função endotelial, uma vez que, em estudos com pessoas expostas a altos níveis de arsênio na água potável observou-se diminuição das concentrações séricas e urinárias dos metabólitos do óxido nítrico, o que foi revertido após intervenção com água potável contendo baixos níveis de arsênico. Os níveis de arsênio urinário têm sido inversamente associados à produção de óxido nítrico em monócitos ativados. Concentrações de arsenito de 1 a 25 μM inibiram a atividade da enzima óxido nítrico sintase endotelial. Isto resultou em decréscimo do crescimento celular nas células endoteliais humanas, embora concentrações mais baixas tenham regulado positivamente a expressão desta enzima, o que pode servir como explicação para crescimento celular induzido por arsênio e angiogênese (ATSDR, 2007).

Embora estudos epidemiológicos demonstrem a carcinogenicidade do arsênio em humanos, estudos anteriormente conduzidos em animais não demonstraram um efeito carcinogênico após a exposição ao arsênio inorgânico ao longo da vida. No entanto, modelos animais mais recentes exibiram atividade carcinogênica na pele, bexiga, fígado e pulmão, que são tecidos implicados no câncer induzido por arsênio em humanos. Esta concordância em locais-alvo entre modelos animais e humanos indica que mecanismos comuns de ação podem ser aplicáveis a humanos e animais de laboratório.

Diversos modos de ação têm sido propostos para explicar a carcinogenicidade do arsênio. É provável que vários mecanismos estejam envolvidos, alguns dos quais podem estar relacionados a efeitos não cancerosos também (ATSDR, 2007).

a) Estresse oxidativo: Estudos mecanísticos sugeriram que a toxicidade do arsênio inorgânico pode ser devida à geração de espécies reativas de oxigênio. Resultados de estudos *in vivo* e *in vitro* em humanos e animais expostos ao arsênio sugerem o possível envolvimento do aumento da peroxidação lipídica, produção de superóxido, formação de radical hidroxila, sulfidratos não proteicos no sangue e/ou dano ao DNA induzido por oxidação. O suporte para o mecanismo de toxicidade que envolve estresse oxidativo induzido por arsênio inclui descobertas de que: o arsênio inalado pode predispor os pulmões a danos oxidativos; doses crônicas baixas podem alterar genes e proteínas que estão associados com o estresse oxidativo e inflamação; e os principais reguladores transcricionais de genes alterados são sensíveis ao redox (ATSDR, 2007).

b) Genotoxicidade: O conjunto de ensaios de genotoxicidade *in vitro* e *in vivo* demonstrou que o arsênio causa quebras em cadeias simples, formação de sítios apurínicos/apirimidínicos, danos em bases de DNA e danos por oxidação, ligações cruzadas DNA-proteína (*crosslinking*), aberrações cromossômicas, aneuploidia, trocas de cromátides irmãs e micronúcleos. As aberrações cromossômicas, caracterizadas por lacunas na cromátide, quebras e fragmentações, endo-reduplicação e quebras cromossômicas, são dose-dependentes e o arsenito é mais potente que o arseniato. Tanto o MMAIII quanto o DMAIII são diretamente genotóxicos e são muitas vezes mais potentes que o arsenito na indução de danos no DNA. O arsênio inorgânico pode potencializar a mutagenicidade observada com outros produtos químicos, embora o próprio arsênio não demonstre induzir mutações pontuais. A genotoxicidade induzida pelo arsênio pode envolver oxidantes ou espécies de radicais livres (ATSDR, 2007).

c) Fatores de crescimento alterados, proliferação celular, promoção da carcinogênese: Concentrações aumentadas de fatores de crescimento podem levar à proliferação celular e conseqüente promoção da carcinogênese. A morte celular induzida por arsênio também pode levar à regeneração celular compensatória e à carcinogênese. Fatores de crescimento alterados, proliferação celular e promoção da carcinogênese foram todos demonstrados em sistemas expostos ao arsênio. Fatores de crescimento alterados e mitogênese foram observados em queratinócitos humanos. A morte celular foi observada em hepatócitos humanos e epitélio da bexiga em rato. A proliferação celular foi demonstrada em queratinócitos humanos e pele humana intacta, além de células da bexiga de ratos. A promoção da carcinogênese foi observada na bexiga, rins, fígado e tireoide de ratos e na pele e nos pulmões de camundongos (ATSDR, 2007).

d) Outros mecanismos de toxicidade: Foi demonstrado que a exposição ao arsênio inorgânico modifica a expressão de uma variedade de genes relacionados ao crescimento celular e defesa, incluindo o gene supressor de tumor p53, bem como para alterar a ligação dos fatores de transcrição nuclear. Os efeitos carcinogênicos do arsênio podem resultar de um efeito cocarcinogênico, sendo que a exposição ao arsênico por si só não provocou tumores de pele em camundongos, mas a coexposição ao arsênio e à luz ultravioleta resultou em tumores de pele. Estes eram maiores em número e em tamanho do que aqueles produzidos apenas pela luz ultravioleta. O arseniato e o arsenito aumentaram a amplificação de um gene que codifica a enzima diidrofolato redutase, sendo o arseniato mais potente que o arsenito. Além disso, a inibição do reparo do DNA foi demonstrada em células tratadas com arsênio (ATSDR, 2007).

10.1.3.3.4. LIMITES - ARSÊNIO

10.1.3.3.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs

Arsênio inorgânico

Para o arsênio inorgânico, foram determinados os seguintes valores de MRL:

- MRL (oral de duração aguda) = 0,005 mg As/kg/dia foi derivado para exposição oral de duração aguda (≤ 14 dias) ao arsênio inorgânico (ATSDR, 2007).

- MRL (oral de duração crônica) = 0,0003 mg As/kg/dia foi derivado para exposição oral de duração crônica (≥ 1 ano) ao arsênio (ATSDR, 2007).

Arsênio orgânico

Para o arsênio orgânico, foram determinados os seguintes valores de MRL:

- MRL (oral de duração intermediária) = 0,1 mg MMA/kg/dia foi derivado para exposição oral de duração intermediária 15 a 364 dias) ao MMA (ATSDR, 2007).

- MRL (oral de duração crônica) = 0,01 mg MMA/kg/dia foi derivado para exposição oral de duração crônica (≥ 1 ano) ao MMA (ATSDR, 2007).

10.1.3.3.4.2. Doses de referência

Doses de Referência - Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST)

Arsênio inorgânico

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,0003 mg/kg/dia

RfD subcrônica: 0,0003 mg/kg/dia

Fator de incerteza: 3

Via: Oral

Alvo/ Efeito crítico: Pele / queratose e hiperpigmentação

Espécie: Humana

Nível de Efeito: NOAEL

Dose: 0,009 mg/kg/dia

Duração do experimento: Crônico.

O valor de referência crônico foi adotado como valor de referência subcrônico (U.S.EPA, 1999).

Doses de referência - US EPA's IRIS Program

Arsênio inorgânico

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,0003 mg/kg/dia

RfD subcrônica: 0,0003 mg/kg/dia

Fator de incerteza: 3

Via: Oral

Alvo/ Efeito crítico: Pele e sistema cardiovascular / Hiperpigmentação, queratose e possíveis complicações vasculares

Espécie: Humana

Nível de Efeito: NOAEL / LOAEL

Dose: 0,009 mg/kg/dia convertido para 0,0008 mg/kg/dia (NOAEL) / 0,17 mg/L convertido para 0,014 mg/kg/dia (LOAEL)

Duração do experimento: Crônico (US EPA, 1991).

10.1.3.4. BÁRIO

O bário é um metal branco prateado ou amarelado quando exposto ao ar. O bário ocorre naturalmente sob a forma de minerais carbonáticos ou sulfatos, ambos tratados como minérios (ATSDR, 2007). Alguns compostos derivados dos sulfatos são na forma de acetatos, cloretos, hidróxidos, nitratos e sulfetos

O sulfato de bário é utilizado em diversas indústrias, sendo a principal na lubrificação de brocas de perfuração. Outros usos são para tintas e pigmentos, materiais de construção. Há utilidade na cerâmica, pesticidas e aditivos químicos. O sulfato de bário pode ser empregado na área medicinal para testes de raios-X (ATSDR, 2007).

10.1.3.4.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE E COMPORTAMENTO NO MEIO FÍSICO

Sob condições naturais, a forma estável do bário é na valência +2 em complexos inorgânicos. Parâmetros como o pH, eH, capacidade de troca catiônica e composição química do ambiente podem afetar o coeficiente de partição do elemento.

O bário ocorre naturalmente no meio físico por minerais como a barita e a witherita, ou como traços em rochas ígneas e sedimentares. O transporte ocorre pelo intemperismo dessas rochas ou minerais que são levados pela água ou pelos ventos (ATSDR, 2007).

AR

O bário é liberado na atmosfera principalmente por atividades industriais, onde são emitidas grandes quantidades de gases de queima de combustível ou carvão por exemplo. O bário é transportado na forma particulada.

ÁGUA

Na água, o bário é mais estável sob a forma de carbonatos e sulfatos, que podem persistir por longos períodos de tempo. Em outras formas, como hidróxidos, cloretos e nitratos são instáveis, se dissolvendo e recombinao para as formas de carbonato e sulfato novamente.

As fontes naturais de bário são as rochas e minerais que o contém, e são intemperizados pelo meio. Fontes antrópicas estão associadas ao descarte de águas contaminadas ou em concentrações elevadas nos rios e oceanos (ATSDR, 2007).

SOLO

Assim como no meio aquoso, as fontes naturais de bário estão associadas ao intemperismo das rochas e minerais que o contém. Antropicamente, o descarte e depósitos de rejeitos ou de solos industriais contendo bário são fontes relevantes (ATSDR, 2007).

10.1.3.4.2. BIOACUMULAÇÃO

No solo, uma pequena fração de bário pode ser bioacumulado em vegetais e na água em alguns organismos. No entanto, não existem muitos estudos sobre a evolução ou biomagnificação trófica (ATSDR, 2007).

10.1.3.4.3. PERFIL TOXICOLÓGICO

O bário não é um elemento essencial para o ser humano. Ocorre na forma combinada, principalmente barita (sulfato de bário) que é utilizada em diversos processos industriais e também na clínica médica como contraste em radiografias (CETESB, 2017).

A toxicidade do metal é resultado do cátion livre, sendo os compostos muito solúveis mais tóxicos que os insolúveis. Assim, os compostos de bário solúveis podem causar efeitos adversos à saúde (CETESB, 2017).

10.1.3.4.3.1. Toxicocinética

Devido à alta polaridade das formas de bário geralmente encontradas, não é previsto que o bário atravesse a pele intacta (ATSDR, 2007).

Pela via inalatória, não foram localizados estudos sobre a absorção de bário em humanos. Entretanto, diversos estudos em animais de experimentação investigaram a absorção de cloreto de bário ou sulfato de bário após inalação, injeção intratraqueal ou deposição nasal.

Os resultados desses estudos sugerem que a taxa e a extensão da absorção de bário do trato respiratório dependem do nível de exposição, de quanto o bário alcança os espaços alveolares, da taxa de depuração do trato respiratório superior e da solubilidade da forma específica de bário que foi administrada (ATSDR, 2007).

O trato respiratório absorveu de 50 a 75% do cloreto de bário ou sulfato de bário inalados. Aproximadamente 65% do cloreto de bário depositado no nariz foi absorvido. A maior parte da absorção de bário ocorreu nas primeiras 24 horas. O cloreto de bário foi mais rapidamente absorvido que o sulfato de bário, embora as diferenças no tamanho de partícula possam ter influenciado esta etapa (ATSDR, 2007).

Em contraste com a rápida absorção após a inalação ou deposição nasal, a maior parte do sulfato de bário que foi injetado diretamente na traqueia de ratos foi absorvida pelas membranas do epitélio e permaneceu por pelo menos algumas semanas, sugerindo que a depuração no trato respiratório superior é mais eficiente do que na traqueia (ATSDR, 2007).

Foram observadas diferenças entre espécies na retenção de sulfato de bário radiomarcado (¹³³Ba) administrado intratraquealmente. Assim, uma semana após a administração, foram encontrados 0,41, 0,145, 0,044 e 0,043% de bário radiomarcado retido na traqueia em ratos, coelhos, cães e macacos, respectivamente (ATSDR, 2007).

Logo após a exposição de cães pela via inalatória, 30% do bário foi distribuído para o trato respiratório superior, estômago e intestino delgado; 6% para os pulmões e tecido traqueobrônquico; e 64% para vários órgãos internos. Um dia após a exposição, 44% do bário foi detectado no esqueleto, 1% no sangue e 4% nos músculos. A excreção ocorre principalmente pelas fezes, mas também pela urina (ATSDR, 2007).

A absorção de bário do trato gastrointestinal é dependente do composto em questão. O sulfato de bário é extremamente insolúvel e é muito pouco absorvido após ingestão. Compostos de bário solúveis em ácido, como cloreto de bário e carbonato de bário, são absorvidos através do trato gastrointestinal, embora em quantidades altamente variáveis. Estudos mais antigos em humanos estimaram que o bário era pouco absorvido (de 1 a 15% da dose ingerida), entretanto, após uma reavaliação dos métodos utilizados nestes estudos, uma nova estimativa de absorção de bário nesses estudos foi de 3 a 60% (ATSDR, 2007).

Pelo trato gastrointestinal, estudos em ratos e cães adultos estimaram a absorção fracional em 7%. Experimentos em ratos mostraram que animais mais jovens (22 dias ou menos) absorvem cerca de 10 vezes mais cloreto de bário do trato gastrointestinal (63-84%) do que animais mais velhos (cerca de 7%). A absorção foi maior em ratos adultos em jejum (20%) em comparação com ratos alimentados (7%) (ATSDR, 2007). A Comissão Internacional de Proteção contra Radiação (ICRP) estimou que a absorção gastrointestinal de bário é de 20% em adultos, 30% em crianças de 1 a 15 anos e 60% em bebês (ATSDR, 2007).

Em humanos, cerca de 90% do bário absorvido pelo trato gastrointestinal foi encontrado nos ossos, enquanto que, de 1 a 2% foi encontrado nos músculos, tecido adiposo, pele e tecido conjuntivo (ATSDR, 2007). Em humanos, a concentração de bário excretada nas fezes é de 2 a 3 vezes maior do que a concentração eliminada pela urina (ATSDR, 2007).

10.1.3.4.3.2. Efeitos adversos à saúde

Efeitos metabólicos

Hipocalcemia é um achado comum em casos de intoxicações graves por bário. Em um grupo de casos examinados, os níveis séricos de potássio variaram de 0,8 a 2,7 mEq/L. Os valores normais variam de 3,5 a 5 mEq/L. Ratos expostos através da água de beber a 110 e 180 mg de bário/kg p.c./dia como cloreto de bário por 15 e 90 dias, respectivamente, não foram observados alterações nos níveis séricos de potássio (ATSDR, 2007).

Toxicidade inalatória

Após exposição ocupacional acidental a uma grande quantidade de pó de carbonato de bário por inalação aguda, foi observado fraqueza muscular progressiva e paralisia das extremidades e do pescoço. Este quadro é provavelmente devido ao baixo nível sérico de potássio, em vez de um efeito direto sobre o tecido muscular (ATSDR, 2007).

Toxicidade aguda oral

A toxicidade aguda oral (DL₅₀) do bário varia de 132 a 277 mg Ba/kg p.c. em ratos (ATSDR, 2007).

Os compostos de bário são mais tóxicos quanto maior for a sua solubilidade no trato gastrointestinal, especialmente, no estômago. Compostos de bário, mesmo quando insolúveis,

podem ser parcialmente absorvidos se houver lesão do trato gastrointestinal ou obstipação intestinal. Nestes casos, pode-se observar náuseas, vômitos, diarreia, dor abdominal; agitação, ansiedade; astenia, lipotimia, sudorese; tremores, fibrilação muscular, hipertonia dos músculos da face e pescoço; dispneia, arritmia cardíaca; parestesia de membros superiores e inferiores; crises convulsivas e coma (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2003; CETESB, 2017; UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2005).

Há relatos de morte ocasionada por ingestão acidental ou intencional de sais de bário. A causa da morte foi atribuída à parada cardíaca, hemorragia gastrointestinal grave ou causas desconhecidas (ATSDDR, 2007).

Carcinogenicidade

Não foram observados aumentos significativos na incidência de tumores, de acordo com estudos conduzidos com animais de experimentação, após exposição ao bário pela via oral. Além disso, a Agência Internacional de Pesquisas sobre o Câncer (IARC) e o Departamento de Saúde e Serviços Humanos (DHHS) não classificaram o bário como substância carcinogênica para o homem (ATSDR, 2007).

Toxicidade a órgãos-alvo específicos após exposição crônica

Em camundongos, a exposição a 160 a 200 mg de bário/kg p.c./dia resultou em nefropatia moderada a acentuada, caracterizada por extensa regeneração do epitélio tubular cortical e medular, dilatação tubular, formação de cilindros hialinos, fibrose intersticial e glomeruloesclerose (ATSDR, 2007).

Em ratos expostos a 115 mg de bário/kg p.c./dia, foi observado aumento significativo no peso absoluto e relativo dos rins em fêmeas. Em ratos expostos a 150 mg de bário/kg p.c./dia, foram detectadas lesões glomerulares. Em ratos machos e fêmeas, observou-se dilatação de leve a moderada dos túbulos proximais da medula externa e do córtex renal na dose de 180 mg de bário/kg p.c./dia. Em camundongos machos e fêmeas, na dose de 450 mg de bário/kg p.c./dia como cloreto de bário, foi observada nefropatia, caracterizada por dilatação tubular leve a moderada, regeneração e atrofia. Já na dose de 205 mg de bário/kg p.c./dia, a nefropatia não ocorreu (ATSDR, 2007).

Efeitos tóxicos nos rins foram observados em vários casos de intoxicação aguda por bário em adultos. Tais efeitos incluíram hemoglobina na urina (que pode ser indicativa de dano renal), insuficiência renal, degeneração dos rins e insuficiência renal aguda (ATSDR, 2007).

O efeito musculoesquelético predominantemente observado em casos de intoxicação por bário, em humanos, é a fraqueza muscular progressiva. Esta frequentemente pode levar à paralisia parcial ou total. Em casos graves, a paralisia pode afetar o sistema respiratório. A causa provável da fraqueza muscular foi a hipocalcemia induzida por bário, ao invés de um efeito direto sobre os músculos (ATSDR, 2007).

Há vários relatos de casos nos quais a exposição aguda a doses altas de carbonato de bário, sulfato de bário ou cloreto de bário possivelmente resultou em sérios efeitos no ritmo cardíaco. O bário pode afetar adversamente a automaticidade cardíaca, resultando em taquicardia ventricular e outras rupturas de ritmo. Hipotensão também foi relatada em alguns casos. A causa provável desses efeitos foi hipocalcemia induzida por bário. Entretanto, há estudos epidemiológicos disponíveis sobre a exposição a baixas concentrações de bário, que tentam correlacionar esta substância com doenças cardiovasculares. Porém, não foi possível estabelecer uma relação causal entre a concentração de bário existente na água e o alto risco de morte por doenças cardiovasculares (ATSDR, 2007).

Estudos em ratos que foram expostos ao bário na água de beber geraram resultados conflitantes entre si quanto aos efeitos ao sistema cardiovascular. Em um dos estudos foram observados efeitos adversos, como aumento de pressão sistólica, diminuição das taxas de contração cardíaca e condutividade cardíaca, além de diminuição dos níveis de ATP cardíaco. Entretanto, estes efeitos adversos não foram observados em outros estudos (ATSDR, 2007).

A inalação de poeiras contendo compostos de bário insolúveis pode causar a chamada baritose, uma pneumoconiose benigna sem significado clínico, mas que se caracteriza pela presença de pequenos nódulos extremamente densos conforme visualização em radiografia de tórax (ATSDR, 2007; MENDES, 2003).

Outros efeitos adversos

Foi observado aumento significativo da mortalidade em ratos e camundongos expostos por 90 dias a 200 e 450 mg/kg/dia de cloreto de bário, respectivamente, através da água de beber (ATSDR, 2007). Aumento na mortalidade foi observado em camundongos cronicamente

expostos a 160 mg de bário/kg p.c./dia como cloreto de bário na água potável, que foi atribuído à ocorrência de nefropatia (ATSDR, 2007).

Em estudo conduzido com ratos machos e fêmeas, com exposição a 0,95 mg de bário/kg/dia como acetato de bário na água de beber, foi observado, somente nos machos, uma diminuição significativa na longevidade (definida como tempo médio de vida dos cinco animais sobreviventes últimos); no entanto, não foram observadas diferenças significativas no tempo médio de vida. Esta diminuição da longevidade não foi observada na dose de 0,7 mg de bário/kg/dia (ATSDR, 2007).

Exposição Em Crianças

Não existem estudos precisos sobre se os efeitos toxicológicos de bário diferem nas crianças dos adultos. Não se deve desconsiderar que a susceptibilidade em crianças tende a ser menor do que em adultos. Estudos são necessários (ATSDR, 2007).

10.1.3.4.3.3. Mecanismos de toxicidade

O mecanismo de toxicidade do bário não foi completamente elucidado. Presume-se que altas doses de exposição ao bário consistentemente resultam em vários efeitos incluindo taquicardia ventricular, hipertensão e/ou hipotensão, e fraqueza e paralisia muscular. Há fortes evidências de que muitos desses efeitos resultam do aumento dos níveis de potássio intracelular. O bário é um antagonista competitivo do canal de potássio que bloqueia o efluxo passivo do potássio intracelular, resultando em um deslocamento de potássio dos compartimentos extracelular para intracelular. A translocação intracelular do potássio resulta em um menor potencial de membrana em repouso, tornando as fibras musculares eletricamente não excitáveis e causando paralisia. Hipocalemia (níveis séricos de potássio abaixo de 3,5 mEq/L) foi relatada em vários indivíduos expostos a altas doses de bário. A infusão intravenosa de potássio geralmente alivia muitos dos sintomas da intoxicação por bário. No entanto, há também evidências de que alguns desses efeitos podem ser causados pelo bloqueio neuromuscular induzido por bário e pela despolarização da membrana. Foi demonstrado uma aparente relação direta entre os níveis séricos de bário e o grau de paralisia ou fraqueza muscular em dois indivíduos expostos oralmente ao bário (ATSDR, 2007).

10.1.3.4.4. LIMITES - BÁRIO

10.1.3.4.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs

Para o bário, foram determinados os seguintes valores de MRL, relacionados à exposição de sais solúveis de bário):

- MRL (oral de duração intermediária) = 0,2 mg Ba/kg/dia foi derivado para exposição oral de duração intermediária (15-364 dias) ao bário (ATSDR, 2007).

- MRL (oral de duração crônica) = 0,2 mg Ba/kg/dia foi derivado para exposição oral de duração crônica (>1 ano) ao bário (ATSDR, 2007).

10.1.3.4.4.2. Doses de referência

Doses de Referência - Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST)

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,07 mg/kg/dia

Fator de incerteza: 3

Via: Oral (água)

Alvo/ Efeito crítico: Sistema cardiovascular / Aumento da pressão sanguínea

Espécie: Humana

Nível de Efeito: NOAEL

Dose: 0,21 mg/kg/dia

Duração do experimento: 10 semanas

O valor de referência crônico foi adotado como valor de referência subcrônico (US EPA, 1999).

Doses de Referência - US EPA's IRIS Program

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,2 mg/kg/dia

Fator de incerteza: 300

Via: Oral

Alvo / Efeito crítico: Sistema urinário / nefropatia

Espécie: camundongos

Nível de Efeito: BMDL₀₅

Dose: 63 mg/kg/dia

Duração do experimento: 2 anos (US EPA, 2005).

10.1.3.5. CÁDMIO

Cádmio é um metal componente da crosta terrestre, e é encontrado naturalmente associado aos minérios de zinco cobre e chumbo. Sua aplicação é dada na indústria de anticorrosivos em aços. Alguns compostos de cádmio como sulfetos e selenitos são utilizados como pigmentos, pilhas e baterias (ATSDR, 2012).

10.1.3.5.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE E COMPORTAMENTO NO MEIO FÍSICO

O cádmio ocorre naturalmente no meio físico por minerais e ligados aos outros metais como o chumbo, ou como traços em rochas fosfáticas. Ainda há contribuição de erupções vulcânicas. Fontes antrópicas incluem atividades mineradoras, produção e refino de minérios associados ao cádmio e indústrias que utilizem produtos com cádmio (ATSDR, 2012).

AR

O cádmio e seus compostos ocorrem na atmosfera na forma particulada, embora apresentem baixa pressão de vapor. O Cádmio pode volatilizar e ser emitido como vapor em processos que envolvem temperaturas extremamente altas, como indústria de ferro e aço. A principal forma na atmosfera é o óxido de cádmio, embora os sais (por exemplo, cloreto de cádmio) possam ocorrer durante processos de incineração (ATSDR, 2012).

ÁGUA

Descartes de efluentes contendo solo ou resíduos com cádmio podem contaminar os corpos da água. A água potável pode ser contaminada por cádmio devido a presença do metal como impureza no zinco de tubulações galvanizadas, soldas e acessórios metálicos.

NA água o cádmio ocorre sob a forma de cátions ou em complexos com outras substâncias orgânicas e inorgânicas. Na forma solúvel, o cádmio é mais móvel e seu transporte é facilitado, enquanto na forma insolúvel o cádmio é imóvel e tende a se depositar ou ser adsorvido em outras partículas (ATSDR, 2012).

SOLO

O cádmio é componente natural do solo, por estar em conjunto com outros metais. Em regiões de mineração de rochas fosfáticas, tal como agrotóxicos ou fertilizantes a base de fosfatos pode haver maior concentração de cádmio no solo. Ainda, descartes de efluentes ou resíduos de solo contaminado ou produtos que contenham cádmio podem aumentar sua concentração no meio.

O pH e a disponibilidade de matéria orgânica são fatores determinantes para a disponibilidade do metal em solos e sedimentos; quanto maior a acidez maior a disponibilidade. Na presença de matéria orgânica, o cádmio pode ficar retido nessas partículas e ser absorvido por plantas sendo assim, bioacumulado (ATSDR, 2012).

10.1.3.5.2. BIOACUMULAÇÃO

O cádmio pode ser bioacumulado em organismos aquáticos e terrestres. A bioconcentração em peixe depende do pH da água e da quantidade de matéria orgânica. Plantas aquáticas também possuem alta capacidade de captação de cádmio (ATSDR, 2012).

10.1.3.5.3. PERFIL TOXICOLÓGICO

A característica toxicológica importante dos metais pesados é que podem reagir em sistemas biológicos perdendo um ou mais elétrons e formando cátions, o que leva a diversas respostas biológicas (Liu *et al.*, 2008). Todos os sistemas enzimáticos são potencialmente suscetíveis aos metais pesados, mas certas respostas predominam em relação a outras devido ao acesso do metal aos componentes biológicos. Dessa forma, em organismo vivos, o acesso

dos metais pesados pode ser limitado pelas estruturas anatômicas ou por competição nos processos biológicos. Isto se reflete em consideráveis diferenças de sensibilidade entre diferentes órgãos e tecidos, assim como diferenças entre experimentos *in vivo* e *in vitro*, entre espécies e entre respostas típicas nos quadros de intoxicação (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

Informações sobre a toxicidade do cádmio metálico estão disponíveis na literatura científica. Nesta, é admitido, em certa medida, que o pó de cádmio metálico, assim como o pó de óxido de cádmio, pode se transformar lentamente no ambiente para a valência Cd+2. Então, o cádmio pode ser solubilizado no organismo (*in vivo*) e também no meio ambiente, por ter sido transformado na forma mais tóxica do cádmio (Cd+2), que é solúvel (EUROPEAN COMMISSION, 2008). Assim, as informações obtidas para os compostos de cádmio solúveis (cátions Cd+2) podem ser consideradas válidas para a avaliação dos potenciais perigos do cádmio metálico.

A maioria dos estudos disponíveis em literatura são referentes a compostos de cádmio solúveis (íons Cd+2) e ao óxido de cádmio (CdO) (EUROPEAN COMMISSION, 2007, 2008). Foi demonstrado que o óxido de cádmio é prontamente solubilizado nos pulmões e, considera-se sua solubilidade próxima à solubilidade do cádmio metálico (EUROPEAN COMMISSION, 2007).

Dessa forma, admite-se que o cádmio metálico seja solubilizado *in vivo*, principalmente nos pulmões, e a via inalatória é considerada a principal via de exposição a este metal. Após a absorção, a biodisponibilidade de cádmio (Cd+2) é considerada independente da fonte de cádmio com a qual houve exposição respiratória (EUROPEAN COMMISSION, 2007).

A intensidade dos efeitos à saúde devido à exposição ao cádmio é dependente da concentração atingida nos tecidos e órgãos. Os efeitos adversos para os rins variam de disfunções tubular e glomerular (medida pela presença de proteínas na urina) até um risco aumentado de doença renal terminal, o que requer tratamento de diálise para sobrevivência. Os efeitos nos ossos variam de distúrbios na homeostase do tecido ósseo até ocorrência de fraturas ósseas, que são especialmente graves para pessoas idosas, e podem contribuir para a morte prematura (ECHA, 2017).

10.1.3.5.3.1. Toxicocinética

As propriedades toxicológicas do cádmio são similares para diferentes sais e óxidos de cádmio, porém apresentando diferenças na absorção e distribuição, que pode levar a diferentes intensidades dos efeitos adversos (ATSDR, 2012).

Para exposição inalatória, o tamanho da partícula e a solubilidade nos fluidos biológicos são os determinantes mais importantes para a toxicocinética do cádmio (ATSDR, 2012).

A maior parte do cádmio passa pelo trato gastrointestinal sem ser absorvido. Em camundongos, ratos e macacos, a absorção de cádmio mostrou-se dependente de fatores como o tipo de composto de cádmio, dose, frequência de exposição e idade (FAO/WHO, 2011). A absorção do cádmio pelo trato gastrointestinal é também influenciada pela sua solubilidade e pelo estado nutricional de ferro do organismo exposto ao metal (WHO, 2011). Pessoas com reserva de ferro adequada e do sexo masculino apresentam pouca absorção de cádmio, enquanto que pessoas com baixas reservas de ferro ou deficiência de ferro, especialmente do sexo feminino, apresentam as maiores taxas de absorção. A absorção do cádmio pode ser ainda maior em recém-nascidos e em crianças pequenas, independentemente do estado nutricional de ferro (ECHA, 2017; KEMI, 2011).

As taxas de absorção de cádmio são descritas em literatura como sendo aproximadamente 25% (exposição via inalatória), 1-10% (exposição via oral/gastrointestinal), e <1% (exposição via dérmica) (ATSDR, 2012).

Após absorvido, o cádmio é transportado pela corrente sanguínea até o fígado, onde induz a produção de metalotioneína e forma um complexo com esta proteína (ECHA, 2017). Este complexo metal-proteína é liberado pelo fígado para o sangue e é transportado para os rins. Nestes, o complexo metalotioneína-cádmio é facilmente filtrado nos glomérulos e pode ser eficientemente reabsorvido a partir do filtrado nos túbulos proximais. Nos túbulos, a porção proteica é rapidamente degradada para liberar o cádmio (ECHA, 2017). O cádmio livre pode estimular a produção de mais metalotioneína, que se liga ao metal nas células tubulares, prevenindo os efeitos tóxicos do cádmio livre (WHO, 2011). Quando a capacidade de produzir o complexo proteína-metal é excedida, o cádmio se acumula nos túbulos renais e causa danos às células tubulares, especialmente nos túbulos proximais (ECHA, 2017; WHO, 2011).

O cádmio absorvido não passa por conversão metabólica direta, como oxidação, redução ou alquilação, mas é excretado muito lentamente e as quantidades excretadas na urina e nas fezes são aproximadamente iguais (ATSDR, 2012; ECHA, 2017; WHO, 2011). As concentrações de cádmio nos tecidos aumentam com a idade. Tanto os rins como o fígado atuam como estoques de cádmio; 50 a 85% da carga corporal é armazenada no rim e no fígado, 30 a 60% sendo armazenados apenas no rim (KEMI, 2011). Em humanos, as estimativas de meia-vida estão na faixa de 7 a 16 anos, segundo o IARC (2012). De acordo com outras referências, este tempo de meia-vida é ainda mais longo (10-35 anos) (KEMI, 2011).

10.1.3.5.3.2. Efeitos adversos

Toxicidade aguda inalatória

A inalação de poeiras e fumos de cádmio pode causar sintomas que, a princípio, se parecem com aqueles da febre dos fumos metálicos. O aparecimento dos sintomas é usualmente tardio, entre 4 a 12 horas. Os sintomas iniciais são semelhantes aos de gripe, com tosse, calafrios, febre, dor de cabeça, dor torácica pleurítica, mialgias, sibilância (chiado no peito) e dor de garganta, que podem ser revertidos em 1 ou 2 dias (HSDB, 2012).

Em casos graves, pode ocorrer pneumonite e/ou dano pulmonar agudo após 24 horas ou mais da exposição intensa ao cádmio, podendo levar à falência respiratória. A intoxicação pode resultar em recuperação prolongada, danos pulmonares permanentes e/ou óbito (HSDB, 2012).

A inalação crônica de pós ou fumos de cádmio pode causar enfisema ou fibrose pulmonares, que podem ser associados a câncer de pulmões (HSDB, 2012).

Em literatura científica, há dados de toxicidade aguda inalatória disponíveis, e estas possibilitam considerar o cádmio como tóxico por esta via.

CL50 inalatória (ratos) = 25 mg/m³/30 minutos (HSDB, 2012).

O CLP (*Classification, Labelling and Packaging*) é o Regulamento Europeu que implementa o Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS). O cádmio é classificado na Classe de Toxicidade Aguda Inalatória, na Categoria 2, com a frase de perigo H330, “Fatal se inalado”.

A exposição ao cádmio pela via inalatória pode causar efeitos adversos que serão abordados posteriormente.

É importante ressaltar que os dados de literatura apresentados e a classificação com os critérios do GHS consideram o perigo, que é uma característica intrínseca do cádmio. No entanto, o risco à saúde em relação ao aparecimento dos efeitos tóxicos desta substância deve ser determinado levando-se em conta a exposição ao produto, as vias de exposição, o tempo de exposição, a periodicidade, entre outros fatores.

Toxicidade aguda oral

Em literatura científica, pode-se encontrar os seguintes valores de toxicidade aguda oral do cádmio:

DL₅₀ oral (ratos) = 225 mg Cd/kg p.c. (HSDB, 2012).

DL₅₀ oral (ratos e camundongos) = 100-300 mg Cd/kg p.c. (ATSDR, 2012).

DL₅₀ oral (humanos) = 300-3500 mg Cd/kg p.c. (estimativa) (ATSDR, 2012).

O CLP (*Classification, Labelling and Packaging*) não classifica o cádmio na Classe de Toxicidade Aguda Oral. Entretanto, segundo os dados de literatura acima mencionados, é recomendado classificar na Categoria 3 do GHS, com a frase de perigo H301, “Tóxico se ingerido”.

É descrito em literatura que, após ingestão de cádmio e seus compostos, os principais efeitos são descamação do epitélio do trato gastrointestinal e necrose da sua mucosa, o que pode levar às distrofias hepática, cardíaca e renal (ATSDR, 2012).

A ingestão aguda de cádmio e seus compostos pode resultar em gastroenterite severa, manifestada por náusea, vômito, dores abdominais e diarreia (que pode ser hemorrágica). A ingestão de grandes quantidades pode causar danos aos rins e sistema nervoso, podendo também levar a óbito (HSDB, 2012).

Mutagenicidade em células germinativas

Não foram encontrados dados de testes *in vitro* nem *in vivo* com o cádmio metálico quanto à mutagenicidade. A maioria dos estudos disponíveis utilizou compostos de cádmio solúveis em água e estes apresentaram-se suficientemente biodisponíveis e com potencial mutagênico. Considera-se razoável que este potencial seja estendido à forma metálica do cádmio, uma vez que, em certa medida, este possa ser solubilizado *in vivo*, e que as informações obtidas com compostos de cádmio solúveis (cátions) possam também ser consideradas relevantes para a avaliação do potencial genotóxico do cádmio metálico (EUROPEAN COMMISSION, 2007; ECHA, 2013; IARC, 2012; NTP, 2011). A maioria dos estudos disponíveis utilizou compostos de cádmio solúveis em água, e considera-se que este potencial seja estendido à forma metálica do cádmio (EUROPEAN COMMISSION, 2007).

Com base no peso das evidências fornecidas por diversos estudos, a genotoxicidade do cádmio pode ser explicada por mecanismos indiretos, relacionados ao estresse oxidativo, inibição de mecanismos de reparo de DNA, efeitos na proliferação celular e na função dos supressores tumorais (IARC, 2012).

Os dados mostraram que o cátion (Cd^{+2}) tem potencial de causar danos ao material genético em células somáticas e germinativas. As agências regulatórias internacionais consideram que mesmo uma biodisponibilidade limitada do cátion de cádmio poderia representar perigo a células germinativas em particular, pois não há base científica para suportar que não apresentariam este perigo em baixas concentrações. Conclui-se que, compostos de cádmio considerados nos estudos, apresentam potencial mutagênico (ECHA, 2016; IARC, 2012; NTP, 2011).

O CLP classifica o cádmio na Classe de Mutagenicidade em células germinativas, na Categoria 2, com a frase de perigo H341, “Suspeito de provocar defeitos genéticos”.

Carcinogenicidade

O íon cádmio (Cd^{+2}) é considerado a forma genotóxica deste metal e seus compostos. Isto corrobora para que o cádmio seja conhecidamente carcinogênico para humanos, além de evidências suficientes de carcinogenicidade em estudos epidemiológicos e mecanicistas. Em animais de experimentação, há evidências suficientes de carcinogenicidade para os compostos de cádmio e evidências limitadas para o cádmio metálico. Portanto, é previsto que o potencial

carcinogênico de um dado composto de cádmio seja dependente do seu grau de ionização nas condições de exposição (IARC, 2012; NTP, 2011).

O Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos Estados Unidos (U.S. *Department of Health and Human Services*) concluiu que há dados suficientes em animais e humanos para que o cádmio e compostos de cádmio fiquem na relação de substâncias que são conhecidamente carcinogênicas para humanos. As evidências foram consideradas suficientes para câncer nos pulmões, enquanto que as evidências para câncer de próstata e câncer renal foram consideradas limitadas (ATSDR, 2012; NTP, 2016).

A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classificou o cádmio e compostos de cádmio como carcinógenos para humanos (Grupo 1) (IARC, 2012).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (U.S. EPA) classificou o cádmio como provável carcinógeno para humanos por inalação (Grupo B1), com base na sua avaliação de que há evidências limitadas de causar câncer nos pulmões em humanos e evidências suficientes de causar câncer nos pulmões em ratos (ATSDR, 2012).

O CLP classifica o cádmio na Classe de Carcinogenicidade, na Categoria 1B, com a frase de perigo H350, “Pode provocar câncer”.

Toxicidade à reprodução

Não foram encontrados dados em literatura especificamente sobre o cádmio metálico. No entanto, é possível utilizar dados de óxido de cádmio, que possui hidrossolubilidade similar à do cádmio metálico. O óxido de cádmio mostrou-se biodisponível após exposição inalatória em ratos, apresentou evidência de efeitos sistêmicos na fertilidade e órgãos reprodutivos, assim como toxicidade generalizada e para o desenvolvimento. Isto indica que os efeitos sistêmicos do íon cádmio são prováveis de ocorrer após exposição inalatória a compostos de cádmio menos hidrossolúveis, incluindo a forma metálica (ECHA, 2015).

O cádmio pode apresentar potencial de desregulação endócrina, podendo afetar as atividades estrogênicas e androgênicas. Em modelos animais, o cádmio mostrou poder causar efeitos tóxicos nos testículos, incluindo necrose, atrofia, redução da contagem e mobilidade espermática, e decréscimo na concentração de testosterona no plasma e nos testículos. Em fêmeas, o cádmio é conhecido por afetar adversamente o sistema materno-fetal, e a placenta é

o alvo primário no qual este metal é acumulado. Pode causar impacto na gestação humana. O cádmio pode atravessar a barreira placentária, principalmente em exposição na fase neonatal. *In vitro*, este metal também pode afetar negativamente a maturação do oócito, levando a aberrações cromossômicas e embriotoxicidade. De acordo com estudos em animais, o cádmio pode levar à toxicidade ao desenvolvimento. Além disso, este metal pode ser transferido aos lactentes mesmo em exposições em níveis baixos no período de lactação. O cádmio pode levar à toxicidade de desenvolvimento, de acordo com estudos em animais (GUPTA, 2011).

Em experimentos em animais, o cádmio mostrou ser tóxico para o desenvolvimento por exposição vias inalatória, oral e parenteral. Após doses relativamente altas no parental materno, foram observados diminuição do peso fetal, malformações esqueléticas e atraso na ossificação (1-20 mg/kg/dia) devido à toxicidade placentária, interferência com o metabolismo fetal, e dano no fígado materno. Efeitos no neurodesenvolvimento foram observados em doses baixas. Na prole de ratos expostos a 0,02 mg/m³ ou ≥0,04 mg/kg/dia, foi observado prejuízo na sua performance em testes neurocomportamentais (ATSDR, 2012).

O CLP classifica o cádmio na Classe de Toxicidade à Reprodução, na Categoria 2, com a frase de perigo H361, “Suspeita-se que prejudique a fertilidade ou o feto”.

Toxicidade para órgãos-alvo específicos após exposição única

A ingestão de cádmio em grandes quantidades pode causar danos aos rins, fígado e sistema nervoso. Já a inalação de níveis altos de cádmio pode causar danos aos pulmões (HPA, 2011). Intoxicações graves por ambas as vias de exposição podem levar ao óbito, conforme mencionado nos subitens Toxicidade aguda inalatória e Toxicidade aguda oral.

Toxicidade para órgãos-alvo específicos após exposições repetidas

O CLP classifica o cádmio na Classe de Toxicidade para órgãos-alvo específicos - Exposição repetida, na Categoria 1, com a frase de perigo H372, “Provoca danos aos rins e ossos por exposição repetida ou prolongada”.

Pulmões e função respiratória

Tanto em humanos como em animais, a inalação de concentrações de cádmio acima de 5 mg/m³ pode destruir as células epiteliais nos pulmões. Como resultado desta exposição ao metal, podem ocorrer edema pulmonar, traqueobronquite e pneumonite (ATSDR, 2012).

A exposição única a grandes quantidades de cádmio pode causar comprometimento de longo prazo na função pulmonar. Em nível celular, a injúria pulmonar provocada pelo cádmio causa diminuição de catalase, superóxido dismutase, sulfidril não proteica, glicose-6-fosfato desidrogenase e glutatona peroxidase (ATSDR, 2012).

A resposta respiratória ao cádmio é semelhante à resposta observada com outros agentes que produzem dano oxidativo. Existe tipicamente uma hiperplasia do pneumócito do tipo 2 em resposta aos danos nas células do tipo 1 e necrose. A exposição por inalação de cádmio a longo prazo em níveis mais baixos também leva à diminuição da função pulmonar e enfisema em trabalhadores. Alguma tolerância à irritação do pulmão induzida pelo cádmio se desenvolve em humanos e animais expostos, e a função respiratória pode se recuperar após a cessação da exposição ao cádmio. Os danos pulmonares também foram observados em alguns estudos sobre a exposição oral ao cádmio em ratos, mas os efeitos pulmonares estão provavelmente relacionados ao dano hepático ou renal e alterações subsequentes no metabolismo celular (ATSDR, 2012).

Outro efeito da exposição a longo prazo à inalação de cádmio é o dano da função olfativa e do epitélio nasal (ATSDR, 2012).

Rins

Após intoxicação crônica, houve forte evidência de potencial nefrotóxico do cádmio, o que pode levar à ocorrência de nefropatia e disfunção renal (ECHA, 2017).

A primeira indicação de danos nos rins em humanos é uma excreção aumentada de proteínas de baixo peso molecular, particularmente β 2-microglobulina, α 1-microglobulina e proteína ligadora de retinol; há aumento dos níveis urinários de enzimas intracelulares, como N-acetil- β -glicosaminidase (NAG) e aumento da excreção de cálcio e metalotiona. Numerosos estudos de trabalhadores expostos a cádmio e populações que vivem em áreas com baixa, moderada ou alta poluição por cádmio encontraram associações significativas entre os níveis de cádmio na urina e níveis de biomarcadores ou aumentos significativos na prevalência de níveis anormais de biomarcadores. Em níveis mais altos de exposição, diminuições na taxa de

filtração glomerular, aumento do risco de diálise ou transplante renal e aumentos significativos no risco de mortes por doença renal foram observados (ATSDR, 2012).

A sensibilidade renal ao cádmio está relacionada à sua distribuição no organismo e à síntese da metalotioneína nos rins. No sangue, o cádmio é ligado à metalotioneína e é facilmente filtrado no glomérulo e reabsorvido no túbulo proximal. Dentro das células tubulares, a metalotioneína é degradada nos lisossomos e o cádmio livre é liberado; a síntese de metalotioneína endógena pelas células tubulares é então estimulada. No entanto, quando o conteúdo total de cádmio no córtex renal atinge entre 50 e 300 µg/g de peso úmido, a quantidade de cádmio não ligada à metalotioneína torna-se suficientemente alta para causar dano tubular. Íons livres de cádmio podem inativar enzimas dependentes de metal, ativar calmodulina e / ou danificar as membranas celulares através da ativação de espécies reativas de oxigênio. Como a toxicidade do cádmio depende de sua concentração no rim, os efeitos adversos em humanos normalmente não são observados após períodos mais curtos (ATSDR, 2012).

Ossos

Com base em extensivas revisões em literatura, há evidências de que o tecido ósseo é alvo da exposição a compostos de cádmio tanto na população em geral como nas pessoas expostas ocupacionalmente. Os achados neste tecido foram observados tanto em estudos experimentais quanto epidemiológicos, entretanto, o mecanismo de ação tóxico não foi completamente elucidado, e os tipos de lesões ósseas não foram claramente identificadas (ECHA, 2017).

Em populações residentes de regiões contaminadas com cádmio, foram observados decréscimo na densidade mineral óssea, aumento do risco de fraturas e aumento do risco de osteoporose. Em populações próximas a áreas contaminadas, mas não residentes destas, também foi observada associação entre efeitos ósseos e exposição níveis mais elevados de cádmio. Efeitos semelhantes também foram observados em ratos jovens expostos ao cádmio pela via oral. Dados em animais sugerem fortemente que a exposição ao cádmio resulta em aumento do *turnover* ósseo e diminuição na mineralização durante o período de rápido crescimento ósseo. Embora estudos em animais sugiram que esses efeitos são devidos a danos diretos ao osso, é provável que o dano renal resultando na perda de cálcio e fosfato e alteração no metabolismo renal da vitamina D possa agravar estes efeitos (ATSDR, 2012).

A forma mais grave de intoxicação por cádmio é a doença de Itai-itai, causada exclusivamente pelo cádmio, que compreende sinais graves de osteoporose e osteomalácia associados à doença renal em mulheres idosas (ECHA, 2017).

Exposição Em Crianças

Não existem estudos precisos sobre se os efeitos toxicológicos de bário diferem nas crianças dos adultos. Não se deve desconsiderar que a susceptibilidade em crianças tende a ser menor do que em adultos. Estudos são necessários (ATSDR, 2007)

10.1.3.5.3.3. Mecanismos de toxicidade

Íons livres de cádmio podem inativar enzimas dependentes de metais, ativar a calmodulina, e/ou danificar membranas celulares através da ativação de espécies reativas. A toxicidade é dependente da concentração nos rins, portanto, efeitos adversos em humanos não são tipicamente observados após exposições curtas ao cádmio (ATSDR, 2012).

O mecanismo de ação de toxicidade renal está relacionado à sua distribuição no organismo e à síntese da metalotioneína nos rins. No sangue, o cádmio é ligado à metalotioneína e é facilmente filtrado no glomérulo e reabsorvido no túbulo proximal. Dentro das células tubulares, a metalotioneína é degradada nos lisossomos e o cádmio livre é liberado; a síntese de metalotioneína endógena pelas células tubulares é então estimulada. No entanto, quando o conteúdo total de cádmio no córtex renal atinge entre 50 e 300 µg/g de peso úmido, a quantidade de cádmio não ligada à metalotioneína torna-se suficientemente alta para causar dano tubular. Íons livres de cádmio podem inativar enzimas dependentes de metal, ativar calmodulina e ou danificar as membranas celulares através da ativação de espécies reativas de oxigênio.

10.1.3.5.4. LIMITES - CÁDMIO

10.1.3.5.4.1. Níveis Mínimos de Risco (*Minimal Risk Levels*) - MRLs

Para o cádmio, foram determinados os seguintes valores de MRL:

- MRL (inalatório de duração aguda) = 3×10^{-5} mg Cd/m³ (0,03 µg Cd/m³) foi derivado para exposição inalatória de duração aguda (duração <14 dias) ao cádmio (ATSDR, 2012).

- MRL (inalatório de duração crônica) = 0,01 µg Cd/m³ foi derivado para exposição inalatória de duração crônica (≥1 ano) ao cádmio (ATSDR, 2012).

- MRL (oral de duração intermediária) = 0,5 µg Cd/kg/dia foi derivado para exposição oral de duração intermediária (15-364 dias) ao cádmio (ATSDR, 2012).

- MRL (oral de duração crônica) = 0,1 µg/kg/dia foi derivado para exposição oral de duração crônica (≥1 ano) ao cádmio (ATSDR, 2012).

10.1.3.5.4.2. Doses de Referência

Doses de Referência - Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST)

Não determinado (HEAST, 1999a).

Segundo a Tabela 3 - Carcinogenicidade: Não há evidências suficientes da carcinogenicidade deste composto pela via oral (US EPA, 1999).

Doses de Referência - US EPA's IRIS Program

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,0005 mg/kg/dia (água); 0,001 mg/kg/dia (alimento)

Fator de incerteza: 10

Via: Oral

Efeito crítico: Proteinúria significativa

Espécie: Humanos

Nível de Efeito: NOAEL

Dose: 0,005 mg/kg/dia

Duração do experimento: Crônico (US EPA, 1989).

10.1.3.6. CHUMBO

O chumbo é um metal pesado de coloração cinza azulado, encontrado naturalmente em rochas e minerais como a galena (sulfeto de chumbo) e outros, normalmente associado ao metal zinco. O elemento chumbo pode ser utilizado na sua forma pura (metálica) ou em compostos químicos como os óxidos. Dentre suas utilizações, pode ser componente de baterias, munições, produtos metálicos, e lâminas de proteção contra raios-X, além de ser componente de diversos produtos domésticos como tintas, medicamentos e em alguns alimentos (ATSDR, 2007).

10.1.3.6.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE E COMPORTAMENTO NO MEIO FÍSICO

O elemento é liberado na natureza principalmente por atividades antropogênicas, como em indústrias e fábricas de fundições de metais e baterias por exemplo. (ATSDR, 2007).

AR

Na atmosfera ocorre principalmente na forma de partículas, e quando decantam, as concentrações mais superficiais do solo tendem a possuírem as maiores concentrações do elemento.

ÁGUA

Na água, o chumbo é liberado principalmente por efluentes industriais, geralmente de indústrias que extraem, produzem ou utilizam compostos com a substância em questão.

Sua solubilidade varia com o pH, salinidade e características do meio. Em meios mais ácidos, a solubilidade tende a aumentar (ATSDR, 2007).

SOLO

Assim como no meio aquoso, as fontes naturais de chumbo estão associadas ao descarte de solos contaminados ou resíduos industriais. O chumbo na forma particulada na atmosfera também contribui para o aumento da concentração do elemento no solo (ATSDR, 2007).

10.1.3.6.2. BIOACUMULAÇÃO

Chumbo possui uma característica biocumulativa em plantas e animais terrestres ou aquáticos, porém não tende a ser biomagnificado na cadeia alimentar (EISLER, 1988 *apud* ATSDR, 2007).

10.1.3.6.3. PERFIL TOXICOLÓGICO

A característica toxicológica importante dos metais pesados é que podem reagir em sistemas biológicos perdendo um ou mais elétrons e formando cátions, o que leva a diversas respostas biológicas (LIU *et al.*, 2008). Todos os sistemas enzimáticos são potencialmente suscetíveis aos metais pesados, mas certas respostas predominam em relação a outras devido ao acesso do metal aos componentes biológicos. Dessa forma, em organismo vivos, o acesso dos metais pesados pode ser limitado pelas estruturas anatômicas ou por competição nos processos biológicos. Isto se reflete em consideráveis diferenças de sensibilidade entre diferentes órgãos e tecidos, assim como diferenças entre experimentos *in vivo* e *in vitro*, entre espécies e entre respostas típicas nos quadros de intoxicação (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

O chumbo raramente é encontrado no seu estado natural, mas sim, em combinações com outros elementos, e sendo que, entre os mais importantes estão a galena (sulfeto de chumbo), entre outros. Os minérios de chumbo são de composição extremamente variável. A galena, que normalmente contém 86,6% de chumbo, está sempre associada à prata (ATSDR, 2007). A forma química dos compostos de metais pesados, como o chumbo, influencia na absorção do metal (além de outros fatores como condições nutricionais, idade e a via de exposição do indivíduo) mas, seja qual for a quantidade absorvida, poderá afetar sistemicamente o organismo. Dessa forma, foram consideradas as informações presentes na literatura científica, na forma metálica, ligada a outro elemento ou ionizada.

O chumbo causa efeitos adversos a órgãos e sistemas, entre estes, as alterações subcelulares e efeitos neurológicos para o desenvolvimento, são apontados como os mais críticos. O chumbo afeta muitos processos bioquímicos, principalmente a síntese da heme, o sistema hematopoiético e a homeostase do cálcio, o que interfere em outros processos celulares (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

A toxicidade do chumbo pode ser observada por efeitos clínicos ou pode se manifestar por efeitos mais sutis, como alterações bioquímicas, podendo atingir vários sistemas, órgãos e atividades bioquímicas. É importante distinguir entre adultos e crianças, devido à diferença de suscetibilidade entre esses dois grupos. Nas crianças, os efeitos críticos atingem o sistema nervoso, enquanto que nos adultos com exposição ocupacional excessiva, ou mesmo acidental, os cuidados são com a neuropatia periférica e a nefropatia crônica. Em situações raras, os efeitos sobre a síntese da heme proporcionam indicadores de exposição ao chumbo na ausência de

consequências quimicamente perceptíveis. Também os sistemas gastrintestinal e reprodutivo são alvo da intoxicação pelo chumbo (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

O alvo mais sensível aos efeitos tóxicos do chumbo é o sistema nervoso central. Em adultos, os efeitos neurotóxicos podem ocorrer em níveis sanguíneos relativamente baixos de chumbo, que pode se manifestar por alterações de comportamento, fadiga e diminuição da capacidade de concentração mental. Em crianças, pode haver déficit cognitivo, déficit na escala de inteligência, processamento da fala e linguagem, atenção ou desempenho na escola e diminuição de acuidade auditiva. A intoxicação grave por chumbo é visivelmente notada por uma linha azul púrpura na gengiva, a Orla de Burton, especialmente em crianças, além da presença de linhas de chumbo nas margens epifisárias de ossos longos em radiografias (MENDES, 2003).

Outro alvo importante da intoxicação por chumbo é o sistema hematológico. A anemia por intoxicação por chumbo é resultado da diminuição da meia-vida das hemácias por fragilidade da membrana celular e da interferência da síntese do grupo heme por inibição de sistemas enzimáticos. Anemia hemolítica também pode ser resultante de intoxicação por chumbo. Além disso, o chumbo pode interferir nos níveis sanguíneos de vitamina D, uma das responsáveis pela homeostase do cálcio, interferindo no crescimento e maturação de dentes e ossos (MENDES, 2003).

Após intoxicação por chumbo, podem ocorrer algumas manifestações gastrointestinais como anorexia, dispepsia, diarreia e constipação, que podem evoluir com cólicas intensas (cólica saturnina). A exposição aguda pode também causar nefrotoxicidade (MENDES, 2003).

O chumbo tem sido relacionado a efeitos adversos na fertilidade masculina (diminuição da contagem e da motilidade dos espermatozoides e redução do volume e densidade do esperma) e no desenvolvimento. A exposição crônica ao chumbo também tem sido relacionada a câncer renal (MENDES, 2003).

A exposição ao chumbo causa doenças que são reconhecidamente listadas como entidades nosológicas pela legislação brasileira, conforme segue (MENDES, 2003):

- Outras anemias devidas a transtornos enzimáticos (D55.8);
- Anemia Sideroblástica secundária a toxinas (D64.2);

- Hipotireoidismo devido a substâncias exógenas (E03.-);
- Outros transtornos mentais decorrentes de lesão e disfunção cerebrais e de doença física (F06.-);
- Polineuropatia devida a outros agentes tóxicos (G52.2);
- Encefalopatia Tóxica Aguda (G92.1);
- Encefalopatia Tóxica Crônica (G92.2);
- Hipertensão Arterial (I10.-);
- Arritmias Cardíacas (I49.-);
- “Cólica do Chumbo” (K59.8);
- Gota Induzida pelo Chumbo (M10.1);
- Nefropatia Túbulo-Intersticial induzida por metais pesados (N14.3);
- Insuficiência Renal Crônica (N17);
- Infertilidade Masculina (N46);
- Efeitos Tóxicos Agudos (T56.0).

Enfim, o sistema nervoso, o sistema hematopoiético e os rins são sítios críticos na exposição ao chumbo, enquanto que os distúrbios na função do sistema nervoso e os desvios na síntese da heme são considerados como efeitos tóxicos críticos (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

10.1.3.6.3.1. Toxicocinética

O chumbo é um metal pesado conhecidamente tóxico e que causa danos a muitos órgãos e sistemas por afetar diversas atividades biológicas. Seja qual for a rota de entrada do chumbo no organismo (inalação ou ingestão), os efeitos biológicos do chumbo são os mesmos, ou seja, há interferência no funcionamento normal das células e em inúmeros processos fisiológicos. Uma vez absorvido pela via inalatória (pós ou fumos) e pela via gastrointestinal, o chumbo não

sofre metabolização ou biotransformação e complexa-se com uma variedade de macromoléculas. Dessa forma, o chumbo é absorvido, distribuído e excretado frequentemente na forma de complexo. O chumbo não absorvido pela via gastrointestinal é excretado nas fezes, enquanto que a porção absorvida é excretada pelos rins (ECHA, 2012).

Após o chumbo ser absorvido, a distribuição no organismo depende, inicialmente, da taxa de fluxo sanguíneo nos tecidos e órgãos. Uma redistribuição subsequente pode ocorrer dependendo da afinidade de tecidos com o metal e da sua toxicodinâmica (ATSDR, 2007). Independentemente da via de absorção, o chumbo inorgânico é distribuído para tecidos moles (rins, medula óssea, fígado e cérebro) e tecidos mineralizados (ossos e dentes). A distribuição é a mesma em adultos e crianças, sendo que, em adultos, há maior acúmulo de chumbo nos ossos (90% em adultos e 75% em crianças) e a concentração é relacionada à de cálcio. O chumbo armazenado no tecido ósseo pode ser liberado para a corrente sanguínea em situações em que haja deficiência de cálcio e/ou osteoporose (ECHA, 2012).

A meia-vida do chumbo depende do tecido em que se encontra. No sangue e em tecidos moles, a meia-vida é de aproximadamente 40 dias, enquanto que, nos ossos, é muito estável, com meia-vida de décadas (ATSDR, 2007). A eliminação ocorre principalmente pela urina (>75%) e pela bile e fezes (15-20%) (ECHA, 2012).

A principal rota de exposição ao chumbo é a via respiratória, com taxa de absorção dependente da forma física e química do composto, bem como das características fisiológicas das pessoas expostas, como idade e *status* nutricional. Após a inalação, o chumbo é depositado no trato respiratório inferior e é completamente absorvido. Já a taxa de absorção pelo trato gastrointestinal é de 10 a 15%, podendo chegar a 50% em grávidas e crianças (MENDES, 2003).

10.1.3.6.3.2. Efeitos adversos

Toxicidade aguda

O chumbo apresenta toxicidade aguda, especialmente em crianças e trabalhadores expostos. A toxicidade aguda do chumbo é reconhecida como uma entidade nosológica pela Legislação brasileira - Efeitos Tóxicos Agudos (T56.0) (MENDES, 2003).

As principais rotas de exposição são a via oral (gastrointestinal) e via inalatória. Uma vez que há exposição por estas vias, a parte de chumbo que foi absorvida é distribuída na forma de complexo para tecidos moles (rins, medula óssea, fígado e cérebro) e tecidos mineralizados (ossos e dentes).

A via inalatória é considerada a principal via de intoxicação pelo chumbo pois, após a inalação deste metal, ele é depositado no trato respiratório inferior e é completamente absorvido. A intoxicação aguda por chumbo pode causar encefalopatia aguda, caracterizada por ataxia, vômitos, letargia, estupor, dor de cabeça, alucinações, tremores e coma. Em casos de rápida absorção, pode ocorrer a síndrome de choque pela perda maciça de líquidos através do trato gastrintestinal. A morte pode ocorrer em um a dois dias de evolução (MENDES, 2003).

Quando ingerido, o chumbo inorgânico pode causar náuseas, vômitos, dor abdominal, diarreia e constipação intestinal.

Os alvos da exposição única são descritos abaixo.

Encefalopatia aguda

O chumbo é, conhecidamente, uma substância neurotóxica. A exposição aguda a grandes quantidades de chumbo pode causar encefalopatia, uma condição que afeta o cérebro e pode levar rapidamente a convulsões, coma e morte por parada cardiorrespiratória (OSHA, 1991). Também chamada Estado Confusional Agudo ou *delirium*, caracteriza-se por distúrbio mental, com alteração da consciência, desatenção e pensamento incoerente. Apresenta um início súbito, um curso breve e flutuante e melhora rapidamente quando o fator causal é identificado e removido. O diagnóstico baseia-se em exame clínico, observando-se alterações que oscilam entre extremos de um estado hiperativo, com alucinações, ilusões e hiperatividade autonômica à letargia com sonolência e apatia. Exame diferencial pode ser feito considerando distúrbios metabólicos e doença cérebro-vascular (MENDES, 2003).

Nefrotoxicidade aguda

Após intoxicação aguda com chumbo, pode ocorrer nefropatia com injúria tubular severa, apresentando inchaço e necrose nos túbulos proximais e decorrente diminuição da função tubular. Além disso, foi observada, em humanos e em animais de experimentação, a formação de corpúsculos de inclusão intranuclear, alterações mitocondriais e citomegalia

tubular em trabalhadores expostos (MUSHAK, 2011). Estudos em ratos na fase precoce de intoxicação aguda e estudos *in vitro* têm demonstrado que o chumbo pode agir diretamente nas mitocôndrias, alterando-as morfológicamente, o que estaria associado às alterações funcionais (MENDES, 2003). A nefropatia aguda pode ocorrer em decorrência da ação direta do chumbo na estrutura celular, o que altera o transporte ativo da célula tubular proximal, resultando em diminuição da reabsorção ou excreção de solutos. Em crianças, a exposição ao chumbo pode levar a danos nos túbulos proximais e ocorrência de Síndrome de Fanconi, com aminoacidúria, glicosúria e fosfatúria (MENDES, 2003; MUSHAK, 2011).

Efeitos gastrintestinais

Após intoxicação com o chumbo, podem ocorrer efeitos gastrointestinais em sujeitos expostos ocupacionalmente ou em indivíduos com exposição aguda a níveis elevados de chumbo. A cólica é um efeito precoce indicativo de intoxicação por chumbo.

Toxicidade crônica - órgãos-alvo/sistemas-alvo por exposição repetida

A exposição crônica ao chumbo, de longa-duração ou repetida, pode causar efeitos a muitos sistemas do organismo, como os sistemas urinário, nervoso, sanguíneo e reprodutivo. Alguns sintomas comuns da superexposição crônica incluem: perda de apetite, gosto metálico na boca, ansiedade, constipação, náuseas, palidez, cansaço excessivo, fraqueza, insônia, dor de cabeça, irritabilidade nervosa, dores musculares e articulares, tremores finos, dormência, tonturas, hiperatividade e cólica. Nas cólicas por chumbo, a dor abdominal ocorre de forma severa (OSHA, 1991).

Os principais efeitos adversos específicos após intoxicação crônica por chumbo estão relacionados abaixo:

Sistema Nervoso

O sistema nervoso central é afetado por concentrações relativamente baixas. Os danos sobre o sistema nervoso periférico, primeiramente motor, são observados principalmente nos adultos (MOREIRA; MOREIRA, 2004). Além disso, podem ocorrer efeitos neurocomportamentais e neuropsicológicos em adultos, e efeitos neurocomportamentais e cognitivos em crianças.

Encefalopatia

O chumbo afeta adversamente vários órgãos e sistemas e é considerado uma substância neurotóxica. Os danos ao sistema nervoso central, em geral e, particularmente, ao cérebro (encefalopatia) são os mais críticos. Esta é uma das formas mais severas de intoxicação por chumbo (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

As crianças são mais suscetíveis do que os adultos aos efeitos da encefalopatia sobre o sistema nervoso central. A toxicidade do chumbo na infância pode ter efeitos permanentes, tais como menor quociente de inteligência e deficiência cognitiva. Durante o desenvolvimento de uma criança, o sistema nervoso pode ser afetado adversamente por níveis antes considerados seguros (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

A forma de encefalopatia mais grave e, frequentemente, fatal, pode ser precedida por vômitos, apatia que pode levar à sonolência e torpor, memória fraca, agitação, irritabilidade, tremores e convulsões. Pode surgir repentinamente com convulsões, seguidas de coma e morte (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

A encefalopatia caracteriza-se por edema cerebelar e cerebral, proliferação e edema endotelial, extravasamento de material proteico e, às vezes, necrose do endotélio capilar, hialinização e formação de trombos. Há degeneração neuronal e necrose de neurônios corticais, assim como das células de Purkinje, com gliose reacional (MENDES, 2003).

Estudos em trabalhadores expostos cronicamente ao chumbo indicam que as alterações neuropsicológicas encontradas nos sujeitos com exposições passadas e presentes indicam que os danos podem ser prolongados, ou mesmo permanentes, na função do sistema nervoso central (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

A encefalopatia tóxica crônica caracteriza-se por um quadro neuropsiquiátrico com alterações de personalidade, perda de memória, fadiga, depressão e perda de interesse pelas atividades diárias. Está relacionada à demência, com comprometimento do funcionamento intelectual persistente e adquirido, e déficit de pelo menos três das cinco áreas cerebrais (memória, linguagem, função visoespacial, cognição, emoção e personalidade) (MENDES, 2003).

Transtorno de Nervo Craniano: Transtorno do Nervo Olfatório

O chumbo está entre as substâncias reconhecidas como potencialmente capazes de causar efeitos tóxicos que resultam em desmielinização das fibras do nervo olfatório. Há poucas informações epidemiológicas referentes a transtornos olfatórios na população geral. Entretanto, grupos de trabalhadores expostos a substâncias como o chumbo podem apresentar problemas olfatórios em uma proporção 15 vezes maior do que os não expostos (MENDES, 2003).

Transtorno dos Nervo Periféricos: Polineuropatia por Agentes Tóxicos

A polineuropatia decorre de anormalidades de múltiplos nervos e podem comprometer fibras nervosas sensitivas, motoras ou autonômicas, isoladas ou em associação. Dessa forma, o chumbo pode causar paralisia do sistema nervoso periférico, com envolvimento seletivo dos nervos motores. A neuropatia periférica pode ser observada em trabalhadores assintomáticos expostos ao chumbo, com diminuição da velocidade de condução nervosa decorrente de desmielinização segmentar e, possivelmente, degeneração axonal, seguidas por degeneração das células de Schwann. Sinais tardios de intoxicação por chumbo são fraqueza do punho e extensores dos dedos (“mão caída”) e dorsiflexão e eversão do pé (“pé caído”), causados por neuropatia periférica dos extensores (MENDES, 2009; MOREIRA; MOREIRA, 2004; OSHA, 1991).

Sistema Hematopoiético - por alteração de sistemas enzimáticos

O sistema hematológico é um alvo importante da toxicidade do chumbo, pois a interação do metal com enzimas e proteínas ligantes de alta afinidade é, provavelmente, o mecanismo mais importante de sua toxicidade. Esta consiste na ligação reversível do chumbo aos grupos sulfidrila ou a outros sítios capazes de ligarem-se a cátions divalentes (IARC, 2006).

Após intoxicação por chumbo, na eritropoiese, há alteração da síntese da heme, o que causa acúmulo de seus precursores metabólicos, um quadro de porfíria adquirida. A inibição que o chumbo causa na enzima ácido δ -amino levulínico desidratase (ALAD) tem alta relevância, pois esta é uma enzima-chave na via de síntese da heme, a qual apresenta muito alta afinidade por Pb^{+2} . Uma vez que esta inibição enzimática ocorre, há um acúmulo de ácido δ -amino levulínico (ALA) na urina e aumento da protoporfirina eritrocitária livre no sangue. Estes indicadores biológicos estão correlacionados com a concentração de chumbo no sangue periférico e têm sido utilizados para avaliações da exposição ao chumbo (IARC, 2006).

O chumbo causa aumento na protoporfirina IX livre no sangue, que é medida como zinco protoporfirina (ZPP). Este é um metabólito normal na biossíntese da heme, seja em quantidades-traço ou como alternativa ao ferro em situações de insuficiência deste metal (IARC, 2006).

Além destes efeitos citados acima, o chumbo pode afetar outros sistemas enzimáticos relacionados à heme, como os citocromos P450 ou sistemas envolvendo o metabolismo de vitamina D. Como resultado, há um decréscimo na disponibilidade de citocromos para a cadeia respiratória e acúmulos de metabólitos tóxicos como o ALA (IARC, 2006).

O chumbo também pode inibir outras enzimas da via metabólica da síntese de hemoglobina. A inibição da enzima coproporfinogênio descarboxilase pelo chumbo resulta no acúmulo de coproporfirinas e o aumento de sua excreção urinária. As coproporfirinas podem ser acumuladas por diversas outras causas, não sendo, portanto, indicador biológico específico para o chumbo. Além disso, indivíduos com intoxicação severa com chumbo podem apresentar, em alguns casos, concentrações normais de coproporfirina urinária. A interferência no metabolismo das porfirinas é mais comum em pessoas do sexo feminino (IARC, 2006).

O chumbo pode, ainda, afetar as concentrações de hematócrito e hemoglobina pelo efeito hemolítico da acumulação do nucleotídeo pirimidina devido à inibição da enzima pirimidina-5'-nucleotidase (IARC, 2006). O chumbo inibe a síntese de citocromos, como o citocromo C, em sistemas humanos e animais. Também afeta outras enzimas que requerem o grupo heme, como a enzima citocromo C oxidase nos músculos, bem como outras proteínas (IARC, 2006).

Também, em virtude da inibição da formação da heme, há um certo nível de acúmulo de ferro, detectável no interior dos eritroblastos (coloração de Pearls) (MENDES, 2003).

A anemia seguida da exposição ao chumbo é causada pela diminuição da síntese de heme e das globinas e por um mecanismo hemolítico que é devido, parcialmente, à inibição de pirimidina-5'-nucleotidase. A anemia induzida por intoxicação por chumbo é normocítica em crianças e mulheres e, normalmente, associada à deficiência de ferro, a qual pode produzir anemia hipocrômica microcítica, mais severa. A anemia também pode ser resultado, em parte, pela ação inibitória do chumbo na eritropoietina. Estudos epidemiológicos indicam que a anemia induzida pelo chumbo é uma consequência importante da exposição a este metal,

mesmo em exposição a níveis de exposição baixos. A anemia não é uma manifestação inicial do plumbismo, sendo evidente quando os níveis de chumbo estão elevados por períodos prolongados (IARC, 2006; WHO, 2010).

Genotoxicidade

Indivíduos expostos ocupacionalmente apresentaram evidências de genotoxicidade. Em alguns estudos, os efeitos genotóxicos foram relacionados com concentrações de chumbo no sangue. Entretanto, os estudos em humanos são limitados por envolverem coexposição de chumbo e outros compostos. Dessa forma, não é possível atribuir ao chumbo os efeitos genéticos observados. Em um limitado número de estudos envolvendo indivíduos expostos não-ocupacionalmente, não houve efeitos genotóxicos relacionados com a concentração de chumbo no sangue (IARC, 2006).

Em estudos em animais de experimentação, foram observados efeitos genotóxicos, entretanto, há pouca evidência de interação direta com o DNA (IARC, 2006). O chumbo não demonstrou potencial genotóxico *in vitro* ou *in vivo*, nem que possa interagir com outros toxicantes, facilitando a ocorrência de carcinogênese química (Liu *et al.*, 2008).

Há a hipótese de que o chumbo seja um co-carcinógeno, permitindo ou aumentando os efeitos genotóxicos de outras substâncias (UNEP, 2010). Entretanto, muitos estudos *in vivo* e *in vitro* apresentam resultados conflitantes, pois apresentam resultados positivos, fracamente positivos e negativos. Uma vez que estes foram conduzidos com diferentes sais de chumbo, não se pode excluir que o efeito genotóxico tenha sido causado pelo ânion (cromato, brometo, acetato, nitrato) e não foi possível elucidar qual o mecanismo genotóxico. O conjunto dos testes realizados sugere que o chumbo possa ser fracamente genotóxico por mecanismo indireto (EFSA, 2010).

Muitos mecanismos têm sido propostos para o potencial carcinogênico induzido pelo chumbo, incluindo o reparo regenerativo; inibição da síntese de DNA ou do seu reparo; geração de espécies reativas de oxigênio com dano oxidativo ao DNA; a substituição de chumbo por zinco como reguladores transcricionais; interação com proteínas ligantes do DNA; e expressão gênica aberrante (Liu *et al.*, 2008).

Carcinogenicidade

Estudos recentes têm feito forte associação entre a exposição ao chumbo e o aumento do risco de câncer. Compostos inorgânicos de chumbo foram reclassificados pela Agência Internacional da Pesquisa do Câncer (IARC) como prováveis carcinógenos para humanos (IARC, 2006).

A análise de estudos em trabalhadores expostos ao chumbo indicou associação desta exposição ao aumento da incidência de câncer de pulmão e câncer de estômago. Entretanto, nestes estudos, os indivíduos não foram expostos somente ao chumbo, tendo tido contato também com outros potenciais carcinógenos, como cádmio, arsênico e escapamentos de motores que podem ter sido agentes que gerem confusão na interpretação dos resultados (Liu *et al.*, 2008).

Em roedores adultos, o chumbo é considerado um nefrocarcinógeno (IARC, 2006). Os tumores renais induzidos por chumbo também ocorreram na exposição perinatal na ausência de nefropatia crônica. Camundongos com alelos nulos de metalotioneína apresentaram-se mais susceptíveis às lesões proliferativas nos rins induzidas por chumbo. Muitos mecanismos têm sido propostos para a carcinogênese induzida por chumbo, incluindo reparo regenerativo, inibição da síntese de DNA ou de seu reparo, geração de espécies reativas de oxigênio com dano oxidativo de DNA, a substituição de zinco por chumbo na regulação transcricional, interação com proteínas ligantes de DNA e expressão gênica aberrante (Liu *et al.*, 2008).

Toxicidade para o neurodesenvolvimento

O sistema nervoso é o principal alvo da toxicidade do chumbo. Em humanos, o feto e a criança em desenvolvimento são mais vulneráveis à neurotoxicidade causada pelo chumbo devido a estarem com o sistema nervoso ainda em formação. A imaturidade da barreira hematoencefálica pode contribuir para esta vulnerabilidade. Além disso, as crianças podem vir a ter exposição maior ao chumbo devido ao comportamento de levar as mãos à boca, o que aumenta a absorção gastrointestinal deste metal (ECHA, 2012).

Dessa forma, são atribuídos ao chumbo os efeitos adversos em eventos críticos do desenvolvimento neural. Não há níveis seguros estabelecidos. A exposição pré- e perinatal é prejudicial ao desenvolvimento do sistema nervoso central e pode causar efeitos neurocomportamentais (ECHA, 2012). Além da ausência de um limite preciso, a toxicidade do

chumbo na infância pode ter efeitos permanentes, tais como menor quociente de inteligência e deficiência cognitiva (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

Efeitos sobre a fertilidade masculina e feminina

Muitos experimentos em animais foram conduzidos principalmente para confirmar os resultados de estudos observacionais em humanos e, também, para confirmar os mecanismos de ação do chumbo. Em ratos, foram observados diminuição da quantidade e desempenho do esperma e atrofia testicular com degeneração celular. Em primatas expostos desde a infância, foram observadas alterações na arquitetura no tecido testicular decorrentes de alterações ultraestruturais na idade adulta. As evidências combinadas que foram observadas em animais experimentais sugerem fortemente que o chumbo cause efeitos adversos sobre a produção de esperma, assim como cause mudanças histopatológicas no tecido testicular (ECHA, 2012).

Devido aos diversos dados disponíveis referentes à exposição humana ao chumbo, é desnecessário a extrapolação dos dados em animais. Muitos estudos foram conduzidos em trabalhadores expostos ao chumbo para investigar o impacto negativo deste metal na função reprodutiva masculina. Investigação também foi conduzida em populações estudadas em clínicas de fertilidade, hospitais e campos de tiro (ECHA, 2012).

As conclusões a partir destes estudos em humanos são apresentadas a seguir. Foi demonstrado efeito adverso na qualidade do sêmen, com aberração morfológica dos espermatozoides, decréscimo tanto na contagem espermática quanto em sua densidade. Alguns dos estudos com resultados negativos quanto aos efeitos na fertilidade masculina tiveram como característica níveis relativamente baixos de chumbo no sangue (abaixo do nível de efeito limítrofe sugerido em um dos estudos para fertilidade masculina). Além disso, muitos dos estudos com resultados negativos foram conduzidos em populações pequenas e alguns efeitos que pudessem gerar confusão na interpretação e comprometer tais resultados não foram levados em conta (ECHA, 2012).

Efeitos sobre a fertilidade feminina foram observados em estudos em animais, entretanto, não podem ser estimados com precisão para humanos. Em animais de experimentação, foram observados efeitos como alterações na maturação sexual, nos níveis hormonais, no ciclo reprodutivo, alterações no desenvolvimento do ovo (fecundado), bem como a diminuição na fertilidade (ECHA, 2012).

Efeitos sobre ou via lactação

A ECHA considera que, quando estudos de absorção, metabolismo, distribuição e excreção indicam a probabilidade de que a substância esteja presente em níveis tóxicos no leite materno, a substância deve ser classificada na Categoria adicional para efeitos sobre/via lactação. Uma avaliação do Conselho de Saúde da Holanda (2003) referenciou muitos estudos em seres humanos que mostraram níveis de chumbo no leite materno de até 350 µg/L. Estes níveis excederam o limite aceitável pela FAO/WHO de 16 µg/L, e estudos posteriores corroboram com a informação de que as crianças podem ser expostas ao chumbo via leite materno. Dessa forma, é sugerido que o chumbo metálico deva ser classificado na categoria adicional para efeitos sobre/via lactação (ECHA, 2013a).

Nefrotoxicidade crônica

A exposição crônica ao chumbo produz dois tipos de alterações anatomo-funcionais nos rins: (a) um dano em nível vascular (arteriolar), a nefroangioesclerose e, (b) um dano em nível tubular por efeito lesivo direto do chumbo sobre a célula tubular ou por hipóxia secundária à diminuição da perfusão renal.

Esta patologia por chumbo foi confirmada em pacientes com intoxicação crônica por este metal, sendo que os túbulos proximais apresentaram alterações ultraestruturais como (a) um padrão degenerativo; (b) sinais de hiperatividade metabólica, com inclusões granulares intranucleares, alteração formato nuclear; (c) um padrão regenerativo. Nos glomérulos, foram observados reação mesangial, afinamento da membrana basal glomerular, hipertrofia do epitélio visceral, fibrose intersticial e certo grau de hiperplasia arteriolar. Tais achados confirmaram a nefropatia crônica por chumbo. Além disso, é descrito em literatura, que reações autoimunes podem contribuir para nefrite intersticial em nefropatia ocupacional por chumbo. Este metal demonstra desempenhar papel na ocorrência de nefropatia crônica pelo ácido úrico (IARC, 2006).

Em estudos em animais de experimentação (coelhos, ratos, macacos e cães), a intoxicação crônica por chumbo foi associada à ocorrência de corpúsculos de inclusão intranuclear nas células epiteliais dos túbulos proximais, e foi confirmado, nestas inclusões, a presença de chumbo associado a proteínas não-histonas (IARC, 2006).

O quadro clínico de intoxicação crônica pelo chumbo é a hipertensão arterial, hiperuricemia e, frequentemente, gota; também pode haver hipercalemia. Tais sinais e sintomas surgem em fase avançada da doença. Os sinais sistêmicos de saturnismo em pessoas expostas ao chumbo antecedem a evidência de nefropatia. A insuficiência renal crônica ocorre nas fases avançadas da doença. A hipertensão pode causar posterior comprometimento da função cardíaca (cardiomiopatia hipertensiva) e causar arritmias cardíacas (MENDES, 2003).

Efeitos cardiovasculares

Estudos em humanos e em animais de experimentação indicaram evidências de relação causal entre a hipertensão e a exposição ao chumbo. Em estudo de coorte que relacionou o acúmulo de chumbo nos ossos e a pressão sanguínea, foi concluído que indivíduos com alto acúmulo de chumbo nos ossos apresentaram aumento do quadro de hipertensão de forma causal. Uma pesquisa de saúde pública realizada por uma agência federal dos Estados Unidos monitorou a pressão sanguínea e os níveis de chumbo no sangue, o que indicou que, em baixos níveis no sangue, o chumbo pode induzir à hipertensão. Além disso, uma reavaliação de estudo epidemiológico incluindo a população geral e grupos ocupacionalmente expostos (1980-2001) sugeriu uma fraca, mas significativa associação entre níveis de chumbo no sangue e pressão sanguínea. Em animais de experimentação, a exposição crônica ao chumbo, em baixas doses, indicou consistentemente efeitos hipertensivos, enquanto que, em altas doses, os resultados foram inconsistentes (Liu *et al.*, 2008).

A patogênese da hipertensão induzida pelo chumbo é multifatorial compreendendo: a inativação do óxido nítrico endógeno e guanosina monofosfato cíclica (GMPc), possivelmente por meio de espécies reativas de oxigênio induzidas pelo chumbo; mudanças no sistema renina-angiotensina-aldosterona e aumento da atividade simpática, que são importantes componentes humorais da hipertensão; alterações nas funções ativadas pelo cálcio das células musculares lisas vasculares, incluindo a contratilidade ao diminuir a atividade de sódio/potássio-ATPase e o estímulo da bomba de sódio/cálcio; e um possível aumento na endotelina e no tromboxano (Liu *et al.*, 2012).

Efeitos Imunológicos

A exposição a baixas concentrações de chumbo pode estimular a resposta policlonal dos linfócitos B. Já as altas concentrações do metal podem ter papel imunodepressor, diminuindo

as imunoglobulinas, linfócitos B periféricos e outros componentes do sistema imune (Liu *et al.*, 2012; MENDES, 2003). Os efeitos adversos do chumbo podem ser inter-relacionados e a nefrite intersticial mencionada na nefropatia por chumbo é descrita como decorrente de resposta autoimune (IARC, 2006).

Acúmulo de chumbo nos ossos e dentes

A retenção e mobilização do chumbo nos ossos ocorrem pelos mesmos mecanismos envolvidos na via metabólica de entrada e saída do cálcio e se acumula nos ossos e dentes com meia-vida longa (de 10 a 30 anos) (EFSA, 2010; Liu *et al.*, 2012). Esta deposição do metal contribui significativamente para manter os níveis de chumbo no sangue após o término da exposição e também como fonte de chumbo no período de formação do esqueleto fetal. Como o chumbo é considerado um análogo biológico do cálcio (qualitativamente), sua entrada e liberação do esqueleto podem ser controladas por muitos dos mecanismos que regulam a homeostase do cálcio, como os processos normais de difusão mineral e de troca (aposição/ressorção). Dessa forma, o chumbo armazenado no esqueleto pode ser mobilizado para a circulação em situações de estados fisiológicos e patológicos que promovem a ressorção óssea, o que constitui um mecanismo para a toxicidade tardia. Pode ser que ocorra durante a homeostase normal, como nos períodos de troca óssea acelerada e perda de minerais, tais como crescimento rápido de crianças, gravidez, lactação e menopausa. E também pode ser que o chumbo seja inesperadamente mobilizado em situações diversas, tais como nos casos de distúrbios no equilíbrio ácido-base, infecções, intervenções cirúrgicas, osteoporose, tirotoxicose e terapias com certas drogas, o que pode resultar em sintomas tóxicos, mesmo depois de cessada a exposição (Liu *et al.*, 2012; MOREIRA; MOREIRA, 2004). Conforme estudos em humanos, o acúmulo de chumbo nos ossos pode levar à hipertensão pela realimentação de chumbo na corrente sanguínea (Liu *et al.*, 2008).

Considera-se que os ossos sejam formados por cerca de 20% de osso trabecular e 80% de osso cortical. Nestes, a concentração de cálcio é de aproximadamente 22,5% e 7,4%, respectivamente. A taxa de renovação do osso trabecular é descrita como de 3 a 10 vezes aquela do osso cortical, o que se reflete na taxa de mobilização do chumbo, relatada como mais rápida no osso trabecular do que no cortical (MOREIRA; MOREIRA, 2004). Além disso, a fração de chumbo nos ossos aumenta com a idade do indivíduo, de 70% na infância para 95% na fase adulta (Liu *et al.*, 2012).

O chumbo pode afetar os ossos por interferir com mecanismos metabólicos e homeostáticos como hormônio da paratireoide, calcitonina, vitamina D, e outros hormônios que interferem no metabolismo do cálcio. O chumbo pode afetar osteoclastos, osteoblastos e condrócitos e tem sido associado à predisposição à osteoporose e ao retardo no reparo de fraturas. Crianças expostas ao chumbo tendem a apresentar osteoporose na idade madura (Liu *et al.*, 2008).

Além disso, o chumbo pode se depositar nos dentes e inibir a mineralização do esmalte e da dentina e afetar o metabolismo das células da polpa dentária, o que aumenta a ocorrência de cáries (Liu *et al.*, 2008).

Efeitos hepáticos

Os danos hepáticos observados após exposição ao chumbo são associados aos efeitos deste metal sobre a síntese da heme, que podem reduzir a capacidade funcional do citocromo P-450 no metabolismo hepático de drogas, conforme demonstrado em trabalhadores ocupacionalmente expostos. Dessa forma, os efeitos hepáticos são considerados secundários à inibição da heme. Tais efeitos são mais significativos em crianças com intoxicação aguda por chumbo (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

Exposição Em Crianças

Crianças são mais suscetíveis ao contato com chumbo, uma vez que está presente em tintas, poeira e diversos produtos domésticos. A higienização das mãos e pés é um grande fator redutor da ingestão de chumbo, haja vista que crianças de baixa idade tendem a colocar as mãos e pés na boca. Ainda, os efeitos à saúde causados por chumbo tendem a ser mais fortes nas crianças (ATSDR, 2007).

10.1.3.6.3.3. Mecanismos de toxicidade

Tanto a exposição inalatória quanto a gastrointestinal causam os mesmos efeitos no organismo, que são interferência na função celular em uma variedade de processos biológicos, que resultam em diversas manifestações clínicas cujo quadro é conhecido por saturnismo.

Os sistemas enzimáticos são potencialmente suscetíveis aos metais pesados. A importância toxicológica do chumbo resulta, principalmente, de sua interferência em

membranas celulares e enzimas, formando complexos estáveis com ligantes contendo enxofre, fósforo, nitrogênio ou oxigênio, que são doadores de elétrons. As interações bioquímicas do chumbo com grupamentos -SH são consideradas de grande significado toxicológico, uma vez que, tal interação em uma enzima pode alterar sua atividade e resultar em efeitos tóxicos. O chumbo também tem alta afinidade com as aminas e os aminoácidos simples (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

10.1.3.6.4. LIMITES - CHUMBO

10.1.3.6.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs

Os valores de MRL não foram derivados para o chumbo porque não foi identificado um limiar claro para alguns dos efeitos mais sensíveis em humanos (ATSDR, 2007).

10.1.3.6.4.2. Doses de Referência

Doses de Referência - Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST)

Não determinado (US EPA, 1999).

Doses de Referência - US EPA's IRIS Program

Não determinado. Discussão qualitativa: A U.S. EPA considerou estabelecer uma dose de referência (RfD) para chumbo inorgânico em 1985, mas concluiu ser inapropriado desenvolver uma RfD (US EPA, 2004).

10.1.3.7. COBALTO

Cobalto é um metal cinza prateado encontrado em baixas quantidades em rochas minerais associado aos outros metais e raramente em meteoritos. É componente da vitamina B12, essencial a humanos e animais. Outra forma comum é a radioativa, onde seu isótopo cobalto 60 é empregado na área medicinal, especificamente no tratamento de cânceres.

Seu principal uso é na composição de ligas metálicas e secundariamente na composição de tintas e pigmentos para vidros e cerâmicas (ATSDR, 2004).

10.1.3.7.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE E COMPORTAMENTO NO MEIO FÍSICO

As concentrações do elemento em rochas, minerais, plantas e animais são tratadas como traço, sendo fontes naturais, atividades vulcânicas e incêndios florestais. Fontes antrópicas incluem a queima de combustíveis fósseis, e tratamento de minérios que possuem cobalto associado (ATSDR, 2004).

AR

Na atmosfera ocorre principalmente na forma de partículas, e quando decantam, as concentrações mais superficiais do solo tendem a possuírem as maiores concentrações do elemento.

ÁGUA

Na água, o cobalto pode ocorrer naturalmente nas águas do mar ou águas subterrâneas, pelo contato com solos e rochas. A fonte antrópica está associada aos efluentes industriais, geralmente de indústrias que extraem, produzem ou utilizam compostos com a substância em questão (ATSDR, 2004).

SOLO

Solos próximos às regiões de mineração, rochas fosfáticas ou indústrias de processamento de minérios tendem a possuir maior teor de cobalto. Geralmente apresentam baixa mobilidade por ser facilmente adsorvido por óxidos de ferro e manganês, e essa adsorção tende a aumentar conforme o meio se torna mais ácido (ATSDR, 2004).

10.1.3.7.2. BIOACUMULAÇÃO

O Cobalto possui características biocumulativas em animais aquáticos como os peixes, porém não tende a ser biomagnificado na cadeia alimentar (BARCELOUX, 1999 *apud* ATSDR, 2004).

10.1.3.7.3. PERFIL TOXICOLÓGICO

Em animais e humanos, o cobalto exerce função fisiológica como componente da vitamina B12, na forma de Co (III). A dose diária recomendada de vitamina B12 é 2,4 µg/dia, que contém 0,1 µg de cobalto (ATSDR, 2004). Animais ruminantes e cavalos, mas não

humanos, são capazes de sintetizar essa vitamina pela microbiota do trato digestivo e, por isso, sais de cobalto são comumente usados como suplemento, na concentração máxima de 2 mg Co/Kg de ração (ECHA, 2018).

O cobalto apresenta baixa toxicidade aguda, e é classificado como sensibilizante dérmico e inalatório, e irritante dérmico e ocular com base nos estudos em animais de experimentação. Esse metal é supostamente carcinogênico pela via inalatória em decorrência de tumores pulmonares demonstrados em ratos e camundongos; genotóxico devido a fortes evidências *in vitro* e aparente ausência de limiar de dose nos estudos de carcinogenicidade; e tóxico para a reprodução com base em dados limitados em ratos e camundongos, ainda que sem evidências de toxicidade em parâmetros reprodutivos nos estudos em humanos (ECHA, 2018).

Estudos adequados de toxicidade crônica pela via oral conduzidos com o cobalto ou compostos de cobalto em humanos ou animais de experimentação não estão disponíveis. A maioria dos estudos disponíveis para avaliação da toxicidade do cobalto foram conduzidos em animais de experimentação expostos ao sulfato de cobalto pela via inalatória. Tais estudos demonstram lesões proliferativas, fibróticas e inflamatórias no pulmão de animais de experimentação a partir da menor concentração testada de 0,067 mg de cobalto/m³ após exposição subcrônica ou crônica, além de tumores pulmonares de alvéolos/brônquios em ratos e camundongos após exposição crônica. Com base nesses estudos, o sulfato de cobalto é classificado na Categoria 1B do Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS) para carcinogenicidade e na categoria 2 do GHS para mutagenicidade (ECHA, 2018).

De acordo com a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC), os sais de cobalto e o cobalto metálico são classificados como possivelmente carcinogênicos para humanos (Grupo 2B), enquanto que a liga metálica de cobalto com carboneto de tungstênio, se enquadrar no Grupo 2A, ou seja, provavelmente carcinogênico para humanos (IARC, 2006).

Os estudos que contemplam a avaliação dos sais: sulfato de cobalto, dicloreto de cobalto, dinitrato de cobalto, carbonato de cobalto e diacetato de cobalto (compostos solúveis de cobalto), são válidos para a avaliação toxicológica do cobalto, já que a toxicidade desses compostos é exercida pelos íons liberados em solução. Por outro lado, estudos conduzidos com o cobalto metálico ou com óxido de cobalto (compostos insolúveis de cobalto), os quais são

pouco ionizáveis, demonstram toxicidade atribuída principalmente às partículas do metal (ECHA, 2018; EFSA, 2012).

10.1.3.7.3.1. Toxicocinética

A taxa de absorção do cobalto pela via inalatória é dependente da solubilidade do composto em fluidos biológicos e macrófagos. Em hamsters, a absorção inalatória de óxido de cobalto é de aproximadamente 30%. Em humanos, sabe-se que ocorre absorção após exposição inalatória a compostos de cobalto demonstrada por aumento dos níveis de cobalto na urina, ainda que não haja dados quantitativos disponíveis para essa via de exposição. Apesar da exposição oral não ser uma via de exposição importante para a espécie humana, os dados disponíveis indicam que a absorção gastrointestinal de compostos de cobalto é bastante variável. Em ratos, a absorção oral é de 13 a 14% para o dicloreto de cobalto, e de 1 a 3% para o óxido de cobalto. Quando administrado junto com leite, a absorção do dicloreto de cobalto é de aproximadamente 40%. Em humanos, foram encontradas taxas de absorção oral de 18 a 97%, dependendo do tipo e da dose do composto de cobalto, e do estado nutricional do indivíduo. A absorção é aumentada em indivíduos com deficiência de ferro. Em estudo *in vitro* com pele humana, a dose absorvível (dose absorvida somada à dose presente na pele e no estrato córneo) do dicloreto de cobalto foi de 0,38 a 1,08% (ECHA, 2018).

Independente da via de exposição, após a absorção no sangue, o cobalto é rapidamente distribuído tanto em animais quanto em humanos, sendo que as maiores concentrações são encontradas no fígado e rins, e menores concentrações no coração, baço, músculos, ossos, cérebro, pâncreas, pulmão e gônadas. Quando a exposição ocorre pela via inalatória, a distribuição é similar à via oral, com exceção de uma maior retenção da substância no pulmão (ECHA, 2018).

Em animais de experimentação, a via urinária é a principal via de excreção após exposição inalatória a compostos de cobalto, ainda que, inicialmente, ocorra um pico de eliminação pelas fezes. Após exposição oral, a via primária de excreção é a fecal tanto em animais de experimentação quanto em humanos, o que demonstra o baixo potencial de absorção gastrointestinal quando administrado por essa via. Em estudos de exposição humana a partículas de óxido de cobalto na forma de aerossol, cerca de 40% da concentração pulmonar inicial ficou retida no trato respiratório após seis meses, sendo que 33% foi eliminado pela urina e 28% pelas fezes (ECHA, 2018).

10.1.3.7.3.2. Efeitos adversos

Efeitos respiratórios

Os efeitos primários do cobalto em tecidos respiratórios são observados após exposição inalatória, e incluem redução da função pulmonar, aumento da frequência de tosse, inflamação respiratória e fibrose. Os níveis em que se observa efeitos em humanos expostos no ambiente ocupacional varia de 0,015-0,13 mg Co/m³. Estudos em animais identificaram hiperplasia do trato respiratório, fibrose pulmonar e enfisema como efeitos mais sensíveis ao cobalto nos tecidos respiratórios. Acredita-se que muitos desses efeitos são resultantes da geração de radicais livres e oxidantes pelos íons de cobalto. A exposição *in vitro* a compostos solúveis de cobalto aumenta os índices de estresse oxidativo, incluindo a diminuição dos níveis de glutathione reduzida, aumento dos níveis de glutathione oxidada, ativação da via de hexose monofosfato e dano ao DNA induzido por radicais livres. A exposição ao cobalto também resulta em sensibilização do sistema imune, que pode resultar em ataques de asma após inalação do cobalto em indivíduos sensibilizados (ATSDR, 2004).

A forma de metal pesado do cobalto consiste em uma liga metálica de carboneto de tungstênio com matriz de cobalto. Esse material é utilizado para fabricar ferramentas de corte devido à sua rigidez e resistência a altas temperaturas. Diversos estudos têm demonstrado que a exposição ao metal pesado causa efeitos respiratórios, incluindo irritação respiratória, redução da função pulmonar, asma e fibrose em níveis de dose mais baixos que aqueles que produzem efeitos similares após exposição ao cobalto metálico isolado (0,007-0,14 mg Co/m³). Estudos sugerem que o cobalto seja o provável agente causador dos efeitos respiratórios em trabalhadores, e não o carboneto de tungstênio (ATSDR, 2004).

De acordo com a OECD, em estudos epidemiológicos conduzidos com trabalhadores expostos ao metal, sais ou óxidos de cobalto em diferentes condições ocupacionais, os efeitos clínicos foram restritos a redução da função pulmonar e aumento da frequência de catarro, tosse, chiado e dispneia; não foram observados efeitos adversos em exposições de até 0,12 mg/m³ (0,02 - 0,3 mg/m³) (OECD, 2014). Possivelmente, esses dados epidemiológicos tenham sido utilizados como base para o estabelecimento do Limite de Exposição Ocupacional (OEL) para o cobalto e seus compostos inorgânicos, considerando um período de exposição inalatória de 8 horas por dia (ACGIH, 2018).

Efeitos hematológicos

A exposição ao cobalto e a compostos de cobalto aumenta os níveis de eritrócitos e de hemoglobina em humanos e animais de experimentação. Um estudo relatou aumento de aproximadamente 16-20% nos níveis de eritrócitos em seis de seis homens saudáveis expostos ao cloreto de cobalto na dose de aproximadamente 1 mg Co/kg/dia pela via oral; a contagem de eritrócitos retornou ao normal 9-15 dias após a interrupção da administração. Níveis aumentados de eritrócitos também foram encontrados após tratamento de pacientes sem rins (com anemia resultante) com cloreto de cobalto pela via oral. O aumento nos níveis de hemoglobina resultou em redução da necessidade de transfusões de sangue. O tratamento de mulheres grávidas com cloreto de cobalto por 90 dias, no entanto, não preveniu a redução dos níveis de hematócrito e hemoglobina que é comum durante a gestação (ATSDR, 2004).

Após exposição inalatória ao cobalto hidrocarbonil, foi observado aumento dos níveis de hemoglobina em ratos e porquinhos-da-índia, mas não em cães. Após exposição inalatória ao sulfato de cobalto, foi observada policitemia em ratos, mas não em camundongos. Após exposição oral ao cobalto em dose única ou em longo prazo, foi observado aumento significativo nos níveis de eritrócitos (policitemia), hematócritos e hemoglobina em animais de experimentação. Em um estudo de 8 semanas em ratos, foi relatado aumento dose- e tempo-dependente no número de eritrócitos após administração oral de cloreto de cobalto (ATSDR, 2004).

Um estudo com voluntários expostos ao dicloreto de cobalto pela via oral na dose de aproximadamente 1 mg de cobalto/kg p.c./dia, por 22 dias revelou aumento no número de eritrócitos (policitemia). Esse efeito biológico foi considerado o mais sensível em relação à exposição oral repetida ao cobalto e é a razão pela qual esse metal é utilizado no tratamento de alguns tipos de anemia (EFSA, 2012).

Efeitos cardíacos

Estudos relataram a ocorrência de cardiomiopatia em humanos e animais de experimentação após exposição ao cobalto. Acredita-se que a exposição humana ocupacional à poeira contendo cobalto, tanto na forma de metal quanto de metal pesado, resulta em cardiomiopatia caracterizada por efeitos funcionais nos ventrículos e aumento do coração, mas os níveis de exposição associados a tais efeitos não foram determinados. Ratos expostos a 11,4

mg Co/m³ por 13 semanas desenvolveram cardiomiopatia leve; no entanto, ratos e camundongos expostos a 1,14 mg Co/m³ por 2 anos não apresentaram sinais de cardiomiopatia (ATSDR, 2004).

A cardiomiopatia relacionada ao cobalto foi observada em pessoas que consumiram altas quantidades de cerveja contendo sulfato de cobalto como estabilizante de espuma. Os consumidores ingeriram uma média de 0,04 a 0,14 mg Co/kg/dia por vários anos. A cardiomiopatia foi caracterizada por taquicardia sinusal, falência ventricular esquerda, choque cardiogênico, redução da complacência do miocárdio, ausência da resposta do miocárdio ao exercício ou catecolamina, coração aumentado, efusão pericárdica, e alterações intracelulares extensivas (alterações nas miofibrilas, mitocôndria, glicogênio e lipídeos). A cardiomiopatia associada ao cobalto na cerveja parece ser similar à cardiomiopatia alcoólica e beribéri, mas o desencadeamento da doença no caso da cerveja foi muito abrupto. No entanto, é possível que a cardiomiopatia tenha sido decorrente também do fato de os consumidores de cerveja apresentarem dietas pobres em proteínas e de apresentarem dano cardíaco prévio causado por abuso de álcool. Estudos em animais e dados limitados em humanos suportam essa possibilidade, já que são necessários níveis de exposição oral muito maiores (na ordem de 8-30 mg Co/kg/dia) para induzir efeitos cardíacos (ATSDR, 2004).

Efeitos dérmicos

Em humanos, a dermatite é um efeito comum da exposição dérmica ao cobalto. Utilizando testes de aplicação tópica (*patch*) e injeções intradérmicas, foi demonstrado que a dermatite é provavelmente causada por uma reação alérgica ao cobalto. Os níveis de exposição associados ao desenvolvimento de dermatite não foram identificados. Aparentemente, o cobalto metálico é um alérgeno mais potente que alguns sais de cobalto, já que a exposição repetida a sais aquosos de cobalto não resultou em eczema das mãos em pacientes sabidamente alérgicos ao esse metal. Em animais de experimentação, crostas e áreas desnudadas foram encontradas após seis dias de administração de 51,75 mg Co/kg (5 dias/semana) de octacarbonilo de dicobalto em áreas depiladas do abdômen de cobaias (aproximadamente 50 cm²). Após 11 dias de tratamento, as lesões desapareceram. Não foram observados efeitos adversos nos controles do veículo. Não se sabe se o cobalto metálico ou formas inorgânicas de cobalto seria capaz de causar reações similares (ATSDR, 2004).

Efeitos imunológicos

A exposição humana ao cobalto pelas vias inalatória e dérmica resulta em sensibilização a esse metal. A inalação de aerossol de cloreto de cobalto pode causar um ataque asmático em indivíduos sensibilizados, possivelmente em decorrência de uma reação alérgica nos pulmões. Similarmente, a dermatite observada em indivíduos expostos pela via dérmica é possivelmente resultante de uma reação alérgica onde o cobalto age como hapteno. Anticorpos IgE e IgA específicos ao cobalto foram relatados em humanos. Há evidências de que a sensibilidade ao cobalto em humanos também possa ser regulada por linfócitos T; uma linhagem celular de linfócitos T auxiliares específica para cobalto foi estabelecida. O cobalto também pode interagir diretamente com proteínas imunológicas, como anticorpos ou receptores Fc, resultando em imunossensibilização. Em estudos *in vitro*, o cobalto (III) reduz a proliferação tanto de linfócitos B quanto T, bem como a liberação de citocinas IL-2, IL-6, e IFN-Gamma. Vários estudos relataram reação cruzada entre a sensibilização ao níquel e ao cobalto (ATSDR, 2004).

Toxicidade do cobalto radioativo

A exposição a radioisótopos de cobalto também é uma preocupação com relação à saúde humana. Os radioisótopos ^{60}Co e ^{57}Co são os mais comercializados, e ambos emitem partículas de raios beta e gama, os quais podem ionizar moléculas intracelulares e resultar em dano tecidual e comprometimento da função celular. É importante ressaltar que não há nada específico quanto aos efeitos do cobalto radioativo em relação a outras fontes emissoras de raios gama e beta (ATSDR, 2004).

Carcinogenicidade

Vários estudos avaliaram os possíveis efeitos de carcinogenicidade induzida pela exposição inalatória de compostos de cobalto em humanos. Em uma coorte de 1.143 trabalhadores, foi observado aumento da mortalidade em decorrência de câncer de pulmão nos indivíduos expostos apenas ao cobalto (4 casos no grupo exposto versus um caso no controle). Em uma análise que considerou as variáveis de data de nascimento, idade na morte e fumo, 44% (quatro trabalhadores) no grupo exposto ao cobalto e 17% (três trabalhadores) no grupo controle morreram de câncer de pulmão. Os autores do estudo, no entanto, indicaram que a diferença não foi estatisticamente significativa e que os trabalhadores foram expostos também ao arsênico e níquel além do cobalto. As doenças pulmonares não-neoplásicas comumente encontradas em trabalhadores expostos ao cobalto e os níveis de exposição a esse metal não foram relatadas nesse estudo. Em um estudo subsequente de acompanhamento dessa coorte,

não foi relatado aumento da mortalidade devido a doenças respiratórias ou circulatórias. Similarmente, não foi observado aumento significativo na razão de mortalidade para câncer de pulmão nos trabalhadores em relação aos controles (ATSDR, 2004).

Em uma coorte de 709 homens trabalhadores de uma fábrica de metais pesados, não foi observada alteração na incidência de mortalidade geral, mas foi observado aumento da mortalidade em decorrência de câncer da traqueia, brônquios e pulmão. O hábito de fumar, isoladamente, não provocou excessos na incidência de câncer de pulmão, mas a influência desse hábito na mortalidade não pôde ser completamente descartada (ATSDR, 2004).

Em uma coorte de 5.777 homens e 1.682 mulheres expostos ao cobalto no ambiente ocupacional (concentrações de 1 a 515 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, níveis médios de exposição de 39,37 a 169 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e ao carboneto de tungstênio (na forma de pó de metal pesado) foi observado aumento significativo da mortalidade causada por câncer de pulmão nos trabalhadores expostos em comparação à média nacional. Nesse grupo de estudo, 61 casos e 180 controles foram selecionados para um estudo de caso-controle de risco de câncer. Desconsiderando as exposições nos últimos 10 anos, presumivelmente porque o câncer é uma doença de desenvolvimento tardio, foi observado aumento significativo na mortalidade causada por câncer de pulmão em trabalhadores expostos simultaneamente ao cobalto e ao carboneto de tungstênio. Foram observadas linhas de tendência para aumento do risco de câncer com o aumento da exposição cumulativa e duração da exposição. Ajustes nas análises para considerar o hábito de fumar e exposição concomitante a outros carcinógenos não alterou os resultados, apesar o do risco ocupacional ter sido maior entre os fumantes (ATSDR, 2004).

Posteriormente, em um estudo que avaliou 4.288 homens e 609 mulheres que trabalhavam na produção de aço inoxidável e liga de aço de 1968 a 1992, não foram observadas alterações significativas na taxa de mortalidade relacionada a câncer de pulmão, e não foi observada correlação entre incidência de câncer de pulmão e exposição ao cobalto. Em uma coorte de 2.216 trabalhadores em uma fábrica de metais pesados por pelo menos 3 meses, não foi observado aumento na taxa de mortalidade total, mas foi observado aumento na incidência de mortalidade em decorrência de câncer de pulmão. Os riscos aumentaram com o aumento do nível de exposição, mesmo após ajustes para considerar o hábito de fumar e a exposição concomitantes a outras substâncias carcinogênicas ou suspeitas de serem carcinogênicas (ATSDR, 2004).

Em hamsters, a exposição crônica inalatória a 7,9 mg cobalto/m³ na forma de óxido de cobalto não aumentou a incidência de tumores benignos ou malignos (ATSDR, 2004).

Em estudos de carcinogenicidade de dois anos pela via inalatória em ratos e camundongos, o sulfato de cobalto hepta-hidratado foi administrado nas doses de 0, 0,3, 1,0 ou 3,0 mg/m³ (50 animais/sexo/grupo). Foi observado aumento da incidência de tumores pulmonares de alvéolos/brônquios em ambas as espécies. Os resultados foram considerados positivos em ambos os sexos, porém, em ratos machos, a magnitude da resposta carcinogênica foi menor que nos demais animais. Nesses estudos, o NOAEC/NOAEL não pôde ser determinado, já que foram observadas lesões proliferativas, fibróticas e inflamatórias no trato respiratório a partir da menor concentração testada de 0,3 mg/m³. Considerando as lesões não-neoplásicas, a laringe foi o tecido mais sensível em ambas as espécies, com incidência estatisticamente significativa de metaplasia escamosa em todas as concentrações testadas (NTP, 1998).

Adicionalmente, foi observado aumento da incidência de feocromocitomas das glândulas adrenais em ratas fêmeas, e um aumento marginal desses tumores em ratos machos (NTP, 1998). Esse tipo de neoplasia pode se desenvolver em decorrência de hipoxemia sistêmica causada por danos nos pulmões, levando a inflamação crônica e subsequente desenvolvimento de tumores; assim, é possível que os tumores nas glândulas adrenais não tenham sido diretamente causados pela exposição sistêmica ao cobalto (ECHA, 2018).

Com relação à exposição pela via oral, não foram encontrados estudos em animais de experimentação que avaliaram o potencial de carcinogenicidade do cobalto. Em humanos, um estudo realizado nos Estados Unidos não encontrou correlação entre a mortalidade causada por câncer e a presença de traços de metais em reservatórios de água; os níveis de cobalto na água variaram de 1-19 µg/L, resultando na ingestão de 0,03 a 0,54 µg/kg/dia (ATSDR, 2004).

Toxicidade para o desenvolvimento pré-natal

A exposição de mulheres grávidas ao cloreto de cobalto na dose de 0,6 mg cobalto/kg/dia durante 90 dias para tratamento de anemia não resultou em efeitos tóxicos para o desenvolvimento pré-natal. Entretanto, a análise dos fetos foi limitada à observação de defeitos congênitos óbvios e a exposição ocorreu somente no último trimestre de gestação (ATSDR, 2004).

O cobalto é capaz de atravessar a barreira placentária. Soluções de cloreto e nitrito de cobalto induziram a formação de fenda palatina nos fetos de camundongos quando injetadas nas mães isoladamente, mas inibiram a formação de fenda palatina quando administrado concomitantemente com cortisona ou fenitoína. A exposição oral de ratos ao cloreto de cobalto nas doses de 5,4 ou 21,8 mg/kg p.c./dia a partir do dia 14 de gestação até o dia 21 de lactação resultou em redução do crescimento e/ou da sobrevivência dos filhotes, na presença de toxicidade materna. Por outro lado, não foram observados efeitos de fetotoxicidade ou teratogenicidade em ratos expostos via gavagem ao cloreto de cobalto em doses de até 100 mg/kg p.c./dia nos dias de gestação 6 a 15, ou em camundongos expostos a 81,7 mg de cobalto/kg p.c./dia nos dias 8 a 12 de gestação (NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM, 1998).

Não foram encontrados estudos que avaliaram o potencial de teratogenicidade do cobalto em humanos ou em animais de experimentação após exposição inalatória.

Toxicidade para a reprodução

Quanto à toxicidade para a reprodução, foram encontradas alterações degenerativas nos testículos de ratos expostos ao cobalto na dose de 265 ppm via ração por 98 dias; tais alterações foram consideradas secundárias à hipóxia, a qual representa um dos mecanismos de ação postulados para esse metal (vide item II.1). Adicionalmente, foi observada redução na motilidade de espermatozoides e/ou aumento de espermatozoides anormais em camundongos, mas não ratos, expostos ao sulfato de cobalto pela via inalatória a partir da dose de 3 mg/m³ por 13 semanas. Após 13 semanas de exposição ao cloreto de cobalto pela água de beber em doses de 100 a 400 ppm, camundongos machos apresentaram redução acentuada, com relação dose-resposta, na fertilidade, peso testicular e concentração e motilidade de espermatozoides, além de aumento nos níveis circulantes de testosterona (NTP, 1998).

Não foram encontrados estudos que avaliaram efeitos reprodutivos do cobalto em humanos expostos pela via oral ou inalatória.

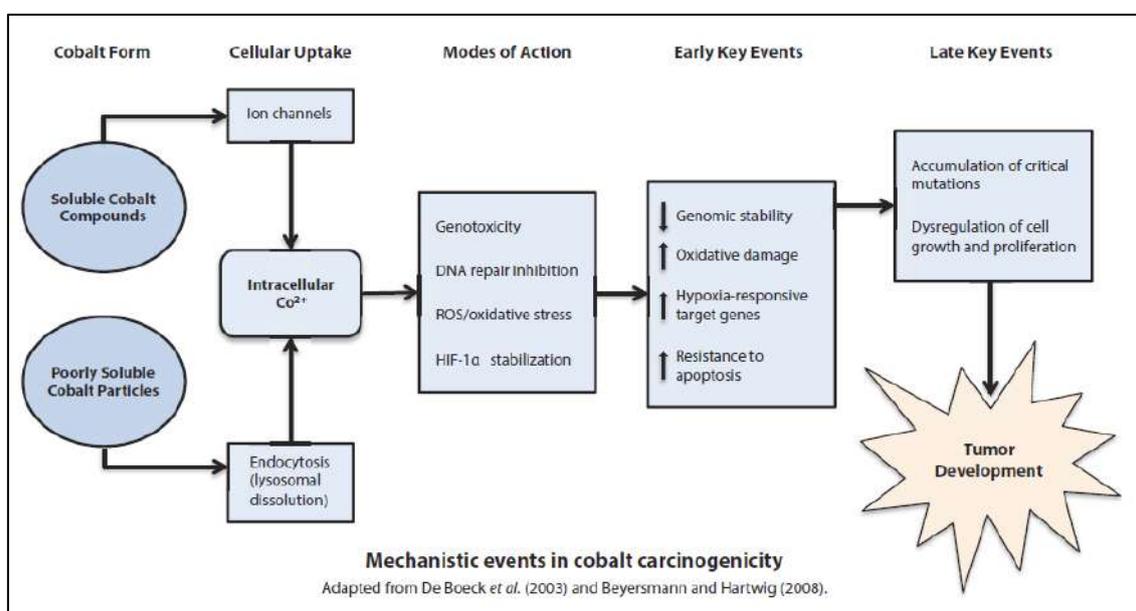
Exposição Em Crianças

A exposição de cobalto para crianças são as mesmas para adultos, tanto por via oral, dermal e inalatória (ATSDR, 2004). Adicionalmente, níveis de cobalto podem ser transferidos para o feto durante a gestação ou durante a amamentação (ATSDR, 2004).

10.1.3.7.3.3. Mecanismos de toxicidade

Apesar dos mecanismos de ação para carcinogenicidade em roedores não terem sido completamente elucidados, vários eventos-chave foram descritos para os compostos de cobalto ionizáveis, sendo eles: indução de EROs e estresse oxidativo (efeito genotóxico direto); inibição do reparo de DNA (efeito genotóxico indireto); e hiperexpressão de HIF1 α . É possível que os mecanismos descritos apresentem relação dose-resposta não-linear e, no entanto, não há informações suficientes para concluir sobre a existência ou ausência de limiar de dose com relação à carcinogenicidade dos sais de cobalto (NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM, 2016). Tais mecanismos encontram-se retratados na Figura 1, e a investigação dos mesmos encontra-se descrita a seguir.

Figura 46 - Eventos-chave do modo de ação de carcinogenicidade de compostos de cobalto



Fonte: *National Toxicology Program* (2016).

Os íons de cobalto são capazes de induzir a formação de EROs tanto *in vitro* quanto *in vivo*, e catalisam a geração de radicais hidroxila a partir de peróxido de hidrogênio. Além disso, estudos em camundongos expostos ao sulfato de cobalto revelaram mutações em tecidos tumorais que podem ser decorrentes de dano oxidativo ao DNA (ECHA, 2018).

Evidências de estudos conduzidos com agentes mutagênicos concomitantes indicam que os sais de cobalto e pó de metal cobalto podem intensificar um potencial de genotoxicidade pré-existente. Em associação com a radiação UVC, o cobalto (II) inibiu o reparo por excisão de

nucleotídeo em fibroblastos humanos, em ambas as etapas de incisão e polimerização. Nesse caso, o íon de cobalto inibiu a proteína Xeroderma Pigmentosum Grupo A (XPA) envolvida com o reparo por excisão de nucleotídeo, substituindo o íon de zinco daquela molécula. Consistentemente, o cobalto (II) apresenta efeito co-carcinogênico *in vivo* quando administrado em associação ao benzopireno (ECHA, 2018).

Em um ensaio genético quantitativo (cell-based beta-lactamase HRE reporter gene assay), com ensaios confirmatórios subsequentes, o sulfato de cobalto hepta-hidratado foi identificado como indutor da via de sinalização do fator induzível por hipóxia 1 (HIF-1), mimetizando o efeito de um microambiente com níveis reduzidos de oxigênio (XIA et al., 2009). O HIF-1 é um fator de transcrição que exerce um papel essencial nas respostas celulares e sistêmicas à hipóxia, sendo responsável pela regulação da homeostase do oxigênio. Em condições de hipóxia, o HIF-1 ativa a expressão de genes envolvidos na angiogênese, crescimento celular e sobrevivência (XIA et al., 2009). Além disso, o HIF-1 está envolvido na pato-fisiologia do câncer, já que é um regulador importante da adaptação de células tumorais à deficiência de oxigênio (NTP, 2016).

Conforme mencionado anteriormente, até o momento, não há informações suficientes para concluir sobre a existência ou ausência de limiar de dose com relação à carcinogenicidade dos sais de cobalto, ainda que as evidências indiquem fortemente somente efeitos locais no trato respiratório quando a exposição ocorre por essa via. Algumas avaliações por especialistas consideraram que esses compostos não são genotóxicos *in vivo*, e que o processo de iniciação da carcinogênese (dano ao DNA) por EROs e a inibição do reparo de DNA podem ser considerados modos de ação com limiar de dose (ECHA, 2018).

Apesar da maioria dos efeitos toxicológicos do cobalto serem atribuídos aos seus íons, os efeitos diretos de partículas de cobalto são importantes, visto que o cobalto metálico apresenta maior potencial de toxicidade que os sais de cobalto; tais diferenças podem ser parcialmente explicadas por diferentes mecanismos de entrada nas células e subsequente acumulação e distribuição intracelular dependendo da forma do cobalto (NTP, 2016). No caso de exposição à liga metálica de cobalto com carboneto de tungstênio, o mecanismo proposto é de que o carboneto, como um condutor de elétrons muito eficiente, facilita a oxidação do cobalto metálico a cobalto iônico (possivelmente Co^{2+}) através da transferência de elétrons do átomo de cobalto para o oxigênio molecular adjacente à molécula de carboneto de tungstênio.

Esse mecanismo resulta no aumento da solubilidade do cobalto em relação ao cobalto metálico isolado, aumentando também a geração de espécies reativas de oxigênio. Evidências *in vitro* desse mecanismo incluem o maior potencial de partículas de metal pesado de gerarem espécies oxidantes e de causar peroxidação lipídica em comparação com o cobalto e o carboneto de tungstênio isolados. Já foi demonstrado também que partículas de metal pesado aumentam os níveis de sintase de óxido nítrico induzível (iNOS), um gene responsivo ao estresse oxidativo (ATSDR, 2004).

Os mecanismos relacionados à policitemia induzida por cobalto não são bem compreendidos. É possível que o cobalto iniba a síntese do grupamento heme *in vivo* agindo em pelo menos duas etapas distintas da via biossintética. Essa atividade inibitória pode resultar na formação de protoporfirina de cobalto ao invés do grupamento heme. O tratamento com cobalto também estimula a oxidação do grupamento heme em vários órgãos em decorrência da indução da heme oxigenase. Alternativamente, o cobalto pode agir através de um mecanismo que envolve uma proteína contendo o grupamento heme, aumentando os níveis de eritropoietina, a qual estimula a produção de eritrócitos. Os mecanismos regulatórios por trás dessa aparente dicotomia não foram completamente elucidados (ATSDR, 2004).

O mecanismo de indução da cardiomiopatia pelo cobalto não é conhecido. A exposição ao cobalto pode resultar na sua acumulação em tecidos cardíacos e então estimular quimiorreceptores do corpo carotídeo, mimetizando a ação da hipóxia. As análises microscópicas dos corações daqueles consumidores com cardiomiopatia induzida por cerveja revelaram fragmentação e degeneração de miofibrilas, e agregados de mitocôndrias anormais. Tais alterações mitocondriais são indicativas de perturbações na produção ou utilização de energia, e podem estar relacionadas aos efeitos do cobalto no ácido lipóico. O cobalto causa quelação irreversível de ácidos lipóicos sob condições aeróbicas. O ácido lipóico é um cofator necessário para a descarboxilação oxidativa do piruvato para acetil-CoA, e do α -cetoglutarato para succinato. Em ratos tratados com cobalto, ocorre comprometimento da oxidação do piruvato ou de ácidos graxos no miocárdio. No entanto, a contribuição relativa desses mecanismos para os efeitos cardíacos do cobalto não foi determinada (ATSDR, 2004).

10.1.3.7.4. LIMITES - COBALTO

10.1.3.7.4.1. Níveis Mínimos de Risco (*Minimal Risk Levels*) - MRLs

Para o cobalto, foram determinados os seguintes valores de MRL:

- MRL (inalatório de duração crônica) = 0,0001 mg Co/m³ foi derivado para exposição inalatória de duração crônica (≥ 365 dias) ao cobalto (ATSDR, 2004).

- MRL (oral de duração intermediária) = 0,01 mg Co/kg/dia foi derivado para exposição oral de duração intermediária (<365 dias) ao cobalto (ATSDR, 2004).

Observação: não foram determinados MRLs para exposição inalatória aguda ou para exposição oral aguda e crônica.

10.1.3.7.4.2. Doses de referência

Doses de Referência - EFSA

A agência europeia de segurança de alimentos (EFSA) definiu o valor de referência para a saúde humana de 0,0016 mg de cobalto/kg p.c./dia, considerando um fator de incerteza de 600, o qual é equivalente a um fator de 10 para variabilidade interindividual, 10 para extrapolação de exposição sobreaguda para crônica, e 6 para extrapolação de LOAEL para NOAEL; tal valor foi definido frente à possível migração de cobalto a partir de recipientes de porcelana para produtos alimentícios, bem como o possível consumo de alimentos derivados de animais suplementados com esse metal. Este valor de referência foi estabelecido utilizando o estudo com voluntários expostos ao dicloreto de cobalto pela via oral na dose de aproximadamente 1 mg de cobalto/kg p.c./dia, por 22 dias (EFSA, 2012).

10.1.3.8. COBRE

Cobre é um metal avermelhado que ocorre naturalmente nos solos, águas, e baixas concentrações no ar. Seus principais minerais são os sulfetos como a calcopirita e a bornita, mas pode ocorrer sob a forma de arsenitos, cloretos e carbonatos. Por ter características físicas de alta maleabilidade, o metal é empregado em indústrias de fiações elétricas, ligas metálicas, moedas e tubulações (ATSDR, 2004).

10.1.3.8.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE E COMPORTAMENTO NO MEIO FÍSICO

O cobre pode ser encontrado sob a forma particulada na atmosfera ou dissolvida na água. Ainda, pequenas concentrações estão presentes em alimentos, bebidas e nos animais.

AR

Na atmosfera ocorre principalmente na forma de partículas carregadas pelo vento, ou provenientes de erupções vulcânicas. Fontes antrópicas consistem nas queimas de carvão, incineração de resíduos municipais e zonas de fundição.

Quando estão no ar, formam partículas pela ligação com oxigênio, carbono ou enxofre. Pequenas partículas podem permanecer na troposfera por até 30 dias (ATSDR, 2004)

ÁGUA

O ingresso de cobre na água está amplamente associado às partículas do solo ou da atmosfera, que são trazidos aos corpos da água por correntes, ou antropicamente pelos descartes industriais.

Na água, o cobre dissolvido pode ser transportado ligado às outras substâncias ou como cobre livre. A concentração média natural de cobre nas águas varia de 4 a 10 ppb, predominantemente na forma +2 na forma complexada (ATSDR, 2004).

SOLO

O cobre possui uma alta taxa de adsorção no solo. A concentração média natural em solos varia de 5 a 70 mg/Kg, podendo ser maior próximo a regiões minerárias (ATSDR, 2004).

10.1.3.8.2. BIOACUMULAÇÃO

O Cobre possui características biocumulativas em plantas e animais, principalmente em organismos filtradores como os mexilhões e ostras (*apud* ATSDR, 2004).

10.1.3.8.3. PERFIL TOXICOLÓGICO

Fisiologicamente, o cobre é um elemento essencial para o funcionamento de diversas enzimas. Entretanto, ao converter-se do estado oxidado ou Cu (II) para o estado reduzido ou

Cu (I), podem ser formados radicais superóxido e hidroxila. Dessa forma, os mecanismos de homeostase do organismo mantêm o cobre em concentrações fisiologicamente adequadas para suas funções essenciais (ATSDR, 2004).

Após exposição a concentrações altas de cobre, alguns efeitos adversos sobre os sistemas respiratório, gastrointestinal e pele foram observados em trabalhadores expostos a fumos e poeiras de cobre. A exposição a este metal produz efeitos tóxicos após atingir níveis de concentração superiores a 1,0 mg/m³. A exposição aos fumos de cobre pode causar febre de fumos metálicos, caracterizada por quadros febris com duração de 24 a 48 horas de febre, calafrios, mialgia, mal-estar, sensação de boca, garganta seca e cefaleia. Efeitos como anorexia, náuseas e, ocasionalmente, diarreia, tem sido atribuído à ingestão de poeiras do metal. A inalação pode causar irritação do trato respiratório superior, cavidade oral e olhos (MENDES, 2003).

10.1.3.8.3.1. Toxicocinética

Estudos *in vitro* sugerem pouca absorção de cobre pela via cutânea (<6% em pele humana). Estudos em animais indicam que o cobre ultrapasse a barreira cutânea quando aplicado com veículos apropriados, como ácido salicílico e fenilbutazona (ATSDR, 2004).

Não há estudos de absorção de cobre pela via inalatória ou há estudos limitados em animais que sugerem que haja absorção de óxido de cobre devido ao fato de ter sido detectado nos capilares alveolares após exposição (ATSDR, 2004).

O cobre é rapidamente absorvido a partir do trato gastrointestinal como cobre iônico ou ligado a aminoácidos. A absorção deste último envolve aparentemente pelo menos dois processos distintos. O primeiro mecanismo transporta o cobre do lado da mucosa intestinal para o lado da membrana serosa e isto ocorre para uma pequena fração do cobre absorvido pela via oral. O segundo mecanismo de absorção de cobre envolve a entrega de cobre à superfície de absorção, a absorção pela mucosa e a ligação com a metalotioneína ou outra proteína de ligação intestinal. O cobre ligado à metalotioneína pode ser liberado lentamente no sangue (ATSDR, 2004).

Diversos fatores podem afetar a absorção de cobre pelo trato gastrointestinal, que incluem: quantidade de cobre na dieta, competição com outros metais (como zinco, ferro e cádmio) e idade. Em ratos, a absorção de cobre mostrou-se inversamente relacionada à quantidade

deste metal na dieta, enquanto que, em humanos, não foi observada esta relação. Quantidades elevadas de zinco podem diminuir a absorção de cobre em ratos e em humanos (ATSDR, 2004).

Uma vez absorvido pelo trato gastrointestinal, o cobre atinge a corrente sanguínea rapidamente, predominantemente ligado à albumina, que atua como carreadora, assim como a transcupreína. O cobre é transportado para o fígado e rins. A partir do fígado, o cobre é transportado para os tecidos ligado à ceruloplasmina (ATSDR, 2004).

O metabolismo do cobre consiste principalmente na sua transferência para vários ligantes orgânicos, principalmente os grupos sulfidrílo e imidazole, e destes para aminoácidos e proteínas. Várias proteínas de ligação específica para o cobre foram identificadas que são importantes na captação, armazenamento e liberação de cobre dos tecidos. A exposição ao cobre induz a síntese de metalotioneína. No fígado, o cobre é incorporado à ceruloplasmina e liberado do fígado (ATSDR, 2004).

A bile é a principal via de excreção do cobre. Em humanos saudáveis, a excreção de cobre é de 72% nas fezes. Uma considerável quantidade de cobre excretado nas fezes é de origem biliar, enquanto que o restante é oriundo de cobre não absorvido e cobre de células da mucosa descamadas. A reabsorção do cobre biliar é insignificante (ATSDR, 2004).

Normalmente, de 0,5 a 3,0% da ingestão diária de cobre é excretada na urina (ATSDR, 2004).

10.1.3.8.3.2. Efeitos adversos à Saúde

Toxicidade inalatória

Alguns estudos relataram ocorrência da febre dos fumos metálicos de 24 a 48 horas após a exposição, caracterizada por calafrios, febre, dores musculares, xerostomia (secura na boca) e dor de cabeça em trabalhadores expostos a pó de cobre ou fumos de cobre (ATSDR, 2004).

Irritação cutânea

O cobre e seus sais são caracterizados por apresentarem baixo potencial alergênico, sendo pouco frequentes casos ocupacionais de irritação cutânea. Contudo, dermatite irritativa e/ou de contato podem ocorrer após o contato com a pele e a inalação de certos sais de cobre podendo causar processos irritativos e em casos mais graves, ulcerações locais (Mendes, 2003).

Irritação ocular

Há relatos na literatura de irritação ocular por operários expostos ao pó de cobre. Esta irritação é atribuída ao contato direto com o cobre e não por um efeito sistêmico (ATSDR, 2004). Estudos disponíveis sobre os efeitos oculares realizados em animais de experimentação, após a exposição ao cobre, relataram opacidade, irritação, vermelhidão e edema (USEPA, 2009).

Sensibilização da pele

Em estudo conduzido em cobaias, não foram observados sinais de hipersensibilidade dérmica (US EPA, 2009). Dermatite pruriginosa e dermatite de contato alérgica têm sido relatadas em humanos após exposição ao cobre (ATSDR, 2004).

Mutagenicidade

Não há estudos de genotoxicidade em humanos após exposição inalatória, oral ou dérmica para o cobre ou seus compostos. Estudos conduzidos *in vivo* têm avaliado a genotoxicidade do sulfato de cobre após a exposição oral ou parenteral, onde foram observados aumentos significativos na ocorrência de aberrações cromossômicas e de micronúcleos em células da medula óssea de ratos e eritrócitos (ATSDR, 2004).

Carcinogenicidade

O IARC concluiu que a exposição ao cobre não é carcinogênica para humanos. A USEPA também não classificou a substância como carcinogênica para humanos (ATSDR, 2004).

Toxicidade para órgãos-alvo específicos após exposição crônica

Há evidências de que o cobre pode ser considerado como uma hepatotóxica humana, onde as alterações hepáticas ocupacionais induzidas por este metal podem ocasionar a doença granulomatosa, uma forma benigna de doença hepática ocupacional crônica. Há indícios de que o cobre possa ser considerado um agente hemolítico capaz de agredir os glóbulos vermelhos, provocando alterações no seu conteúdo e membrana, levando à hemólise em proporção maior do que a normal e, conseqüentemente, causando anemia hemolítica (Mendes, 2003). A exposição crônica pode levar a um espessamento e esverdeamento da pele, dentes e cabelo. A

exposição repetida aos fumos e poeiras do metal pela via inalatória, pode causar irritação das fossas nasais, úlceras e perfuração de septo (ATSDR, 2004).

Exposição Em Crianças

Apesar do cobre ser um elemento fundamental no crescimento e desenvolvimento metabólico de crianças, a exposição em altos níveis pode comprometer a saúde das mesmas. O fígado é relatado como maior alvo dessa exposição, a partir de cirrose e toxicose idiopática. A dose estimada foi de 0,93 mg/Kg/dia (ATSDR, 2004).

10.1.3.8.3.3. Mecanismos de toxicidade - Cobre

Quando há exposição a grandes concentrações de cobre, o fígado atua na eliminação do excesso deste metal. Entretanto, este processo mostra-se saturável, o que leva a lesões hepáticas em concentrações acima do limite de saturação. Também o cobre pode acumular-se no núcleo celular, por um mecanismo ainda não elucidado, e que provoca danos ao núcleo. É proposto que o excesso de cobre cause danos oxidativo, incluindo peroxidação lipídica (ATSDR, 2004).

10.1.3.8.4. LIMITES - COBRE

10.1.3.8.4.1. Níveis Mínimos de Risco (*Minimal Risk Levels*) - MRLs

Para o cobre, foram determinados os seguintes valores de MRL:

- MRL (oral de duração aguda) = 0,01 mg/kg/dia foi derivado para exposição oral de duração aguda (1-14 dias) ao cobre (ATSDR, 2004).

- MRL (oral de duração intermediária) = 0,01 mg /kg/dia foi derivado para exposição oral de duração intermediária (15-365 dias) ao cobre (ATSDR, 2004).

10.1.3.8.4.2. Doses de Referência

Doses de Referência - Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST)

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,04 mg/kg.dia

RfD Subcrônica: 0,04 mg/kg.dia

Via: Oral

Órgão-alvo/ Efeito crítico: Sistema gastrointestinal / irritação

Espécie: Humanos

Nível de Efeito: LOAEL

Dose: 5,3 mg/kg/dia

Duração do experimento: Dose única.

Valor padrão atual de água potável: 1,3 mg/L. Foi atribuído baixo grau de confiabilidade em função de dados inadequados para determinação das doses de referência crônica e subcrônica do cobre (US EPA, 2000).

Doses de Referência - US EPA's IRIS Program

De acordo com os dados do IRIS (1988), os valores de referência do cobre não foram avaliados (USEPA, 1998).

10.1.3.9. CROMO

Crômio (ou Cromo) é um elemento metálico e são encontrados naturalmente em rochas, minerais, animais e plantas. O elemento é mais estável nos níveis de oxidação +2, +3 e +6 (bi, tri e hexavalente respectivamente). Sua forma metálica, obtida por processos industriais, é utilizada em ligas metálicas e construções civis, devido às suas propriedades anticorrosivas e também em tintas e pigmentos (ATSDR, 2012).

10.1.3.9.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE E COMPORTAMENTO NO MEIO FÍSICO

O crômio é liberado na natureza majoritariamente por ação antrópica e 40% do metal está na sua forma hexavalente, que é estável no ar mas tende a reduzir para a forma trivalente no solo e água. Existem estudos que indicam que o crômio, especialmente na sua forma trivalente, são os metais que possuem menor mobilidade no solo (Sahuquillo *et al.*, 2003 *apud* ATSDR, 2012)

AR

A liberação de cromo para atmosfera provém principalmente de zonas industriais onde há queima de combustíveis e produção e refino de metais, mas pode chegar naturalmente por erupções vulcânicas e fluxos de gás natural.

ÁGUA

O ingresso de cromo na água está amplamente associado às partículas do solo ou da atmosfera, que são trazidos aos corpos da água por correntes, ou antropicamente pelos descartes industriais.

Na água, o cromo dissolvido raramente volta para atmosfera, tendendo a ser adsorvido nas partículas ou sedimentos de fundo. Na coluna d'água, o cromo (III) tende a ser adsorvido na superfície de outras partículas como grãos siliciclásticos, orgânicos ou em óxidos.

O Cromo (VI) solúvel é persistente nos corpos d'água e tendem a ser reduzidos para forma (III) (ATSDR, 2004).

SOLO

Descartes industriais ou deposição inadequada de solos contaminadas são grandes contribuintes para elevar a concentração de cromo no solo.

Em condições oxidantes, o cromo (VI) se torna relativamente mais solúvel e conseqüentemente mais móvel (ATSDR, 2012).

10.1.3.9.2. BIOACUMULAÇÃO

Até 2008 acreditava-se que o cromo não era bioacumulado em organismos aquáticos, porém estudos indicaram a bioacumulação de cromo hexavalente no tecido de baleias em concentrações de até 7 microgramas por grama de tecido (WISE et al., 1982 *apud* ATSDR, 2012). Nas plantas, os dados disponíveis indicam baixa mobilidade entre o metal presente no solo para os organismos vegetais, não sendo biocumulativo.

10.1.3.9.3. PERFIL TOXICOLÓGICO

O cromo é um elemento naturalmente presente no meio ambiente, onde está presente nas formas de cromo elementar ou metálico (Cr^0), cromo trivalente (Cr^{3+}) ou cromo hexavalente (Cr^{6+}). Pode estar combinado com outros elementos químicos, formando diversos compostos (ATSDR, 2012).

O homem está exposto ao cromo, principalmente, através do ar, dos alimentos e da água de beber. Apesar da menor disponibilidade de estudos de avaliação da toxicidade do cromo trivalente, esta forma do metal parece expressar menor toxicidade para humanos (ATSDR, 2012).

10.1.3.9.3.1. Toxicocinética

O cromo é absorvido por diferentes processos, a depender do seu estado de valência. O cromo hexavalente ou cromo (VI), devido a sua maior hidrofilicidade, atinge as células através da ligação com carreadores de íons sulfato e fosfato presentes nas membranas celulares. A forma trivalente do cromo, também denominada cromo (III), permeia as células por processos de difusão passiva e fagocitose. O cromo metálico, que entra no organismo pela inalação dos seus vapores, chega aos pulmões e atinge a corrente sanguínea através da absorção pelos alvéolos pulmonares (ATSDR, 2012).

Durante a absorção pela via oral, a redução do cromo hexavalente para trivalente no meio ácido estomacal reduz a taxa de absorção do cromo ingerido. A absorção oral do cromo também é afetada pelo estado nutricional do indivíduo: a fração absorvida do metal é maior quando a ingestão dietética é menor. A maioria dos estudos em humanos demonstrou que a taxa de absorção do cromo correspondeu a menos de 10% da dose administrada pela via oral; e que a absorção do cromo hexavalente é maior em relação ao cromo trivalente, para o qual as taxas de absorção variaram entre 0,5% e 2%. A maior absorção da forma hexavalente pode estar relacionada à forma de captação desses íons pelas células, mais eficiente na internalização do cromo hexavalente (ATSDR, 2012; Liu *et al*, 2008).

Os compostos de cromo trivalente e hexavalente também podem ser absorvidos pela via dérmica, sendo que a taxa de absorção pode variar de acordo com a integridade da pele, da valência do átomo de cromo e do veículo em que o metal está diluído (ATSDR, 2012).

Ao atingir a corrente sanguínea, o cromo é captado pelos eritrócitos e é distribuído para todos os tecidos corpóreos, preferencialmente para o fígado, o baço e os rins. O cromo pode se acumular nos pulmões e nos ossos, e permanecer no organismo por longos períodos (ATSDR, 2012; Liu *et al*, 2008).

Uma vez nas células, o cromo hexavalente é convertido para cromo trivalente pela ação de agentes redutores como ácido ascórbico, glutatona e cisteína. Nos eritrócitos, a redução do cromo hexavalente para cromo trivalente é seguida da formação de complexos estáveis com a hemoglobina e outras proteínas intracelulares. Acredita-se que a toxicidade da forma hexavalente está relacionada a este processo de redução para cromo trivalente, no qual são gerados radicais livres e adutos de DNA (ATSDR, 2012; Liu *et al*, 2008).

O cromo sofre excreção predominantemente urinária em período de até sete dias, e ser eliminado pelos cabelos e pelas unhas. A meia-vida de excreção de compostos de cromo e potássio varia entre 35 e 40 horas. O cromo é capaz de atravessar a barreira placentária, e pode sofrer excreção pelo leite materno (ATSDR, 2012; Liu *et al*, 2008).

10.1.3.9.3.2. Efeitos Adversos

A exposição ao cromo hexavalente está relacionada à manifestação de efeitos diversos sobre os sistemas hematopoiético, imunológico e reprodutivo. O contato da pele com o cromo (VI) pode resultar em efeitos locais. A manifestação de efeitos respiratórios ocorre com a inalação de compostos de cromo hexavalente, e não está associada a exposição oral e dérmica. Os efeitos gastrointestinais estão diretamente relacionados à exposição aguda oral. O cromo hexavalente é considerado carcinogênico para humanos (ATSDR, 2012).

De acordo com o disposto em literatura científica, acredita-se que o cromo (III) possa expressar menor potencial de toxicidade para humanos e animais, com base nas evidências obtidas do conjunto dos dados disponíveis. Entretanto, ressalta-se que, também em concordância com o disposto em literatura, há menor disponibilidade de informações e estudos de avaliação dos efeitos tóxicos relacionados ao cromo trivalente. Adicionalmente, a interpretação dos resultados dos estudos ocupacionais é dificultada pela exposição concomitante a compostos de cromo (III) e cromo (IV). (ATSDR, 2012).

Efeitos ao trato respiratório

O trato respiratório é o principal alvo da exposição inalatória aos compostos de cromo hexavalente. Os efeitos ao trato respiratório descritos após a inalação de compostos de cromo hexavalente, possivelmente, se devem à ação corrosiva do cromo diretamente no local do contato (ATSDR, 2012; Liu *et al*, 2008).

A manifestação de efeitos respiratórios está diretamente relacionada à exposição ocupacional ao cromo, tendo sido observada em trabalhadores dos segmentos industriais de cromagem, produção de compostos de cromato e dicromato, soldagem de aço inoxidável, produção de ferrocromo e mineração da cromita (ATSDR, 2012; Liu *et al*, 2008).

A exposição de longo prazo aos compostos de cromo (IV) por trabalhadores foi relacionada ao aparecimento de sintomas de epistaxe, rinorréia crônica, dor e prurido nasal, atrofia da mucosa nasal, perfurações e ulcerações do septo nasal, bronquite, infecções respiratórias, redução da função pulmonar e pneumonia. Em indivíduos previamente sensibilizados, a inalação de partículas de compostos de cromo (VI) também foi relacionada a manifestação de asma (ATSDR, 2012).

Em animais, os efeitos observados após a exposição inalatória aguda e de curta duração a compostos de cromo (VI) foram irritação, acúmulo de macrófagos, hiperplasia, e inflamação dos pulmões, além de alterações funcionais no órgão (ATSDR, 2012).

A exposição aguda pela via oral e o contato dérmico com os compostos de cromo hexavalente não foram relacionados a manifestação de efeitos respiratórios (ATSDR, 2012).

Efeitos à pele

A exposição da pele aos compostos de cromo hexavalente pode desencadear efeitos de irritação, queimaduras e úlceras dérmicas. Em indivíduos sensibilizados, pode haver a manifestação de dermatite de contato (reação alérgica do tipo IV), com sintomas de eritema, edema, escaras e prurido (Liu *et al*, 2008).

A manifestação de efeitos dérmicos relacionados ao cromo (VI) é prevalente em exposições intermediárias ou prolongadas de trabalhadores, ou após a exposição aguda a altas doses dos seus compostos. Não é provável que a exposição humana ao cromo presente no ambiente possa resultar na manifestação de efeitos sobre a pele (ATSDR, 2012).

Efeitos gastrointestinais

Em humanos, a exposição aguda pela via oral a compostos de cromo hexavalente desencadeou efeitos ao trato gastrointestinal, com sintomas de dor abdominal, vômitos, ulceração gástrica, hemorragias, necroses e conteúdo sanguinolento nas fezes (ATSDR, 2012).

A exposição oral de longo prazo ao cromo (VI) também foi associada a manifestação de efeitos sobre o trato gastrointestinal em indivíduos expostos a água contaminada oriunda de uma planta industrial produtora de ligas metálicas, na China. Os efeitos observados incluíram úlceras, diarreia, dores abdominais, indigestão e vômitos. Nos estudos conduzidos em animais de experimentação foi demonstrado que o sistema gastrointestinal é o principal sistema orgânico afetado após a exposição crônica pela via oral aos compostos de cromo hexavalente (ATSDR, 2012).

Efeitos ao sistema imunológico

Os compostos de cromo hexavalente demonstram potencial de sensibilização após exposições pelas vias dérmica, oral e respiratória; com a manifestação de reações de hipersensibilidade imediata (reações de hipersensibilidade do tipo I) ou tardia (reações de hipersensibilidade do tipo IV). As reações alérgicas, tipicamente, se manifestam através de dermatite e asma (ATSDR, 2012).

Os estudos em animais também demonstraram que a ingestão e a inalação de cromo hexavalente e seus compostos por longos períodos está relacionada a efeitos sobre o sistema imune, com estimulação do sistema humoral e maior atividade de macrófagos, células B e células T (ATSDR, 2012).

Efeitos ao sistema hematológico

Não foram demonstrados efeitos sobre parâmetros hematológicos após a exposição humana ao cromo hexavalente, tanto em estudos ocupacionais quanto em outros estudos conduzidos em humanos (ATSDR, 2012).

Por outro lado, os achados obtidos em animais de experimentação demonstraram a relação entre exposição oral ao cromo (VI) e efeitos hematológicos. Após exposições de curto, médio e longo prazo, ratos e camundongos manifestaram anemia microcítica e hipocrômica

caracterizada por redução nos índices de volume celular médio, hemoglobina corpuscular média, hemoglobina e hematócrito (ATSDR, 2012).

Quanto ao cromo trivalente, não foram observados efeitos hematológicos em ratos e camundongos após a exposição única ou repetida através da via oral (ATSDR, 2012).

Efeitos à reprodução

A exposição ocupacional aos compostos de cromo VI pela via inalatória foi relacionada ao aumento significativo no número de espermatozoides anormais, redução significativa no número e na motilidade dos espermatozoides e maior incidência de complicações durante a gestação e o parto. Tais evidências obtidas em humanos, entretanto, foram consideradas limitadas. Os estudos realizados com a exposição de ratos ao cromo (III) pela via inalatória não demonstraram lesões histopatológicas sobre o sistema reprodutor de machos e fêmeas (ATSDR, 2012).

Não estão disponíveis estudos de avaliação da toxicidade para a reprodução do cromo trivalente e do cromo hexavalente em humanos expostos às tais substâncias através da via oral (ATSDR, 2012).

Em animais de experimentação, a exposição oral a compostos de cromo hexavalente foi relacionada a manifestação de alterações morfológicas e funcionais dos órgãos reprodutores (ATSDR, 2012).

Em ratos Wistar, a administração via *gavage* de cromo (VI) nas doses de 5,2 e 10,4 mg/kg p.c./dia durante seis dias foi relacionada a manifestação dos efeitos de redução quantitativa de espermatozoides e alterações histopatológicas dos testículos. Em outro estudo, com exposição de ratos durante 90 dias as doses de 20, 40 e 60 mg/kg p.c./dia via *gavage*, foram observados os efeitos de redução do tamanho dos testículos, diminuição das células de *Leydig*, redução do diâmetro do túbulo seminífero e diminuição dos níveis de proteínas, DNA e RNA presentes nos testículos. Um terceiro estudo em ratos apontou alterações significativas no comportamento sexual em machos expostos a dose de 42 mg/kg p.c./dia, através da água de beber, durante 12 semanas. No entanto, não foram descritas alterações na fertilidade dos machos expostos ao acasalarem com fêmeas não expostas (ATSDR, 2012).

Em camundongos da linhagem BALB, a exposição dietética a 15,2 mg/kg p.c./dia de cromo (VI) por um período de 7 semanas foi relacionada a diminuição do número de espermatozoides e degeneração dos túbulos seminíferos. Em um segundo estudo em camundongos (linhagem Swiss), os efeitos sobre o sistema reprodutor feminino foram observados em doses maiores ou iguais a 60 mg de cromo (IV) /kg p.c./dia, administradas durante 20 dias na água de beber. Houve redução no número de folículos ovarianos em diferentes estágios de maturação em doses de 60 mg/kg p.c./dia ou acima; diminuição do número de ovários por fêmea e alterações histológicas nos ovários em doses de 120 mg/kg p.c./dia ou acima; e aumento significativo na duração do ciclo estral a partir de 180 mg/kg p.c./dia. A severidade dos efeitos à reprodução demonstrou estar relacionado à dose nessa espécie (ATSDR, 2012).

No estudo conduzido em coelhos New Zealand, com administração de cromo (VI) na dose de 3,6 mg/kg p.c./dia via *gavage*, por período de 10 semanas, foi observado redução da contagem de espermatozoides, redução do peso relativo dos testículos e epidídimos e diminuição dos níveis plasmáticos de testosterona (ATSDR, 2012).

A exposição de ratos e camundongos a altas doses de compostos de cromo (III) via dieta por períodos de 3 meses ou 2 anos não produziu alterações histopatológicas nos órgãos reprodutivos masculinos ou femininos. Entretanto, alterações no comportamento sexual em machos de ratos *Sprague-Dawley* foram observados após a exposição dos animais ao cromo (III) na dose de 40 mg/kg p.c./dia, através da água de beber, durante 12 semanas. Em camundongos, foi observada redução do número de implantações e de fetos viáveis em fêmeas, com exposição oral a baixas doses de cromo trivalente (até 5 mg/kg p.c./dia). Em machos, a exposição dietética à dose de 9,1 mg de cromo trivalente /kg p.c./dia foi relacionada a redução da contagem de espermatozoides e degeneração dos túbulos seminíferos (ATSDR, 2012).

Efeitos ao desenvolvimento pré-natal

Não estão disponíveis estudos para avaliação dos efeitos à reprodução em humanos após a exposição oral ou a exposição inalatória ao cromo e seus compostos (ATSDR, 2012).

Os estudos em animais indicam que o cromo (VI) expressa toxicidade para o desenvolvimento fetal em ratos e camundongos (ATSDR, 2012).

Em camundongos, um estudo foi conduzido com a exposição de fêmeas ao cromo hexavalente através da água de beber, em doses de 0; 52; 98 e 169 mg/kg p.c./dia durante 20 dias. Após o período de exposição, as fêmeas foram acasaladas com machos não expostos. No grupo de menor dose, foi observado aumento da perda fetal pós implantação e diminuição no peso dos fetos. No grupo de dose intermediária, houve menor número de implantações e redução do número de fetos viáveis, redução no peso fetal, maior incidência de reabsorções fetais e maior perda de implantações fetais nos períodos de pré e pós-implantação. No grupo de maior dose, houve redução de 100% de perda fetal no período de pré-implantação. Os fetos nascidos das mães tratadas com a dose de 98 mg/kg p.c./dia apresentaram encurtamento de cauda, redução de peso corpóreo, manchas hemorrágicas subdérmicas e redução significativa na ossificação nos ossos caudais, parietais e interparietais. O efeito de alteração na ossificação também foi observado nos fetos das mães tratadas com a dose de 52 mg/kg p.c./dia (ATSDR, 2012).

Outro estudo em camundongos demonstrou a relação entre a exposição intrauterina ao cromo hexavalente e a manifestação de efeitos ao sistema reprodutor dos fetos. Nesse estudo, fêmeas de camundongos da linhagem BALB foram expostas a dose de 66 mg/kg p.c./dia através da água de beber, a partir do dia 12 da gestação até o dia 20 da lactação. Houve atraso significativo no processo de abertura vaginal dos filhotes. Ainda, quando essas fêmeas foram acasaladas com machos não expostos, houveram reduções importantes no número de animais gestantes, no número de implantações fetais e no número de fetos viáveis (ATSDR, 2012).

Em ratos, a exposição ao cromo hexavalente através da água de beber por período de 20 dias antes do acasalamento também foi relacionada aos efeitos de redução de ganho de peso corpóreo das mães durante a gestação, aumento da perda de fetos no período de pós-implantação e redução do número de fetos viáveis em todos os níveis de doses avaliados no estudo (37, 70 e 87 mg/kg p.c./dia). Também foi observada uma maior incidência de alterações na ossificação da cauda dos fetos concebidos das mães tratadas com as maiores doses. Ainda, para os fetos do grupo tratado com a dose de 87 mg/kg p.c./dia, foram observados redução na ossificação dos ossos parietais (crânio), encurtamento de calda e maior incidência de manchas hemorrágicas subdérmicas no tórax e no abdômen (ATSDR, 2012).

Os resultados de um estudo de toxicidade ao desenvolvimento pré-natal do cromo trivalente em camundongos também demonstraram a manifestação de efeitos aos fetos após a

exposição oral das mães. O efeito de redução significativa do peso relativo dos órgãos reprodutores dos filhotes cujas mães foram tratadas com a dose de 74 mg/kg p.c./dia de cromo (III) através da água de beber, a partir do dia 12 da gestação até o dia 20 da lactação (ATSDR, 2012).

Genotoxicidade

Os compostos de cromo hexavalente são considerados genotóxicos; e o potencial de genotoxicidade desses compostos está diretamente relacionado a elevada solubilidade, alta biodisponibilidade e ao próprio mecanismo de ação do composto sobre as células. Os compostos de cromo hexavalente também são considerados mutagênicos nos ensaios *in vitro* com células de bactérias e de mamíferos. Por outro lado, os compostos de cromo trivalente não expressam genotoxicidade (Liu *et al*, 2008).

Carcinogenicidade

Os compostos de cromo hexavalente são considerados carcinogênicos para humanos pela *Internacional Agency for Research on Cancer* (Grupo 1) (ATSDR, 2012).

A exposição ocupacional aos compostos de cromo hexavalente pela via inalatória está diretamente relacionada ao aumento na incidência de câncer no pulmão. Os compostos de cromo que entram no organismo através da via inalatória podem causar câncer em outros tecidos, como ossos, próstata, sistema hematopoiético, estômago, rins e bexiga urinária (ATSDR, 2012; Liu *et al*, 2008).

Os estudos em animais indicaram que a exposição crônica ao cromo hexavalente, através da via oral, resultou em maior incidência de neoplasmas do trato digestivo em ratos e camundongos.

Em ratos da linhagem F344, o estudo foi conduzido com exposição de longo prazo através da água de beber, em níveis de dose equivalentes a 0; 0,21; 0,77; 2,1 e 5,9 mg/kg p.c./dia em machos e 0; 0,24; 0,94; 2,4 e 7,0 mg/kg p.c./dia em fêmeas. Além do aumento significativo da incidência de neoplasmas no trato digestivo, também foi observada maior incidência de neoplasias na mucosa oral e na língua para os grupos tratados com as maiores doses, de ambos os sexos (5,9 mg/kg p.c./dia em machos e 7,0 mg/kg p.c./dia em fêmeas).

Em camundongos, a exposição oral ao cromo hexavalente resultou no aumento da incidência de neoplasmas no duodeno, jejuno e íleo nos maiores níveis de dose, em ambos os sexos (2,4 e 5.9 mg/kg p.c./dia para machos e 3,1, e 8.7 mg/kg p.c./dia para fêmeas). Nesse estudo, os machos foram expostos aos níveis de dose de 0; 0,38, 0,91, 2,4 e 5.9 mg/kg p.c./dia, e as fêmeas foram expostas as doses de 0; 0,38; 1,4; 3,1, e 8.7 mg/kg p.c./dia.

Exposição Em Crianças

Pequenas doses de cromo (III) constituem um nutriente para a manutenção do metabolismo, variando de 0,2 a 24 microgramas de crômio por dia da infância à maturidade. (ATSDR, 2004).

Os dados sobre efeitos do crômio sob crianças são muito limitados, mas há relatos sobre a ingestão de dicromato amônico e potássico em doses relativamente altas que causaram derrames pleurais, broncopneumonias, alterações cardíacas e sanguíneas e hemorragias gastrointestinais. (Clochesy, 1984 *apud* ATSDR, 2012).

10.1.3.9.3.3. Mecanismo de toxicidade

Dentro do organismo, o cromo hexavalente não é estável quimicamente e, por isso, sofre redução para cromo trivalente pela ação de agentes redutores. O cromo é capaz de lesionar as células durante este processo, no qual são gerados radicais livres e adutos de DNA, que se ligam de maneira inespecífica a diversos constituintes celulares. Através desse mecanismo, o cromo hexavalente pode interferir em processos de replicação do DNA, síntese protéica, sinalização intracelular e apoptose; o que também pode estar relacionado ao potencial carcinogênico deste composto (ATSDR, 2012; Liu *et al*, 2008).

10.1.3.9.4. LIMITES - CROMO

10.1.3.9.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRL

- MRL (exposição inalatória de duração intermediária intermediário e longa): 0,000005 mg cromo (VI) /m³, para cromo hexavalente oriundo de névoas de trióxido de cromo; e para cromo hexavalente oriundo de névoas e aerossóis de outros compostos (ATSDR, 2012).

- MRL (exposição inalatória de duração intermediária intermediário e longa): 0,0003 mg cromo (VI)/m³ para particulados derivados de compostos de cromo hexavalente (ATSDR, 2012).

- MRL (exposição inalatória de duração intermediária intermediário e longa): 0,005 mg cromo (III)/m³ para particulados de compostos insolúveis de cromo trivalente (ATSDR, 2012).

- MRL (exposição inalatória de duração intermediária intermediário e longa): 0,0001 mg cromo (III)/m³ para particulados de compostos solúveis de cromo trivalente (ATSDR, 2012).

- MRL (exposição oral de duração intermediária): 0,005 mg cromo (VI)/ kg p.c./dia; baseado no efeito de anemia hipocrômica e microcítica observado em machos no 22º dia em estudo de toxicidade e carcinogenicidade (ATSDR, 2012).

- MRL (exposição oral, exposição crônica): 0,0009 mg cromo (VI)/ kg p.c./dia; baseado nos efeitos de anemia hipocrômica e microcítica e lesões não neoplásicas no fígado, duodeno, pâncreas, linfonodos pancreáticos, linfonodos mesentéricos, e glândula salivar (ATSDR, 2012).

10.1.3.9.4.2. Doses de referência

Doses de Referência - Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST)

Cromo (IV)

RfD: 0,02 mg/kg p.c./dia.

Estudo de 1 ano em ratos, através da água de beber.

Efeito crítico: não foram observados.

Nível de efeito: NOAEL 2,4 mg/kg p.c./dia de dicromato de potássio.

Fator de incerteza: 100.

Cromo (III)

RfD crônico: 1,0 mg/kg p.c./dia.

Estudo de toxicidade crônica (via dieta).

Espécie: rato.

Efeito crítico: não foram observados efeitos.

NOEL: 5 % (CR2O3)

Fator de incerteza: 1000.

(USEPA, 1999)

Doses de Referência - US EPA's IRIS Program

Névoas de ácido crômico e aerossóis de Cromo (VI):

RfC: 0,000008 mg/m³.

Estudo subcrônico ocupacional.

Espécie: Humana.

Efeito crítico: atrofia de septo nasal.

Nível de dose: LOAEL 0,002 mg/m³ ou 0,000714 mg/m³ (valor ajustado)

Fator de incerteza: 90.

Partículas de cromo (VI)

RfC: 0,0001 mg/m³

Estudo de toxicidade subcrônica.

Espécie: ratos.

Efeito crítico: presença de lactato desidrogenase no fluido bronquioalveolar.

Nível de efeito: BMD: 0,016 mg/m³ ou 0,034 mg/m³ (valor ajustado).

Fator de incerteza: 300.

Cromo (IV)

RfD: 0,003 mg/kg p.c./dia.

Estudo de 1 ano em ratos, com administração de dicromato de potássio através da água de beber.

Efeito crítico: não foram observados.

Nível de efeito: NOAEL 25 mg/L ou 2,5 mg/kg p.c./dia de dicromato de potássio.

Fator de incerteza: 300.

Cromo (III)

RfD crônico: 1,5 mg/kg p.c./dia.

Estudo de toxicidade crônica (via dieta).

Espécie: rato.

Efeito crítico: não foram observados efeitos.

NOAEL: 1.468 mg/kg p.c./dia.

Fator de incerteza: 1000.

(USEPA, 1998)

10.1.3.10. FERRO

Ferro é um metal de transição sólido à temperatura ambiente, e um dos metais mais abundantes na crosta terrestre. São extraídos sob a forma de minérios, como a magnetita e a hematita (óxidos) ou siderita (carbonato), porém a gama de espécies minerais que contém ferro é enorme. Sua aplicação é principalmente na produção de aço e outras ligas metálicas. A partir daí, diversos são os produtos que utilizam ferro ou aço em sua estrutura e composição.

Naturalmente, os seres vivos possuem ferro em seu organismo como na hemoglobina, mielina e citocromos nas formas ferrosas (II) e férricas (III).

10.1.3.10.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE E COMPORTAMENTO NO MEIO FÍSICO

O ferro é liberado ao meio físico por fontes naturais e antrópicas. Naturalmente, o ferro e seus compostos são liberados a partir do intemperismo das rochas e minerais que o contêm, ou atividades vulcânicas. As principais fontes antropogênicas estão associadas à cadeia produtiva do ferro e derivados como o aço e também à queima de combustíveis fósseis. (EPA, 1984).

AR

A partir da liberação do ferro na atmosfera, que pode ocorrer tanto pela ação do vento sobre rochas ou solos com ferro, ou do lançamento antrópico nas zonas de mineração e beneficiamento, a sua forma tende a ser particulada. Os fatores que controlam a sua deposição é a densidade das partículas e condições climáticas, que induzem a deposição natural das mesmas.

ÁGUA

O ingresso de ferro na água está associado às partículas do solo ou da atmosfera, que são trazidos aos corpos da água por correntes, ou antropicamente pelos descartes industriais ou minerários.

Fatores como as reações químicas de oxidação-redução por agentes orgânicos e inorgânicos contribuem para o balanço de ferro nas águas. Esse tipo de reação depende de propriedades como o pH e potencial redox.

O ferro pode existir nas formas particulada, dissolvida ou em pequenas parcelas como colóides. (EPA, 1984).

SOLO

O ferro é componente comum e abundante de solos. Fontes antrópicas constituem descartes industriais ou deposição inadequada de solos contaminados. No solo a forma mais abundante é a férrica (III), apesar de que o ferro (II) pode existir em solos menos oxigenados, geralmente alagados ou com alto teor de matéria orgânica.

Geralmente, o ferro presente no solo não é móvel, tendendo a ficar retido no meio por reações químicas ou biológicas. Óxidos ou hidróxidos férricos na forma coloidal podem fazer com que o elemento seja transportado no solo. O principal fator químico que influencia na sua mobilidade é o pH, onde solos mais ácidos favorecem essa mobilidade (EPA, 1984).

10.1.3.10.2. BIOACUMULAÇÃO

Por ser um componente natural de solos e águas, o ferro é amplamente incorporado na estrutura e tecidos de organismos vivos como animais e plantas, sendo transferidos na cadeia alimentar.

10.1.3.10.3. PERFIL TOXICOLÓGICO

O ferro é um elemento essencial para todas as formas de vida em quantidades traço. Em humanos, é necessário para a síntese das proteínas heme, que têm função no transporte de oxigênio e no metabolismo oxidativo, bem como participa de outros sistemas enzimáticos. A forma química do ferro é importante para avaliação da sua biodisponibilidade (IPCS/WHO, 2004). Entretanto, exposições a quantidades que causem intoxicação aguda e/ou crônica podem levar a efeitos adversos.

A Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer classifica o processo de fundição do ferro e do aço como um processo carcinogênico para humanos (IARC, 2012). Contudo, as conclusões referentes ao desenvolvimento de câncer pulmonar relacionado a atividades envolvendo poeiras ou fumos de ferro são controversas, visto que a inalação de poeira de óxidos de ferro não ocasionou câncer pulmonar em estudos realizados em animais de experimentação (HSDB, 2009).

10.1.3.10.3.1. Toxicocinética

O ferro heme é biodisponível, enquanto que a forma não heme tem a absorção influenciada pela solubilidade e por outros fatores da dieta, como a ingestão de ácido ascórbico (vitamina C), que aumenta a sua biodisponibilidade (Liu *et al.*, 2008).

A absorção envolve movimentação dos íons de ferro do lúmen intestinal, por ação da proteína transportadora de metais divalentes (DMT-1), para as células da mucosa e, então, para o plasma, onde o ferro se liga à transferrina para ser transportado e distribuído (Liu *et al.*, 2008).

A transferrina liga-se ao seu receptor na superfície das membranas celulares e, por endocitose, o ferro é liberado após dissociação do seu transportador (Liu *et al.*, 2008).

Aproximadamente 2/3 do ferro está na forma de hemoglobina, 10% na forma de mioglobina e enzimas que contêm ferro, e o restante fica estocado no fígado e em células reticuloendoteliais no baço e medula óssea (hemosiderina e ferritina) (Liu *et al.*, 2008). A absorção de ferro é modulada por um peptídeo produzido pelo fígado (hepcidina) em resposta à eritropoiese (Liu *et al.*, 2008).

Em doses terapêuticas, o ferro é redistribuído para os tecidos, como medula óssea, fígado e sistema reticuloendotelial e, provavelmente, seja distribuído dessa mesma forma após intoxicação aguda por ferro. Em quadros de intoxicação por ferro, foi observado meia-vida plasmática de 6 horas. A principal via de excreção do ferro é pelo trato gastrointestinal, através das fezes (Liu *et al.*, 2008). O ferro também pode ser eliminado aos poucos pelo suor, urina e descamação epitelial (DART, 2004).

10.1.3.10.3.2. Efeitos adversos à Saúde

Toxicidade aguda inalatória

A exposição excessiva aos fumos metálicos de ferro pode causar a “febre de fumos metálicos”, cujos sintomas são semelhantes a uma gripe, com febre, calafrios, mialgia, mal-estar, sensação de boca e garganta secas e cefaleia (Mendes, 2003).

Toxicidade aguda oral

A toxicidade aguda do ferro inicia-se no trato gastrointestinal, com ulcerações e erosões na mucosa do estômago. As manifestações clínicas são vômito, distensão abdominal, diarreia com sangue, que pode resultar em hipotensão imediata. A dor abdominal com diarreia e sangue sugerem gravidade no quadro. Após um período quiescente, no qual o ferro pode continuar a ser absorvido, ocorre uma fase em que pode haver choque e acidose metabólica de 2 a 12 horas após a ingestão. O débito cardíaco pode diminuir, apesar do tratamento de suporte, o que pode contribuir para a rápida evolução do choque, resposta inflamatória sistêmica e coagulopatia, que pode ser fatal dentro de algumas horas após a ingestão (DART, 2004).

Em seguida, há envolvimento do fígado entre o 2º e o 4º dia. As manifestações clínicas de dano hepático são variáveis e, em raros casos, pode ser fatal, sendo necessário transplante do órgão. Em alguns indivíduos pode ocorrer constrictões que deixam cicatrizes, que causam obstruções (DART, 2004).

Irritação da pele

Sais férricos são considerados irritantes à pele. Em estudo conduzido em coelhos utilizando o sal férrico - cloreto de ferro II (FeCl_2), foi observada irritação moderada à pele dos animais testados, como eritema, escaras e edema (OECD, 2004).

Lesões oculares

A deposição do ferro metálico na córnea é capaz de produzir um “anel de ferrugem” marrom-amarelado, produzindo irritação, hiperemia e inflamação conjuntival (HSDB, 2012).

Sais férricos são considerados irritantes oculares. Em estudo conduzido em coelhos utilizando o sal férrico - cloreto de ferro II (FeCl_2), foram observados efeitos corrosivos graves (OECD, 2004).

Irritação respiratória

Fumos de óxido de ferro inalados podem causar lesões brônquicas e causar diferentes graus de fibrose difusa, que podem evoluir até a formação de conglomerados (Mendes, 2003). Pneumoconiose também pode ser desenvolvida nesta população, contudo, a maioria dos relatos envolve a exposição de uma mistura de várias substâncias, entre elas incluindo a sílica (HSDB, 2012).

Carcinogenicidade

A Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer (IARC) classificou o processo de fundição do ferro e do aço como um processo carcinogênico para humanos (IARC, 2012).

As conclusões referentes ao desenvolvimento de câncer pulmonar relacionado a atividades envolvendo poeiras ou fumos de ferro são controversas, visto que a inalação de poeira de óxidos de ferro não ocasionou câncer pulmonar em estudos realizados com animais de experimentação (HSDB, 2012).

Toxicidade para órgãos-alvo específicos após exposição única

A intoxicação aguda por compostos contendo ferro está associada, na maioria dos casos, à ingestão acidental de medicamentos à base de compostos férricos por crianças, e os principais sintomas relatados são irritação do trato gastrointestinal, com hematêmese (vômitos com sangue), úlceras, acidose metabólica, dano hepático e alteração na coagulação sanguínea, podendo chegar a quadros de falência renal e cirrose hepática (HSDB, 2012).

Toxicidade para órgãos-alvo específicos após exposição crônica

A inalação crônica de poeiras de óxido de ferro pode causar pneumoconiose (HSDB, 2012). A presença de óxido de ferro, na forma de poeira ou fumo, pode causar uma pigmentação nos pulmões denominada siderose, considerada uma forma benigna de pneumoconiose pelo quadro não evoluir para fibrose (Mendes, 2003).

Hemossiderose refere-se ao aumento de reservas de ferro na forma de hemossiderina. O teor de ferro no corpo pode aumentar 20-40 g, até 10 vezes mais que os níveis normais. A hemocromatose refere-se à deposição excessiva de ferro, que causa danos aos órgãos, muitas vezes resultando em fibrose. A inalação de fumaça de óxido de ferro ou poeira por trabalhadores em minas hemáticas (principalmente Fe_2O_3), trabalhadores de aço e soldadores pode produzir siderose (não fibrótica) e, em alguns casos, silicose (fibrótica) no pulmão, com aumentos no ferro total do corpo. A sobrecarga hepática de ferro pela hemocromatose hereditária está associada a um alto risco de carcinoma hepatocelular, assim como a outras neoplasias malignas fígado (Liu *et al.*, 2008).

O aumento do ferro corporal pode influenciar o desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Sugere-se que o ferro atue como um catalisador por produzir danos por radicais livres, podendo resultar em aterosclerose e doença cardíaca isquêmica (Liu *et al.*, 2008). Isto é controverso, mas é claro que a mortalidade por doença cardiovascular está correlacionada com a sobrecarga de ferro no fígado (Liu *et al.*, 2008).

Vários distúrbios neurodegenerativos estão associados ao metabolismo aberrante do ferro no cérebro, como neuroferritinopatia, ceruloplasminemia e manganismo (Liu *et al.*, 2008).

Exposição Em Crianças

Por compor parte de uma dieta saudável aos humanos, a deficiência e o excesso de ferro podem causar efeitos adversos à saúde. Crianças tendem a ser mais suscetíveis às intoxicações por ferro. A **Academia Nacional dos Estados Unidos (NAS)** determinou concentrações de ingresso diário para bebês até a fase adulta. Segundo a NAS a taxa de ingresso varia de 11 mg/dia a 15 mg/dia na adolescência (NAS, 2001).

10.1.3.10.3.3. Mecanismos de toxicidade - Ferro

Quando ingerido em grandes quantidades, o ferro age diretamente nas membranas mucosas. Pode ocorrer sangramento para o lúmen, e haver inflamação difusa ou mesmo grandes perdas de fluidos se este processo atingir o intestino delgado, o qual pode passar por processo de necrose (DART, 2004).

Quando o ferro absorvido vai para a circulação sanguínea, ocorre a conversão da forma férrica (+3) para a forma ferrosa (+2), o que libera íon hidrogênio para a circulação, levando à acidose metabólica (DART, 2004).

O dano hepático pode ocorrer pela absorção de ferro pelo sistema reticuloendotelial, especialmente pelas células de Kupffer no fígado. A concentração intracelular de ferro pode atingir um ponto de toxicidade e causar danos ao fígado. A toxicidade a outros órgãos parece ser decorrente do choque do que da ação direta do ferro (DART, 2004).

10.1.3.10.4. LIMITES - FERRO

10.1.3.10.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs

Não disponível.

10.1.3.10.4.2. Doses de Referência

Doses de Referência - Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST)

Não disponível. Os dados foram considerados inadequados para avaliação do risco quantitativo do ferro (USEPA, 1999).

Doses de Referência - US EPA's IRIS Program

Não disponível.

10.1.3.11. MANGANÊS

O manganês é um metal que ocorre naturalmente em rochas e no solo, e é encontrado na natureza em ligações com oxigênio, enxofre e cloro. É encontrado nos minerais silicáticos, óxidos, hidróxidos e carbonatos. Seu principal minério é a pirolusita, e a gama de utilizações é vasta, como baterias, aplicações no meio ambiente e agente corante.

10.1.3.11.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE E COMPORTAMENTO NO MEIO FÍSICO

O manganês é um constituinte natural do ar, solo e água. A liberação de manganês nesses meios pode ocorrer por fontes antropogênicas e condicionada pela disposição de produtos baseados em manganês, ou através do uso e manufatura dos mesmos.

O seu comportamento no solo (velocidade de transporte) varia conforme as características do mesmo. Na água a tendência é adsorção a partículas ou sedimentação. (ATSDE, 2012).

AR

O ar contém baixos níveis de manganês. Atividades industriais utilizando manganês, atividades minerárias e exaustões automobilísticas podem causar liberação de manganês no ar.

A exposição de pessoas ao manganês pode ser elevada pelo hábito de fumar tabaco (ATSDR, 2012).

ÁGUA

O manganês é um componente natural da água subterrânea e superficial em baixos níveis. A água potável e o contato dermal com esses corpos aquosos dessas águas pode causar uma exposição a níveis reduzidos desse elemento químico (ATSDR, 2012).

SOLO

O manganês é um componente natural do solo, e é lançado no mesmo através da intemperização de rochas, ou de forma antrópica através de resíduos de mineração ou processos industriais (ATSDR, 2012).

10.1.3.11.2. BIOACUMULAÇÃO

A bioacumulação do manganês é significativa nos organismos primários, mas o mesmo não acontece nos níveis tróficos mais altos (inclusive humanos) (EPA, 1984 *apud* ATSDR, 2012). Há, portanto, a indicação de que o potencial de biomagnificação do manganês é reduzido (EPA, 1984 *apud* ATSDR, 2012).

10.1.3.11.3. PERFIL TOXICOLÓGICO

O manganês é um oligoelemento essencial e atua em diferentes funções metabólicas, celulares e como cofator para uma variedade de reações enzimáticas, sendo fundamental para a boa saúde e bom funcionamento do organismo humano. É um composto naturalmente presente no meio ambiente, em muitos tipos de rochas, podendo ser encontrado no ar, no solo, na água e nos alimentos, sendo a dieta a principal fonte de exposição da população em geral a esta substância. Entre os alimentos, as maiores concentrações de manganês podem ser encontradas em grãos, feijão, nozes, legumes, chás e frutas (ATSDR, 2012; Liu *et al*, 2008).

Desta maneira, a população em geral pode estar exposta ao manganês através do consumo de alimentos e da água, da inalação do ar, do contato dérmico com a água, com o solo e com produtos de consumo que contenham manganês. O tabaco, ou o hábito de fumar, inclusive a inalação passiva dos fumos provenientes do tabaco, também são fonte de exposição ao manganês (ATSDR, 2012).

Assim, a via oral é a via de exposição predominante para a população em geral e a via dérmica representa uma via de menor preocupação para a exposição ao manganês, uma vez que este metal é muito pouco absorvido pela pele. Já para a exposição ocupacional, considera-se a via inalatória como a principal via de exposição (ATSDR, 2012).

Perfil toxicológico geral

Os sintomas da toxicidade do manganês podem aparecer lentamente, dentro de alguns meses e até mesmo anos. Relatos de efeitos adversos resultantes da exposição ao manganês em humanos estão associados principalmente com inalação em ambientes ocupacionais (ATSDR, 2012).

Os problemas de saúde mais comuns relacionados à exposição pela via inalatória a altos níveis de manganês envolvem o sistema nervoso, que incluem efeitos relacionados às alterações comportamentais e nos movimentos que podem se tornar lentos e desajeitados. Essa combinação de sintomas, quando suficientemente severa, é chamada de manganismo. Outros efeitos do sistema nervoso, como movimentos lentos da mão, geralmente relacionado a concentrações mais baixas de manganês local de trabalho podem ser observados. A inalação de uma grande quantidade de poeira ou fumos contendo manganês pode causar irritação nos pulmões, o que pode levar à pneumonia. Alterações como perda de desejo sexual e danos aos espermatozoides também tem sido observada em homens expostos a altos níveis de manganês no ar do ambiente de trabalho. As concentrações de manganês que causam efeitos como movimentos lentos das mãos em alguns trabalhadores são aproximadamente vinte mil vezes superiores às concentrações normalmente encontradas no ambiente. Manganismo foi encontrado em alguns trabalhadores expostos a concentrações de manganês cerca de um milhão de vezes superiores às concentrações normais de manganês no ar (ATSDR, 2012).

Outros efeitos relacionados à exposição crônica ao manganês e ao distúrbio neurológico denominado manganismo, caracterizam-se por quadros de cefaleia, astenia, irritabilidade e, ocasionalmente, comportamento psicótico manifestado por alucinações, instabilidade emocional e compulsões. Sonolência intensa seguida de insônia também ocorrem nas fases iniciais da doença. Em caso de exposição prolongada ao manganês, há evolução do quadro para fraqueza muscular, alterações da fala, incoordenação motora, tremores, parestesias e câimbras musculares. Nos estágios avançados ocorrem sialorreia, com rigidez muscular e desordens da marcha. O quadro inicial é reversível quando os sintomas se limitam aos distúrbios psicológicos

e o trabalhador exposto ocupacionalmente é removido da exposição, e uma vez estabelecidos os sintomas neurológicos, o quadro tende a persistir e progredir, mesmo na ausência de exposição (MENDES, 2003).

A legislação brasileira reconhece doenças relacionadas com a exposição ao manganês e seus compostos inorgânicos tóxicos tais como: demência e outras doenças específicas classificadas em outros locais; outros transtornos mentais decorrentes de lesão e disfunção cerebrais e de doença física; transtornos de personalidade e de comportamentos decorrentes de doença, lesão e de disfunção de personalidade; transtorno mental orgânico ou sintomático não especificado; episódios depressivos; neurastenia (incluindo síndrome de fadiga); inflamação coriorretiniana; bronquite e pneumonite químicas agudas; bronquiolite obliterante crônica; enfisema crônico difuso ou fibrose pulmonar crônica e efeitos tóxicos agudos (MENDES, 2003).

A inalação de altas concentrações de fumos de óxidos de manganês pode causar “febre dos fumos metálicos”, caracterizada por quadros febris com duração de 24 a 48 horas de febre, calafrios, mialgia, mal-estar, sensação de boca e garganta secas e cefaleia (MENDES, 2003).

10.1.3.11.3.1. Toxicocinética

Quando inalado, apenas uma pequena quantidade do manganês presente no ar é absorvida. A absorção do manganês pela via inalatória é determinada pelo tamanho da partícula inalada, o que influenciará a extensão da absorção e da deposição das partículas no trato respiratório. Partículas pequenas que se depositam nas vias áreas inferiores são principalmente absorvidas para o sangue e fluidos linfáticos, enquanto que partículas maiores depositadas na mucosa nasal podem ser transportadas diretamente para o cérebro, via nervos olfatório e trigeminal. As partículas depositadas no trato respiratório superior, ou mesmo inferior, podem ser movidas pelo transporte mucociliar para a garganta e engolidas para o sistema gastrintestinal. Quando depositadas no muco pulmonar, poderão ser expelidas através da tosse ou engolidas para o sistema gastrintestinal (ATSDR, 2012).

A quantidade de manganês absorvida através do trato gastrintestinal é variável, mas normalmente apresenta média de 1 a 5% (ATSDR, 2012; Liu *et al*, 2008). Pode interagir com o ferro, ou com outros elementos divalentes, especialmente após a exposição oral, o que pode influenciar a toxicocinética da substância. Ferro e manganês podem interagir através da

competição pela mesma proteína de ligação (transferrina) e os mesmos sistemas de transporte (LIU *et al*, 2008).

Assim, o manganês pode ser absorvido pelas vias aéreas, pulmão e trato gastrointestinal após a inalação de partículas de manganês. Contudo, as quantidades relativas absorvidas de cada local não são conhecidas com precisão. A absorção de manganês através do contato dérmico é muito baixa (ATSDR, 2012).

O manganês absorvido é amplamente distribuído por todo o corpo. No plasma, o manganês é largamente ligado à gamaglobulina e à albumina, com uma pequena fração ligada à transferrina. Em animais de experimentação, o manganês atravessou a barreira hematoencefálica e uma quantidade limitada do composto também foi capaz de atravessar a placenta durante gestação (ATSDR, 2012). É encontrado no cérebro e em todos os outros tecidos de mamíferos, com alguns tecidos apresentando maiores acúmulos de manganês que outros, devido ao fato de concentrar-se nas mitocôndrias, os tecidos ricos nessas organelas, como pâncreas, fígado, rins e intestinos, podem possuir níveis mais elevados de manganês (ATSDR, 2012; LIU *et al*, 2008).

Embora a ingestão diária de manganês possa variar substancialmente entre os indivíduos, geralmente os níveis teciduais de manganês são mantidos estáveis através da regulação da absorção gastrointestinal e da excreção (ATSDR, 2012).

O manganês inalado na forma particulada pode ser transportado diretamente para o tecido cerebral através do sistema olfativo, antes de ser metabolizado pelo fígado (ATSDR, 2012; Liu *et al*, 2008).

Em geral, os compostos de manganês são metabolizados pelo organismo e, o manganês, é eliminado na bile e reabsorvido no intestino, sendo a via fecal a principal via de eliminação/excreção do manganês (via excreção hepatobiliar) (ATSDR, 2012; Liu *et al*, 2008).

As demais vias de excreção possuem participação limitada (urina, pâncreas e lactação). Espera-se que o excesso de manganês seja eliminado do corpo rapidamente. Por exemplo, após a injeção intravenosa de cloreto de manganês em ratos, as concentrações de manganês no plasma retornam aos níveis normais dentro de 12 horas (ATSDR, 2012).

10.1.3.11.3.2. Efeitos Adversos

Diversos estudos conduzidos com animais, pelas vias oral e inalatória, têm sido utilizados para entendimento da toxicidade do manganês inorgânico. Não há evidências de que a exposição dérmica represente uma via de preocupação para a saúde humana.

Toxicidade aguda

Estudos em animais e no homem indicam que o manganês inorgânico possui baixa toxicidade aguda por qualquer via de exposição. A inalação aguda a altas concentrações de manganês particulado pode causar uma resposta inflamatória pulmonar. Especificamente a inalação de poeiras contendo altas concentrações de dióxido de manganês [MnO₂] e tetróxido de manganês [Mn₃O₄], pode causar uma resposta inflamatória pulmonar que, com o tempo, pode resultar em prejuízo da função pulmonar. Pneumonia também tem sido observada após a inalação aguda de partículas de poeira contendo outros metais. Desta maneira, esta é uma resposta comum relacionada a compostos particulados e tamanho das partículas, e menos dependente da concentração de manganês presente na partícula inalada (ATSDR, 2012).

Há evidências em animais e seres humanos que efeitos adversos neurológicos podem resultar da exposição aguda a diferentes compostos contendo manganês. Contudo, esta neurotoxicidade decorre de elevadas concentrações da substância (ATSDR, 2012).

Corrosão/Irritação da pele

Não há estudos descritos em humanos ou animais sobre irritação dérmica com o manganês (OECD, 2007). A exposição dérmica para compostos inorgânicos de manganês não é uma via relevante de exposição porque o manganês não penetra pela pele facilmente. Há dados apenas para estudos conduzidos com um aditivo da gasolina, *methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl (MMT)*, que pode favorecer a liberação de manganês no ar, e a substância foi caracterizada como moderadamente irritante de acordo com estudos conduzidos em pele de ratos (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2012).

Sensibilização respiratória ou à pele

Poucas informações estão disponíveis sobre as propriedades irritantes e de sensibilização dos compostos contendo manganês. Estudos apontam que sais do metal podem induzir a proliferação de células do linfonodo em testes preditivos para alérgenos de contato (WHO, 2001).

Toxicidade crônica - órgãos-alvo/sistemas-alvo por exposição repetida

A exposição crônica por inalação de vapores ou poeiras de manganês pode causar dano ao sistema nervoso central (PARFITT, 1999). A exposição crônica a altas concentrações de manganês está relacionada com um distúrbio neurológico denominado manganismo, caracterizado por quadros de cefaleia, astenia, irritabilidade e, ocasionalmente, comportamento psicótico manifestado por alucinações, instabilidade emocional e compulsões. A intoxicação crônica por manganês também pode ocasionar impotência, disfunção sexual e esterilidade (MENDES, 2003).

Efeitos encontrados em estudos crônicos disponíveis em literatura sugerem que os efeitos adversos à saúde, por exposição crônica ao elemento manganês, relacionam-se especialmente aos efeitos neurológicos. Contudo, tal toxicidade pode ser causada por níveis muito elevados da substância com possibilidade de resultar em danos neurológicos permanentes. A exposição prolongada a baixas doses do metal (como ocorre em exposições de caráter ocupacional) tem sido associada a *déficits* na habilidade para executar movimentos de agilidade e perda de coordenação e equilíbrio, juntamente com um aumento de relatos de sintomas caracterizados como leves, tais como insônia, ansiedade ou esquecimento (ATSDR, 2012).

Sistema Nervoso

Com base em dados limitados em humanos e dados provenientes de estudos com animais de experimentação, as alterações neurocomportamentais causadas pelo manganês são claramente identificadas como o efeito mais sensível, para os períodos de exposição intermediária e crônica por exposição oral ao excesso de manganês inorgânico (ATSDR, 2012).

A intoxicação por manganês pode resultar em um distúrbio neurológico permanente conhecido como manganismo, com sintomas que incluem tremores, dificuldade para andar e espasmos musculares faciais. Estes sintomas são frequentemente precedidos por outros sintomas menores, como irritabilidade, agressividade e alucinações. Alguns estudos sugerem

que a inalação de manganês também pode causar efeitos como dificuldade de concentração e problemas de memória (ATSDR, 20124).

Outros efeitos associados ao sistema nervoso foram apresentados e constam descritos em outras seções deste documento sobre o manganês.

Genotoxicidade

Foram observadas divergências nos resultados dos testes de mutagenicidade em bactérias e cepas de mamíferos conduzidos com o manganês, não sendo possível avaliar o potencial de atividade mutagênica desta substância. Um estudo sobre a exposição ocupacional de trabalhadores expostos ao manganês revelou que pode haver alguma evidência da substância em causar aberrações cromossômicas, mas são estudos limitados, uma vez que os trabalhadores também foram expostos a outros compostos potencialmente tóxicos conhecidos, tais como ferro e níquel e, portanto, o aumento observado nas aberrações cromossômicas não pode ser conclusivo para qualquer substância (ATSDR, 2012).

Um estudo de mutação reversa bacteriana conduzido com dióxido de manganês sugere que esta substância não é classificada como mutagênica. No entanto, a mesma substância provocou resultados positivos em teste *in vitro* de aberrações cromossômicas e no ensaio *in vivo* de micronúcleo de eritrócitos de mamíferos (OECD, 2007). Apresentou resultado negativo no teste de Ames, mas pode causar danos ao DNA e aberrações cromossômicas em estudos conduzidos *in vitro* com células de mamíferos (Liu *et al*, 2008).

Carcinogenicidade

Não há nenhuma evidência de que o manganês possa causar efeitos carcinogênicos em seres humanos e existem poucos dados para sugerir que manganês inorgânico é carcinogênico em animais. Embora não seja possível concluir devido aos resultados mistos em estudos conduzidos com animais, existem poucos dados para sugerir que esta substância inorgânica seja carcinogênica. A EPA classificou o manganês no grupo D (Não classificável como carcinogênico humano) (ATSDR, 2012).

Dados disponíveis indicam que o manganês inorgânico não é carcinogênico em humanos ou roedores (Liu *et al*, 2008).

Toxicidade à reprodução e ao desenvolvimento

Resultados de estudos em humanos indicam que a exposição ocupacional ao manganês pode provocar efeitos adversos à reprodução, como diminuição da libido e disfunção sexual. Os efeitos relatados mostram que a substância pode causar efeitos de neurotoxicidade, contudo os estudos não fornecem informações sobre o efeito direto que o manganês possa ter sobre os órgãos reprodutivos. Não foram encontrados dados sobre os efeitos reprodutivos em mulheres após exposição ao manganês (ATSDR, 2012).

Alterações espermáticas e nos órgãos reprodutivos masculinos foram observados em animais de experimentação expostos a altas concentrações de manganês pela dieta. Estudos conduzidos em ratos indicam que o manganês pode causar perda pós-implantação quando administrados por via oral (ATSDR, 2012).

Contudo, estes estudos não são conclusivos e estudos adicionais são necessários para avaliar estes achados e para estabelecer claramente o nível de preocupação dos efeitos sobre a reprodução para a saúde humana (ATSDR, 2012).

Não há muita informação disponível em relação aos efeitos para o desenvolvimento após exposição inalatória e oral ao manganês inorgânico. Em geral, os dados não forneceram evidências de que a exposição ao manganês resulta em efeitos adversos no desenvolvimento neurológico. Não foram localizados estudos sobre os efeitos no desenvolvimento em humanos ou animais de experimentação para o manganês orgânico (ATSDR, 2012).

Estudos em animais de experimentação foram realizados, entretanto, possuem avaliações limitadas em relação aos achados para o desenvolvimento (ATSDR, 2012).

Alguns estudos com animais de experimentação através da administração intravenosa ou subcutânea de manganês durante o período de gestação apresentaram alguns achados relacionados ao desenvolvimento e à ossificação, indicando uma maior toxicidade por esta dose que pelas vias oral e inalatória. A relevância para os humanos dos resultados desses estudos não é clara. Estudos adicionais que avaliam malformações ósseas, pelas vias oral e inalatória, são necessários para um melhor entendimento dos efeitos causados pelo manganês sobre o sistema esquelético durante o desenvolvimento (ATSDR, 2012).

Exposição Em Crianças

Estudos indicam que crianças sujeitas à exposição de altos níveis de manganês pode produzir efeitos indesejáveis no desenvolvimento cerebral, incluindo mudanças de comportamento e diminuição na habilidade de aprender e memória. É incerto se as condições relatadas são temporárias ou permanentes, assim como se as crianças são mais vulneráveis aos efeitos do manganês a adultos (ATSDR, 2012).

10.1.3.11.3.3. Mecanismos de toxicidade

O sistema nervoso central é o principal alvo da toxicidade do manganês. Embora se saiba que pode causar toxicidade celular, provocando prejuízo nos sistemas de transporte, nas atividades enzimáticas e nas funções de receptores, o principal mecanismo pelo qual o manganês causa neurotoxicidade ainda não foi claramente estabelecido (ATSDR, 2012).

Vários estudos têm indicado que os níveis de dopamina são afetados pela exposição ao manganês em humanos, macacos e roedores, com várias indicações de um aumento inicial da dopamina, seguido de uma redução em longo prazo. Algumas teorias sobre a neurotoxicidade do manganês abordam o papel do excesso de manganês na oxidação da dopamina, resultando em radicais livres e citotoxicidade. Alguns sugerem que efeitos no adequado funcionamento do sistema mitocondrial podem resultar em estresse oxidativo nos mecanismos de defesa celular e em dano ao DNA mitocondrial causado pela formação de radicais livres (WHO, 2001).

Outras hipóteses para o esclarecimento de parte do mecanismo de neurotoxicidade do manganês têm sido sugeridas, que estabelecem, por exemplo, interações com outros minerais, este mecanismo ainda não é claro, assim como a interdependência de neurotransmissores como a dopamina, o glutamato e o GABA e como se relacionam com a neurotoxicidade causada pelo manganês, mas conclui-se que pesquisas adicionais são necessárias para um melhor entendimento (ATSDR, 2004, 2012).

10.1.3.11.4. LIMITES - LMR MANGANÊS

10.1.3.11.4.1. Níveis Mínimos de Risco (MRLs)

- MRL (inalatória de duração crônica): 0,0003 mg Mn/m³ (manganês na poeira respirável; 0,3 µg Mn/m³) foi derivado para exposição inalatória crônica (≥1 ano) ao manganês (ATSDR, 2012; ATSDR, 2018).

- MRL (inalatória de duração aguda ou intermediária): não foram estabelecidos para o manganês inorgânico (ATSDR, 2012; ATSDR, 2018).

- MRL (oral): Não foram estabelecidos para o manganês inorgânico para nenhum período de exposição (agudo, intermediário ou crônico) (ATSDR, 2012; ATSDR, 2018).

10.1.3.11.4.2. Doses de Referência

Doses de Referência - Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST)

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,14 mg/kg/dia

Fator de incerteza: 1

Via: Oral (dieta)

Alvo/ Efeito crítico: Sistema nervoso central / Efeitos adversos

Espécie: Humana

Nível de Efeito: NOAEL

Dose: 0,14 mg/kg/dia

Duração do experimento: Crônico

O valor de referência crônico foi adotado como valor de referência subcrônico (US EPA, 1999).

Doses de Referência - US EPA's IRIS Program

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,14 mg/kg/dia

Fator de incerteza: 1

Via: Oral (dieta)

Alvo/ Efeito crítico: Sistema nervoso central / Efeitos adversos

Espécie: Humana

Nível de Efeito: NOAEL

Dose: 0,14 mg/kg/dia

Duração do experimento: Crônico (US EPA, 1995).

Via inalatória

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfC Crônica: 0,00005 mg/m³

Fator de incerteza: 1000

Via: Inalatória

Alvo / Efeito crítico: Sistema nervoso central / Comprometimento da função neurocomportamental

Espécie: Humana

Nível de Efeito: LOAEL

Dose: 0,15 mg/m³

Duração do experimento: Crônico (US EPA, 1995).

10.1.3.12. MERCÚRIO

Mercúrio é um metal de transição prateado e ocorre em estado líquido em temperatura ambiente e pode ser encontrado naturalmente em minerais como o cinábrio ou associados a hidrocarbonetos e ao carvão mineral. Existe em três formas: mercúrio elemental, em compostos inorgânicos e em compostos orgânicos. Seus principais usos estão na composição de um termômetro, barômetros, baterias, lâmpadas e amálgamas odontológicos (ATSDR, 1999). Atualmente no território brasileiro, esses produtos estão sendo gradualmente retirados com a intenção de reduzir e substituir a utilização de mercúrio (ANVISA, 2019).

10.1.3.12.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE E COMPORTAMENTO NO MEIO FÍSICO

A disponibilidade de mercúrio no ambiente está associada aos minérios (sulfetos), cloretos e ao metilmercúrio. Bactérias podem mudar a forma desses compostos, e são os principais produtores do metilmercúrio. Além do intemperismo de rochas e minerais que o contém, outra fonte natural de liberação é por atividade vulcânica.

AR

Na atmosfera ocorre principalmente na forma de partículas carregadas pelo vento, ou provenientes de erupções vulcânicas. Fontes antrópicas consistem nas queimas de carvão, incineração de resíduos municipais e zonas de fundição.

Quando estão no ar, formam partículas pela ligação com oxigênio, carbono ou enxofre. Pequenas partículas podem permanecer na troposfera por até 30 dias (ATSDR, 2004)

ÁGUA

O ingresso de cobre na água está amplamente associado às partículas do solo ou da atmosfera, que são trazidos aos corpos da água por correntes, ou antropicamente pelos descartes industriais.

Na água, o cobre dissolvido pode ser transportado ligado às outras substâncias ou como cobre livre. A concentração média natural de cobre nas águas varia de 4 a 10 ppb, predominantemente na forma +2 na forma complexada (ATSDR, 2004).

SOLO

O cobre possui uma alta taxa de adsorção no solo.

A concentração média natural em solos varia de 5 a 70 mg/Kg, podendo ser maior próximo a regiões minerárias (ATSDR, 2004).

10.1.3.12.2. BIOACUMULAÇÃO

O metilmercúrio é bioacumulado na cadeia trófica, ao passo que o mercúrio inorgânico não. O metilmercúrio é ingerido por peixe e concentrado em seus tecidos. Plantas em geral não

bioacumulam o elemento em sua estrutura ao contrário de fungos que conseguem bioacumular altas concentrações (ATSDR, 1999).

10.1.3.12.3. PERFIL TOXICOLÓGICO

A exposição da espécie humana ao mercúrio se dá, majoritariamente, através da ingestão de peixes e frutos do mar contaminados com metilmercúrio. O mercúrio presente nas águas e sedimentos dos rios, oceanos, e em regiões que contenham rejeitos industriais não tratados (na forma de Hg^{2+}) sofre conversão para metilmercúrio pela ação do plâncton presente nessas regiões e, através de processos de biomagnificação, se acumula nas diversas espécies aquáticas habitantes das regiões contaminadas (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTER, 1999; Liu *et al*, 2008).

Os compostos inorgânicos de mercúrio podem ser encontrados em alimentos e na água de beber. No geral, estão presentes em concentrações abaixo dos níveis de dose necessários para a manifestação de efeitos tóxicos em humanos. Não constituem, portanto, fontes de exposição relevantes para uma possível intoxicação ao metal (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTER, 1999; Liu *et al*, 2008).

A exposição do homem ao mercúrio também pode ocorrer com o uso de amálgama, liga metálica empregada para restauração dentária e composta de, aproximadamente, 50% de mercúrio elementar. O mercúrio presente na amálgama pode evaporar e entrar no organismo através do ar inalado, ou se dissolver na saliva. Não é provável que a população manifeste efeitos tóxicos através da exposição ao mercúrio presente na amálgama, no entanto são necessários estudos adicionais para avaliar a incidência de efeitos em populações susceptíveis, como gestantes e indivíduos que possuem desordens renais ou imunológicas (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTER, 1999).

Os compostos de mercúrio possuem diferentes características toxicocinéticas e podem desencadear diferentes efeitos à saúde humana, dependendo do estado de oxidação do metal e das espécies orgânicas ou íons associados. O metilmercúrio é a forma orgânica de maior importância toxicológica para os humanos devido à elevada absorção e acumulação (Liu *et al*, 2008).

Desta forma, a exposição ao metilmercúrio pela via oral e a exposição ao mercúrio elementar através da via inalatória, e em menor proporção a exposição oral a compostos

inorgânicos de mercúrio através da via oral, representam as principais formas de exposição relacionadas à intoxicação humana (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTER, 1999; Liu *et al*, 2008).

A inalação aos vapores de mercúrio metálico, geralmente associada à exposição ocupacional, pode desencadear efeitos agudos sobre o sistema respiratório e o sistema nervoso. A exposição crônica está relacionada a manifestação da síndrome do micromercurialismo (Liu *et al*, 2008).

A exposição ao metilmercúrio está fortemente associada a manifestação de efeitos neurotóxicos, especialmente em crianças expostas durante o período pré-natal, ao aumento na incidência de efeitos cardiovasculares, e a manifestação de efeitos sobre os sistemas imunológico e reprodutivo (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTER, 1999).

O mercúrio na forma inorgânica pode afetar os rins, estômago e intestinos. Efeitos ao coração também foram descritos em crianças que ingeriram cloreto de mercúrio (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTER, 1999).

A seguir, serão descritas as propriedades toxicocinéticas, os mecanismos de toxicidade e os efeitos adversos relacionados às diferentes formas do mercúrio: metilmercúrio, mercúrio inorgânico e mercúrio elementar.

10.1.3.12.3.1. Toxicocinética

Mercúrio metálico

Os vapores de mercúrio são extensivamente absorvidos pelos pulmões, com taxa de absorção de aproximadamente 80%. A absorção do metal é seguida da sua rápida difusão através das membranas alveolares, atingindo o sangue (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008).

O mercúrio na forma metálica é amplamente distribuído para todos os tecidos corpóreos devido a sua elevada lipossolubilidade. Tal propriedade, também confere ao mercúrio metálico a capacidade de atravessar prontamente as barreiras hematoencefálica e placentária. Após a distribuição, pode haver acúmulo de mercúrio metálico em determinados tecidos, especialmente rins e cérebro; sendo que os rins são os órgãos com maior deposição de mercúrio

metálico após exposição inalatória. Nos rins, o mercúrio metálico liga-se a proteínas do grupo das metalotioneínas. É observado o aumento da expressão de metalotioneínas renais após a exposição ao mercúrio e, desta maneira, o aumento dos níveis de metalotioneínas resulta em maiores concentrações de mercúrio depositado no órgão. No cérebro, a forma elementar do mercúrio é rapidamente convertida para a forma iônica, que permanece acumulada neste tecido por longos períodos de tempo (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008).

Os estudos em animais de experimentação demonstraram que a idade pode interferir no perfil de distribuição do mercúrio após a exposição inalatória; sendo que, nos neonatos, o acúmulo de mercúrio em órgãos que não atingiram a maturidade funcional (ex. rins) foi menor. O estudo também concluiu que o acúmulo deste metal está relacionado ao grau de perfusão dos tecidos, sendo que os órgãos com maior irrigação sanguínea apresentaram maior acúmulo de mercúrio. Em outro estudo conduzido em animais de experimentação, também se observou que as crianças podem acumular o mercúrio em menor intervalo de tempo após a exposição aguda, provavelmente devido a imaturidade renal presente nesses indivíduos; e, portanto, podem apresentar uma maior susceptibilidade para a manifestação de efeitos neurotóxicos após a exposição aos vapores de mercúrio metálico. Sobre o acúmulo do mercúrio no cérebro, os estudos conduzidos em animais demonstraram que a mobilização do metal depositado neste órgão é menor nos animais com idade mais avançada (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008).

Uma vez nas células, o vapor de mercúrio metálico é oxidado por enzimas (catalases) presentes nos eritrócitos e nos demais tecidos corpóreos, e é convertido para a forma iônica divalente (Hg^{+2}). Grande parte do mercúrio metálico (na forma elementar) é capaz de atravessar as barreiras placentária e hematoencefálica antes de sofrer oxidação para a forma de íon divalente pelos eritrócitos; e, por isso, é observado um maior potencial de neurotoxicidade e toxicidade ao desenvolvimento fetal do mercúrio metálico em comparação aos sais de mercúrio (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008).

O mercúrio metálico absorvido sofre excreção, principalmente, através da urina, fezes e ar expirado. Aproximadamente 10% dos vapores inalados sofrem excreção respiratória em até 7 dias após a exposição. O tempo de meia-vida do mercúrio metálico pode variar de um a dois meses (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008).

O mercúrio metálico absorvido pela via oral sofre oxidação para a forma iônica do mercúrio nos fluídos biológicos; e, desta maneira, apresenta as mesmas características quanto a distribuição e excreção dos sais de mercúrio (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008).

O mercúrio metálico na forma líquida é pouco absorvido pelo trato gastrointestinal (aproximadamente 0,01%), e não é biologicamente reativo. De maneira geral, não está associado a manifestação de efeitos tóxicos (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008).

Mercúrio inorgânico

O mercúrio inorgânico possui baixa taxa de absorção após administração oral, apenas entre 7% a 15% da dose administrada é absorvida. A absorção do mercúrio inorgânico, na forma de sais mercuriosos, pode ocorrer através da pele, porém não há informação sobre a taxa de absorção através da via dérmica. Uma pequena fração do mercúrio inorgânico absorvido após a exposição aos sais de mercúrio sofre redução para a forma metálica ou monovalente, e é excretada na forma de vapor de mercúrio (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008).

Durante sua distribuição, os íons de mercúrio podem atingir a maioria dos tecidos, entretanto, devido sua baixa lipossolubilidade, possuem menor capacidade de atravessar as barreiras hematoencefálica e placentária e um menor potencial de acumulação nos tecidos (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008).

Após a distribuição, as maiores concentrações de mercúrio inorgânico são encontradas nos rins. Pode sofrer acumulação nesse órgão, assim como se acumular no fígado. A excreção ocorre através da urina e das fezes, e pode ocorrer através do leite materno em lactantes. O tempo de meia-vida de eliminação é de aproximadamente dois meses (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008).

Metilmercúrio

A forma orgânica do mercúrio possui elevada facilidade de penetração através das barreiras de difusão e membranas biológicas, o que determina suas características de absorção e distribuição (ATSDR, 1999).

O metilmercúrio sofre absorção praticamente completa após a administração oral, podendo atingir taxa de absorção de 95%. A absorção e a biodisponibilidade do metilmercúrio

presente em alimentos como peixes e pães pode ser reduzida devido à interação deste componente com fibras dietéticas e com traços de metal selênio. De acordo com os dados de literatura científica, não há estudos de avaliação da absorção dérmica do metilmercúrio (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008).

Esta forma orgânica do mercúrio distribuída de maneira uniforme para todos os tecidos corpóreos em período de até 30 horas. Assim como o mercúrio metálico, também atravessa as barreiras placentária e hematoencefálica. Aproximadamente 10% da dose absorvida sofre distribuição para o cérebro, e 5% permanece no sangue (principalmente no plasma).

A distribuição do metilmercúrio foi avaliada em cérebros de humanos, após a administração oral da substância. Os resultados desse estudo indicaram que, após a exposição aguda, a maior parte do mercúrio presente no cérebro estava na forma orgânica; enquanto que, após a exposição de longo prazo, a maioria do mercúrio presente nesse órgão estava na forma inorgânica. As informações disponíveis sobre a toxicocinética do metilmercúrio indicam que a forma orgânica do mercúrio sofre conversão para a forma inorgânica, o que pode corroborar o achado do estudo em questão (ATSDR, 1999).

O metilmercúrio sofre metabolização via ciclo enterohepático, com demetilação da molécula e conseqüente conversão do mercúrio para a forma inorgânica. O processo de demetilação do metilmercúrio é dependente de fatores como espécie, características do tecido onde está presente, dose absorvida e distribuída, e intervalo de tempo. Os estudos de toxicocinética indicam que a exposição contínua e repetida a qualquer das formas de mercúrio implica em acumulação no metal no organismo (ATSDR, 1999).

Os estudos conduzidos em animais de experimentação, com administração única de metilmercúrio, indicaram que a forma orgânica do mercúrio se acumulou no fígado, no cérebro e principalmente nos rins, em período de 14 dias após a exposição (ATSDR, 1999). Outros estudos em animais de experimentação demonstraram que o acúmulo do mercúrio no cérebro pode persistir por longos períodos, mesmo quando não há mais exposição (de curto ou longo prazo) ao metal (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008). No homem, o metilmercúrio também apresenta elevadas taxas de acumulação nos fios de cabelo (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008).

A excreção do metilmercúrio ocorre predominantemente através das fezes (até 90%), e em menor proporção pela via urinária (até 10%). O metilmercúrio também pode sofrer secreção via leite materno (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008).

De acordo com os resultados dos estudos conduzidos e disponíveis em literatura científica, o metabolismo das formas orgânica, inorgânica e metálica do mercúrio é similar em humanos e animais. Uma vez absorvidas, as diferentes formas do mercúrio passam por um ciclo de oxidação/redução, que pode ocorrer no fígado, pulmões ou eritrócitos; no qual há conversão para a forma divalente do íon metálico (Hg^{2+}) (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008).

10.1.3.12.3.2. Efeitos adversos à saúde humana

Toxicidade sistêmica após a exposição aguda

A inalação de vapores de mercúrio em concentrações elevadas pode desencadear efeitos respiratórios agudos, com falta de ar, tosse, sensação de queimação nos pulmões, bronquite corrosiva e pneumonite; efeitos ao sistema nervoso central, com tremores e excitabilidade; efeitos gastrointestinais, com náuseas, vômitos e diarreia; irritação ocular; irritação dérmica, e até mesmo a morte do indivíduo (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008).

A exposição a altas concentrações de mercúrio elementar, na forma de vapor de mercúrio, pode desencadear uma condição clínica conhecida como “febre dos fumos metálicos”; que é caracterizada por fadiga, febre, arrepios, leucocitose e neutrofilia (ATSDR, 1999).

Os rins demonstram elevada sensibilidade a toxicidade do mercúrio metálico através da inalação dos vapores de mercúrio. Esta sensibilidade pode ser explicada, em parte, devido à alta acumulação do metal nos rins. Em humanos, a inalação de altas concentrações dos vapores de mercúrio desencadeou efeitos de proteinúria, hematúria e/ou oligúria, insuficiência renal aguda com degeneração ou necrose dos túbulos proximais (ATSDR, 1999).

Da mesma maneira, a exposição ao mercúrio inorgânico também afeta os rins, tanto na exposição aguda como na exposição crônica. De maneira geral, a toxicidade renal desencadeada pelo mercúrio inorgânico envolve danos diversos e inespecíficos sobre as células dos túbulos renais. Após a exposição aguda, é observada proteinúria, geralmente reversível após o fim da

exposição (Liu *et al*, 2008). Ressalta-se, ainda, que todas as formas do mercúrio podem causar danos renais caso haja exposição a doses muito elevadas (ATSDR, 1999).

A ingestão de mercúrio inorgânico pode desencadear efeitos sobre o estômago e intestinos, e produzir sintomas como náuseas, diarreia e úlceras profundas. Efeitos ao sistema cardiovascular, com sintomas de aumento da pressão sanguínea e ritmo cardíaco acelerado, foram observados em crianças que ingeriram cloreto de mercúrio (ATSDR, 1999).

Toxicidade sistêmica após exposições repetidas

O principal órgão-alvo afetado pela exposição crônica ao mercúrio metálico é o sistema nervoso central. Os rins também são severamente afetados após a intoxicação por qualquer das formas de mercúrio, devido ao acúmulo do metal nesse órgão (ATSDR, 1999).

A exposição crônica aos vapores de mercúrio metálico, geralmente associada ao contexto ocupacional, está relacionada a manifestação de uma condição clínica conhecida como Síndrome Vegetativa Astênica ou Micromercurialismo. A tríade de sinais clínicos indicativos dessa síndrome é composta por tremores, gengivite e eretismo (perda de memória, excitabilidade exagerada, insônia, depressão e timidez). Outros sinais clínicos associados ao micromercurialismo são pulso lábil, taquicardia, hipertrofia da tireoide, alterações hematológicas e aumento dos níveis urinários de mercúrio (Liu *et al*, 2008; AZEVEDO, M.F.A de, 2010).

A exposição crônica aos vapores de mercúrio metálico também está relacionada a manifestação de neuropatia periférica, com sinais de parestesia, diminuição da velocidade de condução sensitiva-motora, aumento de latência distal e alterações na visão (AZEVEDO, M.F.A de, 2010).

Em humanos, a observação de trabalhadores demonstrou que a exposição aos vapores do mercúrio metálico por longos períodos também pode desencadear efeitos renais, com sintomas de proteinúria, albuminúria, alterações nos túbulos e nos glomérulos renais (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008).

A inalação dos vapores de mercúrio metálico por indivíduos expostos à essa substância resultou em erupções cutâneas eritematosas e pruriginosas, perspiração e coloração rosada das

palmas das mãos e das solas dos pés; após a exposições de curta e média duração (ATSDR, 1999).

Apesar de inconsistentes, alguns estudos em humanos indicaram que a exposição de longo prazo aos vapores de mercúrio metálico pode desencadear alterações sobre o sistema imunológico (ATSDR, 1999).

A intoxicação por metilmercúrio é caracterizada por expressiva neurotoxicidade, que se manifesta através de inúmeros sintomas como parestesia labial, ataxia, dificuldades para falar e deglutir, marcha cambaleante, neurastenia (sensação generalizada de fraqueza), tremores e perda auditiva e visual. A evolução desse quadro clínico implica em coma e morte. Ao exame histopatológico, é observado edema cerebral difuso com características citotóxicas de destruição de substância cinzenta, necrose focal, fagocitose e reposição de células da glia; que evolui para atrofia cerebral (AZEVEDO, M.F.A de, 2010; Liu *et al*, 2008).

A principal forma de contaminação por metilmercúrio é o consumo de mariscos e de peixes predadores (como atum, peixe espada e tubarão). Ao exemplo, pode ser citado o desastre de Minamata, no Japão, em que mais de 100.000 pessoas foram contaminadas com metilmercúrio após o consumo de peixes habitantes de áreas contaminadas por rejeitos industriais não tratados. O quadro clínico apresentado pelos indivíduos era caracterizado por alterações cognitivas, ataxia cerebelar e neuropatia periférica. Em alguns indivíduos, inclusive, os sinais de neurotoxicidade se manifestaram por longos períodos, de até dez anos. Os fetos nascidos de mulheres grávidas expostas ao metilmercúrio nesta ocasião apresentaram danos neurológicos, uma vez que o metilmercúrio é capaz de atravessar a barreira placentária e se acumular no cérebro do feto em concentrações de 5 a 7 vezes superiores em relação ao sangue materno (ATSDR, 1999; AZEVEDO, M.F.A de, 2010; Liu *et al*, 2008).

As formas orgânicas (metilmercúrio) e inorgânica do mercúrio podem ser secretadas no leite materno. A concentração de mercúrio nessa matriz biológica pode variar de acordo com o nível de exposição materna (ATSDR, 1999).

Em humanos, a ingestão de metilmercúrio por longos períodos desencadeou efeitos renais, com sintomas de albuminúria, poliúria, polidipsia e degeneração dos túbulos renais. Em animais de experimentação, houve nefrotoxicidade induzida pela exposição oral ao metilmercúrio após exposições de curto, médio e longo prazo (ATSDR, 1999).

Os resultados dos estudos conduzidos em animais de experimentação demonstraram que a exposição oral de longo prazo aos sais de mercúrio inorgânico está associada a efeitos sobre o sistema imunológico, efeitos sobre a pressão arterial e batimentos cardíacos e efeitos ao estômago (ATSDR, 1999).

Em humanos, a intoxicação pelo mercúrio inorgânico está relacionada, principalmente, à manifestação de efeitos renais. A exposição crônica aos sais de mercúrio, mesmo em baixas doses, pode induzir a doença glomerular mediada pelo sistema imunológico (Liu *et al*, 2008).

A exposição de longo prazo ao mercúrio inorgânico também é relacionada a manifestação de esclerose lateral amiotrófica e acrodinia. A acrodinia é mais comumente observada em crianças, e é caracterizada por fotofobia, dores nas articulações e coloração rosa de mãos e pés (ATSDR, 1999; AZEVEDO, M.F.A de, 2010; Liu *et al*, 2008).

Nos estudos em animais de experimentação, a exposição de médio a longo prazo ao mercúrio inorgânico foi associada a manifestação de efeitos sobre o sistema endócrino. Em ratos, a exposição dietética ao cloreto de mercúrio na dose de 2,2 mg/kg p.c./dia durante 90 dias, resultou em redução da captação e utilização de iodo pelas células da tireoide. Um segundo estudo foi conduzido em ratos machos com exposição dos animais as doses de 0, 9, 18 e 36 mg de mercúrio/kg p.c./dia, durante 180 dias através da água de beber. Houve aumento significativo do peso relativo da glândula adrenal e dos níveis de corticosterona plasmática e adrenal em todos os níveis de dose após 120 dias do início do tratamento; sendo o segundo efeito reversível ao final do estudo. Um terceiro estudo demonstrou aumento do peso relativo da glândula adrenal em machos e redução do peso absoluto da glândula adrenal nas fêmeas do grupo de maior dose, após a administração de cloreto de mercúrio via dieta durante 4 semanas, nas doses de 0, 50, 10 e 20 mg de mercúrio/kg p.c./dia para machos e 5,5; 11,1 e 22,2 mg de mercúrio/kg p.c./dia para fêmeas (ATSDR, 1999).

Genotoxicidade

Os estudos conduzidos em ratos (exposição oral) e camundongos (exposição intraperitoneal) demonstraram que as formas inorgânica e orgânica do mercúrio podem causar efeitos clastogênicos em células germinativas de mamíferos. Entretanto, as diferenças de sensibilidade entre as espécies, e até mesmo entre as linhagens avaliadas, não permitem a utilização desses dados para prever um potencial genotóxico dessas substâncias ao material

genético da espécie humana. Os achados provenientes de estudos epidemiológicos de exposição ocupacional ou acidental, apesar de inconclusivos, não sugerem que o mercúrio metálico e o mercúrio orgânico são potencialmente clastogênicos para as células somáticas humanas (ATSDR, 1999).

As evidências obtidas dos estudos *in vitro*, no entanto, indicam que compostos inorgânicos e compostos orgânicos de mercúrio podem interagir e causar alterações no DNA (ATSDR, 1999).

De acordo com o disposto em literatura científica, há a necessidade de outros estudos epidemiológicos para a caracterização de um possível potencial genotóxico das espécies de mercúrio nos humanos (ATSDR, 1999).

Carcinogenicidade

Não foi observado aumento na incidência de câncer em trabalhadores expostos aos vapores de mercúrio metálico (ATSDR, 1999). A agência americana também avaliou que os dados em humanos não são suficientes para atribuir potencial de carcinogenicidade ao mercúrio em humanos, e considera que a exposição ambiental às formas inorgânica e orgânica do metal não está relacionada a manifestação de neoplasias em humanos (USEPA, 2019). Na avaliação da Agência Internacional para Pesquisa em Câncer, o mercúrio e os compostos de mercúrio inorgânico não foram classificados quanto ao potencial de carcinogenicidade para humanos (Grupo 3); e o metilmercúrio foi enquadrado na classificação de possivelmente carcinogênico em humanos (Grupo 2B) (IRCA, 2019; ATSDR, 1999).

Toxicidade à reprodução

As informações disponíveis em literatura científica demonstram que o mercúrio pode causar efeitos tóxicos à reprodução em animais de experimentação; porém, considera-se que não são capazes de comprovar o potencial de toxicidade à reprodução da espécie humana, sendo necessárias observações adicionais oriundas de estudos epidemiológicos (ATSDR, 1999).

Não foram observados efeitos sobre a fertilidade de trabalhadores do sexo masculino expostos ao mercúrio metálico. Em um segundo estudo epidemiológico, porém, foi observado aumento na incidência de abortos espontâneos em trabalhadoras expostas ao mercúrio metálico.

Em relato de caso, aborto espontâneo também foi observado em uma gestante após a ingestão de cloreto de mercúrio (ATSDR, 1999).

A exposição ao mercúrio inorgânico, em hamsters, foi associada ao aumento significativo na incidência de reabsorções fetais (ATSDR, 1999).

Nos estudos de avaliação da toxicidade para a reprodução do mercúrio orgânico conduzidos em ratos, camundongos, porquinhos-da-índia e macacos, foi observado aumento na incidência de abortos e diminuição do tamanho da ninhada após exposição oral à substância; além de efeitos adversos sobre o processo de espermatogênese e na histologia dos testículos. Em um segundo estudo em macacos foi observada redução na taxa de concepção, sem alterações no ciclo menstrual, de fêmeas expostas durante ao metilmercúrio pela via oral durante 16 semanas (ATSDR, 1999).

Toxicidade ao desenvolvimento pré-natal

Os resultados obtidos em estudo de toxicidade ao desenvolvimento conduzido em ratos expostos aos vapores do orgânico metálico demonstraram aumento na incidência de malformações, reabsorções e mortes fetais. Por outro lado, as observações de um estudo epidemiológico em que trabalhadores estavam cronicamente expostos aos vapores de mercúrio não indicaram alterações estatisticamente significativas na incidência de malformações fetais e no número de fetos nascidos vivos (ATSDR, 1999).

A exposição ao mercúrio inorgânico, em hamsters, foi relacionada ao aumento significativo de reabsorções fetais. Entretanto, estudos adicionais em humanos ou animais não estão disponíveis para uma avaliação consistente de possíveis efeitos ao desenvolvimento fetal relacionados a exposição ao mercúrio inorgânico (ATSDR, 1999).

Em humanos, a exposição às altas concentrações de metilmercúrio no período pré-natal está diretamente associada a manifestação de danos ao sistema nervoso central dos fetos, conforme observado no desastre de Minamata, com prejuízos no raciocínio cognitivo, memória, atenção, desenvolvimento de habilidades motoras finas e alterações visuais. Em alguns casos, os danos foram persistentes até os seis anos de idade das crianças expostas ao metilmercúrio na vida intrauterina (ATSDR, 1999; USEPA, 2019).

Em animais de experimentação, a administração oral de metilmercúrio nos estudos de toxicidade ao desenvolvimento foi relacionada a inúmeros efeitos adversos sobre o sistema nervoso central de ratos, camundongos, hamsters e porquinhos-da-índia; e ao sistema imunológico de ratos. Alterações comportamentais também foram descritas em ratos e camundongos (ATSDR, 1999).

Exposição Em Crianças

O mercúrio inorgânico presente em mulheres grávidas pode ser passado para o bebê através da corrente sanguínea ou no leite materno.

Os efeitos da exposição de mercúrio em crianças são semelhantes aos efeitos em adultos (ATSDR, 1999).

10.1.3.12.3.3. Mecanismo de toxicidade

A forma divalente do mercúrio possui elevada afinidade de ligação com grupos sulfidríla, que desempenham importante papel estrutural e funcional em proteínas amplamente difundidas nas células, que ocorrem tanto no meio extracelular quanto no meio intracelular das membranas e organelas. Devido a este mecanismo de ação inespecífico, sem um alvo definido, o mercúrio é capaz de causar inúmeros danos simultâneos e não-específicos nas células, inclusive a morte celular. As alterações induzidas pelo mercúrio em nível celular envolvem a modificação da permeabilidade e dos mecanismos de transporte das membranas, a inibição de enzimas, alterações diversas na síntese de DNA (p.ex. interrupção da formação de microtúbulos e modificação da atividade da DNA polimerase), geração de estresse oxidativo, alterações na síntese de proteínas. Outras alterações fisiológicas que podem ser induzidas pelo mercúrio incluem o aumento da permeabilidade da membrana hematoencefálica, modificações no padrão de transmissão sináptica, danos ao sistema imunológico e interrupção nos mecanismos de homeostase do cálcio (ATSDR, 1999; Liu *et al*, 2008).

Nas intoxicações humanas, os efeitos tóxicos se manifestam por longos períodos de tempo, ou se manifestam algum tempo depois da intoxicação; o que pode ser explicado pela ligação do metal aos eritrócitos e subsequente liberação lenta e progressiva (ATSDR, 1999).

10.1.3.12.4. LIMITES - MERCÚRIO

10.1.3.12.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRL

Mercúrio relacionados à exposição a cloreto de mercúrio:

MRL (oral de curto prazo): 0,007 mg mercúrio/kg/dia (ATSDR, 1999).

MRL (oral de duração intermediária): 0,002 mg mercúrio/kg/dia (ATSDR, 1999).

MRL (inalação de duração crônica): 0,0002 mg mercúrio/m³ (ATSDR, 1999).

Mercúrio orgânico (metilmercúrio)

MRL (oral de longo prazo): MRL: 0,0003 mg mercúrio/kg/dia. Valor baseado na neurotoxicidade observada em estudo epidemiológico com crianças expostas ao metilmercúrio no período intrauterino, a partir da ingestão de peixes pelas mães (ATSDR, 1999).

10.1.3.12.4.2. Doses de Referência

Doses de Referência - Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST)

Mercúrio metálico

RfC Subcrônico: 0,0003 mg/m³.

RfC Crônico: 0,0003 mg/m³. Este valor está em revisão, segundo a referência consultada.

Via: inalatória

Espécie: humanos.

Efeito crítico: Neurotoxicidade; sistema nervoso.

Nível de efeito: NOAEL: 0,009 mg/m³

Fator de incerteza: 30.

Mercúrio inorgânico

Cloreto mercúrico

RfD subcrônico: 0,003 mg/kg p.c./dia

Estudos de toxicidade subcrônica (via subcutânea).

Espécie: Rato.

Efeito crítico: efeitos imunotóxicos.

Fator de incerteza: 100.

Mercúrio orgânico

Metilmercúrio

RfD subcrônico: 0,0001 mg/kg p.c./dia.

Estudos epidemiológicos.

Espécie: Humana.

Efeito crítico: Anormalidades no desenvolvimento neurológico de crianças.

Nível de efeito: 0,001 mg/kg/dia

Fator de incerteza: 10.

(US EPA, 1999)

Doses de Referência - US EPA's IRIS Program

Mercúrio metálico

RfC: 0,0003 mg/m³.

Via: inalatória

Espécie: humanos.

Efeito crítico: Tremores das mãos, distúrbios de memória, evidências de disfunção autônoma.

Nível de efeito: 0,025 mg/m³ ou NOAEL: 0,009 mg/m³

Fator de incerteza: 30 (US EPA, 1995).

Metilmercúrio

RfD: 0,0001 mg/kg p.c./dia.

Estudos epidemiológicos.

Espécie: Humana.

Efeito crítico: Anormalidades no desenvolvimento neurológico de crianças.

Nível de efeito: Benchmark Dose: BMDL₀₅ de 46 - 79 ppb no sangue materno para diferentes efeitos neurofisiológicos em crianças de 7 anos de idade, correspondente a doses de ingestão diária materna de 0,857 - 1,472 µg/kg p.c./dia.

Fator de incerteza: 10 (US EPA, 2001).

Acetato de fenilmercúrio

RfD: 0,00008 mg/kg p.c./dia;

Estudo de toxicidade crônica (via oral).

Espécie: rato.

Efeito crítico: Danos aos rins.

Nível de efeito: NOAEL 0,0084 mg/kg p.c./dia de acetato de fenilmercúrio ou 0,1 ppm de mercúrio; LOAEL: 0,042 mg/kg/day de acetato de fenilmercúrio ou 0,5 ppm de mercúrio.

Fator de incerteza: 100 (US EPA, 1987).

Cloreto mercúrico

RfD subcrônico: 0,0003 mg/kg p.c./dia

Estudos de toxicidade subcrônica (via dieta e via subcutânea).

Espécie: Rato.

Efeito crítico: manifestação de efeitos autoimunes.

Níveis de efeito: LOAEL 0,226 mg/kg p.c./dia; LOAEL: 0,317 mg/kg p.c./dia; LOAEL: 0,633 mg/kg p.c./dia.

Fator de incerteza: 1000 (US EPA, 1995).

10.1.3.13. NÍQUEL

Níquel é um metal com propriedades dúcteis e maleáveis e costuma ocorrer nos compostos insolúveis (óxidos e sulfetos). Naturalmente ocorre nas rochas e minerais como a milerita e pentlandita (sulfetos). Dos seus diversos estados de oxidação, a forma +2 é a mais comum. Na indústria é utilizado na fabricação de aço inoxidável, galvanoplastia do cromo, processos industriais que utilizem reações de hidrogenação e nas ligas metálicas, baterias e pigmentos (ATSDR, 2005).

10.1.3.13.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE E COMPORTAMENTO NO MEIO FÍSICO

Pode estar presente em todos os compartimentos do meio físico, e seu transporte varia com o tamanho da partícula e seu estado físico.

AR

Na atmosfera ocorre principalmente na forma de partículas aerossóis de tamanhos variados até serem decantadas. Fontes antrópicas consistem nas queimas de carvão, incineração de resíduos municipais e zonas de fundição ou refino de minérios.

Quando estão no ar, formam partículas pela ligação com oxigênio ou enxofre. Pequenas partículas podem permanecer na troposfera por até 30 dias. Seu transporte varia de acordo com a densidade das partículas e das condições meteorológicas (ATSDR, 2005)

ÁGUA

Como é componente natural de solos e rochas, seu ingresso na água está associado às partículas do solo ou da atmosfera, que são trazidos aos corpos de água por correntes, ou antropicamente pelo descarte industriais.

O níquel que chega nos corpos de água tende a ser adsorvido nas partículas suspensas na coluna d'água e assim decantarem. Essa adsorção pode aumentar se houver menor quantidade de matéria orgânica na água (MARTINO et al., 2003 *apud* ATSDR, 2005).

SOLO

O descarte de solo ou resíduos que contém o elemento são as principais fontes para o solo. Outra importante fonte são as cinzas e partículas da atmosfera que se depositam nos solos próximos às regiões industriais (ATSDR, 2005).

10.1.3.13.2. BIOACUMULAÇÃO

Os dados para quantificação de bioacumulação de níquel em organismos vivos é limitado, porém há estudos que mostraram que algumas espécies de peixe com altas concentrações de níquel (WINGER et al., 1990 *apud* ATSDR, 2005).

10.1.3.13.3. PERFIL TOXICOLÓGICO

A exposição ao níquel pode ser relacionada com dermatites alérgicas, rinites, sinusites e até mesmo câncer. É uma causa extremamente comum de dermatite alérgica de contato. Pessoas expostas ocupacionalmente ao níquel podem apresentar sensibilização cutânea, iniciando-se com eritema, que pode evoluir para eczema. Quando crônico, pode ocorrer liquefação. Outros efeitos da sensibilização englobam conjuntivite, pneumonite eosinófila, entre outras. A exposição a altas concentrações de poeira de níquel ou aerossóis de compostos solúveis de níquel pode ocasionar doenças crônicas do trato respiratório superior, como rinite hipertrófica, sinusite, polipose nasal, anosmia e perfuração do septo nasal, além de doenças crônicas do trato respiratório inferior como bronquite e fibrose pulmonar que já foram relatadas, mas representam casos mais raros (MENDES, 2003). Estudos epidemiológicos em trabalhadores em refinaria de níquel relatam aumento na taxa de mortalidade por câncer de pulmão e de cavidades nasais. O níquel metálico é classificado pela IARC com 2B (possivelmente cancerígeno para seres humanos) (MENDES, 2003).

10.1.3.13.3.1. Toxicocinética

Após exposição inalatória, as partículas de níquel inaladas são depositadas no trato respiratório superior e inferior e são subsequentemente absorvidas por vários mecanismos. O padrão de deposição no trato respiratório está relacionado ao tamanho da partícula: 5-30 µm depositam-se na área nasofaríngea por impactação inercial; 1-5 µm depositam-se na região da traqueia e bronquiolar por sedimentação; e <1 µm depositam-se na região alveolar dos pulmões onde ocorre difusão e precipitação eletrostática das partículas (ATSDR, 2005). A absorção do níquel no trato respiratório é dependente da solubilidade dos compostos de níquel, portanto, compostos solúveis de níquel (por exemplo, cloreto de níquel e sulfato de níquel) são mais absorvidos do que compostos de níquel menos solúveis (por exemplo, óxido de níquel e subsulfeto de níquel) (ATSDR, 2005).

Após a exposição pela via inalatória, cerca de 35% do níquel inalado é absorvido na corrente sanguínea e distribuído para pulmões, rins, pele, podendo permanecer na corrente sanguínea. Pode ser encontrado também no cérebro e tecidos do estômago e intestino (HSDB, 2005).

O níquel aplicado diretamente na superfície cutânea pode ser absorvido pela pele (ATSDR, 2005).

Após a exposição pela via oral, cerca de 27% do níquel presente na água potável foi absorvido em humanos, enquanto apenas cerca de 1% foi absorvido quando o níquel foi administrado com alimentos (ATSDR, 2005). Em humanos, a biodisponibilidade do níquel, após ingestão, é de 1 a 40% (EFSA, 2005).

Com base em dados de literatura, o níquel pode ser absorvido pelo trato gastrointestinal como um composto lipofílico de baixo peso molecular e depende dos diversos ligantes e íons presentes no intestino, incluindo alimentos, que podem inclusive diminuir a absorção de níquel. O níquel mostrou absorção ativa no jejuno, mas pode atravessar o íleo por difusão passiva (ATSDR, 2005).

No plasma, o níquel é transportado ligado à albumina e ligantes ultrafiltráveis, como polipeptídios e aminoácidos. Para esta ligação com a albumina, ocorre competição com cobre. No plasma, também pode estar ligado à níquel-plasmina, mas não é considerado um transporte de níquel uma vez que este não é prontamente permutável (ATSDR, 2005).

Canais de cálcio podem estar envolvidos na absorção de níquel no fígado (ATSDR, 2005).

O níquel absorvido é excretado pela urina, na qual está associado a complexos de baixo peso molecular. Em humanos, o níquel também é eliminado pela pele, cabelos, suor e leite materno; a porção não absorvida pelo trato gastrointestinal é eliminada pelas fezes (ATSDR, 2005).

As maiores concentrações deste metal são encontradas na pele, glândulas adrenais e intestinos. Após a exposição por inalação, o níquel também pode se acumular nos pulmões. A pituitária pode acumular níquel se a exposição ocorrer durante a gravidez (ATSDR, 2005).

10.1.3.13.3.2. Efeitos adversos à Saúde

Toxicidade aguda inalatória

A inalação de ligas de níquel ou pó de níquel está ligada com irritação pulmonar, asma, pneumoconiose, fibrose pulmonar e edema pulmonar. Os primeiros sintomas após inalação são tontura, dor de garganta, rouquidão e fraqueza. A gengivite, estomatite, o gosto metálico, a irritação nasal, lesão da mucosa nasal, perfuração do septo nasal, hiposmia/anosmia, tosse e falta de ar são às vezes relatados. A exposição a fumaça de níquel pode resultar na febre dos fumos metálicos (OECD, 2008).

Sensibilização respiratória

Exposição inalatória repetida ao níquel metálico tem como principal alvo os pulmões, nos quais os efeitos podem variar de inflamação crônica a fibrose em animais experimentais (OECD, 2008).

Sensibilização cutânea

O níquel metálico é um sensibilizante dérmico para humanos (OECD, 2008). O contato com a pele pode causar hipersensibilidade, levando à dermatite mediada por linfócitos e macrófagos (MENDES, 2003).

A hipersensibilidade ao níquel não é incomum, observada em até 10% da população. É caracterizada por prurido, eritemas, pápulas e, ocasionalmente, vesículas em um a 2 dias de contato (MENDES, 2003).

Sais de níquel são potentes sensibilizadores da pele em humanos, causando dermatite de contato alérgica. Os íons de níquel se ligam às proteínas celulares e de matriz da pele e induzem uma resposta imune celular (reação de hipersensibilidade do tipo IV). A prevalência da sensibilidade ao níquel na população é de cerca de 8-14,5% para mulheres adultas e cerca de 1% para homens. Em indivíduos sensibilizados, não apenas a exposição dérmica, mas também pela via oral de doses baixas podem provocar eczema (EFSA, 2005).

Toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição única

Após exposição única ao níquel, podem ocorrer efeitos adversos nas cavidades nasais, pulmões (sistema respiratório em geral), pele, sistema imune e cardiovascular (ATSDR, 2005; NIOSH, 2011).

Mutagenicidade

A evidência disponível sugere que o níquel metálico possui propriedades cancerígenas porque é vagarosamente dissolvido no corpo, liberando níquel iônico, um genotóxico ativo e a forma carcinogênica do níquel (NTP, 2011).

Vários compostos de níquel têm demonstrado evidências de genotoxicidade. Efeitos genotóxicos positivos são relatados em estudos de alterações cromossômicas e trocas de cromátides irmãs. Aberrações cromossômicas em trabalhadores também foram reportados. Alterações morfológicas em células animais também estão descritas em literatura. O cloreto de níquel causou alterações no sistema de reparo do DNA. Compostos insolúveis produziram mutações em células de hamster chinês (NIH, 2010; OECD, 2008).

Carcinogenicidade

De acordo com as características toxicológicas disponíveis na literatura científica, é previsto que o níquel seja cancerígeno para humanos (NTP, 2011).

Os dados disponíveis em animais de experimentação indicam que o sulfato de níquel, cloreto de níquel e o níquel metálico podem ter um efeito promotor em combinação com iniciadores selecionados. Há também algumas evidências, limitadas, de que os compostos de níquel solúveis podem atuar como promotores também pela via oral (EFSA, 2005).

Segundo o IARC (1999), há também evidências suficientes em animais experimentais para a carcinogenicidade de implantes de níquel metálico e de pó de liga de níquel contendo aproximadamente 66-67% de níquel, 13-16% de cromo e 7% de ferro (EFSA, 2005).

O IARC (1990) fez uma avaliação global de compostos de níquel (Grupo 1: Carcinógenos humanos), baseado em evidência suficiente de informação epidemiológica, evidência suficiente em animais experimentais e em indicações de estudos mecanicistas, onde o evento responsável por induzir câncer é a geração de níquel iônico nos locais alvo (EFSA, 2005).

O Grupo de Trabalho da Comissão Europeia concluiu que sulfato de níquel, cloreto de níquel, nitrato de níquel e carbonato de níquel devem ser considerados carcinógenos humanos por inalação (Carc. Cat.1, com frase de risco R49 “Pode causar câncer por inalação”) (EFSA, 2005).

A evidência experimental de carcinogenicidade de compostos de níquel ou níquel metálico após a exposição oral é escassa, visto que os dados disponíveis são muito limitados. Há também algumas evidências, embora novamente limitadas, de que os compostos solúveis de níquel podem atuar como promotores por via oral (EFSA, 2005).

Toxicidade para a reprodução

Não foram encontrados dados específicos para o níquel metálico. No entanto, sais de níquel são reportados como teratogênicos. Aumento da incidência de natimortos e mortalidade neonatal em ratos foram associadas com o consumo de níquel. Foi encontrado no leite materno.

A administração oral do sulfato de níquel causou diminuição testicular, da próstata e da vesícula seminal; anormalidades espermáticas e diminuição da contagem espermática (NIH, 2010).

Toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição crônica

O alvo do níquel são os pulmões, sendo que os principais efeitos adversos são inflamação e fibrose pulmonares (OECD, 2008).

Exposição Em Crianças

Há limitações quanto aos dados e informações sobre os efeitos de níquel sobre a saúde de crianças. Há relatos de dermatite em adolescentes expostos dermicamente ao níquel (UTER et al., 2003 *apud* ATSDR, 2005).

10.1.3.13.3.3. Mecanismos de toxicidade

O mecanismo pelo qual o níquel, causa efeitos adversos no trato respiratório, pode estar relacionado ao acúmulo de macrófagos e material granular nos alvéolos e aumento na densidade volumétrica de células alveolares tipo II. Os íons de níquel aparentemente têm ação direta nas células do tipo II. Após 6 meses, os animais de experimentação expostos ao níquel apresentaram focos de pneumonia, indicando aumento na susceptibilidade a infecções. Isto pode ser decorrente da diminuição dos macrófagos alveolares (ATSDR, 2005).

A substituição de elementos essenciais por níquel também pode contribuir para os efeitos adversos causados por este metal. O níquel pode substituir o magnésio em certas etapas da ativação do sistema complemento (MCCOY; KENNEY, 1992 *apud* ATSDR, 2005). Por exemplo, a substituição de magnésio por níquel pode aumentar a formação da enzima C3bBb em 40 vezes, o que amplifica a ativação do sistema complemento. O níquel também demonstrou ativar a calcineurina, uma fosfatase que se liga ao zinco e ao ferro e, geralmente, é ativada pelo manganês (ATSDR, 2005).

O níquel pode ter papel na inibição de prolactina a partir da pituitária. Este metal também mostrou-se acumular mais na pituitária de ratos fêmeas em fase gestacional (ATSDR, 2005).

O mecanismo de carcinogenicidade do níquel não está bem esclarecido, podendo ser provável que haja uma variedade de mecanismos envolvidos. Há evidências de que seja

resultado de fatores genéticos/diretos, como mudanças conformacionais, por exemplo, ou de fatores epigenéticos indiretos, como a geração de radicais de oxigênio. Alguns compostos de níquel promovem proliferação celular, que poderia converter lesões reparáveis no DNA em mutações irreparáveis. O níquel é considerado genotóxico, mas com baixo potencial mutagênico. O dano ao DNA provocado pelo níquel pode ser em decorrência de aberrações cromossômicas que poderiam resultar na deleção de senescência ou genes supressores de tumor. Os compostos de níquel também foram considerados indutores fracos de trocas de cromátides irmãs (ATSDR, 2005).

O níquel possui alta afinidade com proteínas da cromatina, principalmente histonas e protaminas. A complexação de íons de níquel na heterocromatina pode resultar em alterações, tais como condensação, hipermetilação do DNA, silenciamento gênico e inibição da acetilação de histonas, os quais podem prejudicar a expressão gênica (ATSDR, 2005). A metilação do DNA pode resultar na incorporação de genes críticos na heterocromatina, onde eles passam a não ser mais expressos (Costa, 1995 *apud* ATSDR, 2005). Alterações na expressão gênica podem ser mediadas por fatores transcricionais, e foi demonstrado que o níquel altera muito destes fatores, como fator induzido por hipóxia-1 (HIF-1), que está relacionado ao principal efeito epigenético do níquel e está envolvido em transformação celular, promoção e progressão tumorais, angiogênese, metabolismo alterado e apoptose. Este fator HIF-1 é induzido por hipóxia e por exposição ao níquel (ATSDR, 2005). Além disso, há evidências de que o níquel inibe o reparo de DNA, com mecanismo ainda não totalmente esclarecido. Entretanto, sugere-se que o níquel possa tanto competir com o zinco impedindo que as proteínas se liguem ao DNA para ativar o sistema de reparo, como também possa interagir diretamente com as enzimas envolvidas no reparo de DNA (ATSDR, 2005).

Um outro mecanismo possível para o potencial carcinogênico do níquel é a ligação deste metal com as histonas na heterocromatina. Isto resultaria na formação de espécies reativas de oxigênio, que podem levar a danos no DNA de forma não seletiva, quebra da cadeia de DNA, e ligações cruzadas do DNA com proteínas, ou adutos de DNA, podendo resultar em mudanças na ativação dos genes (ATSDR, 2005).

10.1.3.13.4. LIMITES - NÍQUEL

10.1.3.13.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs

Para o níquel, foram determinados os seguintes valores de MRL:

- MRL (inalatório de duração intermediária) = 0,0002 mg Ni/m³ foi derivado para exposição inalatória de duração intermediária (15-364 dias) ao níquel (ATSDR, 2011).

- MRL (inalatório de duração crônica) = 9x10⁻⁵ mg Ni/m³ foi derivado para exposição inalatória de duração crônica (≥1 ano) ao níquel (ATSDR, 2011).

10.1.3.13.4.2. Doses de Referência

Doses de Referência - Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST)

Níquel, sais solúveis

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,02 mg/kg/dia

RfD Subcrônica: 0,02 mg/kg/dia

Via: Oral (dieta)

Órgão-alvo/ Efeito crítico: Corpo total e órgãos / perda de peso

Espécie: ratos

Nível de Efeito: NOAEL

Fator de incerteza = 300

Dose: 100 ppm (5 mg/kg/dia)

Duração do experimento: 2 anos.

O valor de referência crônico foi adotado como valor de referência subcrônico. O valor de referência oral crônico foi derivado da porção de cloreto de níquel administrado (US EPA, 1999).

Doses de Referência - US EPA's IRIS Program

Níquel, sais solúveis

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,02 mg/kg/dia

Via: Oral (dieta)

Órgão-alvo/ Efeito crítico: Corpo total e órgãos / perda de peso

Espécie: ratos

Nível de Efeito: NOAEL / LOAEL

Dose: 100 ppm (5 mg/kg/dia) / 1000 ppm (50 mg/kg/dia)

Duração do experimento: 2 anos (US EPA, 1991).

10.1.3.14. SELÊNIO

Selênio é um não metal calcogênico encontrado naturalmente nas rochas e solo. Há quantidades traço nos tecidos de plantas e animais. Pode ser encontrado nas formas de selenatos (VI), selenitos (IV), selenetos (II) e raramente como elemento selênio. Possui propriedades elétricas e condutoras, e por isso é empregado em medidores de luz, células fotovoltaicas e semicondutores. Pode estar presente em tintas e descolorantes de vidro, esmaltes, borrachas, baterias, explosivos, fertilizantes e xampus (ATSDR, 2003).

10.1.3.14.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE E COMPORTAMENTO NO MEIO FÍSICO

O selênio pode ser encontrado sob a forma particulada na atmosfera, lançado por fontes antrópicas, adsorvido no solo ou dissolvido nas águas pelo intemperismo de rochas e minerais.

AR

Na atmosfera ocorre principalmente na forma inorgânica de dióxidos de selênio (IV) de partículas carregadas pelo vento. Fontes antrópicas consistem nas queimas de carvão e

incineração de resíduos municipais. Há ainda a contribuição de microrganismos biometiladores de selênio no solo, causando a volatilização do mesmo lançando-o à atmosfera.

Na atmosfera, o seleneto rapidamente tende a se quebrar para selênio elementar enquanto os outros compostos como os orgânicos, tendem a permanecer suspensos por mais tempo (ATSDR, 2003).

ÁGUA

O ingresso de selênio na água está amplamente associado às partículas do solo ou da atmosfera, que são trazidos aos corpos da água por correntes, ou antropicamente pelos descartes industriais.

Nas águas superficiais ou nas zonas freáticas, espera-se encontrar o selênio na forma de sais de selênio ou ácido selênico. O seleneto sódico é um dos compostos mais móveis e baixa taxa de adsorção no solo. Ainda, o elemento na forma de selenitos (IV) tendem a ser menos solúveis do que na forma de selenatos (VI) (ATSDR, 2003).

SOLO

As principais fontes de selênio no solo são pelo lixiviamento das rochas basais e minerais que o contém, e também pelas partículas suspensas na atmosfera que se depositam no solo (ATSDR, 2003).

10.1.3.14.2. BIOACUMULAÇÃO

O selênio possui características bioacumulativas em organismos aquáticos, principalmente em peixes, e ainda sob condições naturais da água, pode ocorrer sua biomagnificação (LEMLY, 1985 *apud* ATSDR, 2003).

10.1.3.14.3. PERFIL TOXICOLÓGICO

O selênio é um elemento traço essencial em humanos e animais, e é parte biologicamente ativa de várias proteínas importantes, particularmente de enzimas envolvidas em mecanismos de defesa antioxidantes (por exemplo, glutathione peroxidase), no metabolismo de hormônios da tireoide (por exemplo, enzimas deiodinases), e no controle redox de reações intracelulares (por exemplo, tioredoxina redutase). Em doses mais que cinco vezes maiores que

a Ingestão Diária Recomendada (IDR), o selênio pode provocar efeitos tóxicos. Atualmente, de acordo com o National Research Council, a IDR do selênio é de 55 µg/dia para homens e mulheres (aproximadamente 0,8 µg/kg/dia). O limite superior de ingestão tolerável do selênio é de 400 µg/dia para adultos (aproximadamente 5,7 µg/kg/dia).

Há poucas informações disponíveis quanto aos efeitos de toxicidade inalatória do selênio. O órgão primário de toxicidade em humanos e animais de experimentação em casos de exposição aguda inalatória a altas doses de pó ou fumaça de selênio é o pulmão, acompanhado principalmente de efeitos cardiovasculares, hepáticos, nervosos e renais. Trabalhadores expostos agudamente a altas concentrações de pó de selênio elementar relataram dor de estômago e dor de cabeça, enquanto que trabalhadores expostos brevemente a altas doses de pó de dióxido de selênio apresentaram sintomas respiratórios como edema pulmonar, espasmos brônquicos, sintomas de asfixia e bronquite persistente, taxas elevadas de batimentos cardíacos, redução da pressão arterial, vômitos, náusea e irritabilidade. Com relação à exposição inalatória crônica, vários estudos ocupacionais descrevem efeitos respiratórios como irritação do nariz, do trato respiratório e dos pulmões, espasmos brônquicos e tosse após exposição ao pó de dióxido de selênio ou selênio elementar. Sintomas respiratórios similares foram relatados em animais de experimentação, além de degeneração hepatocelular e atrofia do fígado.

A exposição aguda oral a doses muito altas de selênio (por exemplo, milhares de vezes maiores que a ingestão diária normal) produz náusea, vômitos e diarreia em humanos e em animais de experimentação. A exposição aguda oral de humanos ao selênio ocasionalmente tem sido associada a sintomas cardiovasculares como taquicardia, mas não foram detectadas anormalidades em eletrocardiograma em indivíduos expostos cronicamente. Em animais de experimentação, a exposição aguda ou subcrônica a altas doses de selênio (aproximadamente 100 vezes maiores que a ingestão humana normal) causou degeneração do miocárdio.

Em humanos, a ingestão crônica oral a doses muito altas de selênio (10-20 vezes maiores que o normal) pode causar selenose, cujos principais efeitos são dérmicos (unhas comprometidas e queda de cabelo) e neurológicos (marcha instável e paralisia). Populações com dieta melhor balanceada, com maior ingestão de proteínas, apresentam menor suscetibilidade à toxicidade do selênio.

Em animais de laboratório, os efeitos adversos primários de sais de selênio inorgânico ou de aminoácidos contendo selênio são cardiovasculares, gastrointestinais, hematológicos,

hepáticos, dérmicos, imunológicos, neurológicos e reprodutivos, apesar das doses necessárias serem pelo menos 5 vezes maiores que a ingestão diária desse elemento.

Após exposição crônica oral a altas doses de selênio via dieta em humanos e ratos, foram observadas evidências de efeitos no sistema endócrino. Em humanos, foi observada redução dos níveis sanguíneos do hormônio tireoidiano T3 (triiodotironina) após exposição a altas doses de selênio por pelo menos 3 meses via dieta, ainda que os níveis hormonais tenham permanecido dentro da faixa de variação normal. Em ratos, foi observada redução da atividade da deiodinase tipo 1 em resposta a altas doses de selênio via oral por vários meses, mas os níveis de hormônios tireoidianos não apresentaram padrão consistente nesses animais.

Não há evidências de potencial de teratogenicidade ou carcinogenicidade do selênio. Os únicos compostos identificados como carcinogênicos são o sulfeto de selênio e o selenac etílico, aos quais a exposição humana é extremamente improvável. Em contrapartida, alguns estudos sugerem que, sob algumas condições, o selênio pode contribuir para reduzir o risco de câncer (ATSDR, 2003).

10.1.3.14.3.1. Toxicocinética

Estudos ocupacionais indicam que humanos absorvem pó de selênio elementar e outros compostos de selênio, mas não foram realizados estudos quantitativos da toxicocinética pela via inalatória. Estudos em cães e ratos indicam que, após exposição inalatória, a taxa e extensão da absorção variam de acordo com a forma de selênio. Estudos em humanos e em animais de experimentação indicam que, quando ingerido, compostos como selenito, selenato e selenometionina, são prontamente absorvidos, com taxa frequentemente maior que 80% da dose administrada. Apesar de não haver evidências de absorção dérmica de selenometionina em humanos, foi demonstrado que esse composto pode ser absorvido pela via dérmica em camundongos. As informações com relação à absorção de sulfeto de selênio são limitadas, mas os dissulfetos de selênio não apresentam evidências de absorção através da pele.

O selênio se acumula em vários órgãos, sendo que, em geral, as maiores concentrações são encontradas no fígado e rins. A concentração tecidual do selênio não parece estar correlacionada com a ocorrência de efeitos. O selênio é encontrado em sangue, cabelo, unhas e leite materno, e pode atravessar a barreira placentária.

Como componente da glutathiona peroxidase e de iodotironina 5'-deiodinases, o selênio é um micronutriente essencial para humanos. Seu papel nas enzimas deiodinases pode ser o motivo pelo qual crianças necessitam de mais selênio que adultos. O selênio também é um componente da enzima tioredoxina redutase, a qual catalisa a redução dependente de NADPH da proteína redox tioredoxina. Outras proteínas contendo selênio com função desconhecida, incluindo a selenoproteína P no plasma, foram identificadas. O excesso de selenito e selenato pode ser metabolizado a compostos metilados e excretados.

O selênio é primariamente eliminado na urina e fezes em humanos e animais de experimentação. A distribuição do selênio entre as duas vias varia com relação ao nível e tempo após a exposição. A forma de selênio excretada é dependente da forma ingerida. Nos casos de exposição aguda a concentrações tóxicas de selênio ou compostos de selênio, quantidades significantes podem ser eliminadas na respiração, causando um hálito característico de alho.

Muitos estudos de metabolismo e toxicocinética conduzidos com o selênio foram desenvolvidos para investigar questões nutricionais e não toxicológicas. Assim, tais estudos não necessariamente utilizaram doses tóxicas, pois tem a intenção de fornecer informações sobre doses relevantes para o tratamento/prevenção da deficiência de selênio ou quimioprevenção do câncer. Como o metabolismo do selênio é dependente da dose ingerida, esses estudos apresentam relevância toxicológica limitada (ATSDR, 2003).

10.1.3.14.3.2. Efeitos adversos à Saúde

Selenose

Após exposição oral crônica a altas concentrações de compostos de selênio orgânico em alimentos, as duas principais condições clínicas observadas em humanos são os efeitos neurológicos e dérmicos, conforme descrito mais completamente no estudo epidemiológico de selenose endêmica na China. As manifestações dérmicas da selenose incluem perda de cabelo, deformação e perda das unhas, descoloração e deterioração excessiva dos dentes, enquanto que os efeitos neurológicos incluem dormência, paralisia e, ocasionalmente, hemiplegia. A ingestão diária média de selênio associada à selenose foi estimada como 1.270 µg/dia (~0,02 mg/kg/dia, ou dose 10-20 vezes maior que a ingestão diária normal).

Em estudos de longo prazo, foi observada perda de pelos e malformação dos cascos em porcos, cavalos e gado, e poliomielomalácia em porcos expostos a altas doses (mais que 30

vezes a quantidade dietética normal) de compostos orgânicos de selênio encontrados em plantas seleníferas. Histologicamente, suínos com sinais neurológicos induzidos por selênio apresentam lesões macroscópicas do corno ventral da medula espinhal. Em condições de laboratório, foi observada degeneração do miocárdio em gado, ovelhas e suínos após exposição aguda e crônica a sais inorgânicos de selênio, mas não está claro se grãos ou forragens seleníferos, ou outras fontes naturais de selênio, podem causar a mesma cardiomiopatia.

Os sinais neurológicos e histopatológicos observados em gado após exposição oral a doses excessivas de compostos de selênio não foram registrados em animais de experimentação. Isso sugere que (1) mamíferos de pequeno porte podem não ser modelos apropriados para avaliar a toxicidade do selênio em humanos devido a diferenças toxicocinéticas (por exemplo, animais de laboratório absorvem compostos de selênio em menor quantidade, ou metabolizam e/ou excretam compostos de selênio mais rápido), (2) algumas formas orgânicas ainda não identificadas de selênio contribuem para a manifestação neurológica da selenose crônica em humanos e gado, (3) fatores de confusão não identificados, como outras toxinas vegetais, contribuem para a síndrome neurológica associada à selenose crônica em estudos de campo em humanos ou gado, e/ou (4) diferenças interespecíes nas interações entre o selênio e outros nutrientes ou xenobióticos, como vitamina E e metionina, a qual é antagonista da toxicidade do selênio (ATSDR, 2003).

Efeitos endócrinos

O selênio é um componente dos três membros da família de enzimas deiodinases, responsáveis pela deiodinação dos hormônios da tireoide, com um papel fisiológico no controle dos níveis desses hormônios. Em estudos com humanos, foram observadas reduções significantes nos níveis séricos de hormônio T3 após exposição ambiental ou via dieta a níveis elevados de selênio (muitas vezes maior que o normal). No entanto, os níveis de hormônio T3 observados nesses estudos permaneceram dentro da faixa normal de variação, de maneira que o impacto biológico dessa alteração não é claro. Não se conhece o efeito do selênio dietético sobre outros hormônios da tireoide. Estudos de duração intermediária em ratos expostos a altas doses de selênio mostram redução na atividade da enzima deiodinase tipo 1; no entanto, os níveis de hormônios da tireoide nesses animais não apresentaram alterações consistentes.

Os efeitos mais comuns da ingestão oral em longo prazo de doses excessivas de compostos orgânicos e inorgânicos de selênio são a redução da taxa de crescimento em animais

jovens e perda de peso em animais mais velhos. É possível que a tireoide ou outro componente endócrino tenha um papel importante na redução do crescimento. Por exemplo, o tratamento de ratos jovens com selenito reduziu os níveis de somatomedina C, embora esse fator de crescimento não seja um indicador sensível da exposição de humanos a doses elevadas de selênio; além disso, a secreção de hormônio de crescimento em resposta à somatomedina C também foi reduzida em ratos tratados com selênio. O alvo endócrino primário do selênio que leva à redução do crescimento ainda não foi elucidado.

A exposição excessiva ao selênio foi associada a toxicidade pancreática. Em cordeiros tratados com dose única oral de selenito, foi observada floculação citoplasmática. Em ratos expostos cronicamente ao selenato ou selenito pela via oral, foi observado dano pancreático, o qual não foi investigado a fundo. A toxicidade pancreática associada à exposição excessiva de selênio está possivelmente relacionada à habilidade única desse órgão de acumular selênio (ATSDR, 2003).

Efeitos reprodutivos

Em humanos, não foi observada correlação entre os níveis de selênio no fluido seminal e a contagem ou mobilidade espermática. Em animais, a exposição oral a altas doses de selenito ou selenato sódico (pelo menos 8 vezes maiores que aquelas normalmente fornecidas por uma dieta adequada) causou aumento do número de espermatozoides anormais, bem como hipertrofia testicular, degeneração e atrofia em ratos machos, e comprometimento do ciclo estral em ratos e camundongos fêmeas. Os animais que apresentaram esses efeitos não acasalaram, de maneira que não se sabe se a fertilidade foi afetada. Similarmente, em macacos, o tratamento oral com L-selenometionina causou perturbação do ciclo menstrual (anovulação, encurtamento das fases lútea e folicular). Em ratos, a deficiência de selênio causou redução da produção e motilidade espermática. A relevância para a espécie humana dos efeitos reprodutivos descritos não é conhecida (ATSDR, 2003).

Efeitos hepáticos

Em humanos expostos a altas doses de selênio, não foram observadas alterações hepáticas (morfológicas ou enzimáticas), mesmo em indivíduos com sintomas severos de selenose. Por outro lado, em animais de experimentação e gado, foi observada toxicidade hepática após exposição oral ou inalatória a diferentes tipos de compostos de selênio. Em

cobaias, foi observada degeneração hepatocelular após exposição inalatória de curto prazo a doses excessivas (centenas de vezes maiores que o normal) de pó de selênio elementar (8 mg/m³) ou seleneto de hidrogênio (33 mg/m³). Em ratos, porcos e camundongos expostos ao selenito, selenato ou selênio orgânico pela via oral (doses aproximadamente 10 vezes mais altas que a quantidade normalmente encontrada em uma dieta adequada), foi observada cirrose, degeneração hepatocelular e alterações nos níveis séricos de enzimas hepáticas. A exposição dietética excessiva ao sulfeto de selênio (em dose milhares de vezes mais alta que a ingestão normal) causou hepatotoxicidade clara em ratos, mas não em camundongos. O fígado é o órgão-alvo primário de toxicidade oral do selênio após exposição crônica ou intermediária em animais de experimentação, indicando que os mesmos não representam um modelo adequado para avaliação desse *endpoint* de toxicidade do selênio em humanos, que não apresentaram efeitos semelhantes (ATSDR, 2003).

Efeitos renais

Não foram relatados efeitos renais do selênio em humanos. Em animais, efeitos renais leves foram observados após exposição oral a altos níveis de selênio (centenas de vezes maiores que a ingestão humana normal). Em ovelhas, esses efeitos incluem degeneração hidrópica após exposição de dose única de 5 mg Se/kg/dia na forma de selenito sódico. Em ratos, foi observado aumento dose-dependente na degeneração renal papilar, descrita como leve a mínima, após exposição a doses muito altas de selenato ou selenito (0,5 mg Se/kg/dia, centenas de vezes maior que a ingestão humana normal) na água de beber por 13 semanas. Em camundongos expostos a condições similares, o único efeito renal observado foi aumento do peso dos rins. Dessa maneira, ratos parecem ser mais sensíveis que camundongos aos efeitos renais decorrentes da exposição repetida a compostos de selênio. Por outro lado, camundongos expostos a doses excessivas de sulfeto de selênio via gavagem (464 mg Se/kg/dia por 13 semanas) desenvolveram nefrite intersticial (ATSDR, 2003).

Efeitos respiratórios

Em humanos, o sistema respiratório é o local primário de toxicidade após exposição inalatória ao selênio elementar ou compostos de selênio. O maior número de casos de exposição relatados ocorreu em ambiente ocupacional, com dados limitados de concentração no ar, porém, com efeitos comuns associados ao selênio.

O dióxido de selênio é formado quando o selênio é aquecido no ar. A exposição direta a esse composto é um perigo primariamente ocupacional. Em contato com a água, o dióxido de selênio forma o ácido selenioso, incluindo a água da transpiração, e pode causar irritação severa. A inalação aguda de grandes quantidades de pó de dióxido de selênio pode causar edema pulmonar como resultado do efeito local irritante nos alvéolos. Em trabalhadores expostos brevemente a altas concentrações de dióxido de selênio, foram observados espasmos brônquicos, sintomas de asfixia e bronquite persistente. Um estudo relatou que concentrações de 0,007-0,05 mg de selênio/m³ na forma de dióxido de selênio em ambiente ocupacional causou traqueobronquite leve em 9 de 62 dos trabalhadores expostos.

O seleneto de hidrogênio, um composto altamente tóxico, é encontrado na forma de gás à temperatura ambiente, com densidade muito maior que o ar. O oxiclureto de selênio, também altamente tóxico, é mais irritante e corrosivo para o trato respiratório que outras formas de selênio porque esse composto se hidrolisa a clureto de hidrogênio (HCl), o qual pode então formar ácido hidrocloreídrico no ar úmido e no trato respiratório.

A exposição inalatória aguda ao pó de selênio elementar, possivelmente incluindo dióxido de selênio, em ambientes ocupacionais é capaz de irritar as membranas mucosas do nariz e garganta, causando tosse, sangramento nasal, perda olfativa e, em trabalhadores expostos a altas doses, dispneia, espasmos brônquicos, bronquite e pneumonia química.

Em animais de experimentação, o trato respiratório também é o local primário de toxicidade após exposição inalatória aguda ao selênio elementar e compostos de selênio. Ratos expostos à fumaça de selênio (concentração e tamanho de partículas não relatados) por 2-16 minutos apresentaram efeitos respiratórios moderados a severos, incluindo hemorragia e edema dos pulmões. Após exposição ao pó de selênio (diâmetro médio de partículas de 1,2 µm) na dose de 33 mg de selênio/m³ por 8 horas, ratos apresentaram efeitos respiratórios severos, incluindo hemorragia e edema dos pulmões, pneumonite intersticial (análise histopatológica) e vários animais morreram; coelhos e cobaias apresentaram pneumonite intersticial leve ou congestão, e enfisema leve. Outros achados histopatológicos incluíram infiltração linfocítica vascular e focos alveolares de macrófagos.

Em cobaias, a exposição inalatória aguda a 8 mg de selênio/m³ na forma de seleneto de hidrogênio por 4 horas causou broncopneumonia difusa e pneumonite. A análise histológica revelou espessamento das paredes alveolares e congestão de capilares alveolares. Em contraste,

a exposição de ratos a 25.958 mg de selênio/m³ na forma de seleneto dimetílico por 1 hora resultou em efeitos mínimos (aumento do peso do pulmão e fígado) no dia seguinte à exposição, que desapareceram após 7 dias da exposição. A metilação enzimática de compostos de selênio é a via primária de detoxificação de compostos de selênio e pode explicar a baixa toxicidade do seleneto dimetílico. Assim, esse composto parece ser relativamente não-tóxico em comparação ao seleneto de hidrogênio, ainda que seja ambientalmente relevante, já que é formado no solo, plantas e microrganismos.

Os efeitos da instilação intratraqueal do selênio na função pulmonar podem ser dependentes da forma em que é disponibilizado. Em cobaias, a instilação de 0,06 mg de selênio/100 g p.c. causou redução significativa na taxa respiratória e um aumento significativo na resistência pulmonar quando administrado na forma de dióxido de selênio; na forma de seleno-Lmetionina, os efeitos foram similares, porém, não significativos. Para ambos os compostos, a análise histológica revelou agregados de neutrófilos e dilatação nos alvéolos, sugestivos de enfisema. Além disso, foi observado aumento não significativo do peso relativo do pulmão e redução não significativa da contagem de leucócitos na lavagem do fluido broncoalveolar.

A instilação intratraqueal de 0,3 mg de selênio na forma de seleneto de sódio em cobaias machos causou redução da complacência pulmonar dinâmica e aumento da resistência pulmonar, acompanhados de possível dano tecidual pulmonar. A análise histológica dos animais revelou inflamação aguda leve em aproximadamente um terço do tecido pulmonar e quantidade notável de descamação do epitélio e da mucosa dos brônquios. Foi observado aumento significativo do peso do pulmão e redução significativa da contagem de leucócitos na lavagem do fluido broncoalveolar.

Não foram encontrados estudos relacionados aos efeitos respiratórios após exposição crônica ou intermediária ao selênio ou compostos de selênio (ATSDR, 2003).

Efeitos cardiovasculares

Após exposição aguda (até 20 minutos) à fumaça de dióxido de selênio em decorrência de um incêndio, vários trabalhadores apresentaram sintomas de choque, incluindo redução da pressão arterial e aumento da frequência cardíaca, que foram normalizados em até 3 horas mediante tratamento com oxigênio e inalação de vapor de amônia.

Quanto à exposição pela via oral, distúrbios do miocárdio (choque cardiogênico, falência congestiva do coração, arritmia, necrose multifocal do miocárdio) já foram associados à deficiência de selênio, mas não foram associados à selenose dietética crônica em humanos em doses ≥ 0.016 mg/kg/dia. Um estudo preliminar na China sugere que a suplementação com selênio (100 μ g/dia) durante a gestação pode reduzir a incidência de hipertensão gestacional.

Em contraste, em ovelhas expostas pela via oral ao seleneto ou selenato de sódio na dose de 0,65 ou 0,9 mg de selênio/kg/dia por 171 dias, ou na dose única 5 mg de selênio/kg, foram observadas petéquias hemorrágicas no endocárdio à autópsia. Em porcos tratados com selênio na dose de 0,46 mg de selênio/kg/dia por 34 dias, foi observada vacuolização e picnose nuclear no coração. Em um estudo crônico em ratos expostos a 0,5 mg de selênio/kg/dia via dieta na forma de selenito ou selenato de sódio, foi observada hiperemia, hemorragia e degeneração do miocárdio, bem como edema pericárdico.

Em porcos expostos a 54 mg/kg de selênio por 1-7 dias via dieta, foi observada toxicidade severa e morte de vários animais; a análise histológica do coração revelou dos animais que morreram lesões miocárdicas caracterizadas por desorganização das fibras, atrofia e hipertrofia difusa, e hipertrofia medial acentuada das arteríolas.

Em ratos Wistar expostos a 0,324 mg de selênio/kg/dia na forma de selenito de sódio via ração por 12-14 semanas, foram observadas alterações degenerativas severas difusas, incluindo edema no tecido conectivo subendocárdico e nas regiões perivasculares entre fibras, e inchaço de miofibrilas com edema intercelular profuso.

Em camundongos expostos a 0,2 mg de selênio/kg/dia na forma de selenito de sódio via ração por 12 semanas, foram observados danos cardíacos caracterizados por cardiomiócitos com grande quantidade de mitocôndrias comprometidas, gotículas lipídicas e lisossomos.

Em coelhos New Zealand albinos expostos a 0,137 mg de selênio/kg/dia na forma de selenito de sódio via ração por 3 meses, foram observadas alterações degenerativas distintas indicando desintegração da estrutura interna dos miócitos, além de fibras musculares fragmentadas e separadas, comprometimento e perda de miofibrilas, sarcômeros irregulares, e mitocôndrias escassas e com tamanhos e formas variadas, com cristas desorientadas e perda de matriz (ATSDR, 2003).

Efeitos gastrointestinais

Após exposição aguda (até 20 minutos) à fumaça de dióxido de selênio em decorrência de um incêndio, trabalhadores apresentaram vômitos e náuseas. Em trabalhadores expostos ao selênio elementar e ao dióxido de selênio, dor de estômago foi um sintoma frequentemente relatado.

Com relação à exposição oral, em humanos, é comum o relato de desconforto gastrointestinal incluindo náusea, vômitos, diarreia e dor abdominal após ingestão de selenato de sódio aquoso ou selenito de sódio.

Em porcos expostos a 54 mg de selênio/kg por 1-7 dias via ração, foi observada toxicidade severa (anorexia e vômitos) e vários animais morreram; a análise histológica desses animais (70-79 dias após a exposição) revelou lesões na mucosa estomacal desde pequenas erosões (1-2 mm de diâmetro) a necrose extensiva (até 100 mm de diâmetro).

Em ratos e camundongos, não foram observados efeitos gastrointestinais após exposição ao selênio por até 24 meses, em doses de até 7,17 mg de selênio/kg/dia. Em macacos, foram observados vômito e anorexia após exposição a 0,15 mg/kg/dia de selênio na forma de L-selenometionina via gavagem durante os dias de gestação 20-50 (ATSDR, 2003).

Efeitos hematológicos

Em um estudo epidemiológico duplo cego de 120 dias, homens saudáveis expostos a 0,0006 mg de selênio/kg/dia via dieta por 21 dias (n = 11), seguido de 0,0002 mg/kg/dia (n = 6) ou 0,004 mg/kg/dia (n = 5) por 99 dias apresentaram redução da contagem de leucócitos em relação à contagem basal de cada indivíduo no grupo de maior dose, e aumento da contagem de leucócitos no grupo de menor dose, devido à, principalmente, alterações no número de granulócitos ao final do estudo. Em indivíduos expostos a 0,016 mg de selênio/kg/dia em região selenífera da China, foi observado aumento do tempo de protrombina.

Em ratos e camundongos expostos ao selênio via água de beber, alterações hematológicas foram observadas somente em doses de selênio que causaram redução significativa do consumo de água, configurando um fator de confusão na análise dos resultados. Em ratos, foi observada redução dose-dependente dos níveis de hematócrito e hemoglobina após exposição a 0,32 e 0,56 mg de selênio/kg/dia via dieta. Em estudo de 2 anos em ratos, foi observada redução dos níveis de hemoglobina após exposição a 0,025-0,40 mg de selênio/kg/dia na forma de selenato de sódio (ATSDR, 2003).

Carcinogenicidade

O único composto de selênio com potencial de carcinogenicidade demonstrado em animais é o sulfeto de selênio. Há evidências inconclusivas de que o selenac etílico também possa ser carcinogênico, já que esse composto induziu aumento significativo da incidência de hepatomas em camundongos machos expostos a 2 mg de selênio/kg na forma de selenac etílico, mas não em machos de outra linhagem ou fêmeas (ATSDR, 2003).

De acordo com a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC), o selênio é classificado no Grupo 3: não classificável quanto à carcinogenicidade para humanos. As formas de selênio incluídas nessa classificação foram selenato de sódio, selenito de sódio e as formas orgânicas de selênio presentes em materiais vegetais, bem como o selenac etílico e metílico (IARC, 1975; 1987). De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (U.S.EPA), o selênio não é classificável quanto à carcinogenicidade em humanos, inserido no Grupo D. No entanto, as evidências disponíveis para o sulfeto de selênio foram consideradas suficientes para classificá-lo no Grupo B2, como provável carcinógeno para humanos (USEPA, 2003).

Exposição Em Crianças

O selênio é um micronutriente essencial para seres humanos, especificamente para crianças. Órgãos de saúde definem um ingresso de 5 a 20 microgramas por dia. No entanto, pouco se sabe sobre os efeitos adversos de selênio em crianças, sendo os estudos limitados aos animais (ATSDR, 2003).

10.1.3.14.3.3. Mecanismos de toxicidade

No organismo, o selênio pode ser agrupado em três categorias principais: selênio em proteínas, espécies não-proteicas de selênio e seleno-aminoácidos. As espécies mais prevalentes incluem selenocisteína, selenometionina e formas inorgânicas de selênio (selenito e selenato). Proteínas contendo selenocisteína são particularmente importantes pois são responsáveis pelas propriedades antioxidantes do selênio. As principais selenoproteínas são glutathione peroxidase (GPX), tioredoxina redutase e iodotironina 5'-deiodinases; a atividade dessas enzimas selenocisteínas geralmente são reduzidas quando há depleção de selênio, e aumentadas quando há repleção desse elemento. O selênio também pode ser incorporado diretamente em proteínas inespecíficas no lugar de metionina (selenometionina), o que

contribui para o conjunto de proteínas ricas em selenometionina presentes em tecidos humanos e animais, ou torna-se parte de proteínas ligadas não covalentemente ao selênio.

Há poucas informações disponíveis com relação ao mecanismo bioquímico específico pelo qual o selênio e os compostos de selênio exercem seus efeitos agudos tóxicos. Geralmente, formas solúveis em água são absorvidas mais facilmente e apresentam maior toxicidade aguda. Vários mecanismos têm sido propostos para explicar os numerosos efeitos tóxicos a longo prazo em decorrência do excesso de selênio, como alterações em cabelos, pele, unhas, fígado, tireoide e sistema nervoso, conforme discutido abaixo. Isso inclui informações sobre os mecanismos que envolvem os efeitos do selênio como componente da GPX, tioredoxina redutase e iodotironina deiodinases; o papel de outras proteínas contendo selênio no metabolismo de mamíferos não foram esclarecidos. O selênio apresenta também fortes interações com outros nutrientes como vitamina E, metais tóxicos como mercúrio e o cádmio, e vários xenobióticos.

O selênio substitui prontamente o enxofre em biomoléculas e várias reações bioquímicas, especialmente quando a concentração de selênio é alta e a concentração de enxofre é baixa no organismo. A inativação de enzimas sulfidrilas necessárias para as reações oxidativas na respiração celular, através de efeitos no transporte de elétrons na mitocôndria e microssomos, pode contribuir para a toxicidade aguda do selênio. O selênio pode ter um papel no metabolismo hepático do grupo heme relacionado à GPX ou peroxidação lipídica. A selenocisteína é encontrada especificamente em algumas proteínas (por exemplo, GPX); a selenometionina parece ser uma substituta aleatória da metionina na síntese proteica. Esse parece ser um mecanismo adicional de toxicidade crônica ou intermediária.

Danos à pele, cabelos e unhas não são indicadores significantes da exposição excessiva ao selênio. O mecanismo que causa esses efeitos tegumentários não está claro, mas pode estar relacionado a altas concentrações de selênio nesses tecidos, como consequência da substituição do enxofre por selênio em determinados aminoácidos, incluindo as pontes de dissulfeto que suportam a função e estrutura terciária das proteínas. Por exemplo, a substituição de enxofre por selênio na queratina resulta em enfraquecimento físico da estrutura proteica e falência de tecidos queratinizados como cabelos e cascos. As unhas e os cabelos são considerados vias de excreção do selênio em excesso.

Evidências indicam que o estresse oxidativo é a lesão bioquímica chave da intoxicação por selênio. Formas de selênio inorgânico parecem reagir com tióis teciduais por catálise redox,

resultando em formação de espécies reativas de oxigênio (ânion superóxido [O₂⁻]). Por exemplo, o selenito é um catalisador pró-oxidante que reage com a glutathiona endógena intracelular ou extracelular, e causa toxicidade pela formação de superóxido e selênio elementar. A selenocistamina (diseleneto) catalisa a formação de superóxido sob condições aeróbicas na presença de tiol; essa reação pode exercer um papel na toxicidade de diselenetos e alquil-selenóis. O selênio pode apresentar efeitos inibitórios em proteínas tióis por modificação via (1) formação de ligações S-Se-S (selenotrisulfetos) e S-Se (selenilsulfeto), (2) catálise de S-S (pontes de dissulfeto) sem incorporação de selênio na proteína, e (3) formação de diselenetos Se-Se. Similarmente, as proteínas que contêm cisteínas regulatórias podem formar adutos de selênio, resultando em toxicidade por inativação de grupos tióis essenciais.

O selênio também pode participar nas atividades reguladoras de redox das GPXs com fosfolipídios hidroperóxidos e superóxidos inflamatórios. Metabólitos de reações da GPX e fosfolipídios hidroperóxidos podem suprimir ativação de genes induzida por citocinas ou fatores de crescimento. O selênio parece ser um elemento chave que, através da modulação da atividade da GPX, pode inibir a ativação do fator de transcrição NF- κ B, o qual está envolvido na regulação da expressão de vários genes, particularmente aqueles envolvidos com respostas imunes, inflamatórias e de estresse.

A apoptose induzida por fator de necrose tumoral pode ser inibida pela superexpressão de GPX citosólica ou fosfolipídios hidroperóxidos de GPX pois a cascata de sinalização apoptótica pode ser estimulada por hidroperóxidos. Estudos demonstraram que os compostos de selênio que formam o ânion metilseleneto (selenol) induzem apoptose celular, e a selenometilselenocisteína induz apoptose em células cancerígenas através da ativação de caspases, um mecanismo que provavelmente também é válido para outros compostos de selênio que induzem apoptose. As hipóteses para o papel protetivo do selênio contra o desenvolvimento de câncer incluem a inibição da formação de adutos covalentes de DNA, retardo do dano oxidativo ao DNA, lipídios e proteínas, e modulação de eventos celulares e moleculares que são críticos na inibição do crescimento celular e no processo de múltiplas etapas da carcinogênese.

A função intracelular redox também pode ser afetada pela deficiência de selênio. Em geral, a toxicidade de compostos que são metabolizados para formar radicais livres aumenta em animais com deficiência desse elemento e vários dose efeitos são prevenidos pela sua

suplementação. Por exemplo, o papel ativo do selênio na tioredoxina redutase ajuda a reduzir os nucleotídeos na síntese de DNA, e o selênio na GPX reduz os fosfolipídios hidroperóxidos e peróxido de hidrogênio. A degradação peroxidativa de ácidos graxos poli-insaturados em membranas causa a formação de substâncias como radicais livres, aldeídos e epóxidos, os quais podem ter efeitos citotóxicos, hepatotóxicos e genotóxicos. O papel do selênio na proteção contra perda gestacional precoce pode estar relacionado à redução da proteção antioxidante de membranas biológicas e DNA causada por baixas concentrações de GPX. Um estudo demonstrou que níveis de adutos de hemoglobina a partir de aldeídos e epóxidos em animais com deficiência de selênio aumentaram em decorrência da perda da atividade da GPX dependente de selênio. Doenças degenerativas como miopatias esqueléticas e cardíacas, as quais ocorrem particularmente em gado e ovelhas com deficiência de selênio, parecem ser decorrentes da perda da atividade de GPX fosfolipídios hidroperóxidos de membrana.

O status do selênio também pode influenciar a função de hormônios da tireoide via enzimas deiodinases. O selênio é um componente crítico dessas enzimas, incluindo a iodotironina 5-deiodinases, as quais convertem o pró-hormônio tiroxina (T4) à forma ativa circulante, triiodotironina (T3). Além disso, a GPX, da qual o selênio é um componente, é a principal enzima responsável pela proteção de célula da tireoide contra danos oxidativos. A GPX está envolvida na detoxificação do peróxido de hidrogênio, o qual é produzido na tireoide durante a conversão de T4 a T3 (ATSDR, 2003).

10.1.3.14.4. LIMITES - SELÊNIO

10.1.3.14.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs

Para o selênio, foram determinados os seguintes valores de MRL:

- MRL (oral de duração crônica) = 0,005 mg Se/kg/dia foi derivado para exposição oral de duração intermediária (>365 dias) ao selênio (ATSDR, 2003).

Observação: não foram determinados MRLs para exposição inalatória aguda e crônica ou para exposição oral aguda e intermediária devido à insuficiência de informações.

10.1.3.14.4.2. Doses de referência

Doses de Referência - Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST)

Selênio

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,005 mg/kg/dia

Fator de incerteza: 3

Via: Oral (dieta)

Alvo/ Efeito crítico: Corpo inteiro / selenose clínica

Espécie: Humana

Nível de Efeito: NOAEL

Dose: 0,853 mg/dia

Duração do experimento: não informada.

O valor de referência crônico foi adotado como valor de referência subcrônico (USEPA, 1997).

Doses de Referência - US EPA's IRIS Program

Selênio e compostos de selênio

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,005 mg/kg/dia

Fator de incerteza: 3

Via: Oral (dieta)

Alvo/ Efeito crítico: Sistema nervoso, hematológico e dérmico / selenose clínica

Espécie: Humana

Nível de Efeito: NOAEL

Dose: 0,015 mg/kg/dia

Duração do experimento: não informada (USEPA, 2003).

10.1.3.15. ZINCO

Zinco é um metal branco azulado em sua forma pura, e é amplamente distribuído na crosta terrestre. É um dos metais mais comuns no meio físico, e também está presente em grande variedade de alimentos. Seu uso é bastante amplo, sendo empregado nas ligas metálicas, nas indústrias galvanoplásticas, têxteis, cerâmicas, automobilísticas e construção civil (ATSDR, 2005). Nos alimentos, o zinco está presente em variedades de carne, ostras, camarão, grãos, cereais, tubérculos, frutas e hortaliças.

10.1.3.15.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE E COMPORTAMENTO NO MEIO FÍSICO

O zinco pode ser lançado naturalmente no solo e nas águas pela erosão das rochas e minerais que o contenha, e antropicamente pelas atividades minerárias e industriais, tratamento de minérios, queima de combustíveis e fertilizantes agrotóxicos.

AR

O zinco presente na atmosfera é relativamente baixo, exceto quando próximo a fontes industriais. A concentração do metal no ar de áreas rurais varia de 10 a 100 ng/m³ e em áreas urbanas de 100 a 500 ng/m³ (ATSDR, 2005).

Quando estão no ar, as partículas de zinco estão sob a forma oxidada e tendem a serem transportadas pelo vento, dependendo da densidade e tamanho, e removidas por deposição seca e úmida (ATSDR, 2005)

ÁGUA

O ingresso de zinco na água está amplamente associado às partículas do solo ou da atmosfera, que são trazidos aos corpos da água por correntes, ou antropicamente pelos descartes industriais e efluentes de mineração.

A concentração de zinco em águas superficiais geralmente é menor que 10 µg/L, na água do mar varia entre 0,002 e 0,1 µg/L e na água subterrânea de 10 a 40 µg/L. O teor de zinco na água de torneira pode ser mais alto pela dissolução do metal em tubulações.

Na água o zinco dissolvido é encontrado comumente na forma catiônica +2, e pode formar complexos com ligantes orgânicos e inorgânicos. Quando o zinco está particulado, as condições das águas, como pH e o potencial redox atuam na sua dissolução ou adsorção em outras partículas. Estudos indicam que sob ambientes mais ácidos, o zinco particulado tende a ficar dissolvido, enquanto em águas mais alcalinas o zinco tende a ser adsorvido (ATSDR, 2005).

SOLO

O zinco é componente comum e natural de solos, mas sua concentração pode ser ampliada por descartes de resíduos e efluentes industriais ou minerários. O teor em solo geralmente está em torno de 300 mg/kg de peso seco e no sedimento de até 100 mg/kg (ATSDR, 2005).

Em condições ácidas, o zinco metálico pode gerar compostos.

10.1.3.15.2. BIOACUMULAÇÃO

Zinco é um elemento biocumulativo nos organismos, em especial nos organismos aquáticos como crustáceos e bivalves e em menor proporção peixes. Plantas podem acumular zinco se crescerem em ambientes contaminados, mas não há biomagnificação (USEPA, 1987 e Biddinger e Gloss, 1984 *apud* ATSDR, 2005).

10.1.3.15.3. PERFIL TOXICOLÓGICO

O zinco é um dos metais mais abundantes no organismo humano. É encontrado normalmente em todos os tecidos e fluidos de tecidos e é um cofator em mais de 300 sistemas enzimáticos. Juntos, músculos e ossos, contêm aproximadamente 90% da quantidade total de zinco no corpo (≈60 e 30%, respectivamente). O zinco está presente no plasma sanguíneo, eritrócitos, leucócitos e plaquetas, mas é principalmente localizado dentro dos eritrócitos. A deficiência de zinco diminui a capacidade dos eritrócitos resistirem à hemólise *in vitro*. Este achado sugere que o zinco estabiliza a membrana eritrocitária. No plasma, dois terços do zinco

estão ligados à albumina; o restante está ligado principalmente à α 2-macroglobulina. Órgãos contendo concentrações consideráveis de zinco são o fígado, trato gastrointestinal, rins, pele, pulmões, cérebro, coração e pâncreas. Altas concentrações de zinco também foram detectadas na próstata, retina e esperma, e os níveis de zinco variam entre os indivíduos (ATSDR, 2005). Apesar da sua importância fisiológica, o excesso de zinco pode causar efeitos adversos.

Na forma de pó fino, em contato com os olhos e com a pele, o zinco e seus compostos podem causar irritação, com vermelhidão, coceira, ressecamento, conjuntivite e dermatite irritativa após contato repetido ou prolongado. A inalação de altas concentrações da poeira e/ou fumos do produto pode causar irritação do trato respiratório, falta de ar, taquicardia e dispneia. Além disso, inalação de fumos pode causar febre dos fumos metálicos de natureza reversível, caracterizada por febre, calafrios, mialgia, fadiga, garganta seca ou inflamada, aperto no peito e dor de cabeça. Também podem ocorrer gosto metálico, náusea, vômito e visão turva. A exposição inalatória crônica à poeira pode provocar decréscimo das funções pulmonares. A ingestão do produto é improvável, mas caso ocorra, pode causar distúrbios gastrintestinais, como náusea vômito e diarreia.

10.1.3.15.3.1. Toxicocinética

Há informações limitadas sobre as propriedades toxicocinéticas do zinco após a inalação ou exposição dérmica. Entretanto, o aumento dos níveis de zinco no sangue e na urina de humanos e no tecido de animais após inalação e exposição dérmica ao zinco, respectivamente, indicam que este é absorvido por estas vias (ATSDR, 2005).

A absorção do zinco pela via inalatória depende do tamanho das partículas e da sua solubilidade, sendo que ambos os fatores podem influenciar grandemente a deposição e a eliminação de aerossóis de zinco, particularmente o óxido de zinco insolúvel. Níveis elevados de zinco foram encontrados no sangue e na urina de trabalhadores expostos à fumaça de óxido de zinco. Em estudos de toxicidade inalatória, o zinco permaneceu retidos nos pulmões dos animais de experimentação. Algumas partículas inaladas de óxido de zinco estão sujeitas à depuração ciliar e deglutição. Assim, uma porção do zinco inalado pode, finalmente, ser absorvida pelo trato gastrointestinal (ATSDR, 2005).

A absorção do zinco pelo trato gastrointestinal é regulada por mecanismos de homeostasia. Em condições fisiológicas normais, 20 a 30% do zinco ingerido é absorvido. A

captação de zinco do lúmen intestinal envolve difusão passiva e um processo mediado por transportador (proteína intestinal rica em cisteína), que é saturável quando a concentração de zinco no intestino é alta. Vários fatores influenciam a absorção de zinco: a solubilidade do composto de zinco; inibidores, tais como cálcio, fósforo e fibra dietética e fitatos (componentes de fibra alimentar que podem co-precipitar com zinco no intestino); e potenciadores, tais como aminoácidos, ácido picolínico, e prostaglandina E2. A presença de outros metais (mercúrio, cádmio, cobre) também pode diminuir o transporte de zinco (ATSDR, 2005).

A metalotioneína, uma proteína que se liga aos metais, pode contribuir para a homeostase do zinco. Como outros metais, o zinco pode induzir a produção de metalotioneína nas células da mucosa intestinal. O zinco liga-se à metalotioneína, que permanece nas células da mucosa que revestem o trato gastrointestinal, e o metal ligado é excretado do corpo ao se desprender dessas células. Embora a afinidade do zinco pela metalotioneína seja relativamente baixa, a proteína pode servir para impedir a absorção do excesso de zinco no corpo. A absorção de zinco, em ratos, aumenta quando os níveis de metalotioneína são menores (ATSDR, 2005).

Uma vez absorvido, o zinco é amplamente distribuído por todo o corpo. O teor de zinco é mais alto nos músculos, ossos, trato gastrointestinal, rins, cérebro, pele, pulmões, coração e pâncreas. Altas concentrações de zinco também foram detectadas na próstata, retina e esperma, e os níveis de zinco variam entre os indivíduos (ATSDR, 2005).

No plasma, dois terços do zinco estão ligados à albumina, o que representa o zinco metabolicamente ativo. O zinco é fracamente ligado à albumina e esta tem a capacidade de liberar zinco para os tecidos (ATSDR, 2005).

O zinco absorvido pela via inalatória é eliminado pela urina, conforme dados ocupacionais. Já o zinco ingerido (humanos) é eliminado principalmente pelas fezes e, o restante é eliminado pela na urina. Estudos mostram que o zinco é eliminado pela bile, sendo transferido do fígado para a bile por um processo dependente da glutatona. Outras formas de eliminação são na secreção de saliva, perda de cabelo e suor (ATSDR, 2005).

10.1.3.15.3.2. Efeitos adversos à Saúde

Mutagenicidade

Em estudos de mutagenicidade conduzidos com o zinco, houve indício de fraco efeito clastogênico após exposição a este metal, entretanto, não foram confirmados efeitos genotóxicos em testes *in vivo* em diversos sistemas testados (ATSDR, 2005). Dados os resultados dos estudos de mutagenicidade, pode-se concluir que o óxido de zinco não traz preocupações a longo prazo no que se refere à mutagenicidade (EU, 2008).

Carcinogenicidade

Não há estudos adequados de carcinogenicidade, disponíveis em literatura, referentes à exposição ao zinco. Não há evidência experimental ou epidemiológica clara de ação carcinogênica direta do zinco ou dos seus compostos (U.S. EPA, 2005).

Toxicidade à reprodução

Estudos conduzidos em ratos indicaram evidências de que altas doses de zinco, por via oral, podem afetar adversamente a espermatogênese. Além disso, causou danos à fertilidade em fêmeas expostas, resultando em decréscimo do número de sítios de implantação e aumento da reabsorção (U.S. EPA, 2005).

Toxicidade para órgãos-alvo específicos após exposição única e/ou crônica

A inalação ocupacional de fumos de óxido de zinco causa uma resposta inflamatória dose-dependente nos pulmões que pode resultar nos sintomas de febre dos fumos metálicos, cujos sintomas são tosse, dispneia e aperto no peito, associados à febre, dor de cabeça, gosto metálico, náusea, vômito e visão turva (EU, 2004; U.S. EPA, 2005).

Exposição Em Crianças

Apesar do zinco ser um elemento fundamental no crescimento e desenvolvimento de crianças, a exposição em altos níveis pode comprometer a saúde das mesmas. Há poucos estudos sobre a exposição de altas concentrações de zinco em crianças, mas há relatos de que a ingestão em grande quantidade pode afetar o estômago e o pâncreas, tal como nos adultos (ATSDR, 2005).

10.1.3.15.3.3. Mecanismos de toxicidade

Sugere-se que o óxido de zinco provoque inflamação do trato respiratório e a liberação de histamina ou substâncias semelhantes a ela. Em resposta, forma-se um complexo alérgeno-anticorpo que pode desencadear uma reação alérgica na exposição subsequente ao alérgeno. Em resposta ao complexo alérgeno-anticorpo, um antianticorpo é formado. O antianticorpo domina com a exposição continuada ao óxido de zinco, produzindo assim uma tolerância. Quando a exposição é interrompida e a nova exposição ocorre, o complexo alérgeno-anticorpo domina, produzindo uma reação alérgica e sintomas de febre das emanações de metal (ATSDR, 2005).

A exposição oral a altos níveis de zinco causou anemia, diminuição dos níveis de colesterol HDL e dano pancreático em humanos. Os mecanismos envolvidos no dano pancreático não foram elucidados. Acredita-se que a anemia e, possivelmente, os níveis de colesterol HDL diminuídos sejam causados por uma deficiência de cobre induzida pelo zinco, embora os níveis em que isso ocorre não tenham sido bem caracterizados (ATSDR, 2005).

10.1.3.15.4. LIMITES - ZINCO

10.1.3.15.4.1. Níveis Mínimos de Risco (Minimal Risk Levels) - MRLs

Para o zinco, foram determinados os seguintes valores de MRL:

- MRL (oral de duração intermediária) = 0,3 mg/kg/dia foi derivado para exposição oral de duração intermediária (15-364 dias) ao zinco (ATSDR, 2005).

- MRL (oral de duração crônica) = 0,3 mg/kg/dia foi derivado para exposição oral de duração intermediária (>1 ano) ao zinco (ATSDR, 2005).

10.1.3.15.4.2. Doses de Referência

Doses de Referência - Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST)

Zinco metálico

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,3 mg/kg/dia

Fator de incerteza: 3

Via: Oral (dieta)

Alvo/ Efeito crítico: Sangue / diminuição das enzimas no sangue

Espécie: Humana

Nível de Efeito: LOAEL

Dose: 1 mg/kg/dia

Duração do experimento: 10 semanas.

O valor de referência crônico foi adotado como valor de referência subcrônico (USEPA, 1999).

Fosforeto de zinco

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,003 mg/kg/dia

Fator de incerteza: 1000

Via: Oral (dieta)

Alvo/ Efeito crítico: Corpo total / diminuição do peso e da ingesta de alimentos

Espécie: Ratos.

Nível de Efeito: LOAEL

Dose: 3,48 mg/kg/dia

Duração do experimento: 13 semanas (HEAST, 1999).

Doses de Referência - US EPA's IRIS Program

Zinco e compostos de zinco

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,3 mg/kg/dia

Fator de incerteza: 3

Via: Oral (suplemento na dieta)

Alvo/ Efeito crítico: Eritrócitos / Diminuição da atividade da enzima Cu, Zn-superóxido dismutase em voluntários adultos saudáveis, do sexo masculino e feminino.

Espécie: Humana

Nível de Efeito: LOAEL

Dose: 0,91 mg/kg/dia

Duração do experimento: 10 semanas (USEPA, 2005).

Fosforeto de zinco

Toxicidade Subcrônica e Crônica (não carcinogênico):

RfD Crônica: 0,0003 mg/kg/dia

Fator de incerteza: 10.000

Via: Oral (dieta)

Alvo/ Efeito crítico: Corpo total / diminuição do peso e da ingesta de alimentos

Espécie: Ratos.

Nível de Efeito: LOAEL

Dose: 3,48 mg/kg/dia

Duração do experimento: 13 semanas (USEPA, 1987).

10.2. DOSE DE EXPOSIÇÃO

Em projetos de ARSH uma das etapas mais importantes é a quantificação da Dose de Exposição ou Ingresso, que deve ser desenvolvida pela estimativa das concentrações nos pontos

de exposição e pelo cálculo da Dose de Exposição. A Dose de Exposição é definida como a fração da SQI que está na interface de contato com o organismo exposto (pulmões, pele e intestino) e disponível para absorção, sendo expressa pela massa de SQI, por massa corpórea e unidade de tempo (USEPA, 1989). Esta etapa será dividida em:

- ✓ Estimativa das Concentrações nos Pontos de Exposição;
- ✓ Quantificação das Doses de Exposição;
- ✓ Análise de Incertezas e Sensibilidade.

10.2.1. CONCENTRAÇÕES NOS PONTOS DE EXPOSIÇÃO

A estimativa das concentrações nos pontos de exposição (C_{PDE}) corresponde à quantificação por compartimento de interesse das concentrações das SQI que estão em contato com o receptor durante o período de exposição. No presente estudo as C_{PDE} foram desenvolvidas com base no disposto nos procedimentos técnicos descritos nas Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos (MS, 2010). Na ausência destes nas Diretrizes, teve-se como base o descrito no *Public Health Assessment Guidance Manual* (ATSDR, 2005).

As C_{PDE} podem ser determinadas usando:

- ✓ Dados de monitoramento analítico das SQI nos compartimentos de interesse do meio físico contaminado, considerando desta forma as máximas concentrações nos pontos de exposição (C_{maxPDE});
- ✓ Tratamentos matemáticos estatísticos com base no UCL95% que possibilitem a identificação de tendências de concentração da C_{PDE} nos compartimentos de interesse do meio físico a partir de dados monitoramento analítico das SQI, considerando desta forma as concentrações UCL95 nos pontos de exposição (C_{uclPDE});
- ✓ Modelos de transporte e atenuação de contaminantes nos compartimentos de interesse do meio físico contaminado, considerando desta forma as concentrações modeladas nos pontos de exposição (C_{modPDE}).

No presente estudo não foram consideradas C_{PDE} modeladas a partir de modelos matemáticos de transporte e atenuação de contaminantes. Os critérios adotados para definição das concentrações nos pontos de exposição foram as seguintes:

- ✓ Pontos de Exposição Localizados na RED das áreas alvo em questão: Utilização de máximas concentrações das SQI obtidas por compartimento de interesse nas amostras analisadas quimicamente em laboratório e reportadas no relatório “Relatório Final de Investigação Ambiental Complementar. Reanálise dos Pontos Amostrais Realizados no Estudo da Ambios” desenvolvido pela empresa **EPA Engenharia de Proteção Ambiental LTDA**;
- ✓ Pontos de Exposição Localizados na REI e RNE das áreas alvo em questão: Utilização de concentrações definidas estatisticamente com base na metodologia *Upper Confidence Limit* (UCL95%) a das concentrações das SQI obtidas por compartimento de interesse nas amostras analisadas quimicamente em laboratório e reportadas no relatório “Relatório Final de Investigação Ambiental Complementar. Reanálise dos Pontos Amostrais Realizados no Estudo da Ambios” desenvolvido pela empresa **EPA Engenharia de Proteção Ambiental LTDA**;
- ✓ No caso em que a amostragem de concentrações de uma determinada matriz em uma região específica (REI ou RNE) seja menor do que 10 pontos, a determinação do UCL95% como apresentado acima pode resultar em valores muito discrepantes do esperado, fornecendo até mesmo valores de UCL95% maiores do que o máximo amostrado, nestes casos a recomendação é de que o valor do UCL95% seja considerado igual a este valor máximo amostrado.

10.2.1.1. Concentrações Máximas no PDE

Com base no descrito e fundamentado tecnicamente nos itens acima, as **Tabelas 1 a 45 (Anexo 5)** apresentam as concentrações máximas das SQI (definidas no item 8. Substâncias Químicas de Interesse) por compartimento de interesse do meio físico e compartimentos ambientais, as quais foram utilizadas para quantificação das Doses de Exposição.

10.2.1.2. Concentrações Estatísticas no PDE

Para a definição das concentrações estatísticas das SQI por compartimento de interesse do meio físico, foi adotada a metodologia para o cálculo da UCL95% descrita em “*Calculating*

Upper Confidence Limits for Exposure Point Concentrations at Hazardous Waste Sites“ (USEPA, 2002).

Este método utiliza-se da definição dos limites de confiança da média aritmética com um grau de confiança de 95% e considera o maior valor possível encontrado (UCL - *Upper Confidence Limit*), recomendado pela USEPA (2001).

Na sua definição, os limites de confiança formam uma faixa de possíveis valores que podem representar a realidade com um certo grau de confiança, ou seja, no caso do UCL 95%, a faixa definida para representar a média real das concentrações estará certa em 95% das vezes, sendo que em 2,5% ela pode ser menor e nos outros 2,5% ela pode ser maior do que a faixa encontrada. Uma vez encontrado o intervalo de possíveis valores para a média, é utilizado o limite superior do intervalo para representar a média da C_{PDE} ao longo do tempo de exposição, dando um caráter conservador para o método. O cálculo foi realizado pelo *software* ProUCL versão 5.1 que já considera todas as recomendações feitas pela EPA e indica o método mais confiável com base nos dados de entrada.

10.2.1.2.1. AVALIAÇÃO DOS DADOS

Antes de realizar a análise estatística e definir os limites de confiança superiores (UCL 95%) é preciso garantir que os dados obtidos são válidos e representativos do impacto ambiental em estudo nas AA1, AA2 e AA3, para isso, é importante que a amostragem seja aleatória, porém, como normalmente a amostragem é selecionada em pontos de interesse, como pontos de exposição na RED, na REI e RNE (região de background), é necessário realizar a divisão destes dados em grupos para evitar que os dados sejam tratados inadequadamente.

Além desta divisão é preciso definir como serão tratados dois tipos de dados, os *outliers* (valores discrepantes da maioria dos dados obtidos) e amostras com concentrações inferiores aos limites de detecção das análises realizadas em laboratório. A **Tabela 81** apresenta a divisão do quantitativo de amostras por compartimentos ambientais obtidas nas três áreas alvo em estudo.

Tabela 81 - Quantitativo de Amostras por Compartimentos Ambientais

Área Alvo	Matriz	RED	REI	RNE	Total Geral
Área Alvo 1	Água Subterrânea	0	0	1	1
	Água Superficial	3	0	1	4
	Água de Abastecimento	0	0	1	1
	Sedimento	3	0	1	4
	Solo Superficial	1	0	2	3
	Poerira Domiciliar	0	0	2	2
	Raspagem de Alvenaria	0	0	2	2
	Fruta	0	0	2	2
	Hortaliças	0	0	2	2
	Leite	0	0	1	1
	Ovos	0	0	2	2
	Tuberculos	0	0	2	2
Área Alvo 2	Água Subterrânea	2	1	7	10
	Água Superficial	9	0	2	11
	Água de Abastecimento	2	2	4	8
	Sedimento	9	0	3	12
	Solo Superficial	12	3	9	24
	Poerira Domiciliar	4	6	7	17
	Raspagem de Alvenaria	3	6	7	16
	Fruta	2	2	3	7
	Hortaliças	2	0	4	6
	Leite	2	1	5	8
	Ovos	0	4	3	7
	Tuberculos	4	1	4	9
Área Alvo 3	Água Subterrânea	0	7	8	15
	Água Superficial	5	0	4	9
	Água de Abastecimento	1	1	1	3
	Sedimento	6	0	1	7
	Solo Superficial	7	3	7	17
	Poerira Domiciliar	2	4	5	11
	Raspagem de Alvenaria	2	4	5	11
	Fruta	0	0	3	3
	Hortaliças	1	2	3	6
	Leite	1	2	5	8
	Ovos	2	1	6	9
	Tuberculos	0	3	3	6

Os quantitativos apresentados na tabela supracitada representam o conjunto de amostras significativas que será utilizado para quantificação das C_{PDE} por meio da definição do UCL95%, divididas por área alvo e região de exposição (RED, REI e RNE).

10.2.1.2.2. OUTLIERS (VALORES DISCREPANTES)

No caso da presença de valores de concentrações analíticas laboratoriais das SQI muito maiores que as demais concentrações identificadas nas áreas alvo em estudo, foi necessário realizar uma avaliação caso a caso, pois estes valores podem ser tanto erro de quantificação,

quanto uma amostragem muito próxima do *hotspot* da contaminação, e assim, a decisão tomada foi diferente em cada caso. É importante ressaltar que se os *outliers* apresentarem uma distribuição aleatória na região de interesse, as análises devem ser realizadas com e sem a presença destes valores, documentando todo o processo.

No caso das Áreas Alvo em estudo (AA1, AA2 e AA3) todos os *outliers* quantificados analiticamente e maiores que a média dos valores encontrados, foram considerados como concentrações máximas nos pontos de exposição e foram considerados na ARSH. Estes valores são apresentados no **Anexo 5**.

10.2.1.2.3. VALORES NÃO DETECTADOS

Quando a amostra apresentou resultados abaixo dos limites de quantificação (LQ) do método analítico do laboratório, foi preciso tomar uma decisão sobre como estes dados seriam tratados. Se o LQ se apresentou como valor relativamente alto, novas técnicas de análises podem ser estudadas para fornecer dados mais precisos, porém, este não foi o caso no estudo em questão.

Primeiramente foi avaliada a localização das amostras quantificadas abaixo dos LQ, sendo que se estas estavam agrupadas ou apresentaram uma tendência identificável em plantas/mapa, foi definido que a SQI analisada não está presente na área alvo avaliada, e estes valores são desconsiderados das análises subsequentes. Outra forma de lidar com estes valores é assumir um valor, podendo ser zero, a metade do limite de detecção ou o próprio limite, este método perde a confiabilidade quanto maior for o limite de detecção e a quantidade de valores não detectados presentes na amostragem.

Esta situação não ocorreu para as áreas alvo A1, A2 e A3 sendo somente válidos os valores quantificados acima do LQ.

Adicionalmente ao descrito acima, é possível assumir valores aleatórios menores que o LQ para as amostras que apresentaram valores não detectáveis, e avaliar a variação do UCL 95% encontrado, em cada caso. Se a variação for pequena, podemos desconsiderar a presença dos valores não detectados. Outra alternativa similar é assumir, em vez de valores aleatórios, uma distribuição dos valores não detectados similar ao dos valores acima do LQ e calcular o UCL 95% a partir destes dados. No presente estudo, os valores abaixo de LQ foram desconsiderados por apresentarem pequena variação.

10.2.1.2.4. MÉTODOS DE CÁLCULO UTILIZADOS PELO PROUCL USEPA

O *software* utilizado para a análise estatística foi o ProUCL desenvolvido e recomendado pela USEPA para esta finalidade, o qual apresenta quatro tipos de resoluções, definidas em função da qualidade e quantidade de amostras a serem avaliadas.

Distribuição normal - t de Student

No caso de distribuições normais o método mais recomendado para definição dos limites de confiança é o t de Student. Neste método é calculada a média das concentrações para a área alvo (AA1, AA2 ou AA3) e o desvio padrão conforme as fórmulas abaixo, sendo X1, X2, ... Xn, os valores da amostra com n dados:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad , \quad s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

Uma vez calculados esses valores é preciso utilizar a tabela do teste t para definir o valor de t na equação a seguir, que depende do grau de confiança desejado (1- α) e também do grau de liberdade, definido pelo número de amostras menos 1 (n-1). Desta forma, o limite de confiança superior da média é definido pela equação a seguir:

$$UCL_{1-\alpha} = \bar{X} + t_{\alpha, n-1} s / \sqrt{n}$$

Distribuição Lognormal - Método de Land

O método de Land para definição do limite máximo de confiança deve ser utilizado para dados com distribuição lognormal e, assim como o método anterior utiliza o valor tabelado de t, neste método é preciso utilizar valores de H tabelados por Land (1975) e Gilbert (1987). Os passos para o cálculo são parecidos com a técnica t de Student, porém utiliza a média aritmética transformada em logaritmo e o desvio padrão associado. Conforme as equações a seguir, sendo X1, X2, ... Xn, os valores da amostra com n dados:

$$\overline{\ln X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(X_i) \quad , \quad s_{\ln X} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln(X_i) - \overline{\ln X})^2}$$

Com estes valores acima e o H, definido para o grau de confiança de 95%, número de amostra n e desvio padrão dos dados transformados em logaritmo, é aplicada a formula abaixo, definindo o valor do UCL:

$$UCL_{1-\alpha} = \exp\left(\overline{\ln X} + s_{\ln X}^2 / 2 + H_{1-\alpha} s_{\ln X} / \sqrt{n-1}\right)$$

Entretanto, este método deve ser utilizado com cautela, pois ele é muito suscetível a discrepâncias da distribuição real dos dados para a distribuição lognormal considerada, podendo fornecer valores de UCL 95% muito altos. Portanto, é recomendado que sejam realizados testes para garantir que a distribuição dos dados é lognormal e, mesmo assim, é preciso garantir um número razoável de amostras, conforme recomendações da EPA (2002), pelo menos 30.

Distribuição Lognormal - Método de Chebyshev (MVUE)

Este método apresenta alta aplicabilidade, pois não leva em consideração o tipo da distribuição no seu cálculo, porém, precisa que os dados sejam pouco enviesados e também que o desvio padrão da concentração real da SQI seja conhecido, o que na prática não ocorre. Portanto, esse valor pode ser estimado em distribuições lognormais utilizando um estimador da variância mínima não enviesada ou MVUE (*minimum-variance unbiased estimator*) para a média e variância na obtenção no UCL 95% da média.

Os passos para o cálculo do UCL 95% neste método são, novamente, similares, porém é preciso encontrar o MVUE da média para uma distribuição lognormal ($\hat{\mu}_{LN}$) e o MVUE da variância dessa média (σ_{μ}^2), considerando que X1, X2, ... Xn são os valores da amostra com n dados. As equações para média aritmética transformada em logaritmo, desvio padrão, MVUE da média e MVUE da variância estão apresentadas, respectivamente, a seguir:

$$\begin{aligned} \overline{\ln X} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(X_i) & s_{\ln X}^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln(X_i) - \bar{y})^2 \\ \hat{\mu}_{LN} &= \exp\left(\overline{\ln X} + g_n \left(s_{\ln X}^2 / 2\right)\right) & \sigma_{\mu}^2 &= \exp(2 \ln X) \left(\left(g_n \left(s_{\ln X}^2 / 2\right)\right)^2 - g_n \left(\frac{n-2}{n-1} s_{\ln X}^2\right) \right) \end{aligned}$$

O valor da função gn presente nas equações dos MVUE's pode ser encontrado em tabelas específicas apresentadas por Aitchison e Brown (1969). Desta forma, o limite de confiança superior é calculado pela equação a seguir:

$$UCL_{1-\alpha} = \hat{\mu}_{LN} + \sqrt{\left(\frac{1}{\alpha} - 1\right) \sigma_{\mu}^2}$$

Segundo recomendações da USEPA (2002), este método pode apresentar resultados mais satisfatórios do que o de Land mesmo em distribuições lognormais devido aos motivos já citados no método anterior. Sendo assim, o método frequentemente recomendado pelo Software ProUCL 5.1 é o de Chebyshev.

Distribuições Não Paramétricas

No caso dos dados levantados na amostragem não apresentarem uma distribuição definida (normal, lognormal, etc.), ainda existem alguns métodos de calcular o UCL 95%. O próprio método de Chebyshev descrito anteriormente pode ser utilizado nesses casos, porém sem o estimador MVUE que é utilizado para definir a média e variância da distribuição lognormal avaliada.

Além dele, existe o método da “Reamostragem de *Bootstrap*”, o procedimento de *Jackknife* e o teorema do limite central ajustado.

O guia para cálculo do UCL 95% da USEPA (2002) apresenta uma tabela resumo destes métodos definindo as suas aplicabilidades, vantagens e desvantagens, auxiliando na escolha do método mais vantajoso. O *software* ProUCL 5.1 realiza a maioria destes métodos e também indica o mais apropriado de acordo com os dados de entrada.

O teorema do limite central ajustado é utilizado em amostras grandes e aleatórias, e apesar de ser um método simples, sua maior desvantagem é a necessidade de um número de amostras muito grande.

A reamostragem de *Bootstrap*, assim como o procedimento de *Jackknife*, são ideais em casos da amostragem ser aleatória e representativas, mesmo em casos que a distribuição não pode ser identificada e considera dados enviesados, fornecendo um resultado confiável mesmo

nessas situações, porém, dependendo da distribuição dos dados ele pode fornecer resultados não confiáveis.

10.2.1.2.5. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES ESTATÍSTICAS PARA C_{PDE}

Com base no descrito e fundamentado tecnicamente nos itens acima, as Tabelas 1 a 45 (**Anexo 5**) apresentam os resultados das simulações estatísticas realizadas para quantificação da concentração UCL95% nos Pontos de Exposição (PDE) realizadas para cada SQI por compartimento de interesse do meio físico.

10.2.2. QUANTIFICAÇÃO DAS DOSES DE EXPOSIÇÃO

10.2.2.1. Parâmetros Expositivos

A Dose de Exposição é geralmente calculada considerando a expectativa de vida ou ao tempo total de exposição do receptor humano, o que geralmente leva a maximização da exposição e a valores de cálculo restritivos. Em alguns casos é possível que essa representação generalizada da exposição não corresponda a realidade.

É intuitivo pensar que, se o receptor humano irá conviver com os contaminantes por longos períodos de tempo como algumas dezenas de anos, sendo que o comportamento do indivíduo exposto irá mudar com o passar do tempo, pode potencializar alguma rota de exposição ou mesmo eliminar outras. Um exemplo seria que, conforme a pessoa envelhece ela pode passar mais tempo dentro de casa em detrimento de atividades recreativas, diminuindo ou eliminando o ingresso de contaminante por ingestão acidental de água durante atividades recreativas e aumentar o ingresso de partículas de poeira contaminada.

Estes fatores comportamentais são intensificados em crianças, uma vez que mudanças fisiológicas e comportamentais ocorrem com maior frequência e de forma mais dinâmica. Sendo assim o *Exposure Factors Handbook* (USEPA, 2011) recomenda que a quantificação das Doses de Exposição e consequentes riscos sejam calculados, quando possível, separadamente para algumas faixas etárias pré-determinadas conforme apresentado a seguir: 0 - 1 mês; 1 - 3 meses; 3 - 6 meses; 6 - 12 meses; 1 - 2 anos; 2 - 3 anos; 3 - 6 anos; 6 - 11 anos; 11 - 16 anos; 16 - 21 anos; acima de 21 anos.

Para tanto, são necessários dados referentes à cada uma destes intervalos de idade, o que nem sempre é possível de se obter. Essas diferenças de comportamentos conforme o crescimento das crianças e mesmo as mudanças de costumes que podem ocorrer ao longo de toda a vida dos indivíduos serão consideradas, quando for possível estabelecer fatores de exposição específicos para cada estágio, o que pode depender de dados específicos difíceis de levantar com uma boa representatividade.

No presente estudo, em função dos dados disponível para o cálculo dos parâmetros exposicionais, foi considerado o cálculo para crianças de zero a doze anos e adultos de doze a expectativa de vida média da população brasileira.

Para a determinação de fatores de exposição necessários para o cálculo das Doses de Exposição das SQI selecionadas no presente estudo, considerando cada cenário de exposição válido, serão utilizados estudos estatísticos e levantamentos de dados específicos, como ingestão média de água, taxa de inalação em locais abertos e fechados, taxa de ingestão de solo, inalação de partículas de solo (normalmente contabilizado na ingestão acidental de solo), ingestão acidental de água contaminada durante atividades recreativas, ingestão de alimentos contaminados, entre outros. Conforme apresentado no *Exposure Factors Handbook* (USEPA, 2011), este levantamento de dados deve seguir metodologia clara para garantir que as informações sejam válidas para a área em estudo, dando preferência para estudos com métodos de obtenção de dados e procedimentos adequados e consistentes com a aplicação desejada, assim, quanto mais diretas forem as medidas realizadas, melhor será a qualidade dos dados.

Uma vez definida a qualidade dos dados é preciso garantir que estes tenham aplicabilidade para a área de estudo, ou que representem toda a população e se não, deve ser definidas subpopulações com diferentes fatores de exposição. Outra questão importante é a atualidade dos dados, alguns fatores podem variar ao longo do tempo e isso pode levar a incertezas. Adicionalmente, dados coletados em espaços de tempo curtos podem não representar o comportamento em longos períodos de tempos.

Outra questão importante é a clareza e completude dos dados. Estudos em que os dados brutos possam ser acessados tendem a ser mais confiáveis e melhor reproduzidos para efeitos de cálculo de parâmetros exposicionais.

Além destas questões é importante que os estudos apresentem uma avaliação qualitativa ou quantitativa das incertezas e variabilidade dos dados obtidos, podendo assim ser feitas ressalvas na hora de calcular as Doses de Exposição ou mesmo na avaliação de risco à saúde humana. Sendo assim, é importante considerar que a variabilidade de um resultado obtido para uma população representa a heterogeneidade real dela e não pode ser reduzida, apenas quantificada por meio de tabelas com percentis ou através de uma distribuição de probabilidade dos fatores assumirem valores específicos.

Já a incerteza faz referência à falta de informação, como amostra pequena ou métodos de aquisição de dados não confiáveis, sendo que se deve discutir de forma qualitativa as limitações dos dados e as circunstâncias que estas incertezas podem trazer para o cálculo das Doses de Exposição e posterior risco à saúde humana.

Por meio desta metodologia de seleção de estudos para utilização como fonte de dados se pode garantir qualidade na quantificação, porém quanto mais generalizações e extrapolações de dados de uma população para outra forem necessárias menor a confiabilidade dos resultados. Assim, mesmo selecionando os melhores estudos é preciso admitir que haverá novas incertezas e variabilidade natural dos resultados da Dose de Exposição para cada variação dos Fatores de Exposição.

A seguir serão apresentados os parâmetros de exposição avaliados e os estudos considerados em cada caso. Os valores utilizados no cálculo dos ingressos para cada receptor são apresentados no Anexo 6.

10.2.2.1.1. TAXA DE INGESTÃO DE ÁGUA

A ingestão de água de uma população normalmente é medida em litros por dia e pode ser direta, indireta ou acidental. Direta é a ingestão de água como bebida; indireta é a ingestão de água em alimentos ou outras bebidas preparadas com água; e a ingestão acidental que corresponde à ingestão durante atividades recreativas.

Para a ingestão direta e indireta os principais estudos apresentados pelo *Exposure Factors Handbook* (USEPA, 2011) são baseados em questionários onde os entrevistados fornecem o dado de consumo de água diário, este método possui algumas incertezas devido ao fato de ser baseado na memória dos entrevistados.

Os resultados destes estudos são apresentados em função do tipo de consumo, direto ou indireto, bem como para toda a população (incluindo as pessoas que disseram não consumir água das fontes investigadas) ou apenas para os indivíduos que consumiam a água durante a pesquisa. Entretanto, a USEPA recomenda que seja utilizado o dado para toda a população, pois representam também as pessoas que podem começar a consumir essa água em algum momento.

Desde modo, a **Tabela 82** apresenta os valores recomendados pela EPA para o cálculo do ingresso associado à ingestão de água contaminada de fontes diretas e indiretas considerando toda a população amostrada, dividida por faixas etárias. Estes dados foram fornecidos por Kahn (2008), baseado nos dados da CSFII 1994-1996,1998 (*Continuing Survey of Food Intakes by Individuals, apud USEPA (2011)*).

Tabela 82 - Estimativa por pessoa da ingestão direta e indireta de água (ml/dia)

Valores Recomendados para Ingestão de Água (Exposure Factors Handbook, US.EPA, 2011)									
Idade	N° de Amostra	Média (mL/dia)	Percentis						
			0	25	50	75	90	95	99
até <1 mês	91	184,00	-	-	-	322	687	839	860
1 até <3 meses	253	227,00	-	-	-	456	804	896	1165
3 até <6 meses	428	362,00	-	-	148	695	928	1056	1424
6 até <12 meses	714	360,00	-	17	218	628	885	1055	1511
1 até <2 anos	1040	271,00	-	60	188	402	624	837	1215
2 até <3 anos	1056	317,00	-	78	246	479	683	877	1364
3 até <6 anos	4391	380,00	4	98	291	547	834	1078	1654
6 até <11 anos	1670	447,00	22	133	350	648	980	1235	1870
11 até <16 anos	1005	606,00	30	182	459	831	1387	1727	2,568
16 até <18 anos	363	731,00	16	194	490	961	1562	1983	3720
18 até <21 anos	389	826,00	24	236	628	1119	1770	2540	3889
>21 anos	9207	1,10	69	422	928	1530	2230	2811	4523
>65 anos	2170	1,13	16	545	1067	1601	2139	3551	4242
Todas as Idades	20607	926,00	30	263	710	1311	2014	2544	4242

Fonte: Extraído e adaptado de USEPA (2011).

Para a ingestão direta, os valores previstos na última atualização da Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB fornecem a taxa de ingestão diária de água para crianças e adultos, que será adotada neste trabalho. Deste modo, a **Tabela 83** considera receptores residentes em área urbana, residentes em área rural, trabalhadores em área comercial e industrial, e trabalhadores de obra civil e escavação.

A seleção dos valores estipulados pela CETESB (2013) referentes à taxa de ingestão diária de água em detrimento dos valores apresentados por USEPA (2011) ocorre por refletirem

de forma mais precisa as características populacionais locais, além de abordar a ingestão de água de forma conservadora, por se tratarem de valores de ingestão diária de água superiores.

Tabela 83 - Taxa de ingestão diária de água utilizada na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (2013)

Valores Recomendados para Ingestão de Água (CETESB, 2013)		
Idade	Média (mL/dia)	Referência
Residencial Urbano		
Crianças	1000,00	CETESB (2009)
Adultos	2000,00	CETESB (2009)
Residencial Rural		
Crianças	1000,00	CETESB (2009)
Adultos	2000,00	CETESB (2009)
Trabalhador Comercial e Industrial		
Adultos	1000,00	CETESB (2009)
Trabalhador Obra Civil e de Escavação		
Adultos	1000,00	CETESB (2009)

Fonte: CETESB (2013).

Outra forma de ingestão de água tratada no *Exposure Factors Handbook* é a ingestão acidental durante atividades de recreação. Neste caso a quantificação é difícil de ser feita, pois os métodos de medição não são diretos, entretanto, Dufour *et al.* (2006, *apud* USEPA, 2011) conduziu um experimento em 53 pessoas (12 adultos e 41 crianças), as quais ficaram 45 minutos em piscinas e a quantidade de água ingerida foi obtida através da medição de ácido cianúrico na urina dos participantes 24 horas após o experimento. este ácido é um subproduto de desinfetantes utilizados em piscinas e não é metabolizado pelo corpo, além disso, o autor afirma que a absorção deste ácido pela pele é muito pequena e não interfere nos resultados.

A **Tabela 84** apresenta os resultados obtidos por Dufour *et al.* (2006, *apud* USEPA, 2011) separado entre crianças, homens e mulheres. Segundo o autor os resultados obtidos são

condizentes com o esperado para atividades recreativas em todo tipo de água doce, como rios, lagos e piscinas, mas não é adequado para nadadores profissionais e atividades em água salgada.

Tabela 84 - Ingestão de água acidental em piscinas

Valores Recomendados para Ingestão de Água (<i>Exposure Factors Handbook</i>)			
Grupo de Estudo	Nº de Participantes	Taxa Média de Ingestão de Água (mL/45 minutos do experimento)	Taxa Média de Ingestão de Água (mL/hora)
Crianças <18 anos	41	37	49
Homens <18 anos	20	45	60
Mulheres <18 anos	21	30	43
Adultos >18 anos	12	16	21
Homens	4	22	29
Mulheres	8	12	16

Fonte: Extraído e adaptado de USEPA (2011).

A ingestão de água durante atividades de recreação também é prevista na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (2013), cujos dados foram adotados no presente trabalho, conforme apresentado na **Tabela 85**. Os autores consideram a frequência com que ocorrem as atividades de recreação, o tempo de exposição para contato dérmico, inalação e ingestão, e a taxa de ingestão de água durante a atividade. A ingestão de água durante atividades de recreação baseado em CETESB (2013) ocorre por refletirem de forma mais precisa as características populacionais locais.

Tabela 85 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação referente ao uso da água para recreação.

Valores Recomendados (CETESB) para Ingestão de Água					
Idade	Frequência	Tempo de Exposição (contato dérmico)	Tempo de Exposição (inalação)	Tempo de Exposição (ingestão)	Taxa de Ingestão de Água
Residencial Urbano					
Crianças	104 (dias/ano)	2 (h/dia)	2 (h/dia)	2 (h/dia)	0,05 (L/hora)
Adultos	104 (dias/ano)	1 (h/dia)	1 (h/dia)	1 (h/dia)	0,05 (L/hora)
Referência	CETESB (2009)	IBGE (2008)	CETESB (2009)	CETESB (2009)	CETESB (2009)
Residencial Rural					
Crianças	104 (dias/ano)	2 (h/dia)	2 (h/dia)	2 (h/dia)	0,05 (L/hora)
Adultos	104 (dias/ano)	1 (h/dia)	1 (h/dia)	1 (h/dia)	0,05 (L/hora)
Referência	CETESB (2009)	IBGE (2008)	CETESB (2009)	CETESB (2009)	CETESB (2009)
Trabalhador Comercial e Industrial					
Adultos	0	0	0	0	0
Referência	CETESB (2009)	IBGE (2008)	CETESB (2009)	CETESB (2009)	CETESB (2009)
Trabalhador Obra Civil e de Escavação					
Adultos	0	0	0	0	0
Referência	CETESB (2009)	IBGE (2008)	CETESB (2009)	CETESB (2009)	CETESB (2009)

Fonte: CETESB (2013).

10.2.2.1.2. TAXAS DE INALAÇÃO

O ingresso de contaminantes por meio da respiração dos indivíduos pode ocorrer em diversos ambientes, tanto externos como internos. Para poder quantificar o ingresso de contaminante no organismo é preciso definir o volume de ar que é inspirado ao longo do tempo, normalmente dado em valores diários (m³/dia) para exposições de longos períodos (exposição contínua por mais de 30 dias), e para exposições de períodos curtos (exposição contínua de 24 horas a até 30 dias) os valores são dados em relação à minutos (m³/min).

Entretanto, esse valor de inalação não é fixo para pessoas de diferentes idades, tamanhos ou mesmo de diferentes regiões. Crianças costumam ter um metabolismo mais acelerado que adultos, consumindo maiores quantidades de oxigênio por unidade de peso, podendo ser até duas vezes maior que em adultos, fazendo das crianças um grupo de risco. Além disso, o volume dos pulmões das pessoas está relacionado com a altura, então indivíduos mais altos tendem a consumir mais oxigênio e conseqüentemente mais contaminante. Isso pode ocorrer também em populações que vivem em grandes altitudes pois apresentam maior capacidade pulmonar.

Os valores para as taxas de inalação recomendados pelo *Exposure Factors Handbook* (USEPA, 2011) são baseados em estudos que representam os Estados Unidos como um todo e

consideram a correlação entre o peso corpóreo e a taxa de inalação. Algumas das metodologias para obter a taxa de inalação utilizadas por estes estudos são apresentadas abaixo:

Brochu *et al.* (2006, *apud* USEPA, 2011) calculou as taxas de inalação a partir do desaparecimento dos isótopos pesados (deutério e oxigênio de peso atômico 18) de água duplamente marcada (DLW - *Doubly Labeled Water*) em amostras de urina. Neste método as concentrações dos isótopos são medidas em amostras de sangue, urina ou saliva por um período de 7 a 21 dias após os indivíduos beberem doses de água duplamente marcada. O desaparecimento do deutério representa a saída de água do organismo e o desaparecimento do oxigênio de peso atômico 18 representa esta saída de água mais a produção de dióxido de carbono (CO₂). Desta forma é possível obter a taxa de produção do dióxido de carbono pela respiração subtraindo as duas taxas de desaparecimento dos isótopos.

O consumo de energia total diário (TDEEs - *Total Daily Energy Expenditures*) é determinado por meio das taxas de produção de dióxido de carbono, utilizando fórmulas respiratórias clássicas, onde o quociente respiratório ($RQ = \text{CO}_2_{\text{produzido}} / \text{O}_2_{\text{consumido}}$) é obtido com base na dieta dos indivíduos ao longo do período de estudo. Ainda segundo o *Exposure Factors Handbook* (*apud* USEPA, 2011) esse método também permite a determinação da energia armazenada necessária para o crescimento (ECG - *Energy Cost for Growth*) e as taxas de inalação diárias são calculadas a partir da fórmula abaixo:

$$\text{PDIR} = (\text{TDEE} + \text{ECG}) \times \text{H} \times \text{VG} \times (1/10^3)$$

Onde:

PDIR = taxa fisiológica diária de inalação (m³/dia);

TDEE = consumo de energia total diário;

ECG = custo de energia para o crescimento;

H = fator de absorção do oxigênio, onde 0,21 L são consumidos para produzir 1 kcal de energia gasta;

VG = equivalente ventilatório, razão entre os volumes de ar e oxigênio respirados $V_E / \text{VO}_2 = 27$;

$1/10^3$ = Fator de conversão.

Arcus-Arth e Blaisdell (2007, *apud* USEPA, 2011) calcularam as taxas de inalação diárias de indivíduos de até 18 anos por meio do método proposto por Layton (1993) e a entrada de energia obtida por meio dos dados da CSFII (1994-1996, 1998). A equação utilizada para o cálculo é apresentada abaixo:

$$V_E = H \times VQ \times EE$$

Onde:

V_E = volume de ar respirado por dia (m^3 /dia);

H = Volume de oxigênio consumido para produção de 1 kcal;

VQ = razão dos volumes de ar e de oxigênio inalados;

EE = energia gasta por dia (kcal).

Os valores para as taxas de inalação recomendados pela Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (2013) (www.cetesb.sp.gov.br) considera ambientes fechados e abertos. O volume de ar que é inspirado ao longo do tempo é descrito em metros cúbicos por hora (m^3 /hora) e considera receptores residentes em área urbana, residentes em área rural, trabalhadores em área comercial e industrial, e trabalhadores de obra civil e escavação, conforme **Tabela 86**.

Tabela 86 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB referente a Taxas de Inalação

Parâmetros de Exposição (CETESB) para Taxas de Inalação			
Descrição	Criança	Adulto	Referência
Residencial Urbano			
Taxa de Inalação Diária em ambientes abertos (m ³ /hora)	0,78	1,2	CETESB (2009)
Taxa de Inalação Diária em ambientes fechados (m ³ /hora)	0,62	0,95	CETESB (2009)
Residencial Rural			
Taxa de Inalação Diária em ambientes abertos (m ³ /hora)	0,78	1,2	CETESB (2009)
Taxa de Inalação Diária em ambientes fechados (m ³ /hora)	0,62	0,95	CETESB (2009)
Trabalhador Comercial e Industrial			
Taxa de Inalação Diária em ambientes abertos (m ³ /hora)	-	1,2	CETESB (2009)
Taxa de Inalação Diária em ambientes fechados (m ³ /hora)	-	1,2	CETESB (2009)
Trabalhador Obra Civil e de Escavação			
Taxa de Inalação Diária em ambientes abertos (m ³ /hora)	-	1,2	CETESB (2009)
Taxa de Inalação Diária em ambientes fechados (m ³ /hora)	-	1,2	CETESB (2009)

Fonte: CETESB (2013).

Nas recomendações finais do *Exposure Factors Handbook*, para selecionar uma Taxa de Inalação adequada é preciso antes definir a faixa etária da população e o grau de atividade que ela exerce ao longo do dia. Os dados são apresentados em forma de média, desvio padrão e diferentes percentis para cada faixa etária (Arcus-Arth e Blaisdell, 2007, Brochu *et al.*, 2006, USEPA, 2009 *apud* USEPA, 2011).

A **Tabela 87** apresenta os valores para Taxa de Inalação apresentados em *Exposure Factors Handbook*.

Tabela 87 - Valores utilizados em *Exposure Factors Handbook* para Taxas de Inalação.

Valores Recomendados para Exposição de Longo-Termo para Inalação *Exposure Factors Handbook*

	Média (m³/dia)	95% Percentil (m³/dia)
Nascimento a <1 mês	3,6	7,1
1 a <3 meses	3,5	5,8
3 a <6 meses	4,1	6,1
6 a <12 meses	5,4	8
Nascimento a <1 ano	5,4	9,2
1 a <2 anos	8	12,8
2 a <3 anos	8,9	13,7
3 a <6 anos	10,1	13,8
6 a <11 anos	12	16,6
11 a <16 anos	15,2	21,9
16 a <21 anos	16,3	24,6
21 a <31 anos	15,7	21,3
31 a <41 anos	16	21,4
41 a <51 anos	16	21,2
51 a <61 anos	15,7	21,3
61 a <71 anos	14,2	18,1
71 a <81 anos	12,9	16,6
≥81 anos	12,2	15,7

Fonte: Adaptado de USEPA (2011).

As taxas de inalação não se aplicam aos cenários estipulados, logo não foram utilizadas no cálculo de risco. Partículas de solo e poeira emitidas à partir da lama de rejeito ou do solo superficial estão inseridas em rotas de exposição através da ingestão de solo e poeira.

10.2.2.1.3. TAXA DE INGESTÃO DE SOLO E POEIRA

A ingestão de solo e poeira pode ser uma rota de exposição para crianças e adultos. Em crianças essa ingestão pode ser intensificada devido ao seu comportamento, comendo alimentos que caíram no chão ou mesmo brincando dentro e fora de casa, ingerindo solo e poeira de forma direta ou pelo hábito de levar as mãos e objetos à boca. Nos adultos esta ingestão pode ocorrer também por meio de partículas aderidas aos alimentos e mãos, porém deve ocorrer em menor quantidade.

Segundo o *Exposure Factors Handbook* a ingestão de solo pode ser classificada em três principais formas, a própria ingestão de solo que seria o consumo por meio de comida, das mãos, inalação de poeira, e etc.; pica ou alotriofagia, que é um transtorno que cria apetite por

substâncias não alimentares. Essa condição é representada pela ingestão recorrente de grandes quantidades de solo (entre 1000 e 5000 mg/dia ou mais); e a geofagia, que é a ingestão intencional de solo, normalmente associada à questões culturais.

A partir destas definições e segundo Gavrelis *et al.* (2011, *apud* USEPA, 2011), a prevalência de cada forma de ingestão em adultos e crianças variam de acordo com idade, raça e condição econômica. A alotriofagia é mais comum em crianças entre 1 e 3 anos, enquanto que a geofagia é muito rara em crianças.

Ainda de acordo com o *Exposure Factors Handbook* e os estudos nele presentes, a ingestão de solo e poeira é dividido da seguinte forma, a ingestão de solo é referente ao solo ingerido (tanto dentro como fora de casa) e a poeira depositada em ambientes abertos. A ingestão de poeira é referente à terra levada para dentro das casas pelos moradores, a poeira depositada dentro das casas e a inalação de partículas de solo que são engolidas.

Os principais métodos utilizados nos estudos citados acima para estimar a quantidade de solo e poeira ingeridos são descritos a seguir:

Metodologia de elemento traço: Esta metodologia calcula a quantidade de solo e poeira ingerida a partir da identificação de um elemento traço presente no solo/poeira em amostras de fezes e urina. Conhecendo a concentração do elemento traço no solo/poeira e a quantidade presente deste elemento nas fezes e urina, o cálculo é feito a partir de uma proporção, de quanto solo/poeira foi preciso ingerir para resultar na quantidade encontrada nas fezes e urina, subtraindo a quantidade deste elemento traço que pode ter sido ingerida de outras fontes que não o solo/poeira, como apresentado nas equações a seguir:

$$M_{SP} = M_{FU} - M_{NSP}$$

Onde:

MSP = Massa do elemento traço no solo/poeira;

MFU = Massa do elemento traço nas fezes e urina;

MNSP = Massa do elemento traço proveniente de outras fontes.

A seguir, esta massa do elemento traço eliminado pelo organismo proveniente do solo/poeira ingerido é dividido pela concentração dele presente no solo/poeira, fornecendo a quantidade ingerida de solo/poeira:

$$S = M_{SP} / C_{SP}$$

Onde:

S = massa de solo/poeira ingerido;

CSP = concentração do elemento traço no solo/poeira.

Esta metodologia apresenta vantagens por ser baseada em medidas diretas de concentração, porém erros podem surgir por não contabilizar todas as fontes do elemento traço além da ingestão de solo/poeira, o que irá aumentar a ingestão estimada. Além disso, a quantidade de solo/poeira ingerida pode resultar em um número negativo devido às outras fontes contabilizadas do elemento traço e assim os parâmetros estatísticos são obtidos considerando estes valores negativos.

Metodologia de comparação de modelos biocinéticos: Neste método as concentrações de um biomarcador encontradas em amostras de sangue ou urina são comparadas com as concentrações previstas por um modelo biocinético que fornece as concentrações esperadas do contaminante para ingestão de água, comida, ar, solo e poeira contaminada por via oral, dermal ou por inalação.

Segundo o *Exposure Factors Handbook* da EPA, uma das vantagens deste método é poder estimar a ingestão de solo e poeira para longos períodos, porém existem incertezas relacionadas tanto à medidas feitas durante o levantamento de dados quanto ao próprio modelo biocinético que pode não representar fielmente a população local.

Metodologia de Padrões de Atividade: Esta metodologia, diferentemente das demais citadas acima, não é baseada em amostras biológicas, facilitando o processo de obtenção de dados e nele a ingestão de solo e poeira pode ser estimadas separadamente. O método se baseia na frequência em que os indivíduos levam a mão ou objetos à boca e o tempo que ficam em

diversos locais, combinadas com suposições de parâmetros de transferência, como a aderência do solo à pele e outros fatores de exposição para definir valores de ingestão de solo e poeira.

Os dados são obtidos através de observações dos indivíduos (principalmente crianças) ou vídeos feitos de crianças que são posteriormente analisados manualmente ou por *softwares*, além de questionários e pesquisas feitas com adultos e crianças. As principais fontes de incertezas deste método são: a aplicação do questionário, que pode fazer com que respostas enviesadas sejam fornecidas pelos entrevistados por buscarem uma resposta “correta” que nem sempre representa a verdade; e também as observações comportamentais das crianças podem ser comprometidas pela presença dos profissionais próximos, induzindo comportamentos não naturais.

A ingestão de solo é uma rota de exposição considerada na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (2013) para crianças e adultos. A CETESB considera receptores residentes em área urbana, residentes em área rural, trabalhadores em área comercial e industrial, e trabalhadores de obra civil e escavação.

Em crianças a taxa de ingestão adotada pela CETESB é duas vezes superior à de adultos. Para trabalhadores de obra civil e de escavação a taxa de ingestão de solo adotada é quatro vezes superior à de trabalhadores comerciais e industriais. A **Tabela 88** apresenta os valores para Taxa de Ingestão de Solo adotados na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (2013).

Tabela 88 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação referente à Taxa de Ingestão de Solo

Parâmetros de Exposição (CETESB) para Taxas de Ingestão de Solo			
Descrição	Criança	Adulto	Referência
Residencial Urbano			
Taxa de Ingestão de Solo (mg/dia)	200	100	CETESB (2009)
Residencial Rural			
Taxa de Ingestão de Solo (mg/dia)	200	100	CETESB (2009)
Trabalhador Comercial e Industrial			
Taxa de Ingestão de Solo (mg/dia)	-	50	CETESB (2009)
Trabalhador Obra Civil e de Escavação			
Taxa de Ingestão de Solo (mg/dia)	-	200	CETESB (2009)

Fonte: CETESB (2013).

Essa tabela apresenta os valores para taxa de ingestão de solo e poeira para uso em avaliação de risco à saúde humana e adotados no presente estudo. Considera a segmentação entre “Solo + Poeira”, “Solo” e “Poeira”.

As recomendações elaboradas pelo *Exposure Factors Handbook* indicam que, para ingestão de “Solo + Poeira”, considera-se o solo em ambientes internos e externos, poeira assentada em ambiente interno e externo, além de material particulado suspenso no ar. A ingestão de “Solo” considera uma combinação entre solo e poeira assentada em ambientes externos, sem distinção quanto a fonte primária. Dessa forma, considera-se o solo de origem externa ao ambiente e interna, que daria suporte para cultivo de plantas *indoor*. A ingestão de “Poeira” considera ambientes internos ou cenários onde se avalia meios de locomoção (veículos, ônibus, etc.). Inclui o solo e poeira carregados para ambientes internos.

A **Tabela 89** apresenta os valores para taxa de ingestão de solo e poeira a serem utilizados no presente estudo para o cálculo das Doses de Exposição. Estes dados foram fornecidos por *Exposure Factors Handbook*.

Tabela 89 - Valores utilizados em Exposure Factors Handbook para Taxas de Ingestão de poeira e solo.

Idade do Grupo (anos)	Valores Recomendados para Taxa de Ingestão de Solo e Poeira (<i>Exposure Factors Handbook</i> , US.EPA, 2011)							
	Solo + Poeira		Solo (mg/dia)			Geografia	Poeira (mg/dia)	
	TCPG	PSPG	TCPG	PSPG	Pica - Solo		TCPG	PSPG
< 0,5	40	100	20	50	-	-	20	60
0,5 a 1	70 (60-80)	200	30	90	-	-	40	100
1 a < 2	90	200	40	90	1	50	50	100
2 a < 6	60	200	30	90	1	50	30	100
1 a < 6	80 (60-100)	200	40	90	1	50	40	100
6 a < 12	60 (60-60)	200	30	90	1	50	30	100
12 a idade adulta	30 (4-50)	100	10	50	-	50	20	60

TCPG: Tendência Central da População em Geral

PSPG: Percentil Superior da População em Geral

Fonte: Adaptado de USEPA (2011).

Detalhes adicionais são fornecidos por USEPA (2011) onde é assumido que a ingestão de solo corresponde a 45% e de poeira a 55%. O dado é extraído de USEPA (1994) *apud* USEPA (2011), e foi considerado que “*representa (EPA’s) o melhor julgamento do peso para o propósito*”, e é limitado pela ausência de dados.

Nota-se que não há divergência entre o PSPG de taxa de ingestão de solo e poeira estipulado por USEPA (2011) e por CETESB (2013). Dessa forma, os dados apresentados por

CETESB (2013) e a segmentação entre poeira e solo descrito por USEPA (2011) foram utilizado pelo presente estudo para cálculo do risco.

10.2.2.1.4. TAXAS PARA EXPOSIÇÃO DERMAL

Outra forma de exposição à contaminantes é pelo contato dermal, onde a fase contaminada (solo, água, vapores, resíduos, objetos) transmite as substâncias químicas para o organismo pelo contato com a pele.

A contaminação pelo contato dermal com água pode ocorrer durante banhos, ou em atividades recreativas na água, como nadar em piscinas ou rios e lagos contaminados; o contato com solo ocorre principalmente em locais abertos durante atividades relacionadas à jardinagem, construção ou recreativas; o contato com vapores e gases tóxicos está, principalmente, relacionado à atividades industriais e utilização de produtos industrializados; ainda em ambientes industriais e relacionados aos seus produtos pode ocorrer o contato com substâncias líquidas além de água; outra forma de contaminação dermal é o contato da pele com superfícies e/ou objetos contaminados, como roupas que foram impregnadas por pesticidas.

Devido a todos esses meios de contato, o cálculo da exposição dermal é realizado de uma forma diferente para cada um deles. Para o contato com líquidos é utilizada a concentração do contaminante no líquido, a espessura da película remanescente na pele e a área de contato. No caso de solo e poeira a exposição é calculada com base na concentração do contaminante no solo/poeira, a quantidade que adere à superfície da pele e a área de contato. Para contatos contínuos com água (banhos, atividades recreativas) ou vapores (principalmente em meios industriais) a exposição é função da concentração do contaminante no meio e a área de contato com a pele. Para contatos com superfícies de objetos contaminados é preciso identificar a taxa de transferência do contaminante desta superfície para a pele, bem como a área de contato.

A seguir serão apresentados alguns métodos utilizados nos estudos selecionados pelo guia *Exposure Factors Handbook* para a determinação destes parâmetros necessários para o cálculo da exposição dermal.

O guia recomenda valores médios para a área total de exposição bem como as porcentagens que cada parte do corpo representa do total. Os principais métodos apresentados pelos estudos presentes no guia são baseados em técnicas de medidas ou estimações. Uma delas é o revestimento total ou de partes do corpo com uma substância com densidade e espessura

conhecida, desta forma, com base na quantidade utilizada é possível calcular a área revestida; outra consiste em marcar a superfície do corpo com diversos pontos formando figuras geométricas cujas áreas são calculadas e somadas.

Há também fórmulas teóricas para o cálculo da área total da superfície do corpo baseadas na altura e massa corpórea, Gehan e George (1970) propuseram a fórmula a seguir:

$$SA = K(W^{2/3})$$

Onde:

SA = área da superfície corpórea (m²);

K = constante;

W = massa corpórea (kg).

Além desta fórmula apresentada acima, o estudo de Du Bois e Du Bois (1989) propõe outra forma de calcular a área superficial do corpo, segundo a equação abaixo:

$$SA = a_0(H^{a_1})(W^{a_2})$$

Onde:

SA = área da superfície corpórea (m²);

H = altura (cm);

W = massa corpórea (kg);

a₀, a₁, a₂ = constantes obtidas a partir de uma amostra.

Os valores destas constantes podem ser recalculados para outras amostras e fornecer dados mais precisos para a população em estudo.

Para a determinação da aderência de sólidos à superfície da pele os estudos levam em consideração fatores como, grau de atividade, sexo, idade, vestimenta e condições de campo. Para quantificar essa aderência, Kissel et al. (1996) coletou diretamente o solo preso à pele de voluntários após a realização de diversas atividades que resultam nesse contato com o solo, como prática de esportes e atividades associadas à agricultura e jardinagem, além de atividades recreativas como brincar na lama. As partes do corpo monitoradas foram mãos, antebraços, pernas, faces e pés. A partir destas medidas são feitas as caracterizações estatísticas da quantidade de solo preso a cada parte do corpo durante cada atividade dadas em miligramas por centímetro quadrado (mg/cm²). Outros autores como Shoaf *et al.* (2005, *apud* USEPA, 2011) e Holmes *et al.* (1999, *apud* USEPA, 2011) utilizaram métodos similares em suas pesquisas.

Para a retenção de líquidos na superfície da pele o método exemplificado no guia e utilizado em U.S. EPA (1992) foi conduzido medindo a quantidade de seis tipos de líquidos retida na superfície das mãos (óleo mineral, óleo de cozinha, óleo de banho solúvel em água, emulsão 50:50 de óleo e água e solução de 50:50 de água e álcool) para cinco formas de exposição, são elas: contato com a pele seca; contato secundário com a pele ainda molhada pelo mesmo líquido; imersão da mão no líquido; contato ao manusear um pano molhado; contato durante a limpeza de superfícies com o líquido. Os resultados deste estudo são fornecidos a partir da densidade do líquido e concentração do contaminante pode-se estimar a quantidade do contaminante em contato com a pele. A **Tabela 90** apresenta os valores para Taxas para Exposição Dermal estabelecidos por USEPA (2011).

Tabela 90 - Valores utilizados em *Exposure Factors Handbook* para taxas de Área Total do Corpo.

Valores Recomendados para Área Total do Corpo para Crianças (ambos os sexos) e Adultos (<i>Exposure Factors Handbook</i> , USEPA 2011)			
Idade do Grupo	Média/m ²	Percentil 95%	Referência
Crianças	-	-	U.S. EPA Analysis of NHANES 1999–2006 data apud USEPA, 2011
Nascimento até <1 mês	0,29	0,34	-
1 a <3 meses	0,33	0,38	-
3 a <6 meses	0,38	0,44	-
6 a <12 meses	0,45	0,51	-
1 a <2 anos	0,53	0,61	-
2 a <3 anos	0,61	0,70	-
3 a <6anos	0,76	0,95	-
6 a <11 anos	1,08	1,48	-
11 a <16 anos	1,59	2,06	-
16 a <21 anos	1,84	2,33	-
Adulto (Homem)	-	-	U.S. EPA Analysis of NHANES 2005–2006 data apud USEPA, 2011
21 a 30 anos	2,05	2,52	-
30 a <40 anos	2,10	2,50	-
40 a <50 anos	2,15	2,56	-
50 a <60 anos	2,11	2,55	-
60 a <70 anos	2,08	2,46	-
70 a <80 anos	2,05	2,45	-
80 anos ou mais	1,92	2,22	-
Adulto (Mulher)	-	-	U.S. EPA Analysis of NHANES 2005–2006 data apud USEPA, 2011
21 a 30 anos	1,81	2,25	-
30 a <40 anos	1,85	2,31	-
40 a <50 anos	1,88	2,36	-
50 a <60 anos	1,89	2,38	-
60 a <70 anos	1,88	2,34	-
70 a <80 anos	1,77	2,13	-
80 anos ou mais	1,69	1,98	-

Fonte: Adaptado de USEPA (2011).

A exposição dermal é considerada na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (2013) para crianças e adultos. A área superficial da pele para contato dérmico é descrita em centímetros quadrados (cm²). A CETESB considera receptores residentes em área urbana, residentes em área rural, trabalhadores em área comercial e industrial, e trabalhadores de obra civil e escavação.

A **Tabela 91** apresenta os valores da área superficial para contato dérmico adotados na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (2013) e utilizados no presente trabalho. A adoção dos valores estipulados pela CETESB (2013) em detrimento dos apresentados por USEPA (2011) remete à melhor representação do contexto nacional.

Tabela 91 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB referente a Área Superficial para Contato Dérmico

Parâmetros de Exposição para Contato Dermal (CETESB, 2013)				
Descrição	Criança	Adulto	Referência	
Residencial Urbano				
Área superficial da pele para contato dérmico (solo e água subterrânea) (cm ²)	4783,00	10367,00	CETESB (2009)	
Residencial Rural				
Área superficial da pele para contato dérmico (solo e água subterrânea) (cm ²)	4783,00	10367,00	CETESB (2009)	
Trabalhador Comercial e Industrial				
Área superficial da pele para contato dérmico (solo e água subterrânea) (cm ²)	-	2457,00	CETESB (2009)	
Trabalhador Obra Civil e de Escavação				
Área superficial da pele para contato dérmico (solo e água subterrânea) (cm ²)	-	2457,00	CETESB (2009)	

Fonte: CETESB (2013).

10.2.2.1.5. PESO CORPÓREO

O peso corpóreo é um fator importante para a normatização dos ingressos, estando presente nos cálculos para todas as formas de exposição pois é a relação entre a dose ingerida e a massa do indivíduo que permite a definição do risco que aquela concentração de contaminante no meio representa.

A obtenção desta variável da equação é realizada de forma direta, pesando diversos indivíduos e tratando os dados de forma estatística. É importante procurar os dados mais representativos possíveis da população em estudo, assim como agrupar os dados por faixas etárias, regiões ou comportamentos. Quando possível distinguir grupos críticos como crianças, idosos ou mulheres grávidas para realizar uma avaliação de risco mais próxima da realidade destes grupos. A **Tabela 92** apresenta os valores para Peso Corpóreo apresentados em *Exposure Factors Handbook* para o cálculo das Doses de Exposição. A **Tabela 93** apresenta os valores

para Peso Corpóreo adotados na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (2013).

Tabela 92 - Valores utilizados em *Exposure Factors Handbook* para Peso Corpóreo.

Peso Corpóreo (<i>Exposure Factors Handbook</i> , USEPA 2011)		
Idade do Grupo	Média (Kg)	Referência
Nascimento a <1 mês	4,80	
1 a <3 meses	5,90	
3 a <6 meses	7,40	
6 a <11 meses	9,20	
1 a <2 anos	11,40	USEPA - Análise de NHANES (1999-2006)
2 a <3 anos	13,80	
3 a <6 anos	18,60	
6 a <11 anos	31,80	
11 a <16 anos	56,80	
16 a <21 anos	71,60	
Adulto	80,00	

Fonte: Adaptado de USEPA (2011).

Tabela 93 - Dados utilizados no cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação

Peso Corpóreo (CETESB, 2013)			
Descrição (Kg)	Criança	Adulto	Referência
Residencial Urbano			
Massa Corpórea	15,00	70,00	Couto (2006)
Residencial Rural			
Massa Corpórea	15,00	63,00	Couto (2006)
Trabalhador Comercial e Industrial			
Massa Corpórea	-	70,00	Couto (2006)
Trabalhador Obra Civil e de Escavação			
Massa Corpórea	-	70,00	Couto (2006)

Fonte: CETESB (2013).

A **Tabela 94** apresenta os valores para Peso Corpóreo apresentado pelo IBGE (2008) em Pesquisas de Orçamentos Familiares e utilizado no presente estudo. O IBGE realizou

amostragem durante entre 19 de maio de 2008 e 18 de maio de 2009. A variável de idade utilizada foi em anos completos. As categorias utilizadas correspondente ao sexo foram masculino e feminino. O peso das pessoas foi medido durante a visita do agente de pesquisa ao domicílio, e foi considerada uma casa decimal.

O uso dos dados oferecidos por IBGE (2008) em detrimento dos sugeridos por CETESB (2013), baseados originalmente em COUTO (2006), e nos oferecidos por USEPA (2011) é baseado na premissa de que refletem de forma mais precisa as características populacionais locais, por se traterem de dados mais recentes em relação a CETESB (2013) e que melhor caracterizam a população local, em relação aos dados de USEPA (2011).

Tabela 94 - Dados fornecidos em Pesquisas de Orçamentos Familiares e adotados no presente estudo

Mediana de peso (Quilogramas) de crianças, adolescentes e adultos, por sexo, situação do domicílio e idade (IBGE, 2008)					
Grande Região	Idade	Sexo e Situação do domicílio			
		Masculino		Feminino	
		Urbana	Rural	Urbana	Rural
Sudeste	Menos de 1 ano	8,30	8,50	7,50	7,20
	1 ano	11,90	11,40	11,10	10,30
	2 anos	14,30	13,60	13,60	13,90
	3 anos	16,10	16,20	16,00	14,80
	4 anos	18,80	17,00	18,40	17,10
	5 anos	21,00	19,10	20,60	20,70
	6 anos	22,60	23,00	22,70	22,70
	7 anos	26,70	24,70	25,90	24,90
	8 anos	28,00	28,60	28,60	26,30
	9 anos	32,90	33,40	33,80	33,70
	10 anos	34,90	31,50	37,00	30,90
	11 anos	38,10	37,30	40,70	38,50
	12 anos	43,10	43,20	46,10	45,50
	13 anos	49,30	46,40	48,70	49,60
	14 anos	54,40	54,20	51,40	51,50
	15 anos	58,70	58,20	54,80	53,10
	16 anos	62,00	58,40	54,00	52,40
	17 anos	64,30	65,20	55,60	54,30
	18 anos	65,50	64,20	56,60	57,40
	19 anos	67,90	66,00	58,20	58,10
	20 a 24 anos	71,00	68,60	58,30	59,00
	25 a 29 anos	74,40	71,40	61,40	60,70
	30 a 34 anos	76,80	72,20	62,50	61,30
	35 a 44 anos	76,60	73,10	64,20	65,40
	45 a 54 anos	76,60	70,70	65,60	65,10
55 a 64 anos	75,10	69,40	66,20	64,20	
65 a 74 anos	72,70	67,40	64,00	60,80	
75 anos ou mais	69,70	62,60	60,90	56,20	

Fonte: IBGE (2008).

10.2.2.1.6. PARÂMETROS EXPOSICIONAIS PARA CONSUMO DE ALIMENTOS

Outra importante fonte de contaminantes que precisa ser avaliada para determinação do risco de uma população é o consumo de alimentos. Eles podem ser contaminados de diversas formas, no caso de produtos vegetais como verduras, frutas, legumes as principais fontes de

contaminantes são o solo em que são cultivados, a água subterrânea ou água utilizada na irrigação e utilização de pesticidas, já alimentos de proveniência animal como carnes (bovinas, suínas, etc.), peixes, leite, ovos também podem estar contaminados pela presença da substância ao longo da cadeia alimentar.

O cálculo do ingresso de contaminantes no organismo pode ser realizado de diversas formas, utilizando informações de quantidade total de alimentos ingeridos ou, preferivelmente, separando os tipos de alimentos que são ingeridos com as respectivas concentrações de contaminantes em cada um deles.

Desta forma, para realizar uma avaliação de risco mais detalhada é preciso obter informações sobre as taxas de consumo da maior quantidade possível de alimento. O guia *Exposure Factors Handbook* apresenta, além do consumo total de alimentos, o consumo de peixes, frutas e vegetais, grãos, carnes, gorduras e laticínios.

As metodologias de obtenção dos dados de consumo de alimentos são baseadas em entrevistas e questionários onde são listados os tipos de alimentos e a quantidade consumida respondida por cada indivíduo, fornecendo medidas em gramas de alimento consumido por dia normatizada pelo peso corpóreo (g/kg.dia). Após esse levantamento a forma ideal de tratamento dos dados é realizar a separação dos indivíduos em grupos de faixas etárias e comportamentos similares, por exemplo, pressupõe-se que o consumo de peixes de uma população que pratica pesca recreativa ou tem a pesca como principal fonte de alimento será maior que o consumo médio da população de um país no geral. Além disso, crianças tendem a ter um consumo de alimentos por unidade de peso corpóreo maior do que adultos pois são menores e consequentemente mais leves.

Assim, com os dados de consumo de alimentos selecionados para representar a população de interesse da melhor forma possível, são calculados os ingressos de contaminantes para cada possível fonte. Como os dados podem ser apresentados já em função do peso corpóreo (g/kg.dia), nesses casos o cálculo do ingresso é realizado sem a divisão pelo peso corpóreo (BW), porém, se os dados forem apresentados apenas em quantidade consumida por dia (g/dia ou kg/dia) o cálculo do ingresso deve ser realizado com a divisão pelo peso corpóreo.

O cálculo do ingresso de contaminantes no organismo através do consumo de alimentos é considerado na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (2013). A

planilha considera a duração e frequência da exposição para consumo de vegetais, a fração ingerida que é proveniente de área contaminada, o tempo médio para carcinogênicos genotóxicos e não carcinogênicos, e a taxa de ingestão de culturas caseiras foliáceas e tuberosas.

A CETESB considera receptores residentes em área urbana, residentes em área rural, trabalhadores em área comercial e industrial, e trabalhadores de obra civil e escavação. A **Tabela 95** apresenta os parâmetros de exposição para vegetais adotados na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (2013).

Tabela 95 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação referente a Vegetais

Parâmetros de Exposição - Vegetais (CETESB, 2013)			
Descrição	Criança	Adulto	Referência
	Residencial Urbano		
Duração da exposição para consumo de vegetais (anos)	6,00	30,00	USEPA, 2002d
Frequência de exposição para consumo de vegetais (dias/ano)	350,00	350,00	CETESB, 2009
Fração ingerida de vegetais provenientes de área contaminada	0,04	0,04	IBGE 2010 (Aquisição alimentar 2008-2009)
Tempo médio para carcinogênicos genotóxicos (dia)	26280,00	26280,00	CETESB, 2005
Tempo médio para não carcinogênicos(dia)	2190,00	10950,00	CETESB, 2009
Taxa de ingestão de culturas caseiras foliáceas/estruturais (kg/dia)	0,01	0,01	IBGE 2010 (Aquisição alimentar 2008-2009)
Taxa de ingestão de culturas tuberosas caseiras (kg/dia)	0,02	0,03	IBGE 2010 (Aquisição alimentar 2008-2009)
Residencial Rural			
Duração da exposição para consumo de vegetais (anos)	6,00	72,00	USEPA, 2002d
Frequência de exposição para consumo de vegetais (dias/ano)	350,00	350,00	CETESB, 2009
Fração ingerida de vegetais provenientes de área contaminada	0,33	0,33	IBGE 2010 (Aquisição alimentar 2008-2009)
Tempo médio para carcinogênicos genotóxicos (dia)	26280,00	26280,00	CETESB, 2005
Tempo médio para não carcinogênicos(dia)	2190,00	26280,00	CETESB, 2009
Taxa de ingestão de culturas caseiras foliáceas/estruturais (kg/dia)	0,01	0,02	IBGE 2010 (Aquisição alimentar 2008-2009)
Taxa de ingestão de culturas tuberosas caseiras (kg/dia)	0,02	0,04	IBGE 2010 (Aquisição alimentar 2008-2009)
Trabalhador Comercial e Industrial			
Duração da exposição para consumo de vegetais (anos)	-	25,00	USEPA, 2002d
Frequência de exposição para consumo de vegetais (dias/ano)	-	290,00	CETESB, 2009
Fração ingerida de vegetais provenientes de área contaminada	-	0,02	IBGE 2010 (Aquisição alimentar 2008-2009)
Tempo médio para carcinogênicos genotóxicos (dia)	-	26280,00	CETESB, 2005
Tempo médio para não carcinogênicos(dia)	-	9125,00	CETESB, 2009
Taxa de ingestão de culturas caseiras foliáceas/estruturais (kg/dia)	-	0,01	IBGE 2010 (Aquisição alimentar 2008-2009)
Taxa de ingestão de culturas tuberosas caseiras (kg/dia)	-	0,02	IBGE 2010 (Aquisição alimentar 2008-2009)
Trabalhador Obra Civil e de Escavação			
Duração da exposição para consumo de vegetais (anos)	-	2,00	USEPA, 2002d
Frequência de exposição para consumo de vegetais (dias/ano)	-	290,00	CETESB, 2009
Fração ingerida de vegetais provenientes de área contaminada	-	1,00	IBGE 2010 (Aquisição alimentar 2008-2009)
Tempo médio para carcinogênicos genotóxicos (dia)	-	26280,00	CETESB, 2005
Tempo médio para não carcinogênicos(dia)	-	730,00	CETESB, 2009
Taxa de ingestão de culturas caseiras foliáceas/estruturais (kg/dia)	-	0,14	IBGE 2010 (Aquisição alimentar 2008-2009)
Taxa de ingestão de culturas tuberosas caseiras (kg/dia)	-	0,12	IBGE 2010 (Aquisição alimentar 2008-2009)

Fonte: CETESB (2013).

O *Exposure Factors Handbook* apresenta (**Tabela 96**) dados sobre a Ingestão Total de Comida *per capita* e Ingestão de Vegetais, porção comestível e não cozidos *per capita* (**Tabela 97**).

Tabela 96 - Valores utilizados em *Exposure Factors Handbook* para Ingestão Total de Comida per capita.

Valores Recomendados <i>Per Capita</i> da Ingestão Total de Comida (<i>Exposure Factors Handbook</i> , USEPA 2011)			
Idade do Grupo	Média (g/kg-dia)	Percentil 95% (g/kg-dia)	Referência
Crianças (ambos os sexos)	-	-	U.S. EPA/OPP analysis of NHANES <i>apud</i> USEPA, 2011
Nascimento até <1 ano	91,00	208,00	-
1 a <3 anos	113,00	185,00	-
3 a <6 anos	79,00	137,00	-
6 a <11 anos	47,00	92,00	-
11 a <16 anos	28,00	56,00	-
16 a <21 anos	28,00	56,00	-
Adultos (ambos os sexos)	-	-	U.S. EPA/OPP analysis of NHANES <i>apud</i> USEPA, 2011
21 a <50 anos	29,00	63,00	-
≥50 anos	29,00	59,00	-

Fonte: Adaptado de USEPA (2011).

A **Tabela 97** apresenta de forma sumarizada os valores recomendados (*per capita*) de ingestão de vegetais. Os dados obtidos por NHANES *apud* USEPA (2011) foram gerados através de monitoramentos de curto prazo e podem não refletir a distribuição da ingestão diária em longo prazo. Porém, a ingestão de frutas ao longo de um ano ocorre com mínima sazonalidade, e o levantamento de curto prazo pode ser representativo a uma distribuição anual (USEPA, 2011).

Tabela 97 - Valores utilizados em *Exposure Factors Handbook* para Ingestão de Vegetais, porção comestível e não cozidos per capita.

Valores Recomendados *Per Capita* da Ingestão de Vegetais, porção comestível e não cozidos (*Exposure Factors Handbook* , USEPA 2011)

Idade do Grupo	Média (g/kg-dia)	Percentil 95% (g/kg-dia)	Referência	
Total de Frutas				
Nascimento até <1 ano	6,20	23,00		
1 a <2 anos	7,80	21,30		
2 a <3 anos	7,80	14,90		
3 a <6 anos	4,60	8,70	U.S. EPA/OPP analysis of NHANES <i>apud</i> USEPA, 2011	
6 a <11 anos	2,30	3,50		
11 a <16 anos	0,90	3,50		
16 a <21 anos	0,90	3,50		
21 a <50 anos	0,90	3,70		
≥50 anos	1,40	4,40		
Total de Vegetais				
Nascimento até <1 ano	5,00	16,20		
1 a <2 anos	6,70	15,60		
2 a <3 anos	6,70	15,60		
3 a <6 anos	5,40	13,40	U.S. EPA/OPP analysis of NHANES <i>apud</i> USEPA, 2011	
6 a <11 anos	3,70	10,40		
11 a <16 anos	2,30	5,50		
16 a <21 anos	2,30	5,50		
21 a <50 anos	2,50	5,90		
≥50 anos	2,60	6,10		

Fonte: USEPA (2011).

Os valores para ingestão de leite e ovos para todas as faixas etárias (**Tabela 98**), de acordo com o sexo, é disponibilizado por USDA (1980) *apud* USEPA (2011). Os dados representam uma dieta diária e podem não refletir o consumo desses alimentos em longo-termo, além de não serem valores normalizados por peso corporal. Para acessar os dados e critérios completos utilizados no estudo, consultar Capítulo 11 do *Exposure Factors Handbook* (USEPA, 2011).

Tabela 98 - Valores utilizados em *Exposure Factors Handbook* para Ingestão de Leite e Ovos per capita.

Valores Recomendados *Per Capita* da Ingestão de Leite e Ovos (*Exposure Factors Handbook* , USEPA 2011)

Idade do Grupo	Total de Leite (g/dia)	Ovos (g/dia)	Referência
1 ano ou menos	318,00	5,00	
1 a 2	404,00	20,00	
3 a 5	353,00	22,00	
6 a 8	433,00	18,00	
Homens	-	-	
9 a 11	432,00	26,00	
12 a 14	504,00	28,00	
15 a 18	519,00	31,00	
19 a 22	388,00	32,00	
23 a 34	243,00	38,00	
35 a 50	203,00	41,00	
51 a 64	180,00	36,00	USDA (1980) <i>apud</i>
65 a 74	217,00	36,00	USEPA, 2011
75 ou mais	193,00	41,00	
Mulheres	-	-	
9 a 11	402,00	14,00	
12 a 14	387,00	19,00	
15 a 18	316,00	21,00	
19 a 22	224,00	26,00	
23 a 34	182,00	26,00	
35 a 50	130,00	23,00	
51 a 64	139,00	24,00	
65 a 74	166,00	22,00	
75 ou mais	214,00	19,00	

Fonte: USEPA (2011).

Para cálculo do risco foram utilizados valores de consumo de vegetais conforme estipulado por CETESB (2013) devido ao uso de dados oriundos do IBGE (2010), que refletem os padrões de dieta da população brasileira. Os valores de comida *per capita* (USEPA, 2011) não foram adotados no cálculo de risco, que foi direcionado a diferentes alimentos. O consumo de leite e ovos se baseou nos dados disponibilizados por USEPA (2011).

O *Exposure Factors Handbook* e a Nota Técnica SEI/ANVISA 0596655 (Processo nº 25351.918291/2019-53) apresentam valores referentes ao consumo de peixes. Os dados do *Exposure Factors Handbook* são apresentados por estados localizados nos Estados Unidos, enquanto que a ANVISA apresenta valores oriundos da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF-2008/2009).

Os dados americanos apresentam uma variação de 14 g/dia em Minnesota (até 14 anos, 95 percentil) a 61 g/dia em Indiana (todos os entrevistados, 95 percentil). Os dados nacionais apresentam valores mínimos mais restritivos e direcionados para peixe de água doce, e serão adotados para cálculo do risco por melhor caracterizarem a população local.

A Nota Técnica SEI/ANVISA 0596655, para avaliação da exposição referente ao consumo de peixes de água doce é estabelecido cenário por consumo médio por kg de peso corpóreo por dia. Para peixe de água doce, a Nota Técnica em questão aponta que a média é 0,23 (kg de peso corpóreo/dia), cujo 97,5 percentil é 0,76 (kg de peso corpóreo/dia).

Dessa forma, considerando o peso para crianças de 40 kg e para adultos 80 kg, a taxa de consumo de peixe de água doce por dia será de 30,4 g/dia para crianças e 60,8 g/dia para adultos e trabalhadores (rurais, comerciais e de obras civis). Para esse cálculo considera-se o 97,5 percentil, indicando um caráter conservador do resultado.

10.2.2.1.7. EXPECTATIVA DE VIDA

A expectativa de vida é um fator importante principalmente para a determinação do ingresso para efeitos carcinogênicos pois, nestes casos, corresponde ao tempo médio de ocorrência de efeitos adversos.

Nas tábuas completas de mortalidade elaboradas pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) são apresentadas as expectativas de vida referente à cada idade exata de 0 a 80 anos, sendo o valor utilizado neste cálculo a expectativa de vida no nascimento, referente à indivíduos de 0 anos.

As informações de óbitos em cada idade, necessárias para a determinação da expectativa de vida no nascimento, são obtidas a partir de censos realizados anualmente pelo IBGE e disponibilizadas anualmente. Em IBGE (2018) são apresentadas as tábuas completas de mortalidade referentes à 2017 (dados mais recentes disponíveis) e faz uma breve descrição dos

dados e comparação com os demais anos, apresentando os dados de expectativa de vida geral do brasileiro, separados por sexo e também por estados.

A Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (2013) considera a expectativa de vida de receptores residentes em área urbana, residentes em área rural, trabalhadores em área comercial e industrial, e trabalhadores de obra civil e escavação. A **Tabela 99** apresenta a expectativa de vida considerada na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (2013).

Tabela 99 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação referente a expectativa de vida

Faixa Etária	Expectativa de Vida (CETESB, 2013)	Referência
Residencial Urbano		
Crianças	72,00	ASTM (2001)
Adultos	72,00	ASTM (2001)
Residencial Rural		
Crianças	72,00	ASTM (2001)
Adultos	72,00	ASTM (2001)
Trabalhador Comercial e Industrial		
Adultos	72,00	ASTM (2001)
Trabalhador Obra Civil e de Escavação		
Adultos	72,00	ASTM (2001)

Fonte: CETESB (2013).

Na **Tabela 100** são apresentadas as expectativas de vida no nascimento adotadas no presente trabalho para homens, mulheres e geral para todo o Brasil, para Minas Gerais e Espírito Santo, que são os estados afetados pela lama proveniente do rompimento da barragem.

Os dados expostos na tabela abaixo são provenientes da Tábua Completa de Mortalidade (IBGE, 2018), cujos resultados são oriundos de uma projeção da mortalidade a partir da tábua de mortalidade construída em 2010, no qual foram adotados os levantamentos populacionais

do Censo Demográfico de 2010. Por isso, foi considerado de forma indireta as informações sobre notificações e registros oficiais de óbitos segundo sexo e idade. A adoção dos dados de IBGE (2018) em detrimento dos dispostos por CETESB (2013) é realizada por informar de forma mais precisa aspectos demográficos locais da área sob avaliação.

Tabela 100 - Expectativa de vida ao nascimento por estado e sexo - dados adotados no presente estudo

Expectativa de Vida (IBGE, 2018)			
Região de Referência	Homens	Mulheres	Geral
Brasil	72,50	79,60	76,00
Minas Gerais	74,60	80,40	77,50
Espírito Santo	74,60	82,50	78,50

Fonte: IBGE (2018).

10.2.2.1.8. DURAÇÃO DA EXPOSIÇÃO

Os parâmetros exposicionais descrevem características do processo de exposição de um receptor a uma SQI. A taxa de ingestão de água, inalação ou contato dermal são condicionadas por parâmetros como a “Duração da Exposição”. De acordo com *Exposure Factors Handbook* (USEPA, 2011) a “Duração da Exposição” é o tempo de contato do receptor com o contaminante.

O ingresso de contaminantes é condicionado pelas atividades desempenhadas por um indivíduo ou grupo. Contaminantes podem não causar impacto em um indivíduo até que ele passe a desempenhar uma atividade que o coloque em contato com a substância química tóxica. A atividade e tempo gasto para desempenha-la irá variar conforme cultura, hábitos, sexo, faixa etária e preferência pessoais.

Os valores para os padrões de atividade recomendados pelo *Exposure Factors Handbook* consideram que os dados apresentados representam uma média ao longo das diferentes estações do ano. Todos os resultados foram reportados em minutos por dia, exceto natação, cuja unidade é minutos por mês.

O *Exposure Factors Handbook* exemplifica padrões comportamentais e quantifica fatores de atividade (**Tabela 101**) como a frequência de banhos e tempo em ambiente fechado ou aberto. Para informações quanto aos critérios utilizados para obtenção dos dados e referência específica, consultar Capítulo 16 de USEPA (2011).

Tabela 101 - Valores utilizados em Exposure Factors Handbook para Fatores de Atividade.

Fatores de Atividade (<i>Exposure Factors Handbook</i> , USEPA 2011)					
Idade do Grupo	Média (min/dia)	Percentil 95%	Idade do Grupo	Média (min/dia)	Percentil 95%
Tempo em Ambiente Fechado (total)			Tempo durante banho		
Nascimento até <1 mês	1440,00	-	Nascimento até <1 ano	19,00	30,00
1 a <3 meses	1430,00	-	1 a <2 anos	23,00	32,00
3 a <6 meses	1410,00	-	2 a <3 anos	23,00	45,00
6 a <12 meses	1300,00	-	3 a <6 anos	24,00	60,00
1 a <2 anos	1350,00	-	6 a <11 anos	24,00	46,00
2 a <3 anos	1310,00	-	11 a <16 anos	25,00	43,00
3 a <6 anos	1270,00	-	16 a <21 anos	33,00	60,00
6 a <11 anos	1240,00	-	Tempo durante banho e chuveiro		
11 a <16 anos	1260,00	-	18 a <25 anos	17,00	-
16 a <21 anos	1240,00	-	≥65 anos	17,00	-
18 a <65 anos	1150,00	-	Tempo brincando na areia ou cascalho		
≥65 anos	1140,00	-	Nascimento até <1 ano	18,00	-
Tempo em Ambiente Aberto (total)			1 a <2 anos	43,00	121,00
Nascimento até <1 mês	0,00	-	2 a <3 anos	53,00	121,00
1 a <3 meses	8,00	-	3 a <6 anos	60,00	121,00
3 a <6 meses	26,00	-	6 a <11 anos	67,00	121,00
6 a <12 meses	139,00	-	11 a <16 anos	67,00	121,00
1 a <2 anos	36,00	-	16 a <21 anos	83,00	-
2 a <3 anos	76,00	-	18 a <65 anos	0,00	121,00
3 a <6 anos	107,00	-	≥65 anos	0,00	-
6 a <11 anos	132,00	-	Tempo brincando na grama		
11 a <16 anos	100,00	-	Nascimento até <1 ano	52,00	-
16 a <21 anos	102,00	-	1 a <2 anos	68,00	121,00
18 a <65 anos	281,00	-	2 a <3 anos	62,00	121,00
≥65 anos	298,00	-	3 a <6 anos	79,00	121,00
Tempo em Ambiente Fechado (em residência)			6 a <11 anos	73,00	121,00
Nascimento até <1 ano	1110,00	1440,00	11 a <16 anos	75,00	121,00
1 a <2 anos	1070,00	1440,00	16 a <21 anos	60,00	-
2 a <3 anos	979,00	1300,00	18 a <65 anos	60,00	121,00
3 a <6 anos	957,00	1360,00	≥65 anos	121,00	-
6 a <11 anos	893,00	1280,00	Tempo brincando na lama		
11 a <16 anos	889,00	1320,00	Nascimento até <1 ano	33,00	-
16 a <21 anos	833,00	1290,00	1 a <2 anos	56,00	121,00
18 a <65 anos	948,00	1430,00	2 a <3 anos	47,00	121,00
≥65 anos	1180,00	1440,00	3 a <6 anos	63,00	121,00
Tempo no chuveiro			6 a <11 anos	63,00	121,00
Nascimento até <1 ano	15,00	-	11 a <16 anos	49,00	121,00
1 a <2 anos	20,00	-	16 a <21 anos	30,00	-
2 a <3 anos	22,00	44,00	18 a <65 anos	0,00	121,00
3 a <6 anos	17,00	34,00	≥65 anos	0,00	-
6 a <11 anos	18,00	41,00	-	-	-
11 a <16 anos	18,00	40,00	-	-	-
16 a <21 anos	20,00	45,00	-	-	-

Fonte: Adaptado de USEPA (2011).

A Duração da Exposição (ED) consta na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (2013) (www.cetesb.sp.gov.br) e é utilizada no cálculo do ingresso (I) em anos. Considera para receptores adultos o tempo de serviço de 25 anos para “Trabalhador Comercial e Industrial”, e 02 anos para “Trabalhador de Obra Civil e de Escavação”. Para residentes urbanos considera como duração de exposição um período de 30 anos, e para residentes rurais período equivalente à expectativa de vida considerada, de 72 anos. Para crianças é adotado um período de 06 anos de exposição tanto para residentes urbanos ou rurais.

A **Tabela 102** apresenta os dados referentes a Duração de Exposição oriundos da Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (2013). Os valores expostos pela CETESB foram adotados, exceto a duração da exposição de “Adulto” “Residente Rural”, para o qual foram utilizados os dados da expectativa de vida para o Estado de Minas Gerais (77,5 anos, IBGE, 2010).

Tabela 102 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação referente a Duração de Exposição e adotados no presente trabalho

Duração de Exposição (CETESB, 2013)			
Descrição (anos)	Criança	Adulto	Referência
	Residencial Urbano		
Duração de Exposição	6,00	30,00	CETESB (2001)
	Residencial Rural		
Duração de Exposição	6,00	72,00	CETESB (2001)
	Trabalhador Comercial e Industrial		
Duração de Exposição	-	25,00	CETESB (2001)
	Trabalhador Obra Civil e de Escavação		
Duração de Exposição	-	2,00	CETESB (2001)

Fonte: CETESB (2013).

10.2.2.1.9. FREQUÊNCIA DA EXPOSIÇÃO

De acordo com *Exposure Factors Handbook* (USEPA, 2011) a “Frequência da Exposição” é o número de eventos de exposição enquanto sujeito ao contaminante. A Frequência da Exposição (EF) consta na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (2013) e é utilizado no cálculo do ingresso (I) em dias/ano.

A planilha considera frequência de exposição para contato dérmico com solo superficial, água subterrânea, em situações de recreação e eventos para contato dérmico com o solo. Os valores de entrada (**Tabela 103**) são alterados conforme a faixa etária (criança e adultos) e receptores “Residencial Urbano”, “Residencial Rural”, “Trabalhador Comercial e Industrial” e “Trabalhador Obra Civil e Escavação” e são adotados no presente trabalho.

Tabela 103 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação referente a Frequência de Exposição adotados no presente trabalho

Frequência de Exposição (CETESB, 2013)				
Descrição	Criança	Adulto	Referência	
Residencial Urbano				
Frequência de Exposição para Contato Dérmico com Solo Superficial (dias/ano)	350	350	CETESB (2009)	
Frequência de Exposição para Contato Dérmico com Água Subterrânea (dias/ano)	350	350	CETESB (2009)	
Frequência de Exposição para Recreação (dias/ano)	104	104	CETESB (2009)	
Frequência de Exposição (dias/ano)	350	350	CETESB (2009)	
Frequência de Eventos para Contato Dérmico com o Solo (eventos/dia)	1	1	CETESB (2009)	
Residencial Rural				
Frequência de Exposição para Contato Dérmico com Solo Superficial (dias/ano)	350	350	CETESB (2009)	
Frequência de Exposição para Contato Dérmico com Água Subterrânea (dias/ano)	350	350	CETESB (2009)	
Frequência de Exposição para Recreação (dias/ano)	104	104	CETESB (2009)	
Frequência de Exposição (dias/ano)	350	350	CETESB (2009)	
Frequência de Eventos para Contato Dérmico com o Solo (eventos/dia)	1	1	CETESB (2009)	
Trabalhador Comercial e Industrial				
Frequência de Exposição para Contato Dérmico com Solo Superficial (dias/ano)	-	290	CETESB (2009)	
Frequência de Exposição para Contato Dérmico com Água Subterrânea (dias/ano)	-	290	CETESB (2009)	
Frequência de Exposição para Recreação (dias/ano)	-	0	CETESB (2009)	
Frequência de Exposição (dias/ano)	-	290	CETESB (2009)	
Frequência de Eventos para Contato Dérmico com o Solo (eventos/dia)	-	1	CETESB (2009)	
Trabalhador Obra Civil e de Escavação				
Frequência de Exposição para Contato Dérmico com Solo Superficial (dias/ano)	-	290	CETESB (2009)	
Frequência de Exposição para Contato Dérmico com Água Subterrânea (dias/ano)	-	290	CETESB (2009)	
Frequência de Exposição para Recreação (dias/ano)	-	0	CETESB (2009)	
Frequência de Exposição (dias/ano)	-	290	CETESB (2009)	
Frequência de Eventos para Contato Dérmico com o Solo (eventos/dia)	-	1	CETESB (2009)	

Fonte: CETESB (2013).

10.2.2.1.10. TEMPO DA EXPOSIÇÃO

De acordo com *Public Health Assessment Guidance Manual* (ATSDR, 2005 *apud* USEPA, 2011) o “Tempo da Exposição” é apresentado em horas por dia (horas/dia). O Tempo da Exposição (ET) consta na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação da CETESB (2013) e é utilizado no cálculo do ingresso (I) em anos/dia.

A planilha da CETESB considera o tempo de exposição para inalação de partículas e vapores de solo superficial, contato dérmico com água subterrânea, inalação de vapores em ambiente aberto, inalação de vapores em ambiente fechado, recreação em água superficial

(contato dérmico, inalação e ingestão), tempo médio para efeitos carcinogênicos (dias) e não carcinogênicos (dias). Considera receptores “Residencial Urbano”, “Residencial Rural”, “Trabalhador Comercial e Industrial” e “Trabalhador Obra Civil e Escavação”.

Os valores presentes na **Tabela 104** são oriundos da planilha da CETESB e serão adotados no presente estudo, exceto o parâmetro “Tempo Médio para Efeitos Carcinogênicos”, que é substituído pela expectativa de vida indicada no Item 10.2.2.1.7 Expectativa de vida.

Tabela 104 - Dados utilizados para cálculo na Planilha de Cálculo de Risco e Metas de Remediação referente ao Tempo de Exposição

Tempo de Exposição (CETESB, 2013)				
Descrição (horas/dia)	Criança	Adulto	Referência	
Residencial Urbano				
Tempo de Exposição para Inalação de Partículas e Vapores de Solo Superficial	4	2	USEPA RAGS (1989)	
Tempo de Exposição para Contato Dérmico com Água Subterrânea	2	4	USEPA CEFR	
Tempo de Exposição para Inalação de Vapores em Ambiente Aberto	8	8	RVMI	
Tempo de Exposição para Inalação de Vapores em Ambiente Fechado	16	16	Capeleti (2000)	
Tempo de Exposição durante Recreação em Água Superficial - Contato Dérmico	2	1	IBGE (2008)	
Tempo de Exposição durante Recreação em Água Superficial - Inalação	2	1	CETESB (2009)	
Tempo de Exposição durante Recreação em Água Superficial - Ingestão	2	1	CETESB (2009)	
Tempo Médio para Efeitos Carcinogênicos (dias)	26280	26280	CETESB (2009)	
Tempo Médio para Efeitos não Carcinogênicos (dias)	2190	10950	IBGE (2008)	
Residencial Rural				
Tempo de Exposição para Inalação de Partículas e Vapores de Solo Superficial	8	8	USEPA RAGS (1989)	
Tempo de Exposição para Contato Dérmico com Água Subterrânea	2	4	USEPA CEFR	
Tempo de Exposição para Inalação de Vapores em Ambiente Aberto	8	8	RVMI	
Tempo de Exposição para Inalação de Vapores em Ambiente Fechado	16	16	Capeleti (2000)	
Tempo de Exposição durante Recreação em Água Superficial - Contato Dérmico	2	1	IBGE (2008)	
Tempo de Exposição durante Recreação em Água Superficial - Inalação	2	1	CETESB (2009)	
Tempo de Exposição durante Recreação em Água Superficial - Ingestão	2	1	CETESB (2009)	
Tempo Médio para Efeitos Carcinogênicos (dias)	26280	26280	CETESB (2009)	
Tempo Médio para Efeitos não Carcinogênicos (dias)	2190	10950	IBGE (2008)	
Trabalhador Comercial e Industrial				
Tempo de Exposição para Inalação de Partículas e Vapores de Solo Superficial	-	8	USEPA RAGS (1989)	
Tempo de Exposição para Contato Dérmico com Água Subterrânea	-	2	USEPA CEFR	
Tempo de Exposição para Inalação de Vapores em Ambiente Aberto	-	8	RVMI	
Tempo de Exposição para Inalação de Vapores em Ambiente Fechado	-	8	Capeleti (2000)	
Tempo de Exposição durante Recreação em Água Superficial - Contato Dérmico	-	0	IBGE (2008)	
Tempo de Exposição durante Recreação em Água Superficial - Inalação	-	0	CETESB (2009)	
Tempo de Exposição durante Recreação em Água Superficial - Ingestão	-	0	CETESB (2009)	
Tempo Médio para Efeitos Carcinogênicos (dias)	-	26280	CETESB (2009)	
Tempo Médio para Efeitos não Carcinogênicos (dias)	-	9125	IBGE (2008)	
Trabalhador Obra Civil e de Escavação				
Tempo de Exposição para Inalação de Partículas e Vapores de Solo Superficial	-	8	USEPA RAGS (1989)	
Tempo de Exposição para Contato Dérmico com Água Subterrânea	-	8	USEPA CEFR	
Tempo de Exposição para Inalação de Vapores em Ambiente Aberto	-	8	RVMI	
Tempo de Exposição para Inalação de Vapores em Ambiente Fechado	-	8	Capeleti (2000)	
Tempo de Exposição durante Recreação em Água Superficial - Contato Dérmico	-	0	IBGE (2008)	
Tempo de Exposição durante Recreação em Água Superficial - Inalação	-	0	CETESB (2009)	
Tempo de Exposição durante Recreação em Água Superficial - Ingestão	-	0	CETESB (2009)	
Tempo Médio para Efeitos Carcinogênicos (dias)	-	26280	CETESB (2009)	
Tempo Médio para Efeitos não Carcinogênicos (dias)	-	730	IBGE (2008)	

Fonte: CETESB (2013).

10.2.2.2. Cálculo das Doses de Exposição

Para a quantificação da Dose de Exposição nos cenários de exposição atuais e futuros válidos no Modelo Conceitual de Exposição apresentado no item 9.6 (Modelo Conceitual de Exposição) para as áreas alvo AA1, AA2 e AA3, foram utilizadas as equações constantes nos capítulos no *Exposure Factor Handbook* (USEPA, 2011) as quais são indicadas para esta

finalidade pela ATSDR (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*) e USEPA (*United States Environmental Protection Agency*). As premissas de cálculo foram adotadas a partir dos guias abaixo:

- ✓ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. (2010). Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos. Brasília/2010.
- ✓ ATSDR - *Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Assessment Guidance Manual* (ATSDR, 2005). Última atualização em Dezembro de 2005 (<https://www.atsdr.cdc.gov/hac/phamanual/toc.html>);
- ✓ *Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual* (EPA/540/R/99/005). PART E. *Dermal Risk Assessment*;
- ✓ *Exposure Factors Handbook, Volumes I, II e III. National Center for Environmental Assessment* (EPA/600/R-09/052F);
- ✓ *Child-Specific Exposure Factors Handbook (2008, Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-06/096F, 2008*;
- ✓ *Guidelines for Carcinogen Risk Assessment* (USEPA 2005a).

Os cálculos das Doses de Exposição utilizaram as concentrações máximas obtidas para a RED nas três Áreas Alvo, enquanto na REI e RNE foram utilizadas as concentrações calculadas por UCL95%. A utilização do UCL95% permite a utilização de um valor conservador superior à média real da população amostrada, porém não extremo como a concentração máxima obtida. É importante ressaltar que o número limitado de amostras para algumas matrizes, os valores calculados pelo *software* ProUCL tendem a se aproximarem das concentrações máximas obtidas.

Os valores de entrada para a simulação de Monte Carlo utilizados neste estudo são apresentados, para cada um dos grupos de receptores, no **Anexo 6**.

Os resultados das Doses de Exposição calculadas por SQI válidas estão apresentados no **Anexo 7**.

10.2.2.2.1. EQUAÇÕES PARA CÁLCULO

Conforme o *Exposure Factor Handbook* (USEPA, 2011), foi adotada a equação geral para o cálculo da Dose de Exposição de uma SQI a seguinte equação (ATSDR, 2005; USEPA, 1989):

$$DE_n = [C \times (CR \times EF \times ED)] / (BW \times AT)$$

Onde:

DE_n é a Dose de Exposição da SQI “n” para uma determinada via de ingresso, em miligramas por quilograma dia (mg/kg.d); C é a concentração da SQI no compartimento do meio físico considerado no PDE, em miligrama por litro ou miligrama por quilograma (mg/L, mg/kg ou mg/m³); CR é a taxa de contato diária entre a SQI e o Receptor em um determinado PDE, em miligramas por litro ou miligramas por quilogramas (mg/L, mg/kg ou mg/m³); EF é a frequência da exposição, em dias por ano (d/a); ED é a duração da exposição, em anos (a); BW é a massa corpórea em quilogramas (kg); AT é o tempo médio para ocorrência de efeitos adversos (efeitos carcinogênicos ou não carcinogênicos), em dias (d).

Para cada cenário de exposição completo e potencial deve ser quantificado a DE_n considerando as equações seguintes.

10.2.2.2.1.1. Ingresso Decorrente da Exposição às SQI Presentes na Água

Deve ser considerado que um receptor humano pode ser exposto a uma SQI presente na água (subterrânea ou superficial) pelas seguintes vias de ingresso:

- ✓ Ingestão da água usada para consumo;
- ✓ Ingestão involuntária da água durante recreação;
- ✓ Contato dérmico com água.

Equação a utilizada para ingestão de água subterrânea (ATSDR, 2005; USEPA, 1989):

$$DE_n = [C_a \times (IR_w \times EF \times ED)] / (BW \times AT)$$

Onde:

DE_n é a Dose de Exposição da SQI “n” por ingestão de água, em litros por quilograma dia (L/kg.d); IR_w é a taxa de ingestão diária de água, em litros por dia (L/d); EF é a frequência da exposição, em dias por ano (d/a); ED é a duração da exposição, em anos; BW é a massa corpórea, em quilogramas (kg); AT é o tempo médio para ocorrência de efeitos adversos (efeitos carcinogênicos ou não carcinogênicos), em dias (d); Ca é a Concentração da SQI na água, em miligramas por litro (mg/L).

Equação a ser utilizada para ingestão involuntária de água subterrânea (ATSDR, 2005; USEPA, 1989):

$$DE_n = [C_a \times (IR_w \times ET \times EF \times ED)] / (BW \times AT)$$

Onde:

DE_n é a Dose de Exposição da SQI “n” por ingestão de água, em litros por quilograma dia (L/kg.d); IR_w é a taxa de ingestão involuntária de água, em litros por hora (L/h); EF é a frequência da exposição, em dias por ano (d/a); ET é o tempo da exposição, horas por dia (h/d); ED é a duração da exposição em anos; BW é a massa corpórea, em quilogramas (kg); AT é o tempo médio para ocorrência de efeitos adversos (efeitos carcinogênicos ou não carcinogênicos), em dias (d); Ca é a concentração da SQI na água, em miligramas por litro (mg/L).

Equação a ser utilizada para contato dérmico com água subterrânea (ATSDR, 2005; USEPA, 1989):

$$DE_n = [C_a \times (SA \times PC \times CF_d \times ET \times EF \times ED)] / (BW \times AT)$$

Onde:

DE_n é a Dose de Exposição da SQI “n” por contato dérmico com a água, em litros por quilograma dia (mg/kg dia); SA é a área superficial da pele disponível para contato, em centímetros quadrados (cm²); EF é a frequência da exposição, em dias por ano (d/a); ET é a tempo da exposição, em horas por dia (h/d); ED é a duração da exposição, em anos (a); BW é a massa corpórea, em quilogramas (kg); PC é a coeficiente de permeabilidade, em centímetros por hora (cm/h); AT é a tempo médio para ocorrência de efeitos adversos (efeitos

carcinogênicos ou não carcinogênicos), em dias (*d*); *C_a* é a concentração da SQI na água, em miligramas por litro (mg/L); *CF_d* é o fator de conversão (10⁻³ L/cm³).

10.2.2.2.1.2. Ingresso Decorrente da Exposição às SQI Presentes no Solo Superficial e Poeira

Deve ser considerado que um receptor humano pode ser exposto a uma SQI presente no solo superficial e subsuperficial pelas seguintes vias de ingresso:

- ✓ Contato dérmico;
- ✓ Ingestão de partículas de solo superficial e poeira domiciliar;
- ✓ Inalação de partículas e/ou vapores.

Equação a ser utilizada para ingestão de solo superficial (ATSDR, 2005; USEPA, 1989):

$$DE_n = [C_{\text{solo/poeira}} \times (IR_s \times FI \times EV \times CF_k \times EF \times ED)] / (BW \times AT)$$

Onde:

DE_n é a Dose de Exposição da SQI “*n*” por ingestão de solo superficial, em miligramas por quilograma dia (mg/kg.dia); *IR_s* é a taxa de ingestão de solo, em miligramas por dia (mg/d); *FI* é a fração ingerida da fonte contaminada; *EF* é a frequência da exposição, em dias por ano (d/a); *ED* é a duração da exposição, em anos (*a*); *AF* é o fator de aderência do solo na pele, em miligramas por centímetros quadrados por evento (mg/ (cm². evento)); *BW* é a massa corpórea, em quilogramas (kg); *EV* é a frequência de eventos para contato dérmico com o solo, em evento dia (evento/dia); *AT* é o tempo médio ocorrência de efeito adversos (efeitos carcinogênicos ou não carcinogênicos), em dias (*d*); *C_{solo}* é a concentração da SQI no solo superficial, em miligramas por quilograma (mg/kg); *CF_k* é o fator de conversão (10⁻⁶kg/mg).

Equação a ser utilizada para contato dérmico com solo superficial (ATSDR, 2005; USEPA, 1989):

$$DE_n = [C_{\text{solo/poeira}} \times (SA \times AF \times ABS_d \times EV \times CF_k \times EF \times ED)] / (BW \times AT)$$

Onde:

DE_n é a Dose de Exposição da SQI “n” por contato dérmico com o solo superficial, miligramas por quilograma dia (mg/kg.dia); AS é a área superficial da pele disponível para contato, em centímetros quadrados (cm²); AF é o fator de aderência do solo na pele, em miligramas por centímetro quadrado evento (mg/(cm². evento)); EF é a frequência da exposição, em dias por ano (d/a); EV é a frequência de eventos para contato dérmico com o solo, em eventos por dia, (eventos/d) ED é a duração da exposição, em anos (a); BW é a massa corpórea, em quilogramas (kg); ABSd é o fator de absorção dérmico (adimensional); AT é o tempo médio para ocorrência de efeitos adversos (efeitos carcinogênicos ou não carcinogênicos), em dias (d); CFk é o fator de conversão (10⁻⁶ kg/mg); C_{solo} é a concentração da SQI no solo superficial (mg/kg)

Equação a ser utilizada para inalação de partículas de solo (superficial e subsuperficial) (ATSDR, 2005; USEPA, 1989):

$$DE_n = [C_{solo/poeira} \times (IR \times ET \times EV \times EF \times ED)] / (BW \times AT)$$

Onde:

DE_n é a Dose de Exposição da SQI “n” para inalação de partículas do solo superficial, em metros cúbicos por quilograma dia (m³/kg.dia); IR é a taxa de inalação, em metros cúbicos por hora (m³/h); EF é a frequência da exposição, em dias por ano (d/a); ED é a duração da exposição, em anos (a); ET é o tempo de exposição, em horas por dia (h/d); BW é a massa corpórea, em quilogramas (kg); EV é a frequência de eventos para contato dérmico com o solo, em eventos por dia (eventos/d); AT é o tempo médio para ocorrência de efeitos adversos (efeitos carcinogênicos ou não carcinogênicos), em dias (d); C_{solo} é a concentração da SQI no solo superficial, em miligramas por quilograma (mg/kg).

10.2.2.1.3. Ingressos Decorrente da Exposição às SQI Presentes em Alimentos

Deve ser considerado que o receptor humano pode ser exposto a uma SQI presente no alimento, partindo de fontes de contaminação secundárias presentes no solo superficial, água subterrânea e água superficial, pela seguinte via de ingresso:

- ✓ Ingestão.

Equação a ser utilizada para ingestão de alimentos (ATSDR, 2005; USEPA, 1989):

$$DE_n = [C_{\text{alimento}} \times (IR_A \times EF \times ED)] / (BW \times AT)$$

Onde:

DE_n é a Dose de Exposição da SQI “n” por ingestão de alimentos, em miligramas por quilogramas dia (mg/kg.dia); IR_A é a taxa de ingestão de alimentos, quilogramas por dia (kg/dia); ED é a duração da exposição, em anos (a); EF é a frequência da exposição, em dias por ano (d/a); BW é a massa corpórea, em quilogramas (kg); AT é o tempo médio para ocorrência de efeitos adversos (efeitos carcinogênicos ou não carcinogênicos), em dias (d); C_{alimento} é o concentração da SQI no alimento, em miligramas por quilograma (mg/kg).

10.2.3. ANÁLISE DE INCERTEZAS E SENSIBILIDADE

A análise de incertezas teve como objetivo estabelecer quais limitações estão presentes nos resultados da avaliação de risco, considerando análise das aproximações qualitativas/semiquantitativas/quantitativas que podem ter influenciado diretamente nos resultados finais da quantificação do risco. A análise de Incertezas foi desenvolvida com base na metodologia descrita no “*Risk Assessment Guideline for Superfund, Human Health Evaluation Manual, PART A, Volume I* (USEPA, 1989)” e “*Public Health Assessment Guidance Manual*” (ATSDR, 2005), bem como no descrito do Termo Técnico de Referência para estudos de Avaliação de Risco a Saúde Humana desenvolvido pela **Fundação RENOVA**.

O grupo de Incertezas analisadas associadas a geração de dados e informações sobre as áreas alvo quem estudo (AA1, AA2, AA3) foram:

[1] Caracterização do meio físico regional e local (geológica, pedológica, hidrogeológica, geotécnica, hidrológica):

- a. Aspectos regionais foram avaliados com base nos estudos ambientais históricos desenvolvidos para as áreas alvo em questão e disponibilizados pela **Fundação RENOVA** e sua consolidação é apresentada nos itens 5.1 (Histórico Ambiental) e 5.5 (Meio Físico).
- b. Aspectos locais foram obtidos a partir do relatório da EPA Engenharia de Proteção Ambiental LTDA intitulado “Relatório Final de Investigação Ambiental Complementar. Mariana-MG” de abril de 2019, no qual foi

possível avaliar aspectos do meio físico local, não restando dúvidas quanto sua caracterização.

[2] Caracterização do Impacto causado pela lama originada a partir do evento de rompimento da Barragem de Fundão:

- a. Aspectos quanto ao impacto local obtidos a partir do relatório da EPA Engenharia de Proteção Ambiental LTDA intitulado “Relatório Final de Investigação Ambiental Complementar. Mariana-MG” de abril de 2019, a saber: Aplicação de Critérios de Amostragem para os diferentes compartimentos ambientais analisados; Avaliação dos critérios de controle e garantia da qualidade laboratorial; Abrangência e distribuição da investigação ambiental. Esses Aspectos foram analisados no item 5.4 (Contaminação Ambiental) deste relatório.

[3] Caracterização do uso e ocupação do solo é apresentada no item 5.3 (Uso e Ocupação do Solo) deste relatório e cumpriu todo o levantamento de dados necessários para fundamentar o desenvolvimento do Modelo Conceitual de Exposição para as áreas alvo em estudo.

As Incertezas associadas a geração de dados e informações sobre os parâmetros exposicionais foram as seguintes:

[1] Sistemática de levantamento e definição dos parâmetros exposicionais: Estas incertezas ligadas a parâmetros exposicionais foram discutidas detalhadamente no item 10.2.2.1 (parâmetros exposicionais). Neste item foram discutidos fonte de dados e referências bibliográficas, tipo de exposição, abrangência da informação, forma de cálculo, forma de obtenção e identificação dos valores mais apropriados.

[2] Consistência técnica dos cenários de exposição desenvolvidos e validados: amplamente discutida nos itens 9.1 (Caracterização dos Cenários de Exposição) e alinhada com o item de Levantamento e Avaliação da Informação Local.

As incertezas ligadas à análise de toxicidade foram analisadas no item 10.1 (Análise de Toxicidade) deste relatório e com base na descrição detalhada da metodologia adotada para obtenção e cálculo dos parâmetros toxicológicos.

10.2.3.1. Incertezas Quanto ao Cálculo da Dose de Exposição

Como discutido no item 10.2.2.2.2, a variabilidade é uma característica da população e não pode ser reduzida, apenas caracterizada, através de medidas de média, desvio padrão, mediana e os percentis, conforme desenvolvido para quantificação das DE_N por meio da análise de Monte Carlo.

A variabilidade pode estar relacionada a diversas fontes de heterogeneidade, como:

- Espacial, quando indivíduos de duas regiões diferentes apresentam comportamentos distintos;
- Temporal, quando uma característica da população varia com o tempo, como a questão do consumo de água em estações diferentes;
- Diferenças entre os indivíduos da população;
- Ou mesmo diferenças que um único indivíduo pode sofrer ao longo do tempo.

No presente estudo tentou-se caracterizar esta variabilidade das Doses de Exposição (DE_N) pela utilização de simulações de Monte Carlo, tendo uma ideia da distribuição das probabilidades dos Fatores de Exposição (IF_N), as variabilidades dos fatores serão transmitidas para o resultado da simulação de Monte Carlo, podendo ser avaliadas de forma mais direta em termos do resultado final do Ingresso.

Esta simulação também permitiu a realização de uma análise de sensibilidade de todos os fatores de exposição usados no cálculo do ingresso, o que ajuda na caracterização final desta variabilidade e na definição de quais fatores têm maior peso no resultado final. Para cada Dose de Exposição foram gerados 25.000 resultados validos de Fatores de Ingresso, sendo que o valor escolhido para a DE_N foi aquele com o percentil de 90% de ocorrências dentro das 25.000 simulações com um erro de mais ou menos 5%.

É sabido que sempre as incertezas presentes nos estudos utilizados como base de dados dificilmente serão eliminadas, a não ser que sejam realizadas novas campanhas mais detalhadas de obtenção de dados ou encontrados novos estudos a respeito dos fatores de exposição em questão.

Estas incertezas podem ser transmitidas para a quantificação da Dose de Exposição de diversas formas, a falta de dados pode levar a definições de cenários de exposições errados, as rotas de exposição consideradas podem não ser as rotas reais, pode ocorrer uma homogeneização da população por falta de dados, etc. No presente estudo procurou-se mitigar estas incertezas por meio:

- Dos levantamentos detalhados de dados de campo, tanto do meio físico como do impacto ambiental;
- De pesquisas juntas a moradores visando identificar aspectos cotidianos que pudessem gerar dados posicionais específicos;
- Desenvolvimento detalhado do Modelo Conceitual de Exposição com base nos dados base obtidos para o desenvolvimento do relatório em questão;
- Utilização de concentrações máximas e concentrações UCL95% nos pontos de exposição;
- Do tratamento estatístico de Monte Carlo.

É importante ressaltar que os valores calculados por UCL95% tendem a serem próximos ou iguais as concentrações máximas quando o número de dados disponíveis é pequeno. O presente estudo reconhece que, para alguns compartimentos ambientais amostrados, o número de amostras foi limitado, ocasionando o resultado do *software* ProUCL se aproximar da máxima concentração observada.

Outro erro que pode ocorrer é utilizar estudos que não são diretamente relacionáveis com o fator de exposição de interesse como se fossem ou criando relações de causa/consequência equivocadas. Esta prática não foi adotada no presente estudo, visando eliminar tais incertezas.

Desta forma, a incerteza foi tratada de forma qualitativa e discutida ao longo do presente texto, fornecendo as possíveis consequências para cada caso.

10.2.3.2. Simulações de Monte Carlo

Conforme já discutido anteriormente, este trabalho propõe a utilização de simulações de Monte Carlo para definir os possíveis valores de Dose de Exposição (D_{En}) para uma dada SQI levando em consideração as incertezas e variabilidades dos parâmetros exposicionais. Basicamente, uma simulação de Monte Carlo se resume em um método estatístico baseado em amostragens aleatórias massivas para obter resultados numéricos, ou seja, uma equação com diversas variáveis é resolvida inúmeras vezes com dados de entrada sorteados aleatoriamente dentro de uma faixa de ocorrência específica para a área alvo em estudo, e todos os possíveis resultados são contabilizados e analisados conforme a sua distribuição para obter conclusões razoáveis em cima dos inúmeros resultados diferentes.

Esse método foi utilizado na resolução da equação da Dose de Exposição, resultado posteriormente utilizado na definição do risco de cada SQI válida. Como vários parâmetros na equação de ingresso podem variar dependendo do caso, a análise irá contemplar os possíveis valores e probabilidades deles ocorrerem e fornecer uma distribuição de resultados, possibilitando uma análise de sensibilidade do ingresso com base nas incertezas e variabilidades de cada fator, compreendendo melhor os perfis de risco da área.

10.2.3.2.1. CONDIÇÕES PARA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO

A EPA (USEPA, 1997) define algumas condições que devem ser seguidas para que uma simulação de Monte Carlo reproduza um resultado confiável para avaliações de risco a saúde humana além de fornecer um guia dos princípios de uma análise de Monte Carlo. A seguir segue uma breve descrição destas condições a serem seguidas:

- O trabalho deve apresentar, claramente, o propósito da simulação e discutir as condições críticas de exposição, levando em conta a presença de crianças, idosos e outras populações de risco. Os resultados da simulação devem ser discutidos e apresentados de forma clara.
- Todos os métodos utilizados bem como os modelos, dados e suposições que foram utilizados devem estar documentados, garantindo a possibilidade dos resultados serem reproduzidos.

- Realizar as análises de sensibilidades já citadas anteriormente, podendo concluir quais fatores tem maior importância no resultado final do ingresso e conseqüentemente no risco. Além disso, é importante apresentar as probabilidades de cada cenário ocorrer.
- Discutir se os dados de entrada são correlacionáveis entre si, e quais as conseqüências disso no resultado final da simulação.
- Caracterizar as distribuições consideradas para os dados de entrada, quais as probabilidades de cada valor ocorrer e as justificativas destas considerações, tentando, quando possível, diferenciar a variabilidade de um fator da sua incerteza.
- Apresentar e discutir a tendência central do resultado e os valores críticos (mais altos).
- Reportar a existência de cálculos determinísticos para a determinação do ingresso e comparar estes resultados com os das simulações probabilísticas, explicando similaridades e diferenças nos dados e suposições de cada um.

Seguindo estas condições é possível apresentar uma simulação de Monte Carlo válida com resultados que deverão ser trabalhados, definindo seus parâmetros estatísticos como média, mediana, distribuição, entre outros e apresentados em forma de gráficos como histogramas de frequência, gráficos de caixa para definir valores muito discrepantes e os intervalos de resultados mais observados.

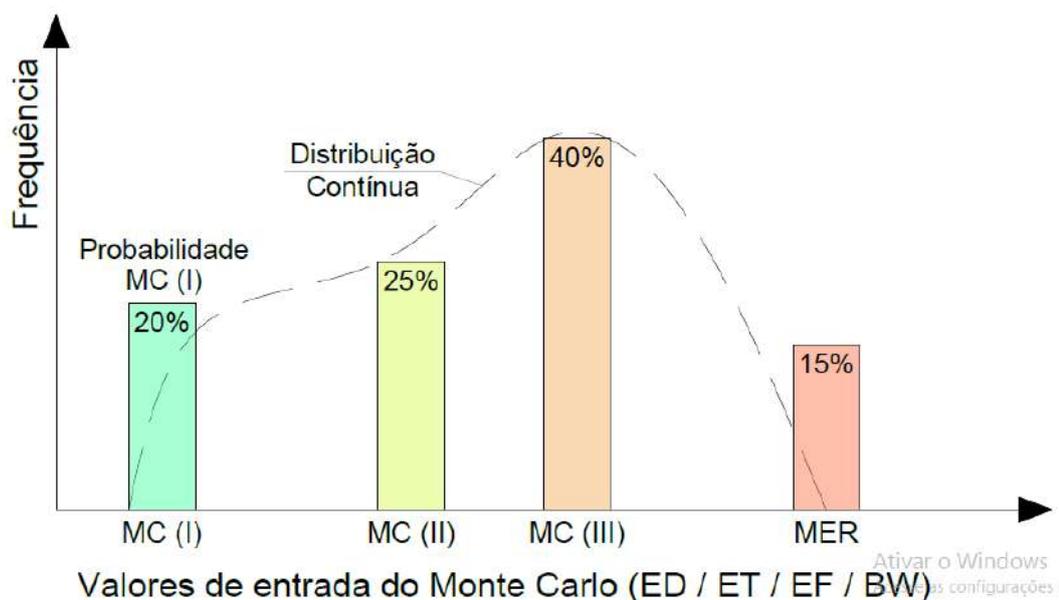
10.2.3.2.2. METODOLOGIA UTILIZADA

A simulação de Monte Carlo foi realizada neste estudo com o intuito de avaliar a sensibilidade do risco, calculado de maneira determinística pela máxima exposição razoável (MER), em relação a alguns parâmetros exposicionais utilizados.

Os parâmetros exposicionais considerados para esta análise de sensibilidade foram: duração da exposição (ED); tempo de exposição (ET); frequência da exposição (EF); e massa corpórea (BW). Para cada um destes parâmetros foram considerados 4 valores e suas respectivas probabilidades de ocorrência, refletindo suas variabilidades e incertezas. É importante ressaltar que para os 4 parâmetros avaliados nesta análise de sensibilidade, o valor crítico considerado corresponde à máxima exposição razoável (MER), ou seja, o valor máximo obtido na simulação de Monte Carlo corresponde ao risco obtido de maneira determinística.

Uma vez definidas estes 4 valores e suas probabilidades, o resultado pode ser expressado de maneira gráfica conforme o **Gráfico 129**, onde cada um dos valores tem a sua probabilidade de ocorrência (altura da barra) e isso define, de maneira aproximada, a distribuição contínua dos valores de cada parâmetro.

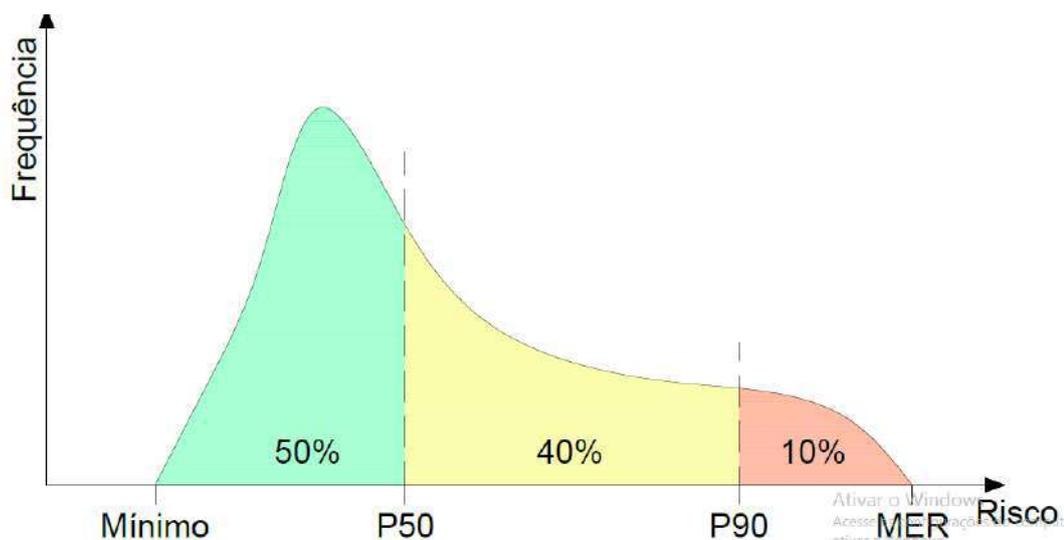
Gráfico 129 - Exemplo de distribuição dos valores e suas probabilidades para a simulação de Monte Carlo.



Vale ressaltar que esta distribuição é apenas um exemplo para ilustrar a metodologia utilizada para a simulação de Monte Carlo, e que o valor correspondente à máxima exposição razoável (MER), e conseqüentemente o valor crítico para o cálculo do risco, corresponde ao maior valor para os parâmetros duração da exposição (ED); tempo de exposição (ET); e frequência da exposição (EF), no caso da massa corpórea (BW), o valor crítico (MER) corresponde ao menor valor, pois a dose de ingresso é dada em função do peso do indivíduo, em termos matemáticos, a massa corpórea está no denominador da equação do ingresso. Os valores de entrada para a simulação de Monte Carlo utilizados neste estudo são apresentados, para cada um dos grupos de receptores, no **Anexo 6**.

Uma vez definido estes valores representativos da distribuição de cada parâmetro, o cálculo do risco foi repetido 25.000 (vinte e cinco mil) vezes variando os valores de entrada de forma que respeite as probabilidades de ocorrência de cada valor. Com isso são obtidos 25 mil resultados que apresentam uma distribuição de frequências entre o valor mínimo e o valor máximo (MER) encontrado conforme apresentado no **Gráfico 130**.

Gráfico 130 - Distribuição de frequência dos resultados de risco obtidos a partir da simulação de Monte Carlo.



Como pode ser observado, o risco máximo, correspondente ao risco determinístico da máxima exposição razoável (MER), representa a situação crítica de exposição, porém a simulação de Monte Carlo permite avaliar de maneira probabilística os resultados de risco obtidos.

No **Gráfico 130**, o valor indicado por “P90” representa o percentil de 90% desta distribuição, ou seja, em 90% dos resultados obtidos, o risco esteve menor ou igual a este valor. Outros percentis também podem ser levantados, como é o caso no exemplo, do “P50” que indica que 50% dos resultados estão abaixo deste valor.

Deste modo, temos uma análise de sensibilidade que leva em consideração as incertezas e variabilidades de cada parâmetro exposicional no cálculo final do risco, fornecendo resultados além da máxima exposição razoável (MER) com a sua respectiva probabilidade de ocorrência.

Nos resultados deste estudo foram apresentados, além do risco máximo correspondente ao MER, o menor risco encontrado (risco mínimo) e o valor do percentil de 90% (P90) da distribuição dos resultados, que representa o valor abaixo do qual estão 90% dos resultados obtidos na simulação de Monte Carlo, dando uma ideia do quão conservador é o risco máximo (MER) obtido. Entretanto, para fins práticos durante a definição do risco, é recomendado que o risco máximo (MER) seja levado em consideração para tomada de decisões, dando ao estudo um caráter conservador.

10.2.3.2.3. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Devido a forma com que a simulação de Monte Carlo foi realizada, a análise de sensibilidade será apresentada de maneira geral para todos os resultados apresentando o valor com a maior probabilidade de ocorrência (representante da tendência central) em função da sua relação com o valor máximo (MER - máxima exposição razoável), em outras palavras o valor mais provável será uma porcentagem do valor máximo, respeitando a relação entre os fatores exposicionais máximos e os mais prováveis.

Os fatores exposicionais avaliados na simulação de Monte Carlo foram a duração da exposição (ED), tempo de exposição (ET), frequência da exposição (EF) e massa corpórea (BW) e estão apresentados no **Anexo 6**.

A razão entre cada fator exposicional mais provável e o máximo razoável utilizado é apresentada no Quadro 38 a seguir, separada para cada um dos tipos de receptores. A partir destas porcentagens é possível descobrir quais dos fatores exposicionais são mais relevantes para o resultado final, uma vez que se tratando apenas de multiplicações e divisões, essas razões refletem no resultado final, assim uma razão de 75% indica que o valor mais provável é referente à 3/4 da MER e portanto, a utilização deste valor irá implicar em um risco 25% menor do que o máximo.

Ao multiplicar as razões (expressas em porcentagem) do Quadro 38 utilizadas para cada cenário de risco, teremos quantos por cento do risco máximo (MER) a situação mais provável representa, por exemplo para a ingestão de hortaliças o cálculo do ingresso utiliza a duração de exposição para consumo de hortaliças, a frequência de exposição para o consumo de hortaliças e a massa corpórea do indivíduo. Se fizermos o cálculo com os valores mais prováveis, a relação com o risco máximo (MER) é dada pela multiplicação das razões de cada fator exposicional envolvido, no caso 75%, 86% e 60% respectivamente (duração da exposição, frequência da exposição e massa corpórea), resultando no valor de 39%, ou seja, o risco mais provável para o consumo de hortaliças por crianças urbanas corresponde a 39% do risco máximo.

Desta forma, temos a definição do valor do risco mais provável que corresponde à tendência central dos resultados da simulação de Monte Carlo, uma análise da sensibilidade de cada fator exposicional e a comparação direta do valor determinístico (MER) com os resultados da simulação probabilística.

Os resultados da porcentagem dos valores mais prováveis em relação ao valor máximo (MER) para todos os cenários de risco e tipos de receptores são apresentados no Quadro 39, e com eles podemos apresentar algumas conclusões, os valores de tendência central mais discrepante do valor máximo são para o contato dérmico e ingestão de água superficial durante a recreação no caso das crianças urbanas e rurais, onde o valor corresponde a apenas 24% do máximo, já para os demais riscos esta porcentagem fica próximo de 40% para crianças e 60% para adultos e trabalhadores.

Quadro 38 - Porcentagem que os valores mais prováveis representam dos valores máximos (MER) para cada receptor.

Fatores Expositivos	Relação entre valor mais provável / valor da MER						
	Urbano		Rural		Trab.	Obras	
	Criança	Adulto	Criança	Adulto	Rural*	Civis	
Duração da Exposição	geral	75%	77%	75%	83%	80%	75%
	consumo de hortaliças	75%	77%	75%	83%	80%	75%
	consumo de tubérculos	75%	77%	75%	83%	80%	75%
	consumo de frutas	75%	77%	75%	83%	80%	75%
	consumo de ovos	75%	77%	75%	83%	80%	75%
	consumo de leite	75%	77%	75%	83%	80%	75%
Tempo de Exposição	inalação de partículas e vapores do solo superficial	75%	75%	75%	75%	75%	75%
	contato dérmico com água subterrânea	75%	75%	75%	75%	75%	75%
	contato dérmico com água superficial durante recreação	75%	75%	75%	75%	-	-
	ingestão de água superficial durante recreação	75%	75%	75%	75%	-	-
Frequência da Exposição	geral	86%	86%	86%	86%	83%	83%
	contato dérmico com solo superficial	86%	86%	86%	86%	83%	83%
	contato dérmico com sedimento	72%	83%	72%	83%	83%	83%
	contato dérmico com água subterrânea	86%	86%	86%	86%	83%	83%
	recreação em água superficial	72%	72%	72%	72%	-	-
	consumo de hortaliças	86%	86%	86%	86%	83%	83%
	consumo de tubérculos	86%	86%	86%	86%	83%	83%
	consumo de frutas	86%	86%	86%	86%	83%	83%
	consumo de ovos	86%	86%	86%	86%	83%	83%
	consumo de leite	86%	86%	86%	86%	83%	83%
1 / Massa corpórea**	contato dérmico com o solo superficial	75%	75%	75%	75%	75%	75%
	contato dérmico com o sedimento	75%	75%	75%	75%	75%	75%
	1 / Massa corpórea**	60%	93%	60%	93%	93%	93%

* Trabalhador rural e comercial

**A massa corpórea apresenta uma relação inversa com o ingresso calculado.

Quadro 39 - Porcentagem que os riscos mais prováveis representam do risco máximo para cada cenário e receptor.

Cenários de Risco	Relação entre valor mais provável / valor da MER						
	Urbano		Rural		Trab.	Obras	
	Criança	Adulto	Criança	Adulto	Rural*	Civis	
Solo Superficial	Contato Dermico	29%	46%	29%	50%	46%	43%
	Ingestão de Partículas	39%	62%	39%	66%	61%	58%
	Inalação de Poeira Domiciliar	39%	62%	39%	66%	61%	58%
	Ingestão de Hortaliças	39%	62%	39%	66%	61%	58%
	Ingestão de Tuberosas	39%	62%	39%	66%	61%	58%
	Ingestão de Frutas	39%	62%	39%	66%	61%	58%
	Ingestão de Ovos	39%	62%	39%	66%	61%	58%
	Ingestão de Leite	39%	62%	39%	66%	61%	58%
Sedimento Superficial	Contato Dermico	24%	45%	24%	48%	46%	43%
	Ingestão de Partículas	39%	62%	39%	66%	61%	58%
Água Superficial	Contato Dermico	24%	39%	24%	42%	**	**
	Ingestão	24%	39%	24%	42%	**	**
Água Subterrânea	Contato Dermico	29%	46%	29%	50%	46%	43%
	Ingestão	39%	62%	39%	66%	61%	58%

* Trabalhador rural e comercial

** Cálculo não realizado para trabalhadores, considerar mesmo valor dos Adultos Rurais

10.3. ANÁLISE COMPARATIVA DO RISCO

10.3.1. ANÁLISE DE RISCO POR QUOCIENTE DE RISCO (HQ) E RISCO CARCINOGENICO

A Análise Comparativa do Risco foi realizada pela comparação entre uma determinada Dose de Exposição “DE” de uma SQI “i”, e doses de referência (RfD) ou Nível Mínimo de Risco (MRL) correspondentes a via de ingresso avaliada, sempre o mais restritivo entre ambos. O resultado desta comparação é expresso como o Quociente de Periculosidade (HQ). Um valor HQ que ultrapassa a unidade (número um) sugere a possibilidade de um receptor exposto de desenvolver um efeito adverso tóxico não carcinogênico.

Neste contexto, o risco foi quantificado para cada SQI individualmente, considerando seus efeitos carcinogênicos e não carcinogênicos separadamente. Após cálculo individual do HQ para cada SQI avaliada, foi realizado:

[1] Somatória de todos os Riscos não carcinogênicos de cada SQI por cenário de exposição válido, considerando a similaridade de efeitos adversos e mesmos órgãos afetados, conforme definido no perfil de toxicidade da SQI;

[2] Somatória de todos os Riscos não carcinogênicos de cada cenário de exposição válido por compartimento de interesse do meio físico, considerando a similaridade de efeitos adversos e mesmos órgãos afetados, conforme definido no perfil de toxicidade da SQI.

A equação a seguir foi utilizada para a quantificação do risco para efeitos não carcinogênicos considerando múltiplas SQI considerando um determinado cenário de exposição:

$$QR_{in} = \frac{I_i}{RfD_n}$$

QR_{in}	-	Quociente de risco para a SQI n para o cenário i
I_n	mg/kg.d	ingresso para a SQI n
	ia	
RfD_n	mg/kg.d	Dose de referência da SQI n
	ia	

A equação a seguir foi utilizada para a quantificação do risco para efeitos não carcinogênicos considerando múltiplas SQI considerando um determinado cenário de exposição:

$$QR_{Ts} = \sum_{i=1}^p QR_{SQI_i}$$

p	-	Número de SQI possíveis
QR_{Ts}	-	QR total para o Cenário de Exposição s
QR_{SQI_i}	-	QR no SQI i para o cenário de exposição i

A equação a seguir foi utilizada para a quantificação do risco para efeitos não carcinogênicos considerando um compartimento de interesse do meio físico e múltiplos cenários associados a ele:

$$QR_{Tc} = \sum_{j=1}^q QR_{SQI j}$$

q	-	Número de Cenários de Exposição possíveis
QR_{Tc}	-	QR total para o compartimento de interesse c
$QR_{SQI j}$	-	QR para no cenário c

A equação a seguir, foi utilizada para a quantificação do risco para efeitos não carcinogênicos considerando múltiplos cenários de exposição e múltiplas SQI (USEPA, 1989):

$$IR = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q QR_{cenário i, SQI j}$$

Q	-	Número de SQI possíveis
P	-	Número de cenários possíveis
$QR_{cenário i, SQI j}$	-	Quociente de Risco para o cenário i e a SQI j

A quantificação do risco para efeitos carcinogênicos foi desenvolvida inicialmente considerando um cenário de exposição e uma SQI com base na seguinte formula (USEPA, 1989):

$$Risco_{in} = I_n \times SF_n$$

$Risco_{in}$	-	Risco carcinogênico para a SQI n para o cenário i
I_n	mg/kg.dia	ingresso para a SQI n

SF_n (mg/kg.dia)⁻¹ Fator de Carcinogenicidade da SQI n

A equação a seguir foi utilizada para a quantificação do risco para efeitos carcinogênicos considerando múltiplas SQI considerando um determinado cenário de exposição (USEPA, 1989):

$$Risco_{Ts} = \sum_{i=1}^p Risco_{SQIi}$$

p - Número de SQI possíveis

$Risco_{Ts}$ - Risco Carcinogênico Total para o Cenário de Exposição s

$Risco_{SQIi}$ - Risco Carcinogênico da SQI i para o cenário s

A equação a seguir foi utilizada para a quantificação do risco para efeitos carcinogênicos considerando um compartimento de interesse do meio físico e múltiplos cenários associados a ele (USEPA, 1989):

$$Risco_{Tc} = \sum_{j=1}^q Risco_{SQIj}$$

q - Número de Cenário de Exposição possíveis

$Risco_{Tc}$ - Risco carcinogênico Total para o Compartimento c

$Risco_{SQIj}$ - Risco carcinogênico para a o cenário de exposição j

A equação a seguir, foi utilizada para a quantificação do risco para efeitos carcinogênicos considerando múltiplos cenários de exposição e múltiplas SQI (USEPA, 1989):

$$Risco_{Total} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q Risco_{cenárioi, SQI j}$$

Q	-	Número de SQI possíveis
P	-	Número de cenários possíveis
$Risco_{\text{cenário } i, \text{ SQI } j}$	-	Risco carcinogênico para o cenário i e a SQI j

Para aplicação das equações anteriores foram adotadas as seguintes premissas:

- o risco é decorrente da exposição crônica;
- existe independência de ação toxicológica entre as SQI avaliadas;
- todas as SQI avaliadas produzem o mesmo efeito.

O **Anexo 7** apresenta os resultados de qualificação do risco para as áreas alvo 1, 2 e 3.

10.3.2. ANÁLISE DE RISCO DE CHUMBO POR ALM E IEUBK

Como a USEPA considerou inadequado derivar uma dose de referência (RfD) para chumbo, para avaliar e regular a exposição de chumbo no meio físico à população, a USEPA decidiu utilizar como biomarcador a concentração de chumbo no sangue. Para isso, foram desenvolvidos modelos biocinéticos que permitem modelar e prever os níveis de chumbo no sangue associados as exposições de chumbo no meio físico.

Para avaliação do risco potencial a receptores expostos ao chumbo, foram utilizados os seguintes modelos:

- *Adult Lead Models (ALM)*
- *Integrated Exposure Uptake Biokinetic (IEUBK) Model*

O ALM é um modelo biocinético desenvolvido para avaliar os riscos associados à exposição de chumbo em solo não residencial para adultos e crianças acima de 7 anos de idade, tendo como último receptor o feto no útero de mulheres grávidas, que podem ser alvos da transferência de chumbo. O Centro de Controle de Doenças americano (CDC) estabeleceu, à nível federal, que o limite de preocupação é de 10 µg/dL no sangue. Porém, conforme destacado na página *online* a USEPA (<https://www.epa.gov/superfund/lead-superfund-sites-software-and-users-manuals#recommend>), evidências científicas recentes tem demonstrado efeitos

adversos a concentrações abaixo do limite de preocupação, chegando até 5 µg/dL e possivelmente abaixo deste valor.

Logo, para o cálculo de risco de chumbo para crianças acima de 7 anos e adultos, será utilizado como referência para risco aceitável o valor de 5 µg/dL, utilizando o *software* disponibilizado na página *online* supracitada. Serão calculados os riscos potenciais para chumbo utilizando as concentrações de solo e poeira encontrados acima de seus respectivos PLA. Os parâmetros de taxa de ingestão de solo (IR), frequência de exposição (EF) e tempo médio (AT) utilizados para os cálculos neste modelo foram os mesmos utilizados para a quantificação de risco dos outros metais. Como somente o ponto POE-24 (RNE) apresentou concentrações superiores ao seu respectivo PLA, só foi calculado o risco utilizando as concentrações deste local.

Conforme apresentado na Figura 47, as concentrações de chumbo no sangue para adultos são inferiores ao limite de 5 µg/dL e a probabilidade dos níveis de sangue em fetos ser superior ao limite é inferior a 2,9% nas análises da *National Health and Nutrition Examination Survey* mais atuais, de 2007 a 2014. Neste contexto, os resultados não caracterizam risco pela avaliação de exposição de chumbo no meio físico a receptores acima de 7 anos de idade pelo modelo ALM.

Figura 47 - Resultado de Risco por ALM

Variable	Description of Variable	Units	GSDi and PbBo from Analysis of NHANES 2009-2014	GSDi and PbBo from Analysis of NHANES 2007-2010	GSDi and PbBo from Analysis of NHANES 2004-2007	GSDi and PbBo from Analysis of NHANES III (Phases 1&2)
PbS	Soil lead concentration	µg/g or ppm	297	297	297	297
R _{fetal/maternal}	Fetal/maternal PbB ratio	--	0,9	0,9	0,9	0,9
BKSF	Biokinetic Slope Factor	µg/dL per µg/day	0,4	0,4	0,4	0,4
GSD _i	Geometric standard deviation PbB	--	1,8	1,7	1,8	2,1
PbB ₀	Baseline PbB	µg/dL	0,6	0,7	1,0	1,5
IR _S	Soil ingestion rate (including soil-derived indoor dust)	g/day	0,090	0,090	0,090	0,090
IR _{S+D}	Total ingestion rate of outdoor soil and indoor dust	g/day	--	--	--	--
W _S	Weighting factor; fraction of IR _{S+D} ingested as outdoor soil	--	--	--	--	--
K _{SD}	Mass fraction of soil in dust	--	--	--	--	--
AF _{S, D}	Absorption fraction (same for soil and dust)	--	0,12	0,12	0,12	0,12
EF _{S, D}	Exposure frequency (same for soil and dust)	days/yr	350	350	350	350
AT _{S, D}	Averaging time (same for soil and dust)	days/yr	365	365	365	365
PbB _{adult}	PbB of adult worker, geometric mean	µg/dL	1,8	1,9	2,2	2,7
PbB _{fetal, 0.95}	95th percentile PbB among fetuses of adult workers	µg/dL	4,3	4,2	5,3	8,3
PbB _t	Target PbB level of concern (e.g., 2-8 ug/dL)	µg/dL	5,0	5,0	5,0	5,0
P(PbB_{fetal} > PbB_t)	Probability that fetal PbB exceeds target PbB, assuming lognormal distribution	%	2,9%	2,3%	6,0%	16,9%

Fonte: Calculado por TECNOHIDRO (2019), usando o *Software* ALM, disponível em <https://www.epa.gov/superfund/lead-superfund-sites-software-and-users-manuals#recommend>

O modelo biocinético IEUBK é utilizado para avaliar a exposição de receptores de até 7 anos de idade ao chumbo proveniente de diferentes fontes do meio físico. Este modelo também utiliza como limite de preocupação o valor estabelecido de 10 µg/dL no sangue pelo Centro de Controle de Doenças americano (CDC) à nível federal, porém será utilizado como referência para risco aceitável o valor de 5 µg/dL, conforme justificado para o ALM.

Assim como os cálculos de risco potencial para ALM, são utilizados as concentrações de solo e poeira encontradas acima de seus respectivos PLA. Dentre os parâmetros utilizados na modelagem, os mais sensíveis são a quantidade de solo/poeira ingerida por dia e o desvio padrão geométrico (*geometric standard deviation, GSD*), para os quais a EPA recomenda o uso do valor padrão 1.6 na maioria das áreas de estudo (USEPA, 2002). A modelagem é moderadamente sensível aos valores da fração absorvida de solo/poeira e na dieta; concentração de chumbo no solo; concentração de chumbo em poeira *indoor*; concentração de chumbo na dieta; contribuição de chumbo presente no solo para chumbo presente na poeira *indoor*. Logo, para o cálculo de risco potencial, utilizando o *software* IEUBK, utilizou-se a concentração de chumbo na poeira do ponto POE-24 (AA2, RNE), única acima de seu respectivo PLA. Para os outros parâmetros referentes às concentrações do meio físico, utilizou-se concentrações superiores às encontradas na AA2 para solo (30 mg/kg) e água (3,09 µg/L). O restante dos parâmetros foi deixado como os padrões do próprio *software*.

Conforme os resultados apresentados nas páginas seguintes, as concentrações de chumbo no sangue para os diferentes intervalos de idade até 7 anos de idade são inferiores ao limite de 5 µg/dL. Neste contexto, os resultados não caracterizam risco pela avaliação de exposição de chumbo no meio físico a receptores abaixo de 7 anos de idade pelo modelo IEUBK.

LEAD MODEL FOR WINDOWS Version 1.1

Model Version: 1.1 Build11

User Name:

Date:

Site Name:

Operable Unit:

Run Mode: Research

***** Air *****

Indoor Air Pb Concentration: 30.000 percent of outdoor.

Other Air Parameters:

Age	Time Outdoors (hours)	Ventilation Rate (m ³ /day)	Lung Absorption (%)	Outdoor Air Pb Conc (µg Pb/m ³)
.5-1	1.000	2.000	32.000	0.100
1-2	2.000	3.000	32.000	0.100
2-3	3.000	5.000	32.000	0.100
3-4	4.000	5.000	32.000	0.100
4-5	4.000	5.000	32.000	0.100
5-6	4.000	7.000	32.000	0.100
6-7	4.000	7.000	32.000	0.100

***** Diet *****

Age	Diet Intake(µg/day)
.5-1	2.260
1-2	1.960
2-3	2.130
3-4	2.040
4-5	1.950
5-6	2.050
6-7	2.220

***** Drinking Water *****

Water Consumption:

Age Water (L/day)

.5-1	0.200
1-2	0.500
2-3	0.520
3-4	0.530
4-5	0.550
5-6	0.580
6-7	0.590

Drinking Water Concentration: 3.090 µg Pb/L

***** Soil & Dust *****

Age	Soil (µg Pb/g)	House Dust (µg Pb/g)
.5-1	30.000	297.000
1-2	30.000	297.000
2-3	30.000	297.000
3-4	30.000	297.000
4-5	30.000	297.000

5-6	30.000	297.000
6-7	30.000	297.000

***** Alternate Intake *****

Age Alternate (µg Pb/day)

.5-1	0.000
1-2	0.000
2-3	0.000
3-4	0.000
4-5	0.000
5-6	0.000
6-7	0.000

***** Maternal Contribution: Infant Model *****

Maternal Blood Concentration: 1.000 µg Pb/dL

CALCULATED BLOOD LEAD AND LEAD UPTAKES:

Year	Air (µg/day)	Diet (µg/day)	Alternate (µg/day)	Water (µg/day)
.5-1	0.021	1.060	0.000	0.290
1-2	0.034	0.911	0.000	0.718
2-3	0.062	1.000	0.000	0.754
3-4	0.067	0.966	0.000	0.776
4-5	0.067	0.939	0.000	0.818
5-6	0.093	0.993	0.000	0.868
6-7	0.093	1.079	0.000	0.886

Year	Soil+Dust (µg/day)	Total (µg/day)	Blood (µg/dL)
.5-1	4.232	5.603	3.0
1-2	6.660	8.323	3.4
2-3	6.724	8.540	3.2
3-4	6.785	8.593	3.0
4-5	5.110	6.934	2.5
5-6	4.627	6.582	2.1
6-7	4.384	6.443	1.9

10.4. IMPLICAÇÕES QUANTO À SAÚDE DAS POPULAÇÕES

Neste item serão apresentadas as implicações quanto a saúde das populações identificadas nas áreas alvo em estudo que potencialmente estão expostas às SQI em cenários de exposição atuais e futuros. Esses resultados, por sua vez, são a somatória do conhecimento adquirido por meio de:

- I. Avaliação crítica das preocupações da comunidade com a saúde;
- II. Consultas a estudos históricos da área de interesse, tanto técnicos quanto acadêmicos, em períodos anterior e posterior ao evento de rompimento da barragem de Fundão;
- III. Caracterização do meio físico, baseado no conhecimento obtido dos estudos supracitados e dos dados levantados no presente estudo, bem como a caracterização atual do uso e ocupação do solo na área de interesse;
- IV. Avaliação e interpretação dos dados produzidos e disponibilizados pela amostragem de compartimentos ambientais, segmentados espacialmente com base na exposição humana;
- V. Avaliação de exposição dos possíveis receptores às SQI válidas (Modelo Conceitual de Exposição), a análise de toxicidade destas, bem como a quantificação do ingresso e a quantificação de risco para os possíveis cenários de exposição discutidos.

A seguir, são apresentados os fundamentos do MCA.

10.4.1. USO E OCUPAÇÃO

A área de estudo consiste no trecho entre o distrito de Bento Rodrigues (Mariana) e Barretos (Barra Longa), Minas Gerais. Neste trecho, foram definidas as regiões com base na exposição humana às possíveis SQI relacionadas ao evento de rompimento da barragem de Fundão, denominadas de RED (região de exposição direta), REI (região de exposição indireta) e RNE (região de não exposição). Além disso, foram definidas três Áreas Alvo (AA), com objetivo de segmentar e agrupar os dados relativos ao meio físico, uso e ocupação do solo e contaminação ambiental, para possibilitar a comparação, análise e tratamento estatístico de dados e resultados analíticos que foram utilizados para a avaliação de risco à saúde humana.

Atualmente, as AA são compostas majoritariamente por vegetação densa e grandes áreas de pastagens, com pequenas concentrações de residências, distribuídas de forma variada. Em menor número são as propriedades localizadas próximas ao leito do rio, e estão relacionadas às atividades que utilizam a água do próprio rio ou de córregos, em atividades de lazer, dessedentação animal e, em menor número, plantio de vegetais para consumo humano. Um maior número de propriedades se encontra mais distante do rio, sendo residências, plantios e criação de animais. O principal uso do solo se dá principalmente por atividades rurais, como a agricultura (com cultivo de milho, mandioca, alface e cebolinha por exemplo) e a pecuária de subsistência (com destaque a criação de bovinos, galináceas, suínos e equinos). Na AA-1, há a área pertencente à **SAMARCO**, localizada a montante do rio Gualaxo do Norte, além de áreas de reflorestamento e afloramentos rochosos.

10.4.2. MEIO FÍSICO

O domínio fisiográfico é descrito por três padrões de relevo predominantes no trecho de interesse, sendo eles: os domínios montanhosos; de colinas dissecadas e de morros baixos; e de morros e serras baixas. Em relação à vegetação, a bacia do rio Doce está inserida no domínio fitogeográfico da Mata Atlântica, coberta, principalmente, por formações florestais e campestres. Devido à grande extensão e a heterogeneidade ambiental decorrente ao longo da bacia, há uma grande diversidade biológica em relação a outros domínios fitogeográficos. As três AA são cortadas pelo rio Gualaxo do Norte, que nasce nas proximidades do Complexo de Timbopéba no município de Ouro Preto a sudoeste de Bento Rodrigues (distrito de Mariana), localizado no início da área de estudo. Na região do distrito de Bento Rodrigues o rio Gualaxo do Norte recebe afluentes provenientes da barragem de Fundão localizada ao oeste do distrito e desagua no rio do Carmo, próximo ao município de Barra Longa.

A geologia regional da área de estudo é caracterizada pela Província Geotectônica São Francisco e a Província Geotectônica Mantiqueira. Essas províncias representam a zona de transição do Cráton São Francisco e o Cinturão Móvel Costeiro, onde afloram metapelitos de baixo grau metamórfico a oeste e de médio a alto grau a leste, com uma zona de rochas granulíticas ao centro da área. O solo, por sua vez, é caracterizado por três tipos de solo encontrados na região, sendo eles o Latossolo vermelho-amarelo distrófico típico, Argissolo vermelho-amarelo eutrófico típico e Cambissolo háplico Tb distrófico típico.

A hidrologia pode ser descrita no trecho de interesse, entre o distrito de Bento Rodrigues e o município de Barra Longa, com uma diminuição nas vazões médias específicas (l/s/km²), variando do intervalo de 24,61 - 27,85 para o intervalo de 14,91 - 18,15. Em relação as vazões máximas diárias específicas (l/s/km²), o trecho nas proximidades de Bento Rodrigues apresenta valores no intervalo de 926 - 1.112, enquanto o trecho pertencente a Barra Longa 1.113 - 1.299. A hidrogeologia, por sua vez, no trecho entre o distrito de Bento Rodrigues e o município de Barra Longa, há a predominância dos subdomínios hidrogeológicos metassedimentos/metavulcânicas e cristalino, com classe de favorabilidade hidrogeológica predominantemente baixa. De maneira geral, o rio é efluente dos aquíferos na região.

10.4.3. CARACTERIZAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO

O rompimento da barragem de rejeitos minerais de Fundão pertencente à **SAMARCO Mineração S.A.** ocorreu em 5 de novembro de 2015, o que resultou na liberação de um volume estimado de 55 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração de ferro e água no rio Gualaxo do Norte, Rio Carmo e Rio Doce. A barragem em questão foi construída no subdistrito de Bento Rodrigues, município de Mariana, Minas Gerais. O volume liberado foi transportado e depositado nos rios supramencionados por, aproximadamente, 670 km durante 17 dias, desde o ponto de rompimento em Minas Gerais até o oceano Atlântico no estado do Espírito Santo, afetando de forma direta ou indireta 1,4 milhão de pessoas de 40 municípios dentre os dois estados. Inicialmente, a lama chegou a barragem de Santarém e percorreu 55 km do rio Gualaxo do Norte até desaguar no rio do Carmo. A partir do rio do Carmo, a lama percorreu mais 22 km até o rio Doce, por onde a lama percorreu até a foz do oceano Atlântico, no município de Linhares - ES.

A lama de rejeitos, definida pela soma do rejeito com quaisquer material presente no rio que se transportou junto com a massa liberada, avançou pelos principais cursos d'água da Bacia do Rio Doce, bem como em parte de suas planícies de inundação, o que ocasionou impactos ambientais em diferentes compartimentos de meio físico e potencialmente expôs populações humanas que se encontravam ao longo da extensão da bacia do Rio Doce, especificamente na região de passagem da lama de rejeito de minério de ferro.

Neste contexto, a fonte primária de contaminação é a lama proveniente da barragem de Fundão e a fonte secundária de contaminação são os compartimentos ambientais impactados pela lama de rejeitos.

No presente estudo foram amostrados compartimentos ambientais (solo superficial, subsuperficial; sedimento superficial, subsuperficial; água superficial, subterrânea e de abastecimento; poeira domiciliar, raspagem de alvenaria, frutas, leite, ovos e vegetais) por meio de análises químicas laboratoriais de metais totais e dissolvidos, definidos como as SQI a serem investigadas, devido à natureza do material envolvido no evento. Conforme item 5.4, os resultados analíticos apresentaram os seguintes metais com concentrações superiores aos seus respectivos PLA por compartimento:

- Solo superficial: Alumínio, Antimônio, Bário, Cobalto, Cobre, Cromo, Ferro e Manganês;
- Solo subsuperficial: Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bário, Cobalto, Cromo, Ferro, Manganês e Níquel;
- Sedimento: Antimônio, Arsênio, Cromo, Ferro, Manganês e Mercúrio;
- Sedimento subsuperficial: Antimônio, Arsênio, Chumbo, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio e Níquel;
- Água superficial (total ou dissolvido): Alumínio, Ferro e Manganês;
- Água Subterrânea (total ou dissolvido): Alumínio, Ferro e Manganês;
- Água de Abastecimento (total ou dissolvido): Alumínio e Ferro;
- Poeira Domiciliar: Antimônio, Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre, Ferro e Zinco;
- Raspagem de Alvenaria: Antimônio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo e Zinco;
- Fruta: Arsênio;
- Hortaliça: Cromo e Selênio;
- Ovo: Selênio;
- Vegetal: Arsênio.

As SQI que apresentaram concentrações superiores aos seus respectivos PLA são consideradas válidas para a Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH), independente de apresentarem correlação com o evento.

A localização da amostragem foi distribuída nas regiões de exposição (RED, REI e RNE) com o objetivo de analisar espacialmente os resultados analíticos de cada matriz em relação à segmentação com base na exposição, para validar quais SQI estão associadas ao evento de rompimento da barragem de Fundão.

A consolidação da análise espacial foi constituída pela comparação dos resultados das análises espaciais das três AA e comparação dos metais analisados com a composição química do rejeito. Com essas informações, dividiu-se a consolidação na seguinte ordem:

- I. Metais relacionados (presentes na composição química) ao rejeito;
- II. Metais que apresentaram correlação espacial com as regiões de exposição;
- III. Metais que apresentaram concentrações superiores aos VI adotados.

A partir desses critérios de divisão, formaram-se oito grupos de metais, sendo eles:

- a. Metais presentes na composição química do rejeito, que apresentam correlação espacial e apresentam concentrações nos resultados analíticos **inferiores** aos VI adotados;
- b. Metais presentes na composição química do rejeito, que apresentam correlação espacial e apresentam concentrações nos resultados analíticos **superiores** aos VI adotados;
- c. Metais presentes na composição química do rejeito, que **não** apresentam correlação espacial e apresentam concentrações nos resultados analíticos **inferiores** aos VI adotados;
- d. Metais presentes na composição química do rejeito, que **não** apresentam correlação espacial e apresentam concentrações nos resultados analíticos **superiores** aos VI adotados;

- e. Metais **não** presentes na composição química do rejeito, que apresentam correlação espacial e apresentam concentrações nos resultados analíticos **inferiores** aos VI adotados;
- f. Metais **não** presentes na composição química do rejeito, que apresentam correlação espacial e apresentam concentrações nos resultados analíticos **superiores** aos VI adotados;
- g. Metais **não** presentes na composição química do rejeito, que **não** apresentam correlação espacial e apresentam concentrações nos resultados analíticos **inferiores** aos VI adotados;
- h. Metais **não** presentes na composição química do rejeito, que **não** apresentam correlação espacial e apresentam concentrações nos resultados analíticos **superiores** aos VI adotados.

A partir destes grupos, destacados na **Figura 30** de Consolidação de Análise Espacial, levantou-se hipóteses sobre onexo causal da eventual contaminação ou anomalia de cada metal:

- Os metais presentes no grupo **a.** e **b.** tem maior probabilidade de estarem relacionados ao evento de rompimento da barragem de Fundão, pois fazem parte da composição química do rejeito e apresentam correlação espacial das concentrações com as unidades de exposição;
- Os metais presentes no grupo **c.** e **d.** tem menor probabilidade de estarem relacionados ao evento de rompimento da barragem de Fundão. Apesar de fazerem parte da composição química do rejeito, não apresentam correlação espacial das concentrações com as unidades de exposição, ocorrendo contaminação e anomalias em regiões não influenciadas pelo evento;
- Os metais presentes no grupo **e.** e **f.** tem possibilidade de estarem relacionados ao evento de rompimento da barragem de Fundão. Apesar de não fazerem parte da composição química do rejeito, há correlação espacial das concentrações com as unidades de exposição, ocorrendo contaminação e anomalias em regiões influenciadas pelo evento de forma indireta. Por exemplo, contaminantes

provenientes de fontes pretéritas, que estavam depositados na calha do rio antes do evento, podem ter sido remobilizados pela passagem da massa de lama;

- Os metais presentes no grupo **g.** e **h.** são improváveis de estarem relacionados ao evento de rompimento da barragem e Fundão, pois não fazem parte da composição química do rejeito e apresentam contaminação e anomalias em posições aleatórias às unidades de exposição. Em visto disso, não é possível estabelecer correlação do evento com esses metais.

A consolidação da análise espacial e suas hipóteses foram comparadas com os estudos históricos de nível de concentrações basais (*background*) para fundamentar se há influência de determinadas SQI nas diferentes matrizes devido ao evento. Como resultado dessa comparação, as SQI consideradas válidas para a ARSH foram divididas em (**Tabela 79**) SQI associadas ao evento (Ferro, Manganês) e SQI não associadas ao evento (Alumínio, Antimônio, Arsênio e suas especiações, Bário, Cádmiio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Mercúrio, Selênio e Zinco).

As SQI associadas ao evento são aquelas que, de acordo com os resultados obtidos de todas as fontes consultadas neste relatório, estão influenciadas direta ou indiretamente pelo evento. Isso remete aos metais identificados nos grupos **b.** e **f.**, aqueles que apresentaram concentrações superiores aos seus respectivos PLA e apresentam correlação espacial com as unidades de exposição, independentemente de estarem presentes na composição química do rejeito. Vale ressaltar que no presente trabalho não foram identificados metais pertencentes ao grupo **f.**

Analogamente, as SQI não associadas ao evento são aquelas que, de acordo com os resultados obtidos de todas as fontes consultadas neste relatório, não estão influenciadas direta ou indiretamente pelo evento, apesar de se apresentarem em concentrações superiores aos seus respectivos PLA. Isso remete aos metais identificados nos grupos **d.** e **h.**, aqueles que, como já dito, apresentam concentrações superiores aos seus respectivos PLA e **não** apresentam correlação espacial com as unidades de exposição, independentemente de estarem presentes na composição química do rejeito.

10.4.4. AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA

A ARSH foi realizada a partir das SQI válidas e a quantificação do risco foi realizada para cada AA e suas respectivas segmentações (RED, REI e RNE). O resultado da quantificação de risco é apresentado nos subitens a seguir. O Anexo 11 mostra os gráficos de risco acumulado por *endpoint*. Compilando todas as informações supracitadas, verificou-se:

10.4.4.1. AA-1 (RNE)

Conforme apresentado na **Tabela 105**, têm-se:

10.4.4.1.1. RECEPTOR URBANO E RURAL (CRIANÇA)

Para estes receptores, foram identificados riscos não carcinogênicos por *endpoint*.

Os cenários para solo superficial foram baseados nos riscos de ingestão de partículas de Ferro e Manganês, na ingestão de leite contendo Arsênio MMA e de ovos contendo Arsênio DMA. Os cenários para sedimentos foram baseados nos riscos de ingestão de partículas de Ferro.

Os *endpoints* que apresentaram risco são:

Para solo superficial

- Ingestão de Partículas: sistema nervoso (SN), sistema sanguíneo (SS), sistema reprodutivo (SRv), sistema gastrointestinal (SGI), cardiovascular (CV), pulmões, pele, olhos, fígado e rins.
- Ingestão de Leite e Ovos: sistema nervoso (SN), sistema sanguíneo (SS), sistema reprodutivo (SRv), sistema gastrointestinal (SGI), cardiovascular (CV) e olhos.

Para sedimento

- Ingestão de Partículas: sistema nervoso (SN), sistema sanguíneo (SS), sistema gastrointestinal (SGI), cardiovascular (CV), pulmões, pele, olhos, fígado e rins.

Quanto aos riscos carcinogênicos, foram identificados riscos nos compartimentos solo superficial.

Para crianças urbanas, os cenários para solo superficial foram baseados nos riscos de ingestão de partículas de Arsênio, na ingestão de leite contendo Arsênio MMA e ovos contendo Arsênio DMA.

Para crianças rurais, os cenários para solo superficial foram baseados nos riscos de ingestão de partículas de Arsênio, ingestão de frutas e leite contendo Arsênio MMA, e ovos contendo Arsênio DMA.

10.4.4.1.2. RECEPTOR URBANO E RURAL (ADULTO)

Para estes receptores, não houve risco total não carcinogênico por *endpoint*.

Quantos aos riscos carcinogênicos, foram identificados riscos no solo superficial para residentes urbanos e residentes rurais.

Para adultos urbanos, o risco total para solo superficial é referente aos cenários ambientais de ingestão de tubérculos, frutas e leite contendo Arsênio MMA, e por ovos contendo Arsênio MMA e Arsênio DMA.

Para adultos rurais, o risco total para solo superficial é referente aos cenários físicos de ingestão de partículas de Arsênio e de cenários ambientais de ingestão de hortaliças, tubérculos, frutas e leite contendo Arsênio MMA, e por ovos contendo Arsênio MMA e Arsênio DMA.

10.4.4.1.3. RECEPTOR TRABALHADOR (RURAL/COMERCIAL)

Para estes receptores foi identificado risco carcinogênico no solo superficial referente aos cenários ambientais de ingestão de leite contendo Arsênio MMA e ingestão de ovos contendo Arsênio DMA.

10.4.4.1.4. RECEPTOR TRABALHADOR (DE OBRA CIVIL)

Para estes receptores não foi identificado risco não carcinogênico por *endpoint*, porém foi identificado risco total carcinogênico no solo superficial referente à somatória dos riscos nos cenários físicos (ingestão de partículas) e cenários ambientais (ingestão de hortaliças, tubérculos, frutas, leite e ovos).

Como já discutido ao longo do relatório, não há relação do Arsênio com o evento e as concentrações de Ferro e Manganês na RNE são coerentes com os valores basais apresentados

em estudos históricos. Logo, os riscos associados à essas SQI possivelmente não estão relacionadas ao evento para estes cenários.

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 1 (AA1) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			8,12E-06	1,02E-04	1,90E-04
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	1,39E-07	1,74E-06	3,25E-06	1,39E-07	1,74E-06	3,25E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	2,58E-07	3,22E-06	6,01E-06	2,58E-07	3,22E-06	6,01E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	3,36E-07	4,20E-06	7,84E-06	3,36E-07	4,20E-06	7,84E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	5,44E-06	6,80E-05	1,27E-04	5,44E-06	6,80E-05	1,27E-04			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	3,98E-07	4,97E-06	9,28E-06	1,95E-06	2,44E-05	4,55E-05			
-	Arsênio DMA	1,55E-06	1,94E-05	3,62E-05						
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	2,07E-11	2,49E-09	7,66E-09	3,57E-11	4,28E-09	1,32E-08	1,33E-08	1,70E-07	3,22E-07
-	Arsênio V	1,49E-11	1,79E-09	5,52E-09						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	7,70E-09	9,62E-08	1,80E-07	1,33E-08	1,66E-07	3,09E-07			
-	Arsênio V	5,55E-09	6,94E-08	1,30E-07						
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	6,56E-09	8,20E-08	1,53E-07	6,56E-09	8,20E-08	1,53E-07	6,56E-09	8,20E-08	1,53E-07

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 1 (AA1) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE URBANO ADULTO RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			3,64E-05	1,31E-04	1,57E-04
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	1,29E-06	4,64E-06	5,57E-06	1,29E-06	4,64E-06	5,57E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	2,50E-06	8,96E-06	1,08E-05	2,50E-06	8,96E-06	1,08E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	3,02E-06	1,09E-05	1,30E-05	3,02E-06	1,09E-05	1,30E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	1,50E-05	5,37E-05	6,44E-05	1,50E-05	5,37E-05	6,44E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	2,98E-06	1,07E-05	1,28E-05	1,46E-05	5,25E-05	6,30E-05			
-	Arsênio DMA	1,16E-05	4,18E-05	5,01E-05						
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	6,81E-10	9,26E-09	1,50E-08	1,17E-09	1,59E-08	2,57E-08	3,43E-08	1,35E-07	1,68E-07
-	Arsênio V	4,91E-10	6,68E-09	1,08E-08						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	1,92E-08	6,91E-08	8,29E-08	3,31E-08	1,19E-07	1,43E-07			
-	Arsênio V	1,39E-08	4,98E-08	5,98E-08						
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,97E-08	7,07E-08	8,48E-08	1,97E-08	7,07E-08	8,48E-08	1,97E-08	7,07E-08	8,48E-08

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 1 (AA1) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE RURAL CRIANÇA RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			8,32E-06	1,04E-04	1,94E-04
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	1,59E-07	1,99E-06	3,71E-06	1,59E-07	1,99E-06	3,71E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	3,06E-07	3,83E-06	7,14E-06	3,06E-07	3,83E-06	7,14E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	4,70E-07	5,88E-06	1,10E-05	4,70E-07	5,88E-06	1,10E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	5,44E-06	6,80E-05	1,27E-04	5,44E-06	6,80E-05	1,27E-04			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	3,98E-07	4,97E-06	9,28E-06	1,95E-06	2,44E-05	4,55E-05			
-	Arsênio DMA	1,55E-06	1,94E-05	3,62E-05						
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	2,07E-11	2,59E-09	7,66E-09	3,57E-11	4,45E-09	1,32E-08	1,33E-08	1,70E-07	3,22E-07
-	Arsênio V	1,49E-11	1,86E-09	5,52E-09						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	7,70E-09	9,62E-08	1,80E-07	1,33E-08	1,66E-07	3,09E-07			
-	Arsênio V	5,55E-09	6,94E-08	1,30E-07						
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	6,56E-09	8,20E-08	1,53E-07	6,56E-09	8,20E-08	1,53E-07	6,56E-09	8,20E-08	1,53E-07

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 1 (AA1) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			7,58E-05 3,27E-04 4,22E-04		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	3,18E-06	1,37E-05	1,77E-05	3,18E-06	1,37E-05	1,77E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	6,12E-06	2,64E-05	3,41E-05	6,12E-06	2,64E-05	3,41E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	7,39E-06	3,18E-05	4,11E-05	7,39E-06	3,18E-05	4,11E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	2,99E-05	1,29E-04	1,66E-04	2,99E-05	1,29E-04	1,66E-04			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	5,97E-06	2,57E-05	3,32E-05	2,92E-05	1,26E-04	1,63E-04			
-	Arsênio DMA	2,33E-05	1,00E-04	1,29E-04						
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	1,36E-09	2,24E-08	3,86E-08	2,34E-09	3,86E-08	6,65E-08	6,86E-08 3,24E-07 4,35E-07		
-	Arsênio V	9,82E-10	1,62E-08	2,79E-08						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	3,85E-08	1,66E-07	2,14E-07	6,63E-08	2,85E-07	3,69E-07			
-	Arsênio V	2,78E-08	1,20E-07	1,54E-07						
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	3,94E-08	1,70E-07	2,19E-07	3,94E-08	1,70E-07	2,19E-07	3,94E-08	1,70E-07	2,19E-07

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 1 (AA1) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) TRAB. RURAL E COMERCIAL RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			1,57E-05	7,41E-05	8,96E-05
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	3,62E-07	1,71E-06	2,07E-06	3,62E-07	1,71E-06	2,07E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	6,70E-07	3,17E-06	3,83E-06	6,70E-07	3,17E-06	3,83E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	1,22E-06	5,79E-06	7,00E-06	1,22E-06	5,79E-06	7,00E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	7,07E-06	3,35E-05	4,05E-05	7,07E-06	3,35E-05	4,05E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	1,29E-06	6,12E-06	7,39E-06	6,33E-06	3,00E-05	3,62E-05			
-	Arsênio DMA	5,04E-06	2,39E-05	2,88E-05						
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	3,69E-10	5,59E-09	8,44E-09	6,35E-10	9,62E-09	1,45E-08	9,25E-09	5,04E-08	6,38E-08
-	Arsênio V	2,66E-10	4,03E-09	6,09E-09						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	5,00E-09	2,37E-08	2,86E-08	8,61E-09	4,08E-08	4,93E-08			
-	Arsênio V	3,61E-09	1,71E-08	2,06E-08						
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	5,12E-09	2,42E-08	2,93E-08	5,12E-09	2,42E-08	2,93E-08	5,12E-09	2,42E-08	2,93E-08

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 1 (AA1) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) TRAB. OBRA CIVIL RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			9,67E-07	9,21E-06	1,06E-05
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	2,99E-07	2,85E-06	3,29E-06	2,99E-07	2,85E-06	3,29E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	2,13E-07	2,03E-06	2,34E-06	2,13E-07	2,03E-06	2,34E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	4,37E-08	4,16E-07	4,80E-07	4,37E-08	4,16E-07	4,80E-07			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	1,47E-07	1,40E-06	1,62E-06	1,47E-07	1,40E-06	1,62E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	5,39E-08	5,13E-07	5,91E-07	2,64E-07	2,51E-06	2,90E-06			
-	Arsênio DMA	2,10E-07	2,00E-06	2,31E-06						
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	1,64E-11	5,06E-10	6,75E-10	2,82E-11	8,72E-10	1,16E-09	1,46E-09	1,45E-08	1,69E-08
-	Arsênio V	1,18E-11	3,65E-10	4,87E-10						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	8,34E-10	7,94E-09	9,16E-09	1,44E-09	1,37E-08	1,58E-08			
-	Arsênio V	6,01E-10	5,72E-09	6,61E-09						
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	7,11E-10	6,77E-09	7,81E-09	7,11E-10	6,77E-09	7,81E-09	7,11E-10	6,77E-09	7,81E-09

Tabela 105 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-1 (RNE)

				QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																ÁREA ALVO 1 (AA1) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO				
SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																								
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																								
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
7439-89-6	Ferro		3,25E-02	1,40E-01	1,81E-01	1,81E-01	1,81E-01	2,58E-01	0,00E+00	1,81E-01	0,00E+00	1,81E-01	4,38E-01	1,81E-01	1,81E-01	1,81E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,81E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7439-96-5-B	Manganês		4,63E-02	1,99E-01	2,58E-01																			

Anexo Relatoria Patricia (9554895)

SEI 02001.001577/2016-20 / pg. 1278



QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO

ÁREA ALVO 1 (AA1)
REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE)
TRAB. RURAL E COMERCIAL
RISCO NÃO CARCINOGENICO

SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular

COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL

Table with 23 columns: CENÁRIO, RISCO SQI (MÍNIMO, P90%, MÁXIMO), and RISCO POR ÓRGÃO-ALVO (SN, SS, SRv, SRe, SGI, SI, CV, Pulmões, Pele, Olhos, Fígado, Pâncreas, Bexiga, Rins, Músculos, Ossos, Tireoide, Adrenais). Rows include scenarios for Partículas, Hortaliças, Tubérculos, Frutas, and Leite.

COMPARTIMENTO: SEDIMENTO

Table with 23 columns: CENÁRIO, RISCO SQI (MÍNIMO, P90%, MÁXIMO), and RISCO POR ÓRGÃO-ALVO (SN, SS, SRv, SRe, SGI, SI, CV, Pulmões, Pele, Olhos, Fígado, Pâncreas, Bexiga, Rins, Músculos, Ossos, Tireoide, Adrenais). Rows include scenarios for Contato Dérmico and Ingestão de Partículas.

COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR

Table with 23 columns: CENÁRIO, RISCO SQI (MÍNIMO, P90%, MÁXIMO), and RISCO POR ÓRGÃO-ALVO (SN, SS, SRv, SRe, SGI, SI, CV, Pulmões, Pele, Olhos, Fígado, Pâncreas, Bexiga, Rins, Músculos, Ossos, Tireoide, Adrenais). Rows include scenario for Ingestão de Partículas.

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)

Table with 23 columns: CENÁRIO, RISCO SQI (MÍNIMO, P90%, MÁXIMO), and RISCO POR ÓRGÃO-ALVO (SN, SS, SRv, SRe, SGI, SI, CV, Pulmões, Pele, Olhos, Fígado, Pâncreas, Bexiga, Rins, Músculos, Ossos, Tireoide, Adrenais). Rows include scenarios for Contato Dérmico and Ingestão na Pesca (Pescador).

10.4.4.2. AA-1 (RED)

Conforme apresentado na **Tabela 106**, têm-se:

10.4.4.2.1. RECEPTOR URBANO E RURAL (CRIANÇA)

No solo superficial e no sedimento houve riscos totais não carcinogênicos no compartimento referente ao cenário de ingestão de partículas para as SQI Arsênio (apenas sedimento), Ferro e Manganês.

Os *endpoints* que apresentaram risco nestes compartimentos são:

- Ingestão de Partículas: sistema nervoso, sistema sanguíneo, sistema reprodutivo, sistema gastrointestinal, cardiovascular, pulmões, pele, olhos, fígado e rins.

No sedimento houve riscos totais carcinogênicos referente ao cenário de ingestão de partículas para as SQI Arsênio.

10.4.4.2.2. RECEPTOR URBANO E RURAL (ADULTO)

No sedimento houve riscos totais carcinogênicos referente ao cenário de ingestão de partículas para as SQI Arsênio.

10.4.4.2.3. RECEPTOR TRABALHADOR (RURAL/COMERCIAL)

Para estes receptores não foram encontrados riscos para nenhum compartimento estudado.

10.4.4.2.4. RECEPTOR TRABALHADOR (DE OBRA CIVIL)

No solo superficial houve riscos totais não carcinogênicos no compartimento para ingestão de partículas, referente à somatória das SQI Arsênio V, Bário, Ferro e Manganês. No sedimento houve riscos totais não carcinogênicos no compartimento para ingestão de partículas, referente à somatória das SQI Alumínio, Arsênio e Arsênio V, Bário, Cobalto, Ferro e Manganês. O *endpoint* que apresentou risco foram os pulmões.

Não foram encontrados riscos carcinogênicos.

Como já discutido ao longo do relatório, não há relação do Arsênio com o evento e sua concentração na RED é condizente com os valores basais apresentados em estudos históricos. O Ferro e o Manganês, porém, apresentam enriquecimento na RED nos compartimentos de solo superficial e sedimento devido ao evento, estando possivelmente associados ao risco nos cenários que os envolvem neste caso.

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 1 (AA1) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,75E-10	6,29E-09	1,63E-08	1,75E-10	6,29E-09	1,63E-08	5,04E-09	6,71E-08	1,30E-07
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	4,87E-09	6,08E-08	1,14E-07	4,87E-09	6,08E-08	1,14E-07			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,78E-11	2,14E-09	6,59E-09	4,49E-09	5,39E-07	1,66E-06	1,67E-06	2,14E-05	4,06E-05
7440-38-2	Arsênio	4,47E-09	5,37E-07	1,65E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	6,63E-09	8,28E-08	1,55E-07	1,67E-06	2,09E-05	3,89E-05			
7440-38-2	Arsênio	1,66E-06	2,08E-05	3,88E-05						

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 1 (AA1) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE URBANO ADULTO RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	6,62E-10	7,57E-09	1,14E-08	6,62E-10	7,57E-09	1,14E-08	1,28E-08	5,13E-08	6,38E-08
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,22E-08	4,37E-08	5,24E-08	1,22E-08	4,37E-08	5,24E-08			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	5,86E-10	7,97E-09	1,29E-08	1,48E-07	2,01E-06	3,24E-06	4,32E-06	1,70E-05	2,12E-05
7440-38-2	Arsênio	1,47E-07	2,00E-06	3,23E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,66E-08	5,95E-08	7,14E-08	4,17E-06	1,50E-05	1,80E-05			
7440-38-2	Arsênio	4,16E-06	1,49E-05	1,79E-05						

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 1 (AA1) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE RURAL CRIANÇA RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,75E-10	6,29E-09	1,63E-08	1,75E-10	6,29E-09	1,63E-08	5,04E-09	6,71E-08	1,30E-07
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	4,87E-09	6,08E-08	1,14E-07	4,87E-09	6,08E-08	1,14E-07			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,78E-11	2,22E-09	6,59E-09	4,49E-09	5,60E-07	1,66E-06	1,67E-06	2,14E-05	4,06E-05
7440-38-2	Arsênio	4,47E-09	5,58E-07	1,65E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	6,63E-09	8,28E-08	1,55E-07	1,67E-06	2,09E-05	3,89E-05			
7440-38-2	Arsênio	1,66E-06	2,08E-05	3,88E-05						

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 1 (AA1) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,32E-09	1,71E-08	2,95E-08	1,32E-09	1,71E-08	2,95E-08	2,57E-08	1,22E-07	1,65E-07
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	2,43E-08	1,05E-07	1,35E-07	2,43E-08	1,05E-07	1,35E-07			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,17E-09	1,93E-08	3,33E-08	2,95E-07	4,86E-06	8,38E-06	8,64E-06	4,08E-05	5,48E-05
7440-38-2	Arsênio	2,94E-07	4,84E-06	8,34E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	3,31E-08	1,43E-07	1,84E-07	8,35E-06	3,59E-05	4,64E-05			
7440-38-2	Arsênio	8,31E-06	3,58E-05	4,62E-05						

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 1 (AA1) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) TRAB. RURAL E COMERCIAL RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	2,49E-10	3,53E-09	5,34E-09	2,49E-10	3,53E-09	5,34E-09	3,41E-09	1,85E-08	2,34E-08
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	3,16E-09	1,50E-08	1,81E-08	3,16E-09	1,50E-08	1,81E-08			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	3,17E-10	4,81E-09	7,26E-09	8,00E-08	1,21E-06	1,83E-06	1,16E-06	6,35E-06	8,03E-06
7440-38-2	Arsênio	7,96E-08	1,21E-06	1,82E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	4,31E-09	2,04E-08	2,46E-08	1,08E-06	5,14E-06	6,21E-06			
7440-38-2	Arsênio	1,08E-06	5,12E-06	6,18E-06						

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 1 (AA1) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) TRAB. OBRA CIVIL RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	9,72E-12	3,20E-10	4,27E-10	9,72E-12	3,20E-10	4,27E-10	5,37E-10	5,34E-09	6,22E-09
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	5,27E-10	5,02E-09	5,79E-09	5,27E-10	5,02E-09	5,79E-09			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,41E-11	4,36E-10	5,81E-10	3,55E-09	1,10E-07	1,46E-07	1,84E-07	1,83E-06	2,13E-06
7440-38-2	Arsênio	3,54E-09	1,09E-07	1,46E-07						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	7,18E-10	6,83E-09	7,88E-09	1,81E-07	1,72E-06	1,99E-06			
7440-38-2	Arsênio	1,80E-07	1,71E-06	1,98E-06						

Tabela 106 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-1 (RED)



QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO

**ÁREA ALVO 1 (AA1)
REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED)
RESIDENTE URBANO CRIANÇA
RISCO NÃO CARCINOGENICO**

SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular

COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	5,01E-06	1,80E-04	4,68E-04	0,00E+00	4,68E-04	4,68E-04	0,00E+00	4,68E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
-	Arsênio V	1,40E-04	1,75E-03	3,26E-03																			
7440-39-3	Bário	1,17E-03	1,46E-02	2,73E-02	5,21E+00	5,21E+00	4,05E+00	0,00E+00	5,24E+00	0,00E+00	5,24E+00	9,25E+00	5,21E+00	5,21E+00	5,21E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,23E+00	2,73E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	2,23E-01	2,79E+00	5,21E+00																			
7439-96-5-B	Manganês	1,74E-01	2,17E+00	4,05E+00																			

COMPARTIMENTO: SEDIMENTO

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	5,12E-07	6,14E-05	1,89E-04	0,00E+00	4,77E-02	4,77E-02	0,00E+00	4,77E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-38-2	Arsênio	1,28E-04	1,54E-02	4,75E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
-	Arsênio V	1,90E-04	2,38E-03	4,44E-03																			
7429-90-5	Alumínio	4,19E-03	5,24E-02	9,78E-02																			
7440-38-2	Arsênio	4,77E-02	5,96E-01	1,11E+00																			
7440-39-3	Bário	6,03E-04	7,53E-03	1,41E-02	5,53E+00	5,43E+00	4,65E+00	9,78E-02	5,45E+00	3,48E-01	5,79E+00	7,60E+00	4,66E+00	5,78E+00	4,32E+00	0,00E+00	9,78E-02	4,33E+00	1,41E-02	9,78E-02	0,00E+00	3,48E-01	
7440-48-4	Cobalto	1,49E-02	1,86E-01	3,48E-01																			
7439-89-6	Ferro	1,85E-01	2,31E+00	4,32E+00																			
7439-96-5-B	Manganês	1,36E-01	1,71E+00	3,18E+00																			

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	1,90E-06	2,38E-04	7,04E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,04E-04	0,00E+00	7,04E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,04E-04	7,04E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
7440-39-3	Bário	9,15E-07	1,14E-04	3,38E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,38E-04	0,00E+00	3,38E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,38E-04	3,38E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	1,26E-06	1,58E-04	4,67E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,67E-04	0,00E+00	4,67E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,67E-04	4,67E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
7440-39-3	Bário	6,07E-07	7,57E-05	2,24E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,24E-04	0,00E+00	2,24E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,24E-04	2,24E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Anexo 3 Relatório Final (05/5/2015) - SEI 02001/00107/2014 (20/10/2015) - pg. 14/30

Tabela 106 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-1 (RED)



QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO

**ÁREA ALVO 1 (AA1)
REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED)
RESIDENTE URBANO ADULTO
RISCO NÃO CARCINOGENICO**

SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular

COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,80E-06	4,35E-05	6,55E-05	0,00E+00	6,55E-05	6,55E-05	0,00E+00	6,55E-05	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	6,99E-05	2,51E-04	3,01E-04	4,81E-01	4,81E-01	3,74E-01	0,00E+00	4,83E-01	0,00E+00	4,83E-01	8,54E-01	4,81E-01	4,81E-01	4,81E-01	0,00E+00	0,00E+00	4,83E-01	2,52E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-39-3	Bário	5,86E-04	2,10E-03	2,52E-03																			
7439-89-6	Ferro	1,12E-01	4,00E-01	4,81E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	8,68E-02	3,11E-01	3,74E-01																			

COMPARTIMENTO: SEDIMENTO

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,36E-06	4,57E-05	7,39E-05	0,00E+00	1,86E-02	1,86E-02	0,00E+00	1,86E-02	0,00E+00													
7440-38-2	Arsênio	8,44E-04	1,15E-02	1,85E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	9,51E-05	3,41E-04	4,10E-04	5,11E-01	5,01E-01	4,29E-01	9,03E-03	5,03E-01	3,21E-02	5,35E-01	7,01E-01	4,30E-01	5,34E-01	3,98E-01	0,00E+00	9,03E-03	4,00E-01	1,30E-03	9,03E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,21E-02
7429-90-5	Alumínio	2,10E-03	7,52E-03	9,03E-03																			
7440-38-2	Arsênio	2,39E-02	8,56E-02	1,03E-01																			
7440-39-3	Bário	3,01E-04	1,08E-03	1,30E-03																			
7440-48-4	Cobalto	7,45E-03	2,68E-02	3,21E-02																			
7439-89-6	Ferro	9,25E-02	3,32E-01	3,98E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	6,82E-02	2,45E-01	2,94E-01																			

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	2,54E-06	1,08E-04	1,73E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,73E-04	0,00E+00	1,73E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,73E-04	1,73E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	4,58E-07	1,95E-05	3,12E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,12E-05	0,00E+00	3,12E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,12E-05	3,12E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	1,68E-06	7,18E-05	1,15E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,15E-04	0,00E+00	1,15E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,15E-04	1,15E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	3,03E-07	1,29E-05	2,07E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,07E-05	0,00E+00	2,07E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,07E-05	2,07E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela 106 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-1 (RED)



QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO

**ÁREA ALVO 1 (AA1)
REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED)
RESIDENTE RURAL CRIANÇA
RISCO NÃO CARCINOGENICO**

SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular

COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	5,01E-06	1,80E-04	4,68E-04	0,00E+00	4,68E-04	4,68E-04	0,00E+00	4,68E-04	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,40E-04	1,75E-03	3,26E-03																			
7440-39-3	Bário	1,17E-03	1,46E-02	2,73E-02	5,21E+00	5,21E+00	4,05E+00	0,00E+00	5,24E+00	0,00E+00	5,24E+00	9,25E+00	5,21E+00	5,21E+00	5,21E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,23E+00	2,73E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	2,23E-01	2,79E+00	5,21E+00																			
7439-96-5-B	Manganês	1,74E-01	2,17E+00	4,05E+00																			

COMPARTIMENTO: SEDIMENTO

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	5,12E-07	6,39E-05	1,89E-04	0,00E+00	4,77E-02	4,77E-02	0,00E+00	4,77E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-38-2	Arsênio	1,28E-04	1,60E-02	4,75E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,90E-04	2,38E-03	4,44E-03																			
7429-90-5	Alumínio	4,19E-03	5,24E-02	9,78E-02																			
7440-38-2	Arsênio	4,77E-02	5,96E-01	1,11E+00																			
7440-39-3	Bário	6,03E-04	7,53E-03	1,41E-02	5,53E+00	5,43E+00	4,65E+00	9,78E-02	5,45E+00	3,48E-01	5,79E+00	7,60E+00	4,66E+00	5,78E+00	4,32E+00	0,00E+00	9,78E-02	4,33E+00	1,41E-02	9,78E-02	0,00E+00	3,48E-01	
7440-48-4	Cobalto	1,49E-02	1,86E-01	3,48E-01																			
7439-89-6	Ferro	1,85E-01	2,31E+00	4,32E+00																			
7439-96-5-B	Manganês	1,36E-01	1,71E+00	3,18E+00																			

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	1,90E-06	2,64E-04	7,04E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,04E-04	0,00E+00	7,04E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,04E-04	7,04E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	9,15E-07	1,27E-04	3,38E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,38E-04	0,00E+00	3,38E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,38E-04	3,38E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	1,26E-06	1,75E-04	4,67E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,67E-04	0,00E+00	4,67E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,67E-04	4,67E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	6,07E-07	8,41E-05	2,24E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,24E-04	0,00E+00	2,24E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,24E-04	2,24E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela 106 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-1 (RED)



QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO

**ÁREA ALVO 1 (AA1)
REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED)
RESIDENTE RURAL ADULTO
RISCO NÃO CARCINOGENICO**

SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular

COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,94E-06	3,80E-05	6,55E-05	0,00E+00	6,55E-05	6,55E-05	0,00E+00	6,55E-05	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	5,41E-05	2,33E-04	3,01E-04	4,81E-01	4,81E-01	3,74E-01	0,00E+00	4,83E-01	0,00E+00	4,83E-01	8,54E-01	4,81E-01	4,81E-01	4,81E-01	0,00E+00	0,00E+00	4,83E-01	2,52E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-39-3	Bário	4,53E-04	1,95E-03	2,52E-03																			
7439-89-6	Ferro	8,64E-02	3,72E-01	4,81E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	6,72E-02	2,89E-01	3,74E-01																			

COMPARTIMENTO: SEDIMENTO

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,60E-06	4,29E-05	7,39E-05	0,00E+00	1,86E-02	1,86E-02	0,00E+00	1,86E-02	0,00E+00													
7440-38-2	Arsênio	6,53E-04	1,08E-02	1,85E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	7,36E-05	3,17E-04	4,10E-04	5,11E-01	5,01E-01	4,29E-01	9,03E-03	5,03E-01	3,21E-02	5,35E-01	7,01E-01	4,30E-01	5,34E-01	3,98E-01	0,00E+00	9,03E-03	4,00E-01	1,30E-03	9,03E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,21E-02
7429-90-5	Alumínio	1,62E-03	6,99E-03	9,03E-03																			
7440-38-2	Arsênio	1,85E-02	7,96E-02	1,03E-01																			
7440-39-3	Bário	2,33E-04	1,01E-03	1,30E-03																			
7440-48-4	Cobalto	5,77E-03	2,49E-02	3,21E-02																			
7439-89-6	Ferro	7,16E-02	3,08E-01	3,98E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	5,28E-02	2,27E-01	2,94E-01																			

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	1,96E-06	1,01E-04	1,73E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,73E-04	0,00E+00	1,73E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,73E-04	1,73E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	3,54E-07	1,81E-05	3,12E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,12E-05	0,00E+00	3,12E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,12E-05	3,12E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	1,30E-06	6,67E-05	1,15E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,15E-04	0,00E+00	1,15E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,15E-04	1,15E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	2,35E-07	1,20E-05	2,07E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,07E-05	0,00E+00	2,07E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,07E-05	2,07E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00



QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO

ÁREA ALVO 1 (AA1)
REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED)
TRAB. RURAL E COMERCIAL
RISCO NÃO CARCINOGENICO

SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular

COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,71E-06	2,43E-05	3,68E-05	0,00E+00	3,68E-05	3,68E-05	0,00E+00	3,68E-05	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,18E-05	1,03E-04	1,25E-04	1,99E-01	1,99E-01	1,55E-01	0,00E+00	2,00E-01	0,00E+00	2,00E-01	3,54E-01	1,99E-01	1,99E-01	1,99E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,00E-01	1,05E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,83E-04	8,65E-04	1,05E-03																			
7439-89-6	Ferro	3,48E-02	1,65E-01	1,99E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	2,71E-02	1,28E-01	1,55E-01																			

COMPARTIMENTO: SEDIMENTO

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,19E-06	3,31E-05	5,00E-05	0,00E+00	1,26E-02	1,26E-02	0,00E+00	1,26E-02	0,00E+00													
7440-38-2	Arsênio	5,49E-04	8,31E-03	1,26E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,97E-05	1,40E-04	1,70E-04	2,12E-01	2,08E-01	1,78E-01	3,74E-03	2,08E-01	1,33E-02	2,22E-01	2,90E-01	1,78E-01	2,21E-01	1,65E-01	0,00E+00	3,74E-03	1,66E-01	5,38E-04	3,74E-03	0,00E+00	1,33E-02	
7429-90-5	Alumínio	6,54E-04	3,10E-03	3,74E-03																			
7440-38-2	Arsênio	7,44E-03	3,52E-02	4,26E-02																			
7440-39-3	Bário	9,40E-05	4,45E-04	5,38E-04																			
7440-48-4	Cobalto	2,33E-03	1,10E-02	1,33E-02																			
7439-89-6	Ferro	2,88E-02	1,37E-01	1,65E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	2,13E-02	1,01E-01	1,22E-01																			

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
7440-39-3	Bário	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
7440-39-3	Bário	2,28E-05	3,88E-04	5,23E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,23E-04	0,00E+00	5,23E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,23E-04	5,23E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
7440-39-3	Bário	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO NA PESCA (PESCADOR)		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
7440-39-3	Bário	1,51E-05	2,57E-04	3,47E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,47E-04	0,00E+00	3,47E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,47E-04	3,47E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Anexo 3 Relatório Final (05/5/2013) SEI 02001/00107/2013 (pg. 14/15)

10.4.4.3. AA-2 (RNE)

Conforme apresentado na **Tabela 107**, têm-se:

10.4.4.3.1. RECEPTOR URBANO E RURAL (CRIANÇA)

Para estes receptores foram identificados riscos não carcinogênicos totais no compartimento solo superficial.

Os cenários que apresentaram risco não carcinogênico para solo superficial foram os de ingestão de frutas (Arsênio) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV e olhos; leite (Arsênio V e MMA) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV e olhos; e ovos na somatória do cenário (Arsênio V, Arsênio MMA, Alumínio, Bário, Ferro e Selênio) nos *endpoints* SN, SGI e CV.

Referente à carcinogenicidade, para estes receptores foram identificados riscos carcinogênicos totais nos compartimentos solo superficial e água subterrânea (dissolvido).

Os cenários que apresentaram risco carcinogênico para solo superficial foram os cenários de ingestão de frutas (Arsênio MMA para crianças rurais), leite (Arsênio V e MMA) e ovos (risco total do cenário referente a somatória de Arsênio V e MMA).

O cenário que apresentou risco carcinogênico para água subterrânea (dissolvido) foi o de ingestão (Arsênio III).

10.4.4.3.2. RECEPTOR URBANO E RURAL (ADULTO)

Para estes receptores foram identificados riscos não carcinogênicos totais nos compartimentos solo superficial, no cenário de ingestão de frutas (Arsênio) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV e olhos.

Referente à carcinogenicidade, para estes receptores foram identificados riscos carcinogênicos totais nos compartimentos solo superficial e água subterrânea (dissolvido) para cenários diferentes.

Para receptores adultos urbanos, os cenários que apresentaram risco carcinogênico para solo superficial foram os de ingestão de tubérculos (Arsênio MMA), frutas (Arsênio MMA), leite (Arsênio V e MMA) e ovos (risco total do cenário). Para receptores adultos rurais, os

cenários de risco são de ingestão de hortaliças (Arsênio MMA), tubérculos (Arsênio MMA), frutas (Arsênio MMA), leite (Arsênio V e MMA) e ovos (Arsênio V e MMA).

O cenário que apresentou risco carcinogênico para água subterrânea (dissolvido) para ambos os receptores foi o de ingestão (Arsênio III).

10.4.4.3.3. RECEPTOR TRABALHADOR (RURAL/COMERCIAL E DE OBRA CIVIL)

Para estes receptores foram identificados riscos não carcinogênicos totais nos compartimentos solo superficial para cenários diferentes.

Para receptor trabalhador rural/comercial o cenário que apresentou risco não carcinogênico é a ingestão de frutas (Arsênio) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV e olhos. Para receptor de obra civil, os cenários que apresentaram risco não carcinogênico para solo superficial foi o cenário de ingestão de frutas (Arsênio) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV e olhos e ingestão de hortaliças (somatória dos riscos para o sistema reprodutivo).

Referente à carcinogenicidade, para estes receptores foram identificados riscos carcinogênicos apenas para trabalhadores rurais e comerciais.

Para receptor trabalhador rural e comercial, os cenários para solo superficial que apresentaram risco carcinogênico foram os de ingestão de leite (Arsênio V e MMA). Para o compartimento de água subterrânea (dissolvido), o cenário que apresentou risco carcinogênico foi o de ingestão (Arsênio III).

Como já discutido ao longo do relatório, as concentrações dos metais presentes na RNE nos compartimentos em questão são condizentes com os valores basais apresentados em estudos históricos e analisados no presente estudo. Logo, os riscos associados aos cenários supracitados possivelmente não estão relacionados ao evento.

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMIICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	2,23E-10	8,02E-09	2,08E-08	2,23E-10	8,02E-09	2,08E-08	1,18E-05	1,47E-04	2,75E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	6,21E-09	7,76E-08	1,45E-07	6,21E-09	7,76E-08	1,45E-07			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	1,26E-07	1,57E-06	2,93E-06	1,26E-07	1,57E-06	2,93E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	2,86E-07	3,58E-06	6,68E-06	2,86E-07	3,58E-06	6,68E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	4,03E-07	5,03E-06	9,40E-06	4,03E-07	5,03E-06	9,40E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	3,95E-06	4,93E-05	9,21E-05	1,05E-05	1,32E-04	2,46E-04			
-	Arsênio MMA	6,59E-06	8,23E-05	1,54E-04						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	2,47E-07	3,09E-06	5,77E-06	4,37E-07	5,47E-06	1,02E-05			
-	Arsênio MMA	1,90E-07	2,38E-06	4,44E-06						
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMIICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	6,36E-12	7,63E-10	2,35E-09	6,36E-12	7,63E-10	2,35E-09	2,37E-09	3,03E-08	5,75E-08
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	2,36E-09	2,95E-08	5,51E-08	2,36E-09	2,95E-08	5,51E-08			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	1,50E-08	1,88E-07	3,51E-07	2,07E-08	2,59E-07	4,83E-07	2,07E-08	2,59E-07	4,83E-07
-	Arsênio V	5,66E-09	7,07E-08	1,32E-07						
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	9,94E-07	1,24E-05	2,32E-05	9,94E-07	1,24E-05	2,32E-05	9,97E-07	1,25E-05	2,34E-05
CENÁRIO: CONTATO DÉRMIICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	2,38E-09	9,99E-08	2,22E-07	2,38E-09	9,99E-08	2,22E-07			

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE URBANO ADULTO RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	8,45E-10	9,66E-09	1,46E-08	8,45E-10	9,66E-09	1,46E-08	3,98E-05	1,43E-04	1,72E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,55E-08	5,57E-08	6,69E-08	1,55E-08	5,57E-08	6,69E-08			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	1,17E-06	4,19E-06	5,03E-06	1,17E-06	4,19E-06	5,03E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	2,77E-06	9,96E-06	1,19E-05	2,77E-06	9,96E-06	1,19E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	3,62E-06	1,30E-05	1,56E-05	3,62E-06	1,30E-05	1,56E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,08E-05	3,89E-05	4,67E-05	2,90E-05	1,04E-04	1,25E-04			
-	Arsênio MMA	1,81E-05	6,50E-05	7,80E-05						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,86E-06	6,66E-06	7,99E-06	3,28E-06	1,18E-05	1,41E-05			
-	Arsênio MMA	1,43E-06	5,12E-06	6,14E-06						
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio V	2,09E-10	2,84E-09	4,59E-09	2,09E-10	2,84E-09	4,59E-09	6,11E-09	2,40E-08	3,00E-08
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	5,91E-09	2,12E-08	2,54E-08	5,91E-09	2,12E-08	2,54E-08			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio III	4,51E-08	1,62E-07	1,94E-07	6,21E-08	2,23E-07	2,67E-07	6,21E-08	2,23E-07	2,67E-07
-	Arsênio V	1,70E-08	6,09E-08	7,31E-08						
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio III	9,94E-06	3,57E-05	4,28E-05	9,94E-06	3,57E-05	4,28E-05	9,99E-06	3,63E-05	4,37E-05
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio III	5,15E-08	6,34E-07	8,88E-07	5,15E-08	6,34E-07	8,88E-07			

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE RURAL CRIANÇA RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMIICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	2,23E-10	8,02E-09	2,08E-08	2,23E-10	8,02E-09	2,08E-08	1,20E-05	1,50E-04	2,81E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	6,21E-09	7,76E-08	1,45E-07	6,21E-09	7,76E-08	1,45E-07			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	1,44E-07	1,80E-06	3,35E-06	1,44E-07	1,80E-06	3,35E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	3,40E-07	4,25E-06	7,93E-06	3,40E-07	4,25E-06	7,93E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	5,64E-07	7,05E-06	1,32E-05	5,64E-07	7,05E-06	1,32E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	3,95E-06	4,93E-05	9,21E-05	1,05E-05	1,32E-04	2,46E-04			
-	Arsênio MMA	6,59E-06	8,23E-05	1,54E-04						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	2,47E-07	3,09E-06	5,77E-06	4,37E-07	5,47E-06	1,02E-05			
-	Arsênio MMA	1,90E-07	2,38E-06	4,44E-06						
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMIICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	6,36E-12	7,93E-10	2,35E-09	6,36E-12	7,93E-10	2,35E-09	2,37E-09	3,03E-08	5,75E-08
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		-	Arsênio V	2,36E-09	2,95E-08	5,51E-08	2,36E-09	2,95E-08	5,51E-08	
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	1,50E-08	1,88E-07	3,51E-07	2,07E-08	2,59E-07	4,83E-07	2,07E-08	2,59E-07	4,83E-07
-	Arsênio V	5,66E-09	7,07E-08	1,32E-07						
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	9,94E-07	1,24E-05	2,32E-05	9,94E-07	1,24E-05	2,32E-05	9,97E-07	1,25E-05	2,34E-05
CENÁRIO: CONTATO DÉRMIICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		-	Arsênio III	2,38E-09	9,99E-08	2,22E-07	2,38E-09	9,99E-08	2,22E-07	

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO CARCINOGENICO		
								RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,69E-09	2,18E-08	3,76E-08	1,69E-09	2,18E-08	3,76E-08	8,30E-05	3,58E-04	4,62E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	3,11E-08	1,34E-07	1,73E-07	3,11E-08	1,34E-07	1,73E-07			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	2,87E-06	1,24E-05	1,60E-05	2,87E-06	1,24E-05	1,60E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	6,80E-06	2,93E-05	3,78E-05	6,80E-06	2,93E-05	3,78E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	8,86E-06	3,82E-05	4,93E-05	8,86E-06	3,82E-05	4,93E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	2,17E-05	9,35E-05	1,21E-04	5,79E-05	2,50E-04	3,22E-04			
-	Arsênio MMA	3,62E-05	1,56E-04	2,02E-04						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	3,71E-06	1,60E-05	2,06E-05	6,56E-06	2,83E-05	3,65E-05			
-	Arsênio MMA	2,85E-06	1,23E-05	1,59E-05						
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio V	4,18E-10	6,88E-09	1,19E-08	4,18E-10	6,88E-09	1,19E-08	1,22E-08	5,78E-08	7,76E-08
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,18E-08	5,09E-08	6,57E-08	1,18E-08	5,09E-08	6,57E-08			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio III	9,02E-08	3,89E-07	5,02E-07	1,24E-07	5,35E-07	6,91E-07	1,24E-07	5,35E-07	6,91E-07
-	Arsênio V	3,40E-08	1,46E-07	1,89E-07						
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio III	1,99E-05	8,57E-05	1,11E-04	1,99E-05	8,57E-05	1,11E-04	2,00E-05	8,72E-05	1,13E-04
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio III	1,03E-07	1,52E-06	2,29E-06	1,03E-07	1,52E-06	2,29E-06			

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) TRAB. RURAL E COMERCIAL RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	3,17E-10	4,51E-09	6,81E-09	3,17E-10	4,51E-09	6,81E-09	1,77E-05	8,36E-05	1,01E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	4,04E-09	1,91E-08	2,31E-08	4,04E-09	1,91E-08	2,31E-08			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	3,27E-07	1,55E-06	1,87E-06	3,27E-07	1,55E-06	1,87E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	7,44E-07	3,52E-06	4,26E-06	7,44E-07	3,52E-06	4,26E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	1,47E-06	6,94E-06	8,38E-06	1,47E-06	6,94E-06	8,38E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	5,13E-06	2,43E-05	2,93E-05	1,37E-05	6,48E-05	7,83E-05			
-	Arsênio MMA	8,56E-06	4,05E-05	4,90E-05						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	8,04E-07	3,81E-06	4,60E-06	1,42E-06	6,73E-06	8,13E-06			
-	Arsênio MMA	6,18E-07	2,92E-06	3,53E-06						
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio V	1,13E-10	1,71E-09	2,59E-09	1,13E-10	1,71E-09	2,59E-09	1,65E-09	8,98E-09	1,14E-08
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,54E-09	7,27E-09	8,78E-09	1,54E-09	7,27E-09	8,78E-09			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio III	1,17E-08	5,55E-08	6,71E-08	1,61E-08	7,64E-08	9,23E-08	1,61E-08	7,64E-08	9,23E-08
-	Arsênio V	4,41E-09	2,09E-08	2,52E-08						
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio III	2,59E-06	1,22E-05	1,48E-05	2,59E-06	1,22E-05	1,48E-05	2,59E-06	1,23E-05	1,49E-05
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio III	3,63E-09	5,40E-08	7,27E-08	3,63E-09	5,40E-08	7,27E-08			

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) TRAB. OBRA CIVIL RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,24E-11	4,09E-10	5,45E-10	1,24E-11	4,09E-10	5,45E-10	9,05E-07	8,61E-06	9,93E-06
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	6,73E-10	6,40E-09	7,39E-09	6,73E-10	6,40E-09	7,39E-09			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	2,71E-07	2,57E-06	2,97E-06	2,71E-07	2,57E-06	2,97E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	2,37E-07	2,25E-06	2,60E-06	2,37E-07	2,25E-06	2,60E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	5,23E-08	4,98E-07	5,75E-07	5,23E-08	4,98E-07	5,75E-07			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,07E-07	1,02E-06	1,17E-06	2,85E-07	2,71E-06	3,13E-06			
-	Arsênio MMA	1,78E-07	1,70E-06	1,96E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	3,35E-08	3,19E-07	3,68E-07	5,92E-08	5,64E-07	6,51E-07			
-	Arsênio MMA	2,57E-08	2,45E-07	2,83E-07						
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio V	5,03E-12	1,55E-10	2,07E-10	5,03E-12	1,55E-10	2,07E-10	2,61E-10	2,59E-09	3,02E-09
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	2,56E-10	2,44E-09	2,81E-09	2,56E-10	2,44E-09	2,81E-09			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio III	1,63E-09	1,55E-08	1,79E-08	2,24E-09	2,13E-08	2,46E-08	2,24E-09	2,13E-08	2,46E-08
-	Arsênio V	6,13E-10	5,84E-09	6,73E-09						
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio III	1,08E-07	1,03E-06	1,18E-06	1,08E-07	1,03E-06	1,18E-06	1,08E-07	1,04E-06	1,21E-06
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio III	6,05E-10	1,74E-08	2,33E-08	6,05E-10	1,74E-08	2,33E-08			

Tabela 107 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (RNE)

			QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																		ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO			
			SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V		6,40E-06	2,30E-04	5,97E-04	0,00E+00	5,97E-04	5,97E-04	0,00E+00	5,97E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00											
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V		1,78E-04	2,23E-03	4,16E-03	7,67E-01	7,67E-01	4,16E-03	0,00E+00	7,67E-01	0,00E+00	7,67E-01	7,63E-01	7,63E-01	7,67E-01	7,63E-01	0,00E+00	0,00E+00	7,63E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro		3,27E-02	4,09E-01	7,63E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA		3,61E-03	4,51E-02	8,42E-02																			
7429-90-5	Alumínio		3,18E-04	3,97E-03	7,41E-03																			
7440-39-3	Bário		1,05E-03	1,31E-02	2,45E-02	2,85E-01	2,77E-01	3,77E-01	7,41E-03	3,02E-01	0,00E+00	3,02E-01	3,09E-01	1,93E-01	9,37E-02	1,93E-01	1,83E-01	7,41E-03	2,18E-01	2,45E-02	7,41E-03	1,83E-01	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro		4,08E-04	5,09E-03	9,51E-03																			
7439-96-5-B	Manganês		4,67E-03	5,83E-02	1,09E-01																			
7782-49-2	Selênio		7,86E-03	9,83E-02	1,83E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA		8,22E-03	1,03E-01	1,92E-01																			
7429-90-5	Alumínio		2,36E-04	2,95E-03	5,50E-03																			
7440-39-3	Bário		1,24E-03	1,55E-02	2,90E-02	2,09E-01	2,04E-01	3,25E-01	5,50E-03	2,32E-01	0,00E+00	2,32E-01	1,50E-01	1,18E-02	2,04E-01	1,18E-02	0,00E+00	5,50E-03	4,07E-02	2,90E-02	5,50E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro		5,04E-04	6,30E-03	1,18E-02																			
7439-96-5-B	Manganês		5,71E-03	7,13E-02	1,33E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA		1,16E-02	1,44E-01	2,70E-01																			
7429-90-5	Alumínio		3,38E-04	4,23E-03	7,89E-03																			
7440-38-2	Arsênio		3,22E-01	4,03E+00	7,52E+00	7,82E+00	7,81E+00	7,89E+00	7,89E-03	7,87E+00	0,00E+00	7,87E+00	1,27E-01	1,90E-02	7,81E+00	1,90E-02	0,00E+00	7,89E-03	7,70E-02	5,79E-02	7,89E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário		2,48E-03	3,10E-02	5,79E-02																			
7439-89-6	Ferro		8,16E-04	1,02E-02	1,90E-02																			
7439-96-5-B	Manganês		4,28E-03	5,35E-02	9,99E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V		1,13E-01	1,42E+00	2,64E+00																			
-	Arsênio MMA		1,89E-01	2,36E+00	4,41E+00																			
7429-90-5	Alumínio		3,67E-03	4,59E-02	8,57E-02	7,21E+00	7,12E+00	7,05E+00	8,57E-02	7,12E+00	0,00E+00	7,12E+00	1,54E-01	6,80E-02	7,12E+00	6,80E-02	0,00E+00	8,57E-02	6,80E-02	0,00E+00	8,57E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro		2,92E-03	3,64E-02	6,80E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V		7,10E-03	8,88E-02	1,66E-01																			
-	Arsênio MMA		5,46E-03	6,82E-02	1,27E-01																			
7429-90-5	Alumínio		4,12E-04	5,15E-03	9,62E-03	1,01E+00	9,99E-01	9,45E-01	9,62E-03	1,03E+00	0,00E+00	1,03E+00	7,16E-01	7,06E-01	3,47E-01	7,06E-01	6,52E-01	9,62E-03	7,34E-01	2,84E-02	9,62E-03	6,52E-01	0,00E+00	
7440-39-3	Bário		1,22E-03	1,52E-02	2,84E-02																			
7439-89-6	Ferro		2,31E-03	2,89E-02	5,39E-02																			
7782-49-2	Selênio		2,79E-02	3,49E-01	6,52E-01																			

			QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																		ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO			
			SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	1,82E-07	2,19E-05	6,75E-05	0,00E+00	6,75E-05	6,75E-05	0,00E+00	6,75E-05	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	6,78E-05	8,48E-04	1,58E-03																				
7429-90-5	Alumínio	2,38E-02	2,97E-01	5,55E-01																				
7440-39-3	Bário	2,47E-04	3,09E-03	5,77E-03	9,95E-01	4,40E-01	3,02E-01	5,55E-01	4,46E-01	3,00E-01	7,46E-01	9,93E-01	7,38E-01	7,40E-01	4,38E-01	0,00E+00	5,55E-01	4,44E-01	5,77E-03	5,55E-01	0,00E+00	3,00E-01		
7440-48-4	Cobalto	1,29E-02	1,61E-01	3,00E-01																				
7439-89-6	Ferro	1,88E-02	2,35E-01	4,38E-01																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																								
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	4,32E-04	5,39E-03	1,01E-02																				
-	Arsênio V	1,62E-04	2,03E-03	3,79E-03	6,73E-01	6,73E-01	6,73E-01	0,00E+00	1,39E-02	6,59E-01	6,73E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-02	6,59E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-36-0	Antimônio	2,22E-02	2,77E-01	5,17E-01																				
7439-92-1	Chumbo	2,83E-02	3,53E-01	6,59E-01																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-39-3	Bário	6,74E-07	8,42E-05	2,49E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,49E-04	0,00E+00	2,49E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,49E-04	2,49E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-39-3	Bário	3,24E-07	4,05E-05	1,20E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,20E-04	0,00E+00	1,20E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,20E-04	1,20E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	2,85E-02	3,57E-01	6,66E-01	6,66E-01	6,66E-01	6,66E-01	0,00E+00	6,66E-01	0,00E+00	6,66E-01	0,00E+00	0,00E+00	6,66E-01	0,00E+00	0,00E+00								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	6,83E-05	2,87E-03	6,37E-03	0,00E+00	6,37E-03	6,37E-03	0,00E+00	6,37E-03	0,00E+00	0,00E+00													

Tabela 107 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (RNE)

			QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																		ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE URBANO ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO			
			SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V		4,85E-06	5,54E-05	8,36E-05	0,00E+00	8,36E-05	8,36E-05	0,00E+00	8,36E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00											
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V		8,91E-05	3,20E-04	3,84E-04	7,08E-02	7,08E-02	3,84E-04	0,00E+00	7,08E-02	0,00E+00	7,08E-02	7,05E-02	7,05E-02	7,08E-02	7,05E-02	0,00E+00	8,89E-02	7,05E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro		1,64E-02	5,87E-02	7,05E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA		6,70E-03	2,41E-02	2,89E-02																			
7429-90-5	Alumínio		5,90E-04	2,12E-03	2,54E-03																			
7440-39-3	Bário		1,95E-03	7,01E-03	8,41E-03	9,76E-02	9,50E-02	1,29E-01	2,54E-03	1,03E-01	0,00E+00	1,03E-01	1,06E-01	6,62E-02	3,21E-02	6,62E-02	6,29E-02	2,54E-03	7,46E-02	8,41E-03	2,54E-03	6,29E-02	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro		7,57E-04	2,72E-03	3,26E-03																			
7439-96-5-B	Manganês		8,67E-03	3,11E-02	3,73E-02																			
7782-49-2	Selênio		1,46E-02	5,24E-02	6,29E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA		1,59E-02	5,72E-02	6,86E-02																			
7429-90-5	Alumínio		4,57E-04	1,64E-03	1,97E-03																			
7440-39-3	Bário		2,40E-03	8,63E-03	1,04E-02	7,48E-02	7,28E-02	1,16E-01	1,97E-03	8,32E-02	0,00E+00	8,32E-02	5,38E-02	4,20E-03	7,28E-02	4,20E-03	0,00E+00	1,97E-03	1,46E-02	1,04E-02	1,97E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro		9,76E-04	3,50E-03	4,20E-03																			
7439-96-5-B	Manganês		1,11E-02	3,97E-02	4,76E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA		2,08E-02	7,47E-02	8,96E-02																			
7429-90-5	Alumínio		6,09E-04	2,19E-03	2,62E-03																			
7440-38-2	Arsênio		5,80E-01	2,08E+00	2,50E+00	2,60E+00	2,60E+00	2,62E+00	2,62E-03	2,62E+00	0,00E+00	2,62E+00	4,21E-02	6,33E-03	2,60E+00	6,33E-03	0,00E+00	2,62E-03	2,56E-02	1,93E-02	2,62E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário		4,47E-03	1,60E-02	1,93E-02																			
7439-89-6	Ferro		1,47E-03	5,27E-03	6,33E-03																			
7439-96-5-B	Manganês		7,71E-03	2,77E-02	3,32E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V		6,23E-02	2,24E-01	2,68E-01																			
-	Arsênio MMA		1,04E-01	3,73E-01	4,48E-01																			
7429-90-5	Alumínio		2,02E-03	7,25E-03	8,70E-03	7,32E-01	7,23E-01	7,16E-01	8,70E-03	7,23E-01	0,00E+00	7,23E-01	1,56E-02	6,91E-03	7,23E-01	6,91E-03	0,00E+00	8,70E-03	6,91E-03	0,00E+00	8,70E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro		1,60E-03	5,76E-03	6,91E-03																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V		1,07E-02	3,82E-02	4,59E-02																			
-	Arsênio MMA		8,18E-03	2,94E-02	3,53E-02																			
7429-90-5	Alumínio		6,18E-04	2,22E-03	2,66E-03																			
7440-39-3	Bário		1,82E-03	6,55E-03	7,86E-03	2,79E-01	2,77E-01	2,62E-01	2,66E-03	2,84E-01	0,00E+00	2,84E-01	1,98E-01	1,95E-01	9,61E-02	1,95E-01	1,81E-01	2,66E-03	2,03E-01	7,86E-03	2,66E-03	1,81E-01	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro		3,46E-03	1,24E-02	1,49E-02																			
7782-49-2	Selênio		4,19E-02	1,50E-01	1,81E-01																			

			QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																		ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE URBANO ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO			
			SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	1,20E-06	1,63E-05	2,63E-05	0,00E+00	2,63E-05	2,63E-05	0,00E+00	2,63E-05	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	3,39E-05	1,22E-04	1,46E-04																				
7429-90-5	Alumínio	1,19E-02	4,27E-02	5,12E-02																				
7440-39-3	Bário	1,24E-04	4,44E-04	5,33E-04	9,18E-02	4,06E-02	2,78E-02	5,12E-02	4,11E-02	2,77E-02	6,88E-02	9,17E-02	6,81E-02	6,83E-02	4,05E-02	0,00E+00	5,12E-02	4,10E-02	5,33E-04	5,12E-02	0,00E+00	2,77E-02		
7440-48-4	Cobalto	6,43E-03	2,31E-02	2,77E-02																				
7439-89-6	Ferro	9,39E-03	3,37E-02	4,05E-02																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																								
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	2,59E-04	9,29E-04	1,12E-03																				
-	Arsênio V	9,75E-05	3,50E-04	4,20E-04	7,46E-02	7,46E-02	7,46E-02	0,00E+00	1,54E-03	7,30E-02	7,46E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,54E-03	7,30E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-36-0	Antimônio	1,33E-02	4,78E-02	5,73E-02																				
7439-92-1	Chumbo	1,70E-02	6,09E-02	7,30E-02																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-39-3	Bário	8,99E-07	3,83E-05	6,14E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,14E-05	0,00E+00	6,14E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,14E-05	6,14E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-39-3	Bário	1,62E-07	6,92E-06	1,11E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-05	0,00E+00	1,11E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-05	1,11E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	5,71E-02	2,05E-01	2,46E-01	2,46E-01	2,46E-01	2,46E-01	0,00E+00	2,46E-01	0,00E+00	2,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,46E-01	0,00E+00	0,00E+00								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	2,96E-04	3,64E-03	5,10E-03	0,00E+00	5,10E-03	5,10E-03	0,00E+00	5,10E-03	0,00E+00	0,00E+00													

Tabela 107 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (RNE)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE RURAL CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO		
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	6,40E-06	2,30E-04	5,97E-04	0,00E+00	5,97E-04	5,97E-04	0,00E+00	5,97E-04	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,78E-04	2,23E-03	4,16E-03	7,67E-01	7,67E-01	4,16E-03	0,00E+00	7,67E-01	0,00E+00	7,67E-01	7,63E-01	7,63E-01	7,67E-01	7,63E-01	0,00E+00	9,63E-01	7,63E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7439-89-6	Ferro	3,27E-02	4,09E-01	7,63E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	4,13E-03	5,16E-02	9,63E-02																			
7429-90-5	Alumínio	3,63E-04	4,54E-03	8,47E-03																			
7440-39-3	Bário	1,20E-03	1,50E-02	2,80E-02	3,25E-01	3,17E-01	4,30E-01	8,47E-03	3,45E-01	0,00E+00	3,45E-01	3,53E-01	2,21E-01	1,07E-01	2,21E-01	2,10E-01	8,47E-03	2,49E-01	2,80E-02	8,47E-03	2,10E-01	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	4,66E-04	5,82E-03	1,09E-02																			
7439-96-5-B	Manganês	5,33E-03	6,67E-02	1,24E-01																			
7782-49-2	Selênio	8,99E-03	1,12E-01	2,10E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	9,76E-03	1,22E-01	2,28E-01																			
7429-90-5	Alumínio	2,80E-04	3,50E-03	6,53E-03																			
7440-39-3	Bário	1,47E-03	1,84E-02	3,44E-02	2,48E-01	2,42E-01	3,86E-01	6,53E-03	2,76E-01	0,00E+00	2,76E-01	1,79E-01	1,40E-02	2,42E-01	1,40E-02	0,00E+00	6,53E-03	4,83E-02	3,44E-02	6,53E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	5,98E-04	7,48E-03	1,40E-02																			
7439-96-5-B	Manganês	6,78E-03	8,47E-02	1,58E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	1,62E-02	2,02E-01	3,78E-01																			
7429-90-5	Alumínio	4,73E-04	5,92E-03	1,10E-02																			
7440-38-2	Arsênio	4,51E-01	5,64E+00	1,05E+01	1,09E+01	1,09E+01	1,11E+01	1,10E-02	1,10E+01	0,00E+00	1,10E+01	1,78E-01	2,66E-02	1,09E+01	2,66E-02	0,00E+00	1,10E-02	1,08E-01	8,11E-02	1,10E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	3,48E-03	4,35E-02	8,11E-02																			
7439-89-6	Ferro	1,14E-03	1,43E-02	2,66E-02																			
7439-96-5-B	Manganês	5,99E-03	7,49E-02	1,40E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,13E-01	1,42E+00	2,64E+00																			
-	Arsênio MMA	1,89E-01	2,36E+00	4,41E+00																			
7429-90-5	Alumínio	3,67E-03	4,59E-02	8,57E-02	7,21E+00	7,12E+00	7,05E+00	8,57E-02	7,12E+00	0,00E+00	7,12E+00	1,54E-01	6,80E-02	7,12E+00	6,80E-02	0,00E+00	8,57E-02	6,80E-02	0,00E+00	8,57E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	2,92E-03	3,64E-02	6,80E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	7,10E-03	8,88E-02	1,66E-01																			
-	Arsênio MMA	5,46E-03	6,82E-02	1,27E-01																			
7429-90-5	Alumínio	4,12E-04	5,15E-03	9,62E-03	1,01E+00	9,99E-01	9,45E-01	9,62E-03	1,03E+00	0,00E+00	1,03E+00	7,16E-01	7,06E-01	3,47E-01	7,06E-01	6,52E-01	9,62E-03	7,34E-01	2,84E-02	9,62E-03	6,52E-01	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,22E-03	1,52E-02	2,84E-02																			
7439-89-6	Ferro	2,31E-03	2,89E-02	5,39E-02																			
7782-49-2	Selênio	2,79E-02	3,49E-01	6,52E-01																			

			QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																		ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE RURAL CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO			
			SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	1,82E-07	2,28E-05	6,75E-05	0,00E+00	6,75E-05	6,75E-05	0,00E+00	6,75E-05	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	6,78E-05	8,48E-04	1,58E-03																				
7429-90-5	Alumínio	2,38E-02	2,97E-01	5,55E-01																				
7440-39-3	Bário	2,47E-04	3,09E-03	5,77E-03	9,95E-01	4,40E-01	3,02E-01	5,55E-01	4,46E-01	3,00E-01	7,46E-01	9,93E-01	7,38E-01	7,40E-01	4,38E-01	0,00E+00	5,55E-01	4,44E-01	5,77E-03	5,55E-01	0,00E+00	3,00E-01		
7440-48-4	Cobalto	1,29E-02	1,61E-01	3,00E-01																				
7439-89-6	Ferro	1,88E-02	2,35E-01	4,38E-01																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																								
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	4,32E-04	5,39E-03	1,01E-02																				
-	Arsênio V	1,62E-04	2,03E-03	3,79E-03	6,73E-01	6,73E-01	6,73E-01	0,00E+00	1,39E-02	6,59E-01	6,73E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-02	6,59E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-36-0	Antimônio	2,22E-02	2,77E-01	5,17E-01																				
7439-92-1	Chumbo	2,83E-02	3,53E-01	6,59E-01																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-39-3	Bário	6,74E-07	9,35E-05	2,49E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,49E-04	0,00E+00	2,49E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,49E-04	2,49E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-39-3	Bário	3,24E-07	4,50E-05	1,20E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,20E-04	0,00E+00	1,20E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,20E-04	1,20E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	2,85E-02	3,57E-01	6,66E-01	6,66E-01	6,66E-01	6,66E-01	0,00E+00	6,66E-01	0,00E+00	6,66E-01	0,00E+00	0,00E+00	6,66E-01	0,00E+00	0,00E+00								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	6,83E-05	2,87E-03	6,37E-03	0,00E+00	6,37E-03	6,37E-03	0,00E+00	6,37E-03	0,00E+00	0,00E+00													

				QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																	ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO				
				SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
				COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																					
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio V	3,76E-06	4,85E-05	8,36E-05	0,00E+00	8,36E-05	8,36E-05	0,00E+00	8,36E-05	0,00E+00	0,00E+00														
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio V	6,90E-05	2,97E-04	3,84E-04	7,08E-02	7,08E-02	3,84E-04	0,00E+00	7,08E-02	0,00E+00	7,08E-02	7,05E-02	1,06E-01	7,08E-02	7,05E-02	0,00E+00	0,00E+00	7,05E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00			
7439-89-6	Ferro	1,27E-02	5,45E-02	7,05E-02																					
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio MMA	6,39E-03	2,75E-02	3,55E-02	1,20E-01	1,17E-01	1,59E-01	3,13E-03	1,27E-01	0,00E+00	1,27E-01	1,31E-01	8,14E-02	3,96E-02	8,14E-02	7,74E-02	3,13E-03	9,18E-02	1,04E-02	3,13E-03	7,74E-02	0,00E+00			
7429-90-5	Alumínio	5,62E-04	2,42E-03	3,13E-03																					
7440-39-3	Bário	1,86E-03	8,01E-03	1,04E-02																					
7439-89-6	Ferro	7,21E-04	3,11E-03	4,01E-03																					
7439-96-5-B	Manganês	8,26E-03	3,56E-02	4,60E-02																					
7782-49-2	Selênio	1,39E-02	5,99E-02	7,74E-02																					
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio MMA	1,51E-02	6,51E-02	8,41E-02	9,17E-02	8,92E-02	1,42E-01	2,41E-03	1,02E-01	0,00E+00	1,02E-01	6,60E-02	5,15E-03	8,92E-02	5,15E-03	0,00E+00	2,41E-03	1,78E-02	1,27E-02	2,41E-03	0,00E+00	0,00E+00			
7429-90-5	Alumínio	4,33E-04	1,87E-03	2,41E-03																					
7440-39-3	Bário	2,28E-03	9,83E-03	1,27E-02																					
7439-89-6	Ferro	9,26E-04	3,99E-03	5,15E-03																					
7439-96-5-B	Manganês	1,05E-02	4,52E-02	5,84E-02																					
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio MMA	1,97E-02	8,48E-02	1,10E-01	3,18E+00	3,17E+00	3,21E+00	3,20E-03	3,20E+00	0,00E+00	3,20E+00	5,15E-02	7,73E-03	3,17E+00	7,73E-03	0,00E+00	3,20E-03	3,13E-02	2,35E-02	3,20E-03	0,00E+00	0,00E+00			
7429-90-5	Alumínio	5,76E-04	2,48E-03	3,20E-03																					
7440-38-2	Arsênio	5,49E-01	2,37E+00	3,06E+00																					
7440-39-3	Bário	4,23E-03	1,82E-02	2,35E-02																					
7439-89-6	Ferro	1,39E-03	5,99E-03	7,73E-03																					
7439-96-5-B	Manganês	7,29E-03	3,14E-02	4,06E-02																					
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio V	4,82E-02	2,08E-01	2,68E-01	7,32E-01	7,23E-01	7,16E-01	8,70E-03	7,23E-01	0,00E+00	7,23E-01	1,56E-02	6,91E-03	7,23E-01	6,91E-03	0,00E+00	8,70E-03	6,91E-03	0,00E+00	8,70E-03	0,00E+00	0,00E+00			
-	Arsênio MMA	8,05E-02	3,47E-01	4,48E-01																					
7429-90-5	Alumínio	1,56E-03	6,73E-03	8,70E-03																					
7439-89-6	Ferro	1,24E-03	5,35E-03	6,91E-03																					
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio V	8,25E-03	3,55E-02	4,59E-02	2,79E-01	2,77E-01	2,62E-01	2,66E-03	2,84E-01	0,00E+00	2,84E-01	1,98E-01	1,95E-01	9,61E-02	1,95E-01	1,81E-01	2,66E-03	2,03E-01	7,86E-03	2,66E-03	1,81E-01	0,00E+00			
-	Arsênio MMA	6,34E-03	2,73E-02	3,53E-02																					
7429-90-5	Alumínio	4,79E-04	2,06E-03	2,66E-03																					
7440-39-3	Bário	1,41E-03	6,08E-03	7,86E-03																					
7439-89-6	Ferro	2,68E-03	1,16E-02	1,49E-02																					
7782-49-2	Selênio	3,25E-02	1,40E-01	1,81E-01																					

			QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																		ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO			
			SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	9,29E-07	1,53E-05	2,63E-05	0,00E+00	2,63E-05	2,63E-05	0,00E+00	2,63E-05	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	2,62E-05	1,13E-04	1,46E-04																				
7429-90-5	Alumínio	9,20E-03	3,96E-02	5,12E-02																				
7440-39-3	Bário	9,57E-05	4,12E-04	5,33E-04	9,18E-02	4,06E-02	2,78E-02	5,12E-02	4,11E-02	2,77E-02	6,88E-02	9,17E-02	6,81E-02	6,83E-02	4,05E-02	0,00E+00	5,12E-02	4,10E-02	5,33E-04	5,12E-02	0,00E+00	2,77E-02		
7440-48-4	Cobalto	4,98E-03	2,14E-02	2,77E-02																				
7439-89-6	Ferro	7,27E-03	3,13E-02	4,05E-02																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																								
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	2,00E-04	8,63E-04	1,12E-03																				
-	Arsênio V	7,55E-05	3,25E-04	4,20E-04	7,46E-02	7,46E-02	7,46E-02	0,00E+00	1,54E-03	7,30E-02	7,46E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,54E-03	7,30E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-36-0	Antimônio	1,03E-02	4,44E-02	5,73E-02																				
7439-92-1	Chumbo	1,31E-02	5,65E-02	7,30E-02																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-39-3	Bário	6,96E-07	3,56E-05	6,14E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,14E-05	0,00E+00	6,14E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,14E-05	6,14E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-39-3	Bário	1,26E-07	6,43E-06	1,11E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-05	0,00E+00	1,11E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-05	1,11E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	4,42E-02	1,90E-01	2,46E-01	2,46E-01	2,46E-01	2,46E-01	0,00E+00	2,46E-01	0,00E+00	2,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,46E-01	0,00E+00	0,00E+00								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	2,29E-04	3,38E-03	5,10E-03	0,00E+00	5,10E-03	5,10E-03	0,00E+00	5,10E-03	0,00E+00	0,00E+00													



QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO

ÁREA ALVO 2 (AA2)
REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE)
TRAB. RURAL E COMERCIAL
RISCO NÃO CARCINOGENICO

SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular

COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQT			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,19E-06	3,11E-05	4,69E-05	0,00E+00	4,69E-05	4,69E-05	0,00E+00	4,69E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQT			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
-	Arsênio V	2,78E-05	1,32E-04	1,59E-04	2,93E-02	2,93E-02	1,59E-04	0,00E+00	2,93E-02	0,00E+00	2,93E-02	2,92E-02	2,92E-02	2,93E-02	2,92E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,92E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7439-89-6	Ferro	5,10E-03	2,42E-02	2,92E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQT			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
-	Arsênio MMA	2,25E-03	1,07E-02	1,29E-02																			
7429-90-5	Alumínio	1,98E-04	9,38E-04	1,13E-03																			
7440-39-3	Bário	6,56E-04	3,11E-03	3,75E-03	4,35E-02	4,24E-02	5,76E-02	1,13E-03	4,62E-02	0,00E+00	4,62E-02	4,73E-02	2,95E-02	1,43E-02	2,95E-02	2,81E-02	1,13E-03	3,33E-02	3,75E-03	1,13E-03	2,81E-02	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	2,54E-04	1,20E-03	1,45E-03																			
7439-96-5-B	Manganês	2,91E-03	1,38E-02	1,67E-02																			
7782-49-2	Selênio	4,91E-03	2,32E-02	2,81E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQT			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
-	Arsênio MMA	5,13E-03	2,43E-02	2,93E-02																			
7429-90-5	Alumínio	1,47E-04	6,96E-04	8,41E-04																			
7440-39-3	Bário	7,74E-04	3,67E-03	4,43E-03	3,20E-02	3,11E-02	4,97E-02	8,41E-04	3,56E-02	0,00E+00	3,56E-02	2,30E-02	1,80E-03	3,11E-02	1,80E-03	0,00E+00	8,41E-04	6,23E-03	4,43E-03	8,41E-04	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	3,14E-04	1,49E-03	1,80E-03																			
7439-96-5-B	Manganês	3,56E-03	1,69E-02	2,04E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQT			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
-	Arsênio MMA	1,01E-02	4,78E-02	5,78E-02																			
7429-90-5	Alumínio	2,95E-04	1,40E-03	1,69E-03																			
7440-38-2	Arsênio	2,82E-01	1,33E+00	1,61E+00	1,67E+00	1,67E+00	1,69E+00	1,69E-03	1,69E+00	0,00E+00	1,69E+00	2,72E-02	4,08E-03	1,67E+00	4,08E-03	0,00E+00	1,69E-03	1,65E-02	1,24E-02	1,69E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	2,17E-03	1,03E-02	1,24E-02																			
7439-89-6	Ferro	7,13E-04	3,37E-03	4,08E-03																			
7439-96-5-B	Manganês	3,74E-03	1,77E-02	2,14E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQT			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
-	Arsênio V	3,53E-02	1,67E-01	2,02E-01																			
-	Arsênio MMA	5,90E-02	2,79E-01	3,37E-01																			
7429-90-5	Alumínio	1,15E-03	5,42E-03	6,55E-03	5,51E-01	5,45E-01	5,39E-01	6,55E-03	5,45E-01	0,00E+00	5,45E-01	1,18E-02	5,20E-03	5,45E-01	5,20E-03	0,00E+00	6,55E-03	5,20E-03	0,00E+00	6,55E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	9,10E-04	4,31E-03	5,20E-03																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQT			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
-	Arsênio V	5,54E-03	2,62E-02	3,17E-02																			
-	Arsênio MMA	4,26E-03	2,01E-02	2,43E-02																			
7429-90-5	Alumínio	3,22E-04	1,52E-03	1,84E-03																			
7440-39-3	Bário	9,48E-04	4,49E-03	5,42E-03	1,93E-01	1,91E-01	1,81E-01	1,84E-03	1,96E-01	0,00E+00	1,96E-01	1,37E-01	1,35E-01	6,63E-02	1,35E-01	1,25E-01	1,84E-03	1,40E-01	5,42E-03	1,84E-03	1,25E-01	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	1,80E-03	8,53E-03	1,03E-02																			
7782-49-2	Selênio	2,18E-02	1,03E-01	1,25E-01																			



QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO

ÁREA ALVO 2 (AA2)
REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE)
TRAB. RURAL E COMERCIAL
RISCO NÃO CARCINOGENICO

SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular

COMPARTIMENTO: SEDIMENTO

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	7,80E-07	1,18E-05	1,78E-05	0,00E+00	1,78E-05	1,78E-05	0,00E+00	1,78E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,06E-05	5,01E-05	6,05E-05																			
7429-90-5	Alumínio	3,71E-03	1,76E-02	2,12E-02	3,80E-02	1,68E-02	1,15E-02	2,12E-02	1,70E-02	1,15E-02	2,85E-02	3,80E-02	2,82E-02	2,83E-02	1,68E-02	0,00E+00	2,12E-02	1,70E-02	2,21E-04	2,12E-02	0,00E+00	1,15E-02	
7440-39-3	Bário	3,86E-05	1,83E-04	2,21E-04																			
7440-48-4	Cobalto	2,01E-03	9,49E-03	1,15E-02																			
7439-89-6	Ferro	2,93E-03	1,39E-02	1,68E-02																			

COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR

CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	8,08E-05	3,82E-04	4,62E-04																			
-	Arsênio V	3,04E-05	1,44E-04	1,74E-04	3,09E-02	3,09E-02	3,09E-02	0,00E+00	6,36E-04	3,03E-02	3,09E-02	0,00E+00	0,00E+00	6,36E-04	3,03E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-36-0	Antimônio	4,15E-03	1,97E-02	2,37E-02																			
7439-92-1	Chumbo	5,29E-03	2,50E-02	3,03E-02																			

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
7440-39-3	Bário	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO NA PESCA (PESCADOR)		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
7440-39-3	Bário	8,09E-06	1,38E-04	1,85E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,85E-04	0,00E+00	1,85E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,85E-04	1,85E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)

CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	1,78E-02	8,43E-02	1,02E-01	1,02E-01	1,02E-01	1,02E-01	0,00E+00	1,02E-01	0,00E+00	1,02E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,02E-01	0,00E+00								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	2,50E-05	3,72E-04	5,01E-04	0,00E+00	5,01E-04	5,01E-04	0,00E+00	5,01E-04	0,00E+00													

Tabela 107 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (RNE)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																				ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) TRAB. OBRA CIVIL RISCO NÃO CARCINOGENICO			
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																							
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																									
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio V	1,07E-06	3,52E-05	4,69E-05	0,00E+00	4,69E-05	4,69E-05	0,00E+00	4,69E-05	0,00E+00															
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio V	5,79E-05	5,52E-04	6,36E-04	1,17E-01	1,17E-01	6,36E-04	0,00E+00	1,17E-01	0,00E+00	1,17E-01	1,17E-01	1,17E-01	1,17E-01	1,17E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,17E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7439-89-6	Ferro	1,06E-02	1,01E-01	1,17E-01																					
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio MMA	2,33E-02	2,22E-01	2,56E-01																					
7429-90-5	Alumínio	2,05E-03	1,95E-02	2,25E-02																					
7440-39-3	Bário	6,78E-03	6,46E-02	7,45E-02	8,65E-01	8,42E-01	1,14E+00	2,25E-02	9,16E-01	0,00E+00	9,16E-01	9,40E-01	5,86E-01	2,85E-01	5,86E-01	5,57E-01	2,25E-02	6,61E-01	7,45E-02	2,25E-02	5,57E-01	0,00E+00			
7439-89-6	Ferro	2,63E-03	2,50E-02	2,89E-02																					
7439-96-5-B	Manganês	3,01E-02	2,87E-01	3,31E-01																					
7782-49-2	Selênio	5,07E-02	4,83E-01	5,57E-01																					
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio MMA	2,04E-02	1,94E-01	2,24E-01																					
7429-90-5	Alumínio	5,84E-04	5,56E-03	6,41E-03																					
7440-39-3	Bário	3,08E-03	2,93E-02	3,38E-02	2,44E-01	2,37E-01	3,79E-01	6,41E-03	2,71E-01	0,00E+00	2,71E-01	1,75E-01	1,37E-02	2,37E-01	1,37E-02	0,00E+00	6,41E-03	4,75E-02	3,38E-02	6,41E-03	0,00E+00	0,00E+00			
7439-89-6	Ferro	1,25E-03	1,19E-02	1,37E-02																					
7439-96-5-B	Manganês	1,41E-02	1,35E-01	1,55E-01																					
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio MMA	4,51E-03	4,29E-02	4,95E-02																					
7429-90-5	Alumínio	1,32E-04	1,26E-03	1,45E-03																					
7440-38-2	Arsênio	1,26E-01	1,20E+00	1,38E+00	1,44E+00	1,43E+00	1,45E+00	1,45E-03	1,44E+00	0,00E+00	1,44E+00	2,33E-02	3,49E-03	1,43E+00	3,49E-03	0,00E+00	1,45E-03	1,41E-02	1,06E-02	1,45E-03	0,00E+00	0,00E+00			
7440-39-3	Bário	9,68E-04	9,22E-03	1,06E-02																					
7439-89-6	Ferro	3,18E-04	3,03E-03	3,49E-03																					
7439-96-5-B	Manganês	1,67E-03	1,59E-02	1,83E-02																					
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio V	9,20E-03	8,76E-02	1,01E-01																					
-	Arsênio MMA	1,54E-02	1,46E-01	1,69E-01	2,76E-01	2,72E-01	2,70E-01	3,28E-03	2,72E-01	0,00E+00	2,72E-01	5,88E-03	2,60E-03	2,72E-01	2,60E-03	0,00E+00	3,28E-03	2,60E-03	0,00E+00	3,28E-03	0,00E+00	0,00E+00			
7429-90-5	Alumínio	2,98E-04	2,84E-03	3,28E-03																					
7439-89-6	Ferro	2,37E-04	2,25E-03	2,60E-03																					
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio V	2,88E-03	2,75E-02	3,17E-02																					
-	Arsênio MMA	2,22E-03	2,11E-02	2,43E-02																					
7429-90-5	Alumínio	1,68E-04	1,59E-03	1,84E-03	1,93E-01	1,91E-01	1,81E-01	1,84E-03	1,96E-01	0,00E+00	1,96E-01	1,37E-01	1,35E-01	6,63E-02	1,35E-01	1,25E-01	1,84E-03	1,40E-01	5,42E-03	1,84E-03	1,25E-01	0,00E+00			
7440-39-3	Bário	4,94E-04	4,70E-03	5,42E-03																					
7439-89-6	Ferro	9,38E-04	8,93E-03	1,03E-02																					
7782-49-2	Selênio	1,14E-02	1,08E-01	1,25E-01																					

Tabela 107 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (RNE)

			QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																		ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) TRAB. OBRA CIVIL RISCO NÃO CARCINOGENICO			
			SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	4,33E-07	1,34E-05	1,78E-05	0,00E+00	1,78E-05	1,78E-05	0,00E+00	1,78E-05	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	2,20E-05	2,10E-04	2,42E-04																				
7429-90-5	Alumínio	7,72E-03	7,35E-02	8,48E-02																				
7440-39-3	Bário	8,04E-05	7,65E-04	8,83E-04	1,52E-01	6,73E-02	4,61E-02	8,48E-02	6,82E-02	4,59E-02	1,14E-01	1,52E-01	1,13E-01	1,13E-01	6,71E-02	0,00E+00	8,48E-02	6,79E-02	8,83E-04	8,48E-02	0,00E+00	4,59E-02		
7440-48-4	Cobalto	4,18E-03	3,98E-02	4,59E-02																				
7439-89-6	Ferro	6,11E-03	5,81E-02	6,71E-02																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																								
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	1,40E-04	1,33E-03	1,54E-03																				
-	Arsênio V	5,28E-05	5,02E-04	5,80E-04	1,03E-01	1,03E-01	1,03E-01	0,00E+00	2,12E-03	1,01E-01	1,03E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,12E-03	1,01E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-36-0	Antimônio	7,21E-03	6,86E-02	7,91E-02																				
7439-92-1	Chumbo	9,18E-03	8,74E-02	1,01E-01																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-39-3	Bário	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-39-3	Bário	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	9,28E-03	8,83E-02	1,02E-01	1,02E-01	1,02E-01	1,02E-01	0,00E+00	1,02E-01	0,00E+00	1,02E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,02E-01	0,00E+00	0,00E+00								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	5,21E-05	1,50E-03	2,00E-03	0,00E+00	2,00E-03	2,00E-03	0,00E+00	2,00E-03	0,00E+00	0,00E+00													

10.4.4.4. AA-2 (REI)

Conforme apresentado na **Tabela 108**, têm-se:

10.4.4.4.1. RECEPTOR URBANO E RURAL (CRIANÇA)

Para estes receptores foram identificados riscos não carcinogênicos no compartimento solo superficial.

Para receptores urbanos crianças foi encontrado risco no compartimento solo superficial para ingestão de partículas (Alumínio) para os *endpoints* SN, SRe, pulmões, bexiga e ossos; e ingestão de leite (Arsênio MMA) para os *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV e olhos.

Para receptores rurais crianças foi encontrado risco no compartimento solo superficial para os mesmos cenários das crianças urbanas além da somatória para os *endpoints* SRv e pulmões pela ingestão de tubérculos (vegetais).

Referente à carcinogenicidade, para estes receptores foram identificados riscos carcinogênicos totais no compartimento solo superficial para cenários diferentes.

Para receptor urbano (criança), os cenários que apresentaram risco carcinogênico para solo superficial foram os cenários de ingestão de tubérculos (Arsênio V), leite (MMA) e ovos (Arsênio V).

Para receptor rural (criança), os cenários que apresentaram risco carcinogênico para solo superficial foram os cenários de ingestão de tubérculos (Arsênio V), frutas (Arsênio V), leite (MMA) e ovos (Arsênio V).

10.4.4.4.2. RECEPTOR URBANO E RURAL (ADULTO)

Para estes receptores não foram identificados riscos não carcinogênicos nos *endpoints*.

Referente à carcinogenicidade, para estes receptores foram identificados riscos carcinogênicos totais em compartimentos diferentes.

Para receptores adultos urbanos, os cenários que apresentaram risco carcinogênico para solo superficial foram os de ingestão de tubérculos (Arsênio V), frutas (Arsênio V), leite (Arsênio MMA) e ovos (Arsênio V).

Para receptores adultos rurais, os cenários que apresentaram risco carcinogênico para solo superficial foram os de ingestão de tubérculos (Arsênio V), frutas (Arsênio V), leite (Arsênio MMA) e ovos (Arsênio V e MMA).

10.4.4.4.3. RECEPTOR TRABALHADOR (COMERCIAL/INDUSTRIAL E DE OBRA CIVIL)

Para o receptor trabalhador de obra civil foram identificados riscos não carcinogênicos totais nos compartimentos solo superficial para o cenário de ingestão de tubérculos (risco total do cenário) no *endpoint* pulmões. Não foram identificados riscos não carcinogênicos para trabalhador rural e comercial.

Referente à carcinogenicidade, foi identificado risco carcinogênico somente para o receptor trabalhador rural e comercial, para solo superficial, nos cenários de ingestão de leite (Arsênio MMA) e ovos (risco total do cenário).

Conforme discutido ao longo do relatório, o Alumínio apresenta correlação espacial negativa com a RED, ou seja, onde há a influência da lama de rejeitos, há empobrecimento de Alumínio em relação ao meio físico não afetado pelo evento. Logo, os riscos associados ao Alumínio provavelmente não estão associados ao evento. O Arsênio, como já discutido para as outras áreas, possivelmente também não está associado ao evento.

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,22E-10	4,40E-09	1,14E-08	1,22E-10	4,40E-09	1,14E-08	7,00E-06	8,74E-05	1,63E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	3,40E-09	4,26E-08	7,94E-08	3,40E-09	4,26E-08	7,94E-08			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	4,38E-07	5,48E-06	1,02E-05	4,38E-07	5,48E-06	1,02E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	3,90E-07	4,87E-06	9,09E-06	3,90E-07	4,87E-06	9,09E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	5,44E-06	6,80E-05	1,27E-04	5,44E-06	6,80E-05	1,27E-04			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	4,72E-07	5,91E-06	1,10E-05	7,23E-07	9,04E-06	1,69E-05			
-	Arsênio MMA	2,51E-07	3,13E-06	5,85E-06						
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio V	2,53E-08	3,16E-07	5,89E-07	2,53E-08	3,16E-07	5,89E-07	2,53E-08	3,16E-07	5,89E-07

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) RESIDENTE URBANO ADULTO RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	4,63E-10	5,29E-09	7,98E-09	4,63E-10	5,29E-09	7,98E-09	2,81E-05	1,01E-04	1,21E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	8,51E-09	3,06E-08	3,67E-08	8,51E-09	3,06E-08	3,67E-08			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	4,25E-06	1,52E-05	1,83E-05	4,25E-06	1,52E-05	1,83E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	3,51E-06	1,26E-05	1,51E-05	3,51E-06	1,26E-05	1,51E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	1,50E-05	5,37E-05	6,44E-05	1,50E-05	5,37E-05	6,44E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	3,54E-06	1,27E-05	1,53E-05	5,42E-06	1,95E-05	2,34E-05			
-	Arsênio MMA	1,88E-06	6,75E-06	8,09E-06						
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	7,58E-08	2,72E-07	3,26E-07	7,58E-08	2,72E-07	3,26E-07	7,58E-08	2,72E-07	3,26E-07

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) RESIDENTE RURAL CRIANÇA RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,22E-10	4,40E-09	1,14E-08	1,22E-10	4,40E-09	1,14E-08	7,23E-06	9,04E-05	1,69E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	3,40E-09	4,26E-08	7,94E-08	3,40E-09	4,26E-08	7,94E-08			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	5,21E-07	6,51E-06	1,21E-05	5,21E-07	6,51E-06	1,21E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	5,46E-07	6,82E-06	1,27E-05	5,46E-07	6,82E-06	1,27E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	5,44E-06	6,80E-05	1,27E-04	5,44E-06	6,80E-05	1,27E-04			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	4,72E-07	5,91E-06	1,10E-05	7,23E-07	9,04E-06	1,69E-05			
-	Arsênio MMA	2,51E-07	3,13E-06	5,85E-06						
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	2,53E-08	3,16E-07	5,89E-07	2,53E-08	3,16E-07	5,89E-07	2,53E-08	3,16E-07	5,89E-07

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	9,26E-10	1,20E-08	2,06E-08	9,26E-10	1,20E-08	2,06E-08	5,98E-05	2,57E-04	3,33E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	1,70E-08	7,33E-08	9,47E-08	1,70E-08	7,33E-08	9,47E-08			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	1,04E-05	4,49E-05	5,79E-05	1,04E-05	4,49E-05	5,79E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	8,57E-06	3,69E-05	4,77E-05	8,57E-06	3,69E-05	4,77E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	2,99E-05	1,29E-04	1,66E-04	2,99E-05	1,29E-04	1,66E-04			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	7,09E-06	3,05E-05	3,94E-05	1,08E-05	4,67E-05	6,03E-05			
-	Arsênio MMA	3,76E-06	1,62E-05	2,09E-05						
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,52E-07	6,53E-07	8,43E-07	1,52E-07	6,53E-07	8,43E-07	1,52E-07	6,53E-07	8,43E-07

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) TRAB. RURAL E COMERCIAL RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,74E-10	2,47E-09	3,73E-09	1,74E-10	2,47E-09	3,73E-09	1,20E-05	5,67E-05	6,85E-05
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	2,21E-09	1,05E-08	1,27E-08	2,21E-09	1,05E-08	1,27E-08			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	1,14E-06	5,40E-06	6,52E-06	1,14E-06	5,40E-06	6,52E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	1,42E-06	6,72E-06	8,11E-06	1,42E-06	6,72E-06	8,11E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	7,07E-06	3,35E-05	4,05E-05	7,07E-06	3,35E-05	4,05E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	1,54E-06	7,27E-06	8,78E-06	2,35E-06	1,11E-05	1,34E-05			
-	Arsênio MMA	8,14E-07	3,85E-06	4,66E-06						
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,97E-08	9,32E-08	1,13E-07	1,97E-08	9,32E-08	1,13E-07	1,97E-08	9,32E-08	1,13E-07

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) TRAB. OBRA CIVIL RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	6,80E-12	2,24E-10	2,99E-10	6,80E-12	2,24E-10	2,99E-10	6,58E-07	6,27E-06	7,23E-06
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	3,69E-10	3,51E-09	4,05E-09	3,69E-10	3,51E-09	4,05E-09			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	3,62E-07	3,45E-06	3,98E-06	3,62E-07	3,45E-06	3,98E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	5,07E-08	4,82E-07	5,56E-07	5,07E-08	4,82E-07	5,56E-07			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	1,47E-07	1,40E-06	1,62E-06	1,47E-07	1,40E-06	1,62E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	6,40E-08	6,09E-07	7,03E-07	9,79E-08	9,32E-07	1,08E-06			
-	Arsênio MMA	3,39E-08	3,23E-07	3,73E-07						
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	2,74E-09	2,60E-08	3,00E-08	2,74E-09	2,60E-08	3,00E-08	2,74E-09	2,60E-08	3,00E-08

Tabela 108 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (REI)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO		
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,51E-06	1,26E-04	3,27E-04	0,00E+00	3,27E-04	3,27E-04	0,00E+00	3,27E-04	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	9,77E-05	1,22E-03	2,28E-03	1,27E+00	2,28E-03	2,28E-03	1,27E+00	2,28E-03	0,00E+00	2,28E-03	1,27E+00	0,00E+00	2,28E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,27E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,27E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7429-90-5	Alumínio	5,44E-02	6,80E-01	1,27E+00	1,27E+00	2,28E-03	2,28E-03	1,27E+00	2,28E-03	0,00E+00	2,28E-03	1,27E+00	0,00E+00	2,28E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,27E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,27E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,26E-02	1,57E-01	2,94E-01																			
7429-90-5	Alumínio	8,38E-03	1,05E-01	1,96E-01	6,61E-01	4,66E-01	8,53E-01	1,96E-01	4,98E-01	0,00E+00	4,98E-01	9,27E-01	1,72E-01	4,66E-01	1,72E-01	0,00E+00	1,96E-01	2,05E-01	3,23E-02	1,96E-01	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,39E-03	1,73E-02	3,23E-02																			
7439-89-6	Ferro	7,38E-03	9,23E-02	1,72E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	2,40E-02	3,00E-01	5,59E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,12E-02	1,40E-01	2,61E-01																			
7429-90-5	Alumínio	3,94E-04	4,92E-03	9,19E-03	2,85E-01	2,76E-01	5,19E-01	9,19E-03	3,00E-01	0,00E+00	3,00E-01	2,82E-01	1,50E-02	2,76E-01	1,50E-02	0,00E+00	9,19E-03	3,90E-02	2,40E-02	9,19E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,03E-03	1,28E-02	2,40E-02																			
7439-89-6	Ferro	6,42E-04	8,03E-03	1,50E-02																			
7439-96-5-B	Manganês	1,11E-02	1,38E-01	2,58E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	1,56E-01	1,95E+00	3,64E+00	3,64E+00	3,64E+00	3,64E+00	0,00E+00	3,64E+00	0,00E+00	3,64E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,64E+00	0,00E+00	0,00E+00							
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,36E-02	1,70E-01	3,16E-01																			
-	Arsênio MMA	7,19E-03	8,99E-02	1,68E-01																			
7429-90-5	Alumínio	9,45E-04	1,18E-02	2,21E-02	5,82E-01	5,60E-01	4,84E-01	2,21E-02	6,26E-01	0,00E+00	6,26E-01	9,80E-02	7,59E-02	5,60E-01	7,59E-02	0,00E+00	2,21E-02	1,41E-01	6,55E-02	2,21E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	2,81E-03	3,51E-02	6,55E-02																			
7439-89-6	Ferro	3,25E-03	4,07E-02	7,59E-02																			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																							
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	7,25E-04	9,06E-03	1,69E-02	1,69E-02	1,69E-02	1,69E-02	0,00E+00	1,69E-02	0,00E+00	1,69E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,69E-02	0,00E+00	0,00E+00							

Tabela 108 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (REI)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) RESIDENTE URBANO ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO		
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,66E-06	3,04E-05	4,58E-05	0,00E+00	4,58E-05	4,58E-05	0,00E+00	4,58E-05	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	4,89E-05	1,75E-04	2,10E-04	1,17E-01	2,10E-04	2,10E-04	1,17E-01	2,10E-04	0,00E+00	2,10E-04	1,17E-01	0,00E+00	2,10E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,17E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,17E-01	0,00E+00	0,00E+00	
7429-90-5	Alumínio	2,72E-02	9,76E-02	1,17E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,44E-02	8,75E-02	1,05E-01																			
7429-90-5	Alumínio	1,62E-02	5,83E-02	7,00E-02	2,37E-01	1,67E-01	3,05E-01	7,00E-02	1,78E-01	0,00E+00	1,78E-01	3,32E-01	6,16E-02	1,67E-01	6,16E-02	0,00E+00	7,00E-02	7,32E-02	1,16E-02	7,00E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	2,69E-03	9,64E-03	1,16E-02																			
7439-89-6	Ferro	1,43E-02	5,13E-02	6,16E-02																			
7439-96-5-B	Manganês	4,64E-02	1,67E-01	2,00E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,01E-02	7,23E-02	8,67E-02																			
7429-90-5	Alumínio	7,09E-04	2,54E-03	3,05E-03	9,48E-02	9,17E-02	1,72E-01	3,05E-03	9,97E-02	0,00E+00	9,97E-02	9,38E-02	4,98E-03	9,17E-02	4,98E-03	0,00E+00	3,05E-03	1,29E-02	7,97E-03	3,05E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,85E-03	6,64E-03	7,97E-03																			
7439-89-6	Ferro	1,16E-03	4,15E-03	4,98E-03																			
7439-96-5-B	Manganês	1,99E-02	7,15E-02	8,57E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	8,59E-02	3,08E-01	3,70E-01	3,70E-01	3,70E-01	3,70E-01	0,00E+00	3,70E-01	0,00E+00	3,70E-01	0,00E+00	0,00E+00	3,70E-01	0,00E+00	0,00E+00							
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,03E-02	7,30E-02	8,76E-02																			
-	Arsênio MMA	1,08E-02	3,87E-02	4,65E-02																			
7429-90-5	Alumínio	1,42E-03	5,09E-03	6,11E-03	1,61E-01	1,55E-01	1,34E-01	6,11E-03	1,73E-01	0,00E+00	1,73E-01	2,71E-02	2,10E-02	1,55E-01	2,10E-02	0,00E+00	6,11E-03	3,92E-02	1,81E-02	6,11E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	4,21E-03	1,51E-02	1,81E-02																			
7439-89-6	Ferro	4,88E-03	1,75E-02	2,10E-02																			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																							
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	4,35E-04	1,56E-03	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	0,00E+00	1,87E-03	0,00E+00	1,87E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,87E-03	0,00E+00	0,00E+00							

Tabela 108 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (REI)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) RESIDENTE RURAL CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO		
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,51E-06	1,26E-04	3,27E-04	0,00E+00	3,27E-04	3,27E-04	0,00E+00	1,51E-02	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	9,77E-05	1,22E-03	2,28E-03	1,27E+00	2,28E-03	2,28E-03	1,27E+00	2,28E-03	0,00E+00	2,28E-03	1,27E+00	0,00E+00	2,28E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,27E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,27E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7429-90-5	Alumínio	5,44E-02	6,80E-01	1,27E+00	1,27E+00	2,28E-03	2,28E-03	1,27E+00	2,28E-03	0,00E+00	2,28E-03	1,27E+00	0,00E+00	2,28E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,27E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,27E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,49E-02	1,87E-01	3,49E-01																			
7429-90-5	Alumínio	9,96E-03	1,24E-01	2,32E-02	7,86E-01	5,53E-01	1,01E+00	2,32E-01	5,92E-01	0,00E+00	5,92E-01	1,10E+00	2,05E-01	5,53E-01	2,05E-01	0,00E+00	2,32E-01	2,43E-01	3,84E-02	2,32E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-39-3	Bário	1,65E-03	2,06E-02	3,84E-02																			
7439-89-6	Ferro	8,77E-03	1,10E-01	2,05E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	2,85E-02	3,56E-01	6,64E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,57E-02	1,96E-01	3,65E-01																			
7429-90-5	Alumínio	5,51E-04	6,89E-03	1,29E-02	3,99E-01	3,86E-01	7,27E-01	1,29E-02	4,20E-01	0,00E+00	4,20E-01	3,95E-01	2,10E-02	3,86E-01	2,10E-02	0,00E+00	1,29E-02	5,45E-02	3,36E-02	1,29E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-39-3	Bário	1,44E-03	1,80E-02	3,36E-02																			
7439-89-6	Ferro	8,99E-04	1,12E-02	2,10E-02																			
7439-96-5-B	Manganês	1,55E-02	1,94E-01	3,61E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	1,56E-01	1,95E+00	3,64E+00	3,64E+00	3,64E+00	3,64E+00	0,00E+00	3,64E+00	0,00E+00	3,64E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,64E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,36E-02	1,70E-01	3,16E-01																			
-	Arsênio MMA	7,19E-03	8,99E-02	1,68E-01																			
7429-90-5	Alumínio	9,45E-04	1,18E-02	2,21E-02	5,82E-01	5,60E-01	4,84E-01	2,21E-02	6,26E-01	0,00E+00	6,26E-01	9,80E-02	7,59E-02	5,60E-01	7,59E-02	0,00E+00	2,21E-02	1,41E-01	6,55E-02	2,21E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	2,81E-03	3,51E-02	6,55E-02																			
7439-89-6	Ferro	3,25E-03	4,07E-02	7,59E-02																			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																							
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	7,25E-04	9,06E-03	1,69E-02	1,69E-02	1,69E-02	1,69E-02	0,00E+00	1,69E-02	0,00E+00	1,69E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,69E-02	3,59E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela 108 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (REI)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO		
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,06E-06	2,66E-05	4,58E-05	0,00E+00	4,58E-05	4,58E-05	0,00E+00	4,58E-05	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,78E-05	1,63E-04	2,10E-04	1,17E-01	2,10E-04	2,10E-04	1,17E-01	2,10E-04	0,00E+00	2,10E-04	1,17E-01	0,00E+00	2,10E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,17E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,17E-01	0,00E+00	0,00E+00	
7429-90-5	Alumínio	2,11E-02	9,07E-02	1,17E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,31E-02	9,97E-02	1,29E-01																			
7429-90-5	Alumínio	1,54E-02	6,64E-02	8,58E-02	2,90E-01	2,04E-01	3,74E-01	8,58E-02	2,18E-01	0,00E+00	2,18E-01	4,07E-01	7,55E-02	2,04E-01	7,55E-02	0,00E+00	8,58E-02	8,97E-02	1,42E-02	8,58E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	2,55E-03	1,10E-02	1,42E-02																			
7439-89-6	Ferro	1,36E-02	5,85E-02	7,55E-02																			
7439-96-5-B	Manganês	4,41E-02	1,90E-01	2,45E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,91E-02	8,21E-02	1,06E-01																			
7429-90-5	Alumínio	6,71E-04	2,89E-03	3,73E-03	1,16E-01	1,12E-01	2,11E-01	3,73E-03	1,22E-01	0,00E+00	1,22E-01	1,15E-01	6,09E-03	1,12E-01	6,09E-03	0,00E+00	3,73E-03	1,58E-02	9,74E-03	3,73E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,75E-03	7,54E-03	9,74E-03																			
7439-89-6	Ferro	1,09E-03	4,71E-03	6,09E-03																			
7439-96-5-B	Manganês	1,88E-02	8,11E-02	1,05E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	6,65E-02	2,86E-01	3,70E-01	3,70E-01	3,70E-01	3,70E-01	0,00E+00	3,70E-01	0,00E+00	3,70E-01	0,00E+00	0,00E+00	3,70E-01	0,00E+00	0,00E+00							
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,57E-02	6,78E-02	8,76E-02																			
-	Arsênio MMA	8,35E-03	3,60E-02	4,65E-02																			
7429-90-5	Alumínio	1,10E-03	4,73E-03	6,11E-03	1,61E-01	1,55E-01	1,34E-01	6,11E-03	1,73E-01	0,00E+00	1,73E-01	2,71E-02	2,10E-02	1,55E-01	2,10E-02	0,00E+00	6,11E-03	3,92E-02	1,81E-02	6,11E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	3,26E-03	1,40E-02	1,81E-02																			
7439-89-6	Ferro	3,78E-03	1,63E-02	2,10E-02																			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																							
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,37E-04	1,45E-03	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	0,00E+00	1,87E-03	0,00E+00	1,87E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,87E-03	0,00E+00	0,00E+00							

Tabela 108 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (REI)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) TRAB. RURAL E COMERCIAL RISCO NÃO CARCINOGENICO			
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																						
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	1,20E-06	1,70E-05	2,57E-05	0,00E+00	2,57E-05	2,57E-05	0,00E+00	2,57E-05	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	1,52E-05	7,22E-05	8,72E-05	4,86E-02	8,72E-05	8,72E-05	4,85E-02	8,72E-05	0,00E+00	8,72E-05	4,85E-02	2,88E-02	8,72E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,85E-02	0,00E+00	6,30E-05	4,85E-02	0,00E+00	6,19E-03		
7429-90-5	Alumínio	8,48E-03	4,02E-02	4,85E-02																				
7439-89-6	Bário	8,65E-04	4,09E-03	4,95E-03	1,01E-01	7,13E-02	1,30E-01	2,99E-02	7,62E-02	0,00E+00	7,62E-02	1,42E-01	2,63E-02	7,13E-02	2,63E-02	0,00E+00	2,99E-02	3,13E-02	4,95E-03	2,99E-02	0,00E+00	0,00E+00		
7439-96-5-B	Ferro	4,61E-03	2,18E-02	2,63E-02																				
	Manganês	1,50E-02	7,08E-02	8,56E-02																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	7,85E-03	3,72E-02	4,49E-02																				
7429-90-5	Alumínio	5,23E-03	2,48E-02	2,99E-02																				
7440-39-3	Bário	8,65E-04	4,09E-03	4,95E-03	1,01E-01	7,13E-02	1,30E-01	2,99E-02	7,62E-02	0,00E+00	7,62E-02	1,42E-01	2,63E-02	7,13E-02	2,63E-02	0,00E+00	2,99E-02	3,13E-02	4,95E-03	2,99E-02	0,00E+00	0,00E+00		
7439-89-6	Ferro	4,61E-03	2,18E-02	2,63E-02																				
7439-96-5-B	Manganês	1,50E-02	7,08E-02	8,56E-02																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	9,77E-03	4,63E-02	5,59E-02																				
7429-90-5	Alumínio	3,44E-04	1,63E-03	1,97E-03	6,11E-02	5,91E-02	1,11E-01	1,97E-03	6,42E-02	0,00E+00	6,42E-02	6,04E-02	3,21E-03	5,91E-02	3,21E-03	0,00E+00	1,97E-03	8,34E-03	5,13E-03	1,97E-03	0,00E+00	0,00E+00		
7440-39-3	Bário	8,98E-04	4,25E-03	5,13E-03																				
7439-89-6	Ferro	5,61E-04	2,66E-03	3,21E-03																				
7439-96-5-B	Manganês	9,66E-03	4,57E-02	5,53E-02																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio MMA	4,87E-02	2,31E-01	2,79E-01	2,79E-01	2,79E-01	2,79E-01	0,00E+00	2,79E-01	0,00E+00	2,79E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,79E-01	0,00E+00	0,00E+00								
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	1,06E-02	5,01E-02	6,05E-02																				
-	Arsênio MMA	5,61E-03	2,66E-02	3,21E-02																				
7429-90-5	Alumínio	7,37E-04	3,49E-03	4,22E-03	1,11E-01	1,07E-01	9,26E-02	4,22E-03	1,20E-01	0,00E+00	1,20E-01	1,87E-02	1,45E-02	1,07E-01	1,45E-02	0,00E+00	4,22E-03	2,70E-02	1,25E-02	4,22E-03	0,00E+00	0,00E+00		
7440-39-3	Bário	2,19E-03	1,04E-02	1,25E-02																				
7439-89-6	Ferro	2,54E-03	1,20E-02	1,45E-02																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																								
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	1,36E-04	6,42E-04	7,76E-04	7,76E-04	7,76E-04	7,76E-04	0,00E+00	7,76E-04	0,00E+00	7,76E-04	0,00E+00	0,00E+00	7,76E-04	0,00E+00	0,00E+00								

Tabela 108 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (REI)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) TRAB. OBRA CIVIL RISCO NÃO CARCINOGENICO			
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																						
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	5,85E-07	1,93E-05	2,57E-05	0,00E+00	2,57E-05	1,18E-03	0,00E+00	2,57E-05	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	3,18E-05	3,02E-04	3,49E-04	1,94E-01	3,49E-04	3,49E-04	1,94E-01	3,49E-04	0,00E+00	3,49E-04	1,94E-01	0,00E+00	3,49E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,94E-01	0,00E+00	2,52E-04	1,94E-01	0,00E+00	0,00E+00		
7429-90-5	Alumínio	1,77E-02	1,68E-01	1,94E-01																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	3,12E-02	2,97E-01	3,42E-01																				
7429-90-5	Alumínio	2,08E-02	1,98E-01	2,28E-01	7,72E-01	5,43E-01	9,95E-01	2,28E-01	5,81E-01	0,00E+00	5,81E-01	1,08E+00	2,01E-01	5,43E-01	2,01E-01	0,00E+00	2,28E-01	2,39E-01	3,77E-02	2,28E-01	0,00E+00	0,00E+00		
7440-39-3	Bário	3,44E-03	3,27E-02	3,77E-02																				
7439-89-6	Ferro	1,83E-02	1,74E-01	2,01E-01																				
7439-96-5-B	Manganês	5,94E-02	5,65E-01	6,52E-01																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	4,36E-03	4,15E-02	4,79E-02																				
7429-90-5	Alumínio	1,54E-04	1,46E-03	1,69E-03	5,24E-02	5,07E-02	9,53E-02	1,69E-03	5,51E-02	0,00E+00	5,51E-02	5,18E-02	2,75E-03	5,07E-02	2,75E-03	0,00E+00	1,69E-03	7,15E-03	4,40E-03	1,69E-03	0,00E+00	0,00E+00		
7440-39-3	Bário	4,01E-04	3,81E-03	4,40E-03																				
7439-89-6	Ferro	2,50E-04	2,38E-03	2,75E-03																				
7439-96-5-B	Manganês	4,31E-03	4,11E-02	4,74E-02																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio MMA	1,27E-02	1,21E-01	1,39E-01	1,39E-01	1,39E-01	1,39E-01	0,00E+00	1,39E-01	0,00E+00	1,39E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-01	0,00E+00	0,00E+00								
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	5,51E-03	5,24E-02	6,05E-02																				
-	Arsênio MMA	2,92E-03	2,78E-02	3,21E-02																				
7429-90-5	Alumínio	3,84E-04	3,65E-03	4,22E-03	1,11E-01	1,07E-01	9,26E-02	4,22E-03	1,20E-01	0,00E+00	1,20E-01	1,87E-02	1,45E-02	1,07E-01	1,45E-02	0,00E+00	4,22E-03	2,70E-02	1,25E-02	4,22E-03	0,00E+00	0,00E+00		
7440-39-3	Bário	1,14E-03	1,09E-02	1,25E-02																				
7439-89-6	Ferro	1,32E-03	1,26E-02	1,45E-02																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																								
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	2,36E-04	2,24E-03	2,59E-03	2,59E-03	2,59E-03	2,59E-03	0,00E+00	2,59E-03	0,00E+00	2,59E-03	7,38E-02	0,00E+00	2,59E-03	0,00E+00	0,00E+00								

10.4.4.5. AA-2 (RED)

Conforme apresentado na **Tabela 109**, têm-se:

10.4.4.5.1. RECEPTOR URBANO E RURAL (CRIANÇA)

Para estes receptores foram identificados riscos não carcinogênicos totais nos compartimentos solo superficial, sedimento e poeira domiciliar.

Os cenários que apresentaram risco não carcinogênico para solo superficial foram os de ingestão de partículas (Cobalto, Ferro e Manganês), cenários de ingestão de tubérculos (Alumínio e Ferro) e leite (Arsênio V). Os *endpoints* para ingestão de partículas são SN, SS, SRv, SGI, SI, CV, pulmões, pele, olhos, fígados, rins e adrenais; para ingestão de tubérculos são SN, SS, SRe, SGI, CV, pulmões, pele, olhos, fígado, bexiga, rins e ossos; para ingestão de leite SN, SS, SRv, SGI, CV e olhos.

O cenário que apresentou risco não carcinogênico para sedimento foi o de ingestão de partículas (Ferro e Manganês). Os *endpoints* são SN, SS, SRv, SGI, CV, pulmões, pele, olhos, fígado e rins.

Referente à carcinogenicidade, para estes receptores foram identificados riscos carcinogênicos totais no compartimento solo superficial e água subterrânea (dissolvido).

Os cenários que apresentaram risco carcinogênico para solo superficial foram os de ingestão de tubérculos (Arsênio V), frutas (somente para criança rural, Arsênio V) e leite (Arsênio V).

O cenário que apresentou risco carcinogênico para água subterrânea (dissolvido) foi o de ingestão (Arsênio III).

10.4.4.5.2. RECEPTOR URBANO E RURAL (ADULTO)

Para estes receptores foram identificados riscos não carcinogênicos totais nos compartimentos solo superficial e sedimentos.

Os cenários que apresentaram risco não carcinogênico para solo superficial foi o cenário de ingestão de tubérculos nos *endpoints* SN e pulmões.

O cenário que apresentou risco não carcinogênico para sedimento foi o de ingestão de partículas nos *endpoints* CV e pulmões.

Referente à carcinogenicidade, para estes receptores foram identificados riscos carcinogênicos totais nos compartimentos de solo superficial e água subterrânea (dissolvido) para diferentes cenários.

Para receptores adultos urbanos, os cenários que apresentaram risco carcinogênico para solo superficial foram o de ingestão de tubérculos (Arsênio V), frutas (Arsênio V) e leite (Arsênio V).

O cenário que apresentou risco carcinogênico para água subterrânea (dissolvido) foi o de ingestão (Arsênio III).

Para receptores adultos rurais, os cenários que apresentaram risco carcinogênico para solo superficial foram os de ingestão de hortaliças (Arsênio V), tubérculos (Arsênio V), frutas (Arsênio V) e leite (Arsênio V).

O cenário que apresentou risco carcinogênico para água subterrânea (dissolvido) foi o de ingestão (Arsênio III).

10.4.4.5.3. RECEPTOR TRABALHADOR (RURAL/COMERCIAL E DE OBRA CIVIL)

Para o receptor trabalhador rural e comercial não foram identificados riscos não carcinogênicos nos *endpoints*.

Para o receptor trabalhador de obra civil foram identificados riscos não carcinogênicos totais nos compartimentos solo superficial para os cenários de ingestão de partículas nos *endpoints* CV, pulmões, pele e olhos; e ingestão de tubérculos (Alumínio e Ferro) nos *endpoints* SN, SS, SRe, SGI, CV, pulmões, pele, olhos, fígado, bexiga, rins e ossos. Para o meio físico de sedimentos, foi identificado risco para o cenário de ingestão de partículas (Ferro), nos *endpoints* SN, SS, SGI, CV, pulmões, pele, olhos, fígado e rins.

Referente à carcinogenicidade, foram identificados riscos carcinogênicos totais nos compartimentos de solo superficial para ambos os receptores, e de água subterrânea (dissolvido) para o receptor trabalhador rural e comercial.

Para o receptor trabalhador rural e comercial, o cenário que apresentou risco carcinogênico para solo superficial foi o de ingestão de leite (Arsênio V), enquanto para o receptor trabalhador de obra civil foi a somatória dos cenários.

Para o receptor trabalhador rural e comercial, o cenário que apresentou risco carcinogênico para água subterrânea (dissolvido) foi o de ingestão (Arsênio III).

Conforme já discutido ao longo do relatório, somente para os cenários dos compartimentos de solo superficial e sedimento, os riscos para os metais Ferro e Manganês, estão possivelmente associados ao evento, enquanto os outros metais dificilmente estão.

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	3,60E-11	1,29E-09	3,36E-09	3,11E-10	1,12E-08	2,90E-08	6,40E-06	8,00E-05	1,49E-04
-	Arsênio V	2,75E-10	9,89E-09	2,56E-08						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	1,00E-09	1,25E-08	2,34E-08	8,66E-09	1,08E-07	2,02E-07			
-	Arsênio V	7,66E-09	9,57E-08	1,79E-07						
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	1,73E-07	2,16E-06	4,03E-06	1,73E-07	2,16E-06	4,03E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBERCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	4,30E-07	5,37E-06	1,00E-05	4,30E-07	5,37E-06	1,00E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	4,08E-07	5,10E-06	9,51E-06	4,08E-07	5,10E-06	9,51E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	5,38E-06	6,72E-05	1,25E-04	5,38E-06	6,72E-05	1,25E-04			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	2,38E-11	2,85E-09	8,78E-09	2,38E-11	2,85E-09	8,78E-09	8,85E-09	1,13E-07	2,15E-07
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	8,83E-09	1,10E-07	2,06E-07	8,83E-09	1,10E-07	2,06E-07			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	1,11E-09	1,38E-08	2,58E-08	1,52E-08	1,90E-07	3,54E-07	1,52E-08	1,90E-07	3,54E-07
-	Arsênio V	1,41E-08	1,76E-07	3,29E-07						
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	3,26E-10	4,06E-08	1,20E-07	3,26E-10	4,06E-08	1,20E-07	2,56E-09	3,20E-07	9,48E-07
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	2,24E-09	2,79E-07	8,27E-07	2,24E-09	2,79E-07	8,27E-07			
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	9,94E-07	1,24E-05	2,32E-05	9,94E-07	1,24E-05	2,32E-05	9,97E-07	1,25E-05	2,34E-05
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	2,38E-09	9,99E-08	2,22E-07	2,38E-09	9,99E-08	2,22E-07			

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE URBANO ADULTO RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	1,36E-10	1,56E-09	2,35E-09	1,18E-09	1,35E-08	2,03E-08	2,42E-05	8,70E-05	1,04E-04
-	Arsênio V	1,04E-09	1,19E-08	1,80E-08						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	2,51E-09	8,99E-09	1,08E-08	2,17E-08	7,77E-08	9,33E-08			
-	Arsênio V	1,91E-08	6,87E-08	8,25E-08						
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	1,61E-06	5,76E-06	6,92E-06	1,61E-06	5,76E-06	6,92E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBERCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	4,16E-06	1,49E-05	1,79E-05	4,16E-06	1,49E-05	1,79E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	3,67E-06	1,32E-05	1,58E-05	3,67E-06	1,32E-05	1,58E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	1,48E-05	5,31E-05	6,37E-05	1,48E-05	5,31E-05	6,37E-05			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	7,81E-10	1,06E-08	1,72E-08	7,81E-10	1,06E-08	1,72E-08	2,29E-08	8,99E-08	1,12E-07
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	2,21E-08	7,92E-08	9,51E-08	2,21E-08	7,92E-08	9,51E-08			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	3,32E-09	1,19E-08	1,43E-08	4,56E-08	1,64E-07	1,96E-07	4,56E-08	1,64E-07	1,96E-07
-	Arsênio V	4,22E-08	1,52E-07	1,82E-07						
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	2,17E-09	9,26E-08	1,48E-07	2,17E-09	9,26E-08	1,48E-07	7,76E-09	3,31E-07	5,30E-07
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	5,59E-09	2,39E-07	3,82E-07	5,59E-09	2,39E-07	3,82E-07			
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	9,94E-06	3,57E-05	4,28E-05	9,94E-06	3,57E-05	4,28E-05	9,99E-06	3,63E-05	4,37E-05
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	5,15E-08	6,34E-07	8,88E-07	5,15E-08	6,34E-07	8,88E-07			

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE RURAL CRIANÇA RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	3,60E-11	1,29E-09	3,36E-09	3,11E-10	1,12E-08	2,90E-08	6,66E-06	8,33E-05	1,56E-04
-	Arsênio V	2,75E-10	9,89E-09	2,56E-08						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	1,00E-09	1,25E-08	2,34E-08	8,66E-09	1,08E-07	2,02E-07			
-	Arsênio V	7,66E-09	9,57E-08	1,79E-07						
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	1,98E-07	2,47E-06	4,61E-06	1,98E-07	2,47E-06	4,61E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBERCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	5,10E-07	6,38E-06	1,19E-05	5,10E-07	6,38E-06	1,19E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	5,71E-07	7,13E-06	1,33E-05	5,71E-07	7,13E-06	1,33E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	5,38E-06	6,72E-05	1,25E-04	5,38E-06	6,72E-05	1,25E-04			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	2,38E-11	2,96E-09	8,78E-09	2,38E-11	2,96E-09	8,78E-09	8,85E-09	1,13E-07	2,15E-07
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	8,83E-09	1,10E-07	2,06E-07	8,83E-09	1,10E-07	2,06E-07			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	1,11E-09	1,38E-08	2,58E-08	1,52E-08	1,90E-07	3,54E-07	1,52E-08	1,90E-07	3,54E-07
-	Arsênio V	1,41E-08	1,76E-07	3,29E-07						
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	3,26E-10	4,52E-08	1,20E-07	3,26E-10	4,52E-08	1,20E-07	2,56E-09	3,55E-07	9,48E-07
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	2,24E-09	3,10E-07	8,27E-07	2,24E-09	3,10E-07	8,27E-07			
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	9,94E-07	1,24E-05	2,32E-05	9,94E-07	1,24E-05	2,32E-05	9,97E-07	1,25E-05	2,34E-05
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	2,38E-09	9,99E-08	2,22E-07	2,38E-09	9,99E-08	2,22E-07			

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	2,73E-10	3,52E-09	6,07E-09	2,36E-09	3,05E-08	5,25E-08	5,27E-05	2,27E-04	2,93E-04
-	Arsênio V	2,08E-09	2,69E-08	4,64E-08						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	5,01E-09	2,16E-08	2,79E-08	4,33E-08	1,87E-07	2,41E-07			
-	Arsênio V	3,83E-08	1,65E-07	2,13E-07						
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	3,95E-06	1,70E-05	2,20E-05	3,95E-06	1,70E-05	2,20E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBERCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	1,02E-05	4,39E-05	5,68E-05	1,02E-05	4,39E-05	5,68E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	8,97E-06	3,86E-05	4,99E-05	8,97E-06	3,86E-05	4,99E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	2,96E-05	1,27E-04	1,65E-04	2,96E-05	1,27E-04	1,65E-04			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,56E-09	2,57E-08	4,43E-08	1,56E-09	2,57E-08	4,43E-08	4,57E-08	2,16E-07	2,90E-07
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	4,41E-08	1,90E-07	2,46E-07	4,41E-08	1,90E-07	2,46E-07			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	6,63E-09	2,86E-08	3,69E-08	9,11E-08	3,92E-07	5,07E-07	9,11E-08	3,92E-07	5,07E-07
-	Arsênio V	8,45E-08	3,64E-07	4,70E-07						
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	4,34E-09	2,22E-07	3,83E-07	4,34E-09	2,22E-07	3,83E-07	1,55E-08	7,95E-07	1,37E-06
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	1,12E-08	5,73E-07	9,86E-07	1,12E-08	5,73E-07	9,86E-07			
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	1,99E-05	8,57E-05	1,11E-04	1,99E-05	8,57E-05	1,11E-04	2,00E-05	8,72E-05	1,13E-04
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	1,03E-07	1,52E-06	2,29E-06	1,03E-07	1,52E-06	2,29E-06			



QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO

**ÁREA ALVO 2 (AA2)
REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED)
TRAB. RURAL E COMERCIAL
RISCO CARCINOGENICO**

COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	5,12E-11	7,27E-10	1,10E-09	4,43E-10	6,29E-09	9,50E-09	1,00E-05	4,76E-05	5,75E-05
-	Arsênio V	3,91E-10	5,56E-09	8,40E-09						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	6,51E-10	3,08E-09	3,73E-09	5,63E-09	2,67E-08	3,22E-08			
-	Arsênio V	4,98E-09	2,36E-08	2,85E-08						
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	4,49E-07	2,13E-06	2,57E-06	4,49E-07	2,13E-06	2,57E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	1,12E-06	5,29E-06	6,39E-06	1,12E-06	5,29E-06	6,39E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	1,48E-06	7,02E-06	8,49E-06	1,48E-06	7,02E-06	8,49E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	6,99E-06	3,31E-05	4,00E-05	6,99E-06	3,31E-05	4,00E-05			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	4,23E-10	6,41E-09	9,68E-09	4,23E-10	6,41E-09	9,68E-09	6,16E-09	3,36E-08	4,25E-08
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		-	Arsênio V	5,74E-09	2,72E-08	3,28E-08	5,74E-09	2,72E-08	3,28E-08	
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	8,62E-10	4,08E-09	4,93E-09	1,18E-08	5,61E-08	6,77E-08	1,18E-08	5,61E-08	6,77E-08
-	Arsênio V	1,10E-08	5,20E-08	6,28E-08						
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,33E-07	3,95E-06	5,32E-06
CENÁRIO: INGESTÃO NA PESCA (PESCADOR)		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		-	Arsênio III	2,33E-07	3,95E-06	5,32E-06	2,33E-07	3,95E-06	5,32E-06	
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	2,59E-06	1,22E-05	1,48E-05	2,59E-06	1,22E-05	1,48E-05	2,59E-06	1,23E-05	1,49E-05
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		-	Arsênio III	3,63E-09	5,40E-08	7,27E-08	3,63E-09	5,40E-08	7,27E-08	

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) TRAB. OBRA CIVIL RISCO CARCINOGENICO		
								RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	2,00E-12	6,59E-11	8,79E-11	1,73E-11	5,70E-10	7,60E-10	9,26E-07	8,82E-06	1,02E-05
-	Arsênio V	1,53E-11	5,04E-10	6,72E-10						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio III	1,09E-10	1,03E-09	1,19E-09	9,38E-10	8,93E-09	1,03E-08			
-	Arsênio V	8,30E-10	7,90E-09	9,11E-09						
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	3,72E-07	3,54E-06	4,08E-06	3,72E-07	3,54E-06	4,08E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBERCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	3,55E-07	3,38E-06	3,90E-06	3,55E-07	3,38E-06	3,90E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	5,30E-08	5,04E-07	5,82E-07	5,30E-08	5,04E-07	5,82E-07			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,46E-07	1,39E-06	1,60E-06	1,46E-07	1,39E-06	1,60E-06			
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio V	1,88E-11	5,81E-10	7,74E-10	1,88E-11	5,81E-10	7,74E-10	9,75E-10	9,68E-09	1,13E-08
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	9,56E-10	9,10E-09	1,05E-08	9,56E-10	9,10E-09	1,05E-08			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio III	1,20E-10	1,14E-09	1,32E-09	1,64E-09	1,57E-08	1,81E-08	1,64E-09	1,57E-08	1,81E-08
-	Arsênio V	1,53E-09	1,45E-08	1,67E-08						
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio III	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio III	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00			
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio III	1,08E-07	1,03E-06	1,18E-06	1,08E-07	1,03E-06	1,18E-06	1,08E-07	1,04E-06	1,21E-06
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio III	6,05E-10	1,74E-08	2,33E-08	6,05E-10	1,74E-08	2,33E-08			

Tabela 109 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (RED)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE URBANO ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO		
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	7,83E-07	8,95E-06	1,35E-05	0,00E+00	1,17E-04	1,17E-04	0,00E+00	1,17E-04	0,00E+00	0,00E+00												
-	Arsênio V	5,98E-06	6,84E-05	1,03E-04																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	1,44E-05	5,16E-05	6,20E-05																			
-	Arsênio V	1,10E-04	3,95E-04	4,74E-04																			
7440-36-0	Antimônio	5,09E-03	1,83E-02	2,19E-02	5,21E-01	5,21E-01	3,78E-01	0,00E+00	5,21E-01	2,27E-01	7,48E-01	6,71E-01	7,47E-01	7,48E-01	5,21E-01	0,00E+00	0,00E+00	5,21E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,27E-01	
7440-48-4	Cobalto	5,26E-02	1,89E-01	2,27E-01																			
7439-89-6	Ferro	1,21E-01	4,34E-01	5,21E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	3,50E-02	1,25E-01	1,51E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	9,22E-03	3,31E-02	3,97E-02																			
7429-90-5	Alumínio	5,74E-04	2,06E-03	2,47E-03	4,52E-02	4,27E-02	7,21E-02	2,47E-03	4,57E-02	0,00E+00	4,57E-02	3,79E-02	3,01E-03	4,27E-02	3,01E-03	0,00E+00	2,47E-03	6,03E-03	3,02E-03	2,47E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	7,01E-04	2,52E-03	3,02E-03																			
7439-89-6	Ferro	7,00E-04	2,51E-03	3,01E-03																			
7439-96-5-B	Manganês	7,51E-03	2,70E-02	3,24E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,39E-02	8,57E-02	1,03E-01																			
7429-90-5	Alumínio	1,73E-01	6,21E-01	7,45E-01	1,27E+00	5,28E-01	2,60E-01	7,45E-01	5,41E-01	0,00E+00	5,41E-01	1,33E+00	4,25E-01	5,28E-01	4,25E-01	0,00E+00	7,45E-01	4,38E-01	1,27E-02	7,45E-01	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	2,95E-03	1,06E-02	1,27E-02																			
7439-89-6	Ferro	9,87E-02	3,54E-01	4,25E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	3,65E-02	1,31E-01	1,57E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,11E-02	7,56E-02	9,07E-02																			
7429-90-5	Alumínio	1,97E-03	7,08E-03	8,50E-03	1,14E-01	1,05E-01	1,76E-01	8,50E-03	1,11E-01	0,00E+00	1,11E-01	1,08E-01	1,47E-02	1,05E-01	1,47E-02	0,00E+00	8,50E-03	2,00E-02	5,31E-03	8,50E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,23E-03	4,43E-03	5,31E-03																			
7439-89-6	Ferro	3,41E-03	1,22E-02	1,47E-02																			
7439-96-5-B	Manganês	1,97E-02	7,08E-02	8,49E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	8,49E-02	3,05E-01	3,66E-01	3,66E-01	3,66E-01	3,66E-01	0,00E+00	3,66E-01	0,00E+00	3,66E-01	0,00E+00	0,00E+00	3,66E-01	0,00E+00	0,00E+00							

Tabela 109 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (RED)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE URBANO ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO		
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	4,48E-06	6,10E-05	9,85E-05	0,00E+00	9,85E-05	9,85E-05	0,00E+00	9,85E-05	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,27E-04	4,55E-04	5,46E-04																			
7429-90-5	Alumínio	2,43E-03	8,74E-03	1,05E-02																			
7440-36-0	Antimônio	5,86E-03	2,11E-02	2,53E-02																			
7440-39-3	Bário	1,02E-03	3,67E-03	4,40E-03	8,90E-01	8,79E-01	4,07E-01	1,05E-02	8,84E-01	3,58E-02	1,01E+00	1,26E+00	9,15E-01	9,15E-01	8,79E-01	0,00E+00	1,05E-02	8,83E-01	4,40E-03	1,05E-02	0,00E+00	3,58E-02	
7440-48-4	Cobalto	8,32E-03	2,99E-02	3,58E-02																			
7439-89-6	Ferro	2,04E-01	7,32E-01	8,79E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	8,60E-02	3,09E-01	3,71E-01																			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																							
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	1,90E-05	6,84E-05	8,20E-05																			
-	Arsênio V	2,42E-04	8,70E-04	1,04E-03	1,13E-03	1,13E-03	1,13E-03	0,00E+00	1,13E-03	0,00E+00	1,13E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-03	0,00E+00	0,00E+00							
7440-36-0	Antimônio	4,80E-03	1,72E-02	2,07E-02																			
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
7440-50-8	Cobre	1,56E-07	1,95E-05	5,78E-05	0,00E+00	5,78E-05	0,00E+00	5,78E-05	5,78E-05	5,78E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,78E-05	5,78E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
7440-50-8	Cobre	1,07E-06	1,34E-04	3,97E-04	0,00E+00	3,97E-04	0,00E+00	3,97E-04	3,97E-04	3,97E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,97E-04	3,97E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	1,25E-05	5,32E-04	8,50E-04																			
7440-39-3	Bário	4,78E-06	2,04E-04	3,26E-04	0,00E+00	8,50E-04	8,50E-04	5,15E-05	1,18E-03	0,00E+00	3,26E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,26E-04	3,26E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7440-66-6	Zinco	1,39E-07	1,74E-05	5,15E-05																			
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	3,21E-05	1,37E-03	2,19E-03																			
7440-39-3	Bário	8,62E-07	3,68E-05	5,88E-05	0,00E+00	2,19E-03	2,19E-03	5,90E-04	2,25E-03	0,00E+00	5,88E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,88E-05	5,88E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7440-66-6	Zinco	1,59E-06	1,99E-04	5,90E-04																			
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)																							
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	5,71E-02	2,05E-01	2,46E-01	2,46E-01	2,46E-01	2,46E-01	0,00E+00	2,46E-01	0,00E+00	2,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,46E-01	0,00E+00	0,00E+00							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	2,96E-04	3,64E-03	5,10E-03	0,00E+00	5,10E-03	5,10E-03	0,00E+00	5,10E-03	0,00E+00	0,00E+00												

Tabela 109 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (RED)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																				ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO	
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	1,03E-06	3,72E-05	9,63E-05	0,00E+00	8,32E-04	8,32E-04	0,00E+00	8,32E-04	0,00E+00													
-	Arsênio V	7,89E-06	2,84E-04	7,36E-04																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	2,88E-05	3,60E-04	6,71E-04																			
-	Arsênio V	2,20E-04	2,75E-03	5,13E-03																			
7440-36-0	Antimônio	1,02E-02	1,27E-01	2,38E-01	5,65E+00	5,65E+00	4,09E+00	0,00E+00	5,65E+00	2,46E+00	8,10E+00	7,27E+00	8,10E+00	8,10E+00	5,64E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,64E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,46E+00	
7440-48-4	Cobalto	1,05E-01	1,32E+00	2,46E+00																			
7439-89-6	Ferro	2,42E-01	3,02E+00	5,64E+00																			
7439-96-5-B	Manganês	6,99E-02	8,74E-01	1,63E+00																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	4,96E-03	6,20E-02	1,16E-01																			
7429-90-5	Alumínio	3,09E-04	3,87E-03	7,22E-03	1,32E-01	1,25E-01	2,10E-01	7,22E-03	1,33E-01	0,00E+00	1,33E-01	1,10E-01	8,79E-03	1,25E-01	8,79E-03	0,00E+00	7,22E-03	1,76E-02	8,81E-03	7,22E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	3,78E-04	4,72E-03	8,81E-03																			
7439-89-6	Ferro	3,77E-04	4,71E-03	8,79E-03																			
7439-96-5-B	Manganês	4,05E-03	5,06E-02	9,44E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,23E-02	1,54E-01	2,88E-01																			
7429-90-5	Alumínio	8,93E-02	1,12E+00	2,08E+00	3,56E+00	1,48E+00	7,28E-01	2,08E+00	1,51E+00	0,00E+00	1,51E+00	3,71E+00	1,19E+00	1,48E+00	1,19E+00	0,00E+00	2,08E+00	1,22E+00	3,55E-02	2,08E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,52E-03	1,90E-02	3,55E-02																			
7439-89-6	Ferro	5,10E-02	6,37E-01	1,19E+00																			
7439-96-5-B	Manganês	1,89E-02	2,36E-01	4,40E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,17E-02	1,46E-01	2,73E-01																			
7429-90-5	Alumínio	1,10E-03	1,37E-02	2,56E-02	3,43E-01	3,17E-01	5,29E-01	2,56E-02	3,33E-01	0,00E+00	3,33E-01	3,25E-01	4,42E-02	3,17E-01	4,42E-02	0,00E+00	2,56E-02	6,02E-02	1,60E-02	2,56E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	6,85E-04	8,56E-03	1,60E-02																			
7439-89-6	Ferro	1,90E-03	2,37E-02	4,42E-02																			
7439-96-5-B	Manganês	1,10E-02	1,37E-01	2,56E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,54E-01	1,93E+00	3,60E+00	3,60E+00	3,60E+00	3,60E+00	0,00E+00	3,60E+00	0,00E+00	3,60E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,60E+00	0,00E+00								

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO			
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																						
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	6,82E-07	8,18E-05	2,52E-04	0,00E+00	2,52E-04	2,52E-04	0,00E+00	2,52E-04	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	2,53E-04	3,17E-03	5,91E-03																				
7429-90-5	Alumínio	4,87E-03	6,09E-02	1,14E-01																				
7440-36-0	Antimônio	1,17E-02	1,47E-01	2,74E-01																				
7440-39-3	Bário	2,04E-03	2,56E-02	4,77E-02	9,64E+00	9,53E+00	4,41E+00	1,14E-01	9,57E+00	3,88E-01	9,96E+00	1,36E+01	9,91E+00	9,91E+00	9,61E+00	0,00E+00	1,14E-01	9,57E+00	4,77E-02	1,14E-01	0,00E+00	3,88E-01		
7440-48-4	Cobalto	1,66E-02	2,08E-01	3,88E-01																				
7439-89-6	Ferro	4,08E-01	5,10E+00	9,52E+00																				
7439-96-5-B	Manganês	1,72E-01	2,15E+00	4,02E+00																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																								
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	3,17E-05	3,97E-04	7,40E-04																				
-	Arsênio V	4,04E-04	5,05E-03	9,43E-03	1,02E-02	1,02E-02	1,02E-02	0,00E+00	1,02E-02	0,00E+00	1,02E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,02E-02	0,00E+00	0,00E+00								
7440-36-0	Antimônio	8,01E-03	1,00E-01	1,87E-01																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-50-8	Cobre	2,08E-07	8,89E-06	1,42E-05	0,00E+00	1,42E-05	0,00E+00	1,42E-05	1,42E-05	1,42E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,42E-05	1,42E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-50-8	Cobre	1,07E-06	1,34E-04	3,97E-04	0,00E+00	3,97E-04	0,00E+00	3,97E-04	3,97E-04	3,97E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,97E-04	3,97E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	9,35E-06	1,17E-03	3,46E-03																				
7440-39-3	Bário	3,59E-06	4,48E-04	1,33E-03	0,00E+00	3,46E-03	3,46E-03	1,27E-05	4,78E-03	0,00E+00	1,33E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-03	1,33E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-66-6	Zinco	1,86E-07	7,92E-06	1,27E-05																				
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	6,42E-05	8,01E-03	2,37E-02																				
7440-39-3	Bário	1,72E-06	2,15E-04	6,38E-04	0,00E+00	2,37E-02	2,37E-02	5,44E-05	2,44E-02	0,00E+00	6,38E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,38E-04	6,38E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-66-6	Zinco	7,97E-07	3,40E-05	5,44E-05																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	2,85E-02	3,57E-01	6,66E-01	6,66E-01	6,66E-01	6,66E-01	0,00E+00	6,66E-01	0,00E+00	6,66E-01	0,00E+00	0,00E+00	6,66E-01	0,00E+00	0,00E+00								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	6,83E-05	2,87E-03	6,37E-03	0,00E+00	6,37E-03	6,37E-03	0,00E+00	6,37E-03	0,00E+00	0,00E+00													

Tabela 109 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (RED)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																				ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE RURAL CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO	
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	1,03E-06	3,72E-05	9,63E-05	0,00E+00	8,32E-04	8,32E-04	0,00E+00	8,32E-04	0,00E+00													
-	Arsênio V	7,89E-06	2,84E-04	7,36E-04																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	2,88E-05	3,60E-04	6,71E-04																			
-	Arsênio V	2,20E-04	2,75E-03	5,13E-03																			
7440-36-0	Antimônio	1,02E-02	1,27E-01	2,38E-01	5,65E+00	5,65E+00	4,09E+00	6,28E-01	5,65E+00	2,46E+00	8,10E+00	7,90E+00	8,10E+00	8,10E+00	5,64E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,64E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,46E+00	
7440-48-4	Cobalto	1,05E-01	1,32E+00	2,46E+00																			
7439-89-6	Ferro	2,42E-01	3,02E+00	5,64E+00																			
7439-96-5-B	Manganês	6,99E-02	8,74E-01	1,63E+00																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	5,67E-03	7,09E-02	1,32E-01																			
7429-90-5	Alumínio	3,53E-04	4,42E-03	8,25E-03	1,51E-01	1,42E-01	2,40E-01	8,25E-03	1,52E-01	0,00E+00	1,52E-01	1,26E-01	1,00E-02	1,42E-01	1,00E-02	0,00E+00	8,25E-03	2,01E-02	1,01E-02	8,25E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	4,32E-04	5,39E-03	1,01E-02																			
7439-89-6	Ferro	4,31E-04	5,38E-03	1,00E-02																			
7439-96-5-B	Manganês	4,62E-03	5,78E-02	1,08E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,46E-02	1,83E-01	3,42E-01																			
7429-90-5	Alumínio	1,06E-01	1,33E+00	2,47E+00	4,23E+00	1,75E+00	8,64E-01	2,47E+00	1,80E+00	0,00E+00	1,80E+00	4,41E+00	1,41E+00	1,75E+00	1,41E+00	0,00E+00	2,47E+00	1,45E+00	4,21E-02	2,47E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,81E-03	2,26E-02	4,21E-02																			
7439-89-6	Ferro	6,05E-02	7,56E-01	1,41E+00																			
7439-96-5-B	Manganês	2,24E-02	2,80E-01	5,23E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,64E-02	2,05E-01	3,82E-01																			
7429-90-5	Alumínio	1,53E-03	1,92E-02	3,58E-02	4,80E-01	4,44E-01	7,40E-01	3,58E-02	4,67E-01	0,00E+00	4,67E-01	4,55E-01	6,19E-02	4,44E-01	6,19E-02	0,00E+00	3,58E-02	8,43E-02	2,24E-02	3,58E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	9,59E-04	1,20E-02	2,24E-02																			
7439-89-6	Ferro	2,65E-03	3,32E-02	6,19E-02																			
7439-96-5-B	Manganês	1,53E-02	1,92E-01	3,58E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,54E-01	1,93E+00	3,60E+00	3,60E+00	3,60E+00	3,60E+00	0,00E+00	3,60E+00	0,00E+00	3,60E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,60E+00	0,00E+00								

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE RURAL CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO			
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																						
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	6,82E-07	8,51E-05	2,52E-04	0,00E+00	2,52E-04	2,52E-04	0,00E+00	2,52E-04	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	2,53E-04	3,17E-03	5,91E-03																				
7429-90-5	Alumínio	4,87E-03	6,09E-02	1,14E-01																				
7440-36-0	Antimônio	1,17E-02	1,47E-01	2,74E-01																				
7440-39-3	Bário	2,04E-03	2,56E-02	4,77E-02	9,64E+00	1,05E+01	4,41E+00	1,14E-01	9,57E+00	4,73E-01	9,96E+00	1,36E+01	9,91E+00	9,91E+00	9,52E+00	0,00E+00	1,14E-01	9,57E+00	4,77E-02	1,14E-01	0,00E+00	3,88E-01		
7440-48-4	Cobalto	1,66E-02	2,08E-01	3,88E-01																				
7439-89-6	Ferro	4,08E-01	5,10E+00	9,52E+00																				
7439-96-5-B	Manganês	1,72E-01	2,15E+00	4,02E+00																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																								
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	3,17E-05	3,97E-04	7,40E-04																				
-	Arsênio V	4,04E-04	5,05E-03	9,43E-03	1,02E-02	1,02E-02	1,02E-02	0,00E+00	1,02E-02	0,00E+00	1,02E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,02E-02	0,00E+00	0,00E+00								
7440-36-0	Antimônio	8,01E-03	1,00E-01	1,87E-01																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-50-8	Cobre	1,56E-07	2,17E-05	5,78E-05	0,00E+00	5,78E-05	0,00E+00	5,78E-05	5,78E-05	5,78E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,78E-05	5,78E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-50-8	Cobre	1,07E-06	1,34E-04	3,97E-04	0,00E+00	3,97E-04	0,00E+00	3,97E-04	3,97E-04	3,97E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,97E-04	3,97E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	9,35E-06	1,30E-03	3,46E-03																				
7440-39-3	Bário	3,59E-06	4,97E-04	1,33E-03	0,00E+00	3,46E-03	3,46E-03	5,15E-05	4,78E-03	0,00E+00	1,33E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-03	1,33E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-66-6	Zinco	1,39E-07	1,93E-05	5,15E-05																				
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	6,42E-05	8,90E-03	2,37E-02																				
7440-39-3	Bário	1,72E-06	2,39E-04	6,38E-04	0,00E+00	2,37E-02	2,37E-02	5,90E-04	2,44E-02	0,00E+00	6,38E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,38E-04	6,38E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-66-6	Zinco	1,59E-06	2,21E-04	5,90E-04																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	2,85E-02	3,57E-01	6,66E-01	6,66E-01	6,66E-01	6,66E-01	0,00E+00	6,66E-01	0,00E+00	6,66E-01	0,00E+00	0,00E+00	6,66E-01	0,00E+00	0,00E+00								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	6,83E-05	2,87E-03	6,37E-03	0,00E+00	6,37E-03	6,37E-03	0,00E+00	6,37E-03	0,00E+00	0,00E+00													

			QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																		ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO			
			SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	6,06E-07	7,83E-06	1,35E-05	0,00E+00	1,17E-04	1,17E-04	0,00E+00	1,17E-04	0,00E+00	0,00E+00													
-	Arsênio V	4,63E-06	5,99E-05	1,03E-04																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	1,11E-05	4,80E-05	6,20E-05																				
-	Arsênio V	8,51E-05	3,67E-04	4,74E-04																				
7440-36-0	Antimônio	3,94E-03	1,70E-02	2,19E-02	5,21E-01	5,21E-01	3,78E-01	0,00E+00	5,21E-01	2,27E-01	7,48E-01	6,71E-01	7,47E-01	7,48E-01	5,30E-01	0,00E+00	5,80E-02	5,21E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,27E-01		
7440-48-4	Cobalto	4,07E-02	1,76E-01	2,27E-01																				
7439-89-6	Ferro	9,36E-02	4,03E-01	5,21E-01																				
7439-96-5-B	Manganês	2,71E-02	1,17E-01	1,51E-01																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	8,78E-03	3,78E-02	4,89E-02																				
7429-90-5	Alumínio	5,47E-04	2,36E-03	3,04E-03	5,56E-02	5,26E-02	8,87E-02	3,04E-03	5,63E-02	0,00E+00	5,63E-02	4,66E-02	3,71E-03	5,26E-02	3,71E-03	0,00E+00	3,04E-03	7,43E-03	3,72E-03	3,04E-03	0,00E+00	0,00E+00		
7440-39-3	Bário	6,68E-04	2,88E-03	3,72E-03																				
7439-89-6	Ferro	6,67E-04	2,87E-03	3,71E-03																				
7439-96-5-B	Manganês	7,16E-03	3,08E-02	3,98E-02																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,27E-02	9,77E-02	1,26E-01																				
7429-90-5	Alumínio	1,64E-01	7,07E-01	9,14E-01	1,56E+00	6,47E-01	3,19E-01	9,14E-01	6,63E-01	0,00E+00	6,63E-01	1,63E+00	5,21E-01	6,47E-01	5,21E-01	0,00E+00	9,14E-01	5,37E-01	1,56E-02	9,14E-01	0,00E+00	0,00E+00		
7440-39-3	Bário	2,80E-03	1,20E-02	1,56E-02																				
7439-89-6	Ferro	9,37E-02	4,04E-01	5,21E-01																				
7439-96-5-B	Manganês	3,47E-02	1,49E-01	1,93E-01																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,99E-02	8,58E-02	1,11E-01																				
7429-90-5	Alumínio	1,87E-03	8,04E-03	1,04E-02	1,39E-01	1,29E-01	2,15E-01	1,04E-02	1,35E-01	0,00E+00	1,35E-01	1,32E-01	1,80E-02	1,29E-01	1,80E-02	0,00E+00	1,04E-02	2,45E-02	6,49E-03	1,04E-02	0,00E+00	0,00E+00		
7440-39-3	Bário	1,17E-03	5,03E-03	6,49E-03																				
7439-89-6	Ferro	3,23E-03	1,39E-02	1,80E-02																				
7439-96-5-B	Manganês	1,87E-02	8,04E-02	1,04E-01																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	6,57E-02	2,83E-01	3,66E-01	3,66E-01	3,66E-01	3,66E-01	0,00E+00	3,66E-01	0,00E+00	3,66E-01	0,00E+00	0,00E+00	3,66E-01	0,00E+00	0,00E+00								

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO			
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																						
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	3,47E-06	5,72E-05	9,85E-05	0,00E+00	9,85E-05	9,85E-05	0,00E+00	9,85E-05	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	9,81E-05	4,23E-04	5,46E-04																				
7429-90-5	Alumínio	1,89E-03	8,12E-03	1,05E-02																				
7440-36-0	Antimônio	4,54E-03	1,96E-02	2,53E-02																				
7440-39-3	Bário	7,91E-04	3,41E-03	4,40E-03	8,90E-01	8,79E-01	4,07E-01	1,05E-02	8,84E-01	3,58E-02	9,20E-01	1,26E+00	9,15E-01	9,15E-01	8,79E-01	0,00E+00	1,05E-02	8,83E-01	4,40E-03	1,05E-02	0,00E+00	3,58E-02		
7440-48-4	Cobalto	6,44E-03	2,78E-02	3,58E-02																				
7439-89-6	Ferro	1,58E-01	6,80E-01	8,79E-01																				
7439-96-5-B	Manganês	6,66E-02	2,87E-01	3,71E-01																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																								
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	1,47E-05	6,35E-05	8,20E-05																				
-	Arsênio V	1,88E-04	8,09E-04	1,04E-03	1,13E-03	1,13E-03	1,13E-03	0,00E+00	1,13E-03	0,00E+00	1,13E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,18E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-36-0	Antimônio	3,72E-03	1,60E-02	2,07E-02																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-50-8	Cobre	1,61E-07	8,26E-06	1,42E-05	0,00E+00	1,42E-05	0,00E+00	1,42E-05	1,42E-05	1,42E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,42E-05	1,42E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-50-8	Cobre	1,07E-06	1,34E-04	3,97E-04	0,00E+00	3,97E-04	0,00E+00	3,97E-04	3,97E-04	3,97E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,97E-04	3,97E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	9,64E-06	4,94E-04	8,50E-04																				
7440-39-3	Bário	3,70E-06	1,89E-04	3,26E-04	0,00E+00	8,50E-04	8,50E-04	1,27E-05	1,18E-03	0,00E+00	3,26E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,26E-04	3,26E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-66-6	Zinco	1,44E-07	7,36E-06	1,27E-05																				
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	2,49E-05	1,27E-03	2,19E-03																				
7440-39-3	Bário	6,67E-07	3,42E-05	5,88E-05	0,00E+00	2,19E-03	2,19E-03	5,44E-05	2,25E-03	0,00E+00	5,88E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,88E-05	5,88E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-66-6	Zinco	6,17E-07	3,16E-05	5,44E-05																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	4,42E-02	1,90E-01	2,46E-01	2,46E-01	2,46E-01	2,46E-01	0,00E+00	2,46E-01	0,00E+00	2,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,46E-01	0,00E+00	0,00E+00								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	2,29E-04	3,38E-03	5,10E-03	0,00E+00	5,10E-03	5,10E-03	0,00E+00	5,10E-03	0,00E+00	0,00E+00													



QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO

ÁREA ALVO 2 (AA2)
REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED)
TRAB. RURAL E COMERCIAL
RISCO NÃO CARCINOGENICO

SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular

COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	3,53E-07	5,01E-06	7,57E-06	0,00E+00	6,54E-05	6,54E-05	0,00E+00	6,54E-05	0,00E+00													
-	Arsênio V	2,70E-06	3,83E-05	5,78E-05																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	4,49E-06	2,12E-05	2,57E-05	2,16E-01	2,16E-01	1,57E-01	0,00E+00	2,16E-01	9,39E-02	3,10E-01	2,78E-01	3,10E-01	3,10E-01	2,16E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,16E-01	4,43E-04	0,00E+00	0,00E+00	9,39E-02	
-	Arsênio V	3,43E-05	1,62E-04	1,96E-04																			
7440-36-0	Antimônio	1,59E-03	7,52E-03	9,09E-03																			
7440-48-4	Cobalto	1,64E-02	7,77E-02	9,39E-02																			
7439-89-6	Ferro	3,77E-02	1,78E-01	2,16E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	1,09E-02	5,16E-02	6,24E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,10E-03	1,47E-02	1,77E-02	2,02E-02	1,91E-02	3,22E-02	1,10E-03	2,04E-02	0,00E+00	2,04E-02	1,69E-02	1,34E-03	1,91E-02	1,34E-03	0,00E+00	1,10E-03	2,69E-03	1,35E-03	1,10E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7429-90-5	Alumínio	1,93E-04	9,13E-04	1,10E-03																			
7440-39-3	Bário	2,36E-04	1,12E-03	1,35E-03																			
7439-89-6	Ferro	2,35E-04	1,11E-03	1,34E-03																			
7439-96-5-B	Manganês	2,52E-03	1,19E-02	1,44E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	7,69E-03	3,64E-02	4,40E-02	5,45E-01	2,26E-01	1,11E-01	3,19E-01	2,31E-01	0,00E+00	2,31E-01	5,68E-01	1,82E-01	2,26E-01	1,82E-01	0,00E+00	3,19E-01	1,87E-01	5,43E-03	3,19E-01	0,00E+00	0,00E+00	
7429-90-5	Alumínio	5,57E-02	2,64E-01	3,19E-01																			
7440-39-3	Bário	9,49E-04	4,49E-03	5,43E-03																			
7439-89-6	Ferro	3,18E-02	1,51E-01	1,82E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	1,18E-02	5,57E-02	6,73E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,02E-02	4,84E-02	5,85E-02	7,34E-02	6,79E-02	1,13E-01	5,48E-03	7,14E-02	0,00E+00	7,14E-02	6,97E-02	9,47E-03	6,79E-02	9,47E-03	0,00E+00	5,48E-03	1,29E-02	3,42E-03	5,48E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7429-90-5	Alumínio	9,57E-04	4,53E-03	5,48E-03																			
7440-39-3	Bário	5,98E-04	2,83E-03	3,42E-03																			
7439-89-6	Ferro	1,66E-03	7,84E-03	9,47E-03																			
7439-96-5-B	Manganês	9,57E-03	4,53E-02	5,47E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	4,82E-02	2,28E-01	2,75E-01	2,75E-01	2,75E-01	2,75E-01	0,00E+00	2,75E-01	0,00E+00	2,75E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,75E-01	0,00E+00								



QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO

ÁREA ALVO 2 (AA2)
REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED)
TRAB. RURAL E COMERCIAL
RISCO NÃO CARCINOGENICO

SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular

COMPARTIMENTO: SEDIMENTO

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,91E-06	4,41E-05	6,67E-05	0,00E+00	6,67E-05	6,67E-05	0,00E+00	6,67E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,95E-05	1,87E-04	2,26E-04																			
7429-90-5	Alumínio	7,60E-04	3,60E-03	4,35E-03																			
7440-36-0	Antimônio	1,83E-03	8,66E-03	1,05E-02																			
7440-39-3	Bário	3,19E-04	1,51E-03	1,82E-03	3,69E-01	3,64E-01	1,69E-01	4,35E-03	3,66E-01	1,49E-02	3,81E-01	5,22E-01	3,79E-01	3,79E-01	3,64E-01	0,00E+00	4,35E-03	3,66E-01	1,82E-03	4,35E-03	0,00E+00	1,49E-02	
7440-48-4	Cobalto	2,60E-03	1,23E-02	1,49E-02																			
7439-89-6	Ferro	6,37E-02	3,01E-01	3,64E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	2,68E-02	1,27E-01	1,54E-01																			

COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR

CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	5,94E-06	2,81E-05	3,40E-05																			
-	Arsênio V	7,56E-05	3,58E-04	4,33E-04	4,67E-04	4,67E-04	4,67E-04	0,00E+00	4,67E-04	0,00E+00	4,67E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,67E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-36-0	Antimônio	1,50E-03	7,09E-03	8,57E-03																			

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
7440-50-8	Cobre	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
7440-50-8	Cobre	1,07E-06	1,34E-04	3,97E-04	0,00E+00	3,97E-04	0,00E+00	3,97E-04	3,97E-04	3,97E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,97E-04	3,97E-04	0,00E+00							

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-39-3	Bário	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-66-6	Zinco	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00																			
CENÁRIO: INGESTÃO NA PESCA (PESCADOR)		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	1,60E-03	2,72E-02	3,67E-02	0,00E+00	3,67E-02	3,67E-02	9,11E-04	3,77E-02	0,00E+00	9,85E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,85E-04	9,85E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-39-3	Bário	4,30E-05	7,31E-04	9,85E-04																			
7440-66-6	Zinco	3,98E-05	6,76E-04	9,11E-04																			

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)

CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	1,78E-02	8,43E-02	1,02E-01	1,02E-01	1,02E-01	1,02E-01	0,00E+00	1,02E-01	0,00E+00	1,02E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,02E-01	0,00E+00								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	2,50E-05	3,72E-04	5,01E-04	0,00E+00	5,01E-04	5,01E-04	0,00E+00	5,01E-04	0,00E+00													

Tabela 109 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (RED)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) TRAB. OBRA CIVIL RISCO NÃO CARCINOGENICO		
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	1,72E-07	5,68E-06	7,57E-06	0,00E+00	6,54E-05	6,54E-05	0,00E+00	6,54E-05	0,00E+00	0,00E+00												
-	Arsênio V	1,32E-06	4,34E-05	5,78E-05																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	9,35E-06	8,90E-05	1,03E-04																			
-	Arsênio V	7,15E-05	6,80E-04	7,85E-04																			
7440-36-0	Antimônio	3,31E-03	3,15E-02	3,64E-02	8,64E-01	8,64E-01	6,26E-01	0,00E+00	8,64E-01	3,76E-01	1,24E+00	1,11E+00	1,24E+00	1,24E+00	8,63E-01	0,00E+00	9,61E-02	8,63E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,76E-01	
7440-48-4	Cobalto	3,42E-02	3,26E-01	3,76E-01																			
7439-89-6	Ferro	7,85E-02	7,48E-01	8,63E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	2,27E-02	2,16E-01	2,50E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,20E-02	3,05E-01	3,52E-01																			
7429-90-5	Alumínio	2,00E-03	1,90E-02	2,19E-02	4,00E-01	3,78E-01	6,38E-01	2,19E-02	4,05E-01	0,00E+00	4,05E-01	3,35E-01	2,67E-02	3,78E-01	2,67E-02	0,00E+00	2,19E-02	5,35E-02	2,68E-02	2,19E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	2,44E-03	2,32E-02	2,68E-02																			
7439-89-6	Ferro	2,43E-03	2,31E-02	2,67E-02																			
7439-96-5-B	Manganês	2,61E-02	2,48E-01	2,87E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,06E-02	2,91E-01	3,36E-01																			
7429-90-5	Alumínio	2,21E-01	2,11E+00	2,43E+00	4,15E+00	1,72E+00	8,49E-01	2,43E+00	1,76E+00	0,00E+00	1,76E+00	4,33E+00	1,39E+00	1,72E+00	1,39E+00	0,00E+00	2,43E+00	1,43E+00	4,14E-02	2,43E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	3,77E-03	3,59E-02	4,14E-02																			
7439-89-6	Ferro	1,26E-01	1,20E+00	1,39E+00																			
7439-96-5-B	Manganês	4,67E-02	4,45E-01	5,13E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	4,56E-03	4,34E-02	5,01E-02																			
7429-90-5	Alumínio	4,27E-04	4,07E-03	4,69E-03	6,29E-02	5,82E-02	9,70E-02	4,69E-03	6,12E-02	0,00E+00	6,12E-02	5,97E-02	8,12E-03	5,82E-02	8,12E-03	0,00E+00	4,69E-03	1,11E-02	2,93E-03	4,69E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	2,67E-04	2,54E-03	2,93E-03																			
7439-89-6	Ferro	7,39E-04	7,04E-03	8,12E-03																			
7439-96-5-B	Manganês	4,27E-03	4,07E-02	4,69E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,25E-02	1,19E-01	1,38E-01	1,38E-01	1,38E-01	1,38E-01	0,00E+00	1,38E-01	0,00E+00	1,38E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,38E-01	0,00E+00	0,00E+00							

Tabela 109 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-2 (RED)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 2 (AA2) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) TRAB. OBRA CIVIL RISCO NÃO CARCINOGENICO			
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																						
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	1,62E-06	5,00E-05	6,67E-05	0,00E+00	6,67E-05	6,67E-05	0,00E+00	6,67E-05	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	8,24E-05	7,84E-04	9,05E-04																				
7429-90-5	Alumínio	1,58E-03	1,51E-02	1,74E-02																				
7440-36-0	Antimônio	3,81E-03	3,63E-02	4,19E-02																				
7440-39-3	Bário	6,64E-04	6,32E-03	7,30E-03	1,47E+00	1,46E+00	6,75E-01	1,74E-02	1,46E+00	5,94E-02	1,52E+00	2,09E+00	1,52E+00	1,52E+00	1,46E+00	0,00E+00	1,74E-02	1,46E+00	7,30E-03	1,74E-02	0,00E+00	5,94E-02		
7440-48-4	Cobalto	5,41E-03	5,15E-02	5,94E-02																				
7439-89-6	Ferro	1,33E-01	1,26E+00	1,46E+00																				
7439-96-5-B	Manganês	5,59E-02	5,32E-01	6,14E-01																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																								
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	1,03E-05	9,82E-05	1,13E-04																				
-	Arsênio V	1,31E-04	1,25E-03	1,44E-03	1,56E-03	1,56E-03	1,56E-03	0,00E+00	1,56E-03	0,00E+00	1,56E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,56E-03	0,00E+00	0,00E+00								
7440-36-0	Antimônio	2,60E-03	2,48E-02	2,86E-02																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-50-8	Cobre	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-50-8	Cobre	1,07E-06	1,34E-04	3,97E-04	0,00E+00	3,97E-04	0,00E+00	3,97E-04	3,97E-04	3,97E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,97E-04	3,97E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-39-3	Bário	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-66-6	Zinco	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-39-3	Bário	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-66-6	Zinco	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	9,28E-03	8,83E-02	1,02E-01	1,02E-01	1,02E-01	1,02E-01	0,00E+00	1,02E-01	0,00E+00	1,02E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,02E-01	0,00E+00	0,00E+00								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	5,21E-05	1,50E-03	2,00E-03	0,00E+00	2,00E-03	2,00E-03	0,00E+00	2,00E-03	0,00E+00	0,00E+00													

10.4.4.6. AA-3 (RNE)

Conforme apresentado na **Tabela 110**, têm-se:

10.4.4.6.1. RECEPTOR URBANO E RURAL (CRIANÇA)

Para estes receptores foram identificados riscos não carcinogênicos totais nos compartimentos solo superficial, poeira domiciliar e água subterrânea (dissolvidos).

Os cenários que apresentaram risco não carcinogênico para solo superficial foram os de ingestão de partículas (Cobalto e Manganês) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, sistema imune (SI), CV, pulmões, pele, olhos, fígado, rins e adrenais; e cenários de ingestão de tubérculos (Arsênio) no *endpoint* SN, SS, SRv, SGI, CV e olhos; ingestão de hortaliças no *endpoint* pulmões; ingestão de leite (Arsênio V e MMA) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV e olhos.

O cenário que apresentou risco não carcinogênico para poeira domiciliar foi o de ingestão de partículas (Ferro) nos *endpoints* SN, SS, SGI, CV, pulmões, pele, olhos, fígado e rins.

O cenário que apresentou risco não carcinogênico para água subterrânea (dissolvidos) foi o de ingestão (Arsênio III) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV e olhos.

Referente à carcinogenicidade, para estes receptores foram identificados riscos carcinogênicos totais nos compartimentos solo superficial e água subterrânea (dissolvido).

Os cenários que apresentaram risco carcinogênico para solo superficial foram os cenários de ingestão de tubérculos (Arsênio) e leite (Arsênio V e MMA).

O cenário que apresentou risco carcinogênico para água subterrânea (dissolvido) foi o de ingestão (Arsênio III).

10.4.4.6.2. RECEPTOR URBANO E RURAL (ADULTO)

Para estes receptores foram identificados riscos não carcinogênicos totais nos compartimentos solo superficial, no cenário de ingestão de partículas nos *endpoints* SRv e CV (apenas adultos urbanos), e ingestão de tubérculos (Arsênio) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV e olhos.

Referente à carcinogenicidade, para estes receptores foram identificados riscos carcinogênicos totais nos compartimentos solo superficial e água subterrânea (dissolvido) para cenários diferentes.

Para receptores adultos urbanos, os cenários que apresentaram risco carcinogênico para solo superficial foram os de ingestão de tubérculos (Arsênio), frutas (Arsênio MMA) e leite (Arsênio V e MMA). Para receptores adultos rurais, os cenários de risco são o de ingestão de hortaliças (Arsênio MMA), tubérculos (Arsênio MMA e Arsênio), frutas (Arsênio MMA), leite (Arsênio V e MMA) e ovos (Arsênio MMA).

O cenário que apresentou risco carcinogênico para água subterrânea (dissolvido) para ambos os receptores foi o de ingestão (Arsênio III).

10.4.4.6.3. RECEPTOR TRABALHADOR (RURAL/COMERCIAL E DE OBRA CIVIL).

Para receptor trabalhador rural e comercial não houve risco não carcinogênico para nenhum compartimento.

Para receptor trabalhador de obra civil, o compartimento solo superficial apresentou risco não carcinogênico para a ingestão de partículas (Cobalto e Manganês) nos *endpoints* SRv, SI, CV, pulmões, pele, olhos e adrenais; e de ingestão de hortaliças (Ferro e Manganês) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV, pulmões, pele, olhos, fígados e rins; e ingestão de tubérculos (Arsênio) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV e olhos.

Referente à carcinogenicidade, foram identificados riscos carcinogênicos totais diferentes.

Para receptor trabalhador rural e comercial, os cenários para solo superficial que apresentaram risco carcinogênico foram os de ingestão de tubérculos (Arsênio) e leite (Arsênio V e MMA). Para o compartimento de água subterrânea (dissolvido), o cenário que apresentou risco carcinogênico foi o de ingestão (Arsênio III).

Para receptor trabalhador de obra civil, o cenário para solo superficial que apresentou risco carcinogênico foi o de ingestão de tubérculos (Arsênio).

Conforme já discutido anteriormente, destes metais somente o Ferro e Manganês apresentam correlação ao evento, porém na RNE apresentam concentrações condizentes com o

background de estudos históricos. Logo, o risco envolvendo estes metais provavelmente não está associado ao evento.

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	2,17E-10	7,81E-09	2,03E-08	2,17E-10	7,81E-09	2,03E-08	2,00E-05	2,50E-04	4,66E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	6,05E-09	7,56E-08	1,41E-07	6,05E-09	7,56E-08	1,41E-07			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	8,41E-08	1,05E-06	1,96E-06	8,41E-08	1,05E-06	1,96E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	1,89E-07	2,36E-06	4,41E-06	8,78E-06	1,10E-04	2,05E-04			
7440-38-2	Arsênio	8,59E-06	1,07E-04	2,00E-04						
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	2,74E-07	3,43E-06	6,40E-06	2,74E-07	3,43E-06	6,40E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	4,23E-06	5,29E-05	9,87E-05	1,06E-05	1,33E-04	2,48E-04			
-	Arsênio MMA	6,38E-06	7,97E-05	1,49E-04						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	2,06E-07	2,58E-06	4,81E-06	2,06E-07	2,58E-06	4,81E-06			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio V	2,20E-11	2,65E-09	8,15E-09	2,20E-11	2,65E-09	8,15E-09	8,21E-09	1,05E-07	1,99E-07
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	8,19E-09	1,02E-07	1,91E-07	8,19E-09	1,02E-07	1,91E-07			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio V	3,36E-08	4,20E-07	7,84E-07	3,36E-08	4,20E-07	7,84E-07	3,36E-08	4,20E-07	7,84E-07
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio III	6,41E-10	7,99E-08	2,37E-07	6,41E-10	7,99E-08	2,37E-07	5,04E-09	6,29E-07	1,86E-06
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio III	4,40E-09	5,49E-07	1,63E-06	4,40E-09	5,49E-07	1,63E-06			
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio III	3,02E-06	3,78E-05	7,05E-05	3,02E-06	3,78E-05	7,05E-05	3,03E-06	3,81E-05	7,12E-05
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio III	7,23E-09	3,04E-07	6,75E-07	7,23E-09	3,04E-07	6,75E-07			

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE URBANO ADULTO RISCO CARCINOGENICO			
								RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	
-		Arsênio V	8,23E-10	9,41E-09	1,42E-08	8,23E-10	9,41E-09	1,42E-08	1,19E-04	4,27E-04	5,13E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO						
-		Arsênio V	1,51E-08	5,43E-08	6,51E-08	1,51E-08	5,43E-08	6,51E-08			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO						
-		Arsênio MMA	7,81E-07	2,80E-06	3,36E-06	7,81E-07	2,80E-06	3,36E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO						
-		Arsênio MMA	1,83E-06	6,57E-06	7,89E-06	8,51E-05	3,05E-04	3,66E-04			
7440-38-2		Arsênio	8,32E-05	2,99E-04	3,58E-04						
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO						
-		Arsênio MMA	2,47E-06	8,87E-06	1,06E-05	2,47E-06	8,87E-06	1,06E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO						
-		Arsênio V	1,16E-05	4,18E-05	5,01E-05	2,92E-05	1,05E-04	1,26E-04			
-		Arsênio MMA	1,75E-05	6,30E-05	7,56E-05						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO						
-		Arsênio MMA	1,55E-06	5,55E-06	6,66E-06	1,55E-06	5,55E-06	6,66E-06			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO											
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO			
-		Arsênio V	7,25E-10	9,85E-09	1,59E-08	7,25E-10	9,85E-09	1,59E-08	2,12E-08	8,34E-08	1,04E-07
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO						
-		Arsênio V	2,05E-08	7,35E-08	8,82E-08	2,05E-08	7,35E-08	8,82E-08			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR											
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO			
-		Arsênio V	1,01E-07	3,62E-07	4,34E-07	1,01E-07	3,62E-07	4,34E-07	1,01E-07	3,62E-07	4,34E-07
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)											
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO			
-		Arsênio III	4,27E-09	1,82E-07	2,91E-07	4,27E-09	1,82E-07	2,91E-07	1,53E-08	6,51E-07	1,04E-06
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO						
-		Arsênio III	1,10E-08	4,69E-07	7,51E-07	1,10E-08	4,69E-07	7,51E-07			
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)											
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO			
-		Arsênio III	3,02E-05	1,09E-04	1,30E-04	3,02E-05	1,09E-04	1,30E-04	3,04E-05	1,10E-04	1,33E-04
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO						
-		Arsênio III	1,57E-07	1,93E-06	2,70E-06	1,57E-07	1,93E-06	2,70E-06			

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE RURAL CRIANÇA RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	2,17E-10	7,81E-09	2,03E-08	2,17E-10	7,81E-09	2,03E-08	2,17E-05	2,72E-04	5,07E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	6,05E-09	7,56E-08	1,41E-07	6,05E-09	7,56E-08	1,41E-07			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	9,61E-08	1,20E-06	2,24E-06	9,61E-08	1,20E-06	2,24E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	2,24E-07	2,81E-06	5,24E-06	1,04E-05	1,30E-04	2,43E-04			
7440-38-2	Arsênio	1,02E-05	1,28E-04	2,38E-04						
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	3,84E-07	4,80E-06	8,96E-06	3,84E-07	4,80E-06	8,96E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	4,23E-06	5,29E-05	9,87E-05	1,06E-05	1,33E-04	2,48E-04			
-	Arsênio MMA	6,38E-06	7,97E-05	1,49E-04						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	2,06E-07	2,58E-06	4,81E-06	2,06E-07	2,58E-06	4,81E-06			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	2,20E-11	2,75E-09	8,15E-09	2,20E-11	2,75E-09	8,15E-09	8,21E-09	1,05E-07	1,99E-07
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	8,19E-09	1,02E-07	1,91E-07	8,19E-09	1,02E-07	1,91E-07			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	3,36E-08	4,20E-07	7,84E-07	3,36E-08	4,20E-07	7,84E-07	3,36E-08	4,20E-07	7,84E-07
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	6,41E-10	8,88E-08	2,37E-07	6,41E-10	8,88E-08	2,37E-07	5,04E-09	6,99E-07	1,86E-06
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	4,40E-09	6,10E-07	1,63E-06	4,40E-09	6,10E-07	1,63E-06			
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	3,02E-06	3,78E-05	7,05E-05	3,02E-06	3,78E-05	7,05E-05	3,03E-06	3,81E-05	7,12E-05
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	7,23E-09	3,04E-07	6,75E-07	7,23E-09	3,04E-07	6,75E-07			

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO CARCINOGENICO		
								RISCO COMPARTIMENTO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,65E-09	2,13E-08	3,66E-08	1,65E-09	2,13E-08	3,66E-08	2,78E-04	1,20E-03	1,55E-03
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	3,02E-08	1,30E-07	1,68E-07	3,02E-08	1,30E-07	1,68E-07			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	1,92E-06	8,28E-06	1,07E-05	1,92E-06	8,28E-06	1,07E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	4,49E-06	1,93E-05	2,50E-05	2,09E-04	8,98E-04	1,16E-03			
7440-38-2	Arsênio	2,04E-04	8,79E-04	1,14E-03						
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	6,04E-06	2,60E-05	3,36E-05	6,04E-06	2,60E-05	3,36E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	2,33E-05	1,00E-04	1,29E-04	5,84E-05	2,51E-04	3,25E-04			
-	Arsênio MMA	3,51E-05	1,51E-04	1,95E-04						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	3,09E-06	1,33E-05	1,72E-05	3,09E-06	1,33E-05	1,72E-05			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,45E-09	2,39E-08	4,11E-08	1,45E-09	2,39E-08	4,11E-08	4,24E-08	2,00E-07	2,69E-07
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	4,10E-08	1,76E-07	2,28E-07	4,10E-08	1,76E-07	2,28E-07			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	2,02E-07	8,69E-07	1,12E-06	2,02E-07	8,69E-07	1,12E-06	2,02E-07	8,69E-07	1,12E-06
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	8,54E-09	4,37E-07	7,53E-07	8,54E-09	4,37E-07	7,53E-07	3,05E-08	1,56E-06	2,69E-06
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	2,20E-08	1,13E-06	1,94E-06	2,20E-08	1,13E-06	1,94E-06			
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	6,05E-05	2,60E-04	3,36E-04	6,05E-05	2,60E-04	3,36E-04	6,08E-05	2,65E-04	3,43E-04
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio III	3,13E-07	4,63E-06	6,97E-06	3,13E-07	4,63E-06	6,97E-06			



QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO

ÁREA ALVO 3 (AA3)
REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE)
TRAB. RURAL E COMERCIAL
RISCO CARCINOGENICO

COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	3,09E-10	4,39E-09	6,63E-09	3,09E-10	4,39E-09	6,63E-09	3,85E-05	1,82E-04	2,20E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	3,93E-09	1,86E-08	2,25E-08	3,93E-09	1,86E-08	2,25E-08			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	2,19E-07	1,03E-06	1,25E-06	2,19E-07	1,03E-06	1,25E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	4,91E-07	2,33E-06	2,81E-06	2,28E-05	1,08E-04	1,31E-04			
7440-38-2	Arsênio	2,23E-05	1,06E-04	1,28E-04						
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	9,99E-07	4,73E-06	5,71E-06	9,99E-07	4,73E-06	5,71E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	5,50E-06	2,60E-05	3,15E-05	1,38E-05	6,53E-05	7,89E-05			
-	Arsênio MMA	8,29E-06	3,93E-05	4,74E-05						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	6,70E-07	3,17E-06	3,83E-06	6,70E-07	3,17E-06	3,83E-06			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	3,93E-10	5,95E-09	8,98E-09	3,93E-10	5,95E-09	8,98E-09	5,72E-09	3,12E-08	3,94E-08
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	5,33E-09	2,52E-08	3,05E-08	5,33E-09	2,52E-08	3,05E-08			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio V	2,62E-08	1,24E-07	1,50E-07	2,62E-08	1,24E-07	1,50E-07	2,62E-08	1,24E-07	1,50E-07
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,58E-07	7,78E-06	1,05E-05
CENÁRIO: INGESTÃO NA PESCA (PESCADOR)		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio III	4,58E-07	7,78E-06	1,05E-05	4,58E-07	7,78E-06	1,05E-05			
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio III	7,86E-06	3,72E-05	4,50E-05	7,86E-06	3,72E-05	4,50E-05	7,87E-06	3,74E-05	4,52E-05
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio III	1,10E-08	1,64E-07	2,21E-07	1,10E-08	1,64E-07	2,21E-07			

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) TRAB. OBRA CIVIL RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,21E-11	3,98E-10	5,30E-10	1,21E-11	3,98E-10	5,30E-10	7,78E-06	7,41E-05	8,55E-05
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	6,55E-10	6,24E-09	7,20E-09	6,55E-10	6,24E-09	7,20E-09			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	1,81E-07	1,72E-06	1,99E-06	1,81E-07	1,72E-06	1,99E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	1,56E-07	1,49E-06	1,71E-06	7,25E-06	6,90E-05	7,96E-05			
7440-38-2	Arsênio	7,10E-06	6,75E-05	7,79E-05						
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	3,57E-08	3,40E-07	3,92E-07	3,57E-08	3,40E-07	3,92E-07			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,15E-07	1,09E-06	1,26E-06	2,87E-07	2,74E-06	3,16E-06			
-	Arsênio MMA	1,73E-07	1,64E-06	1,90E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	2,79E-08	2,66E-07	3,07E-07	2,79E-08	2,66E-07	3,07E-07			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio V	1,74E-11	5,39E-10	7,18E-10	1,74E-11	5,39E-10	7,18E-10	9,05E-10	8,99E-09	1,05E-08
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	8,88E-10	8,45E-09	9,75E-09	8,88E-10	8,45E-09	9,75E-09			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio V	3,64E-09	3,47E-08	4,00E-08	3,64E-09	3,47E-08	4,00E-08	3,64E-09	3,47E-08	4,00E-08
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio III	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio III	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00			
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)										
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio III	3,27E-07	3,12E-06	3,60E-06	3,27E-07	3,12E-06	3,60E-06	3,29E-07	3,17E-06	3,67E-06
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio III	1,84E-09	5,30E-08	7,07E-08	1,84E-09	5,30E-08	7,07E-08			

Tabela 110 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (RNE)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO			
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																						
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	6,23E-06	2,24E-04	5,81E-04	0,00E+00	5,81E-04	5,81E-04	0,00E+00	5,81E-04	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	1,74E-04	2,17E-03	4,05E-03																				
7440-36-0	Antimônio	9,93E-03	1,24E-01	2,32E-01	4,05E-03	4,05E-03	1,67E+01	0,00E+00	1,07E-01	1,00E+01	1,01E+01	6,66E+00	1,10E+01	1,00E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,03E-01	1,03E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+01		
7440-39-3	Bário	4,42E-03	5,52E-02	1,03E-01																				
7440-48-4	Cobalto	4,29E-01	5,37E+00	1,00E+01																				
7439-96-5-B	Manganês	2,85E-01	3,57E+00	6,66E+00																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio MMA	2,41E-03	3,02E-02	5,63E-02																				
7429-90-5	Alumínio	1,05E-02	1,31E-01	2,44E-01	7,61E-01	5,17E-01	5,22E-01	2,44E-01	5,42E-01	0,00E+00	5,42E-01	1,17E+00	4,60E-01	5,17E-01	4,60E-01	0,00E+00	2,44E-01	4,86E-01	2,57E-02	2,44E-01	0,00E+00	0,00E+00		
7440-39-3	Bário	1,10E-03	1,38E-02	2,57E-02																				
7439-89-6	Ferro	1,97E-02	2,47E-01	4,60E-01																				
7439-96-5-B	Manganês	2,00E-02	2,50E-01	4,66E-01																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio MMA	5,42E-03	6,78E-02	1,27E-01																				
7429-90-5	Alumínio	6,25E-04	7,81E-03	1,46E-02	5,91E+00	5,90E+00	6,30E+00	1,46E-02	5,97E+00	0,00E+00	5,97E+00	4,48E-01	1,74E-02	5,90E+00	1,74E-02	0,00E+00	1,46E-02	9,35E-02	7,61E-02	1,46E-02	0,00E+00	0,00E+00		
7440-38-2	Arsênio	2,47E-01	3,08E+00	5,75E+00																				
7440-39-3	Bário	3,26E-03	4,08E-02	7,61E-02																				
7439-89-6	Ferro	7,46E-04	9,32E-03	1,74E-02																				
7439-96-5-B	Manganês	1,78E-02	2,23E-01	4,16E-01																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio MMA	7,88E-03	9,85E-02	1,84E-01																				
7429-90-5	Alumínio	9,33E-04	1,17E-02	2,18E-02	2,21E-01	1,99E-01	3,13E-01	2,18E-02	2,15E-01	0,00E+00	2,15E-01	1,66E-01	1,57E-02	1,99E-01	7,31E-02	0,00E+00	2,18E-02	3,12E-02	1,55E-02	2,18E-02	0,00E+00	0,00E+00		
7440-39-3	Bário	6,64E-04	8,29E-03	1,55E-02																				
7439-89-6	Ferro	6,73E-04	8,41E-03	1,57E-02																				
7439-96-5-B	Manganês	5,53E-03	6,91E-02	1,29E-01																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	1,21E-01	1,52E+00	2,83E+00																				
-	Arsênio MMA	1,83E-01	2,29E+00	4,27E+00	7,20E+00	7,11E+00	7,11E+00	9,24E-02	7,11E+00	0,00E+00	7,11E+00	9,24E-02	0,00E+00	7,11E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,24E-02	0,00E+00	0,00E+00	9,24E-02	0,00E+00	0,00E+00		
7429-90-5	Alumínio	3,96E-03	4,95E-02	9,24E-02																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio MMA	5,92E-03	7,40E-02	1,38E-01																				
7429-90-5	Alumínio	3,85E-04	4,81E-03	8,98E-03	9,61E-01	9,52E-01	8,96E-01	8,98E-03	9,78E-01	0,00E+00	9,78E-01	8,23E-01	8,14E-01	1,94E-01	8,14E-01	7,58E-01	8,98E-03	8,40E-01	2,64E-02	8,98E-03	7,58E-01	0,00E+00		
7440-39-3	Bário	1,13E-03	1,41E-02	2,64E-02																				
7439-89-6	Ferro	2,42E-03	3,02E-02	5,64E-02																				
7782-49-2	Selênio	3,25E-02	4,06E-01	7,58E-01																				

Tabela 110 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (RNE)

			QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																		ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO			
			SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	6,33E-07	7,59E-05	2,34E-04	0,00E+00	2,34E-04	2,34E-04	0,00E+00	2,34E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	2,35E-04	2,94E-03	5,49E-03																				
7429-90-5	Alumínio	1,07E-02	1,34E-01	2,49E-01	4,90E-01	2,41E-01	1,65E-01	2,49E-01	2,42E-01	1,59E-01	4,02E-01	4,84E-01	3,94E-01	4,00E-01	2,52E-01	0,00E+00	2,49E-01	2,37E-01	1,62E-03	2,49E-01	0,00E+00	1,59E-01		
7440-39-3	Bário	6,95E-05	8,69E-04	1,62E-03																				
7440-48-4	Cobalto	6,83E-03	8,53E-02	1,59E-01																				
7439-89-6	Ferro	1,01E-02	1,26E-01	2,35E-01																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																								
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	9,65E-04	1,21E-02	2,25E-02	1,37E+00	1,40E+00	2,25E-02	2,95E-02	1,40E+00	2,95E-02	1,37E+00	1,35E+00	1,35E+00	1,40E+00	1,38E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,35E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7440-50-8	Cobre	1,26E-03	1,58E-02	2,95E-02																				
7439-89-6	Ferro	5,77E-02	7,22E-01	1,35E+00																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-50-8	Cobre	2,64E-08	3,30E-06	9,77E-06	0,00E+00	9,77E-06	0,00E+00	9,77E-06	9,77E-06	9,77E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,77E-06	9,77E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-50-8	Cobre	1,81E-07	2,26E-05	6,71E-05	0,00E+00	6,71E-05	0,00E+00	6,71E-05	6,71E-05	6,71E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,71E-05	6,71E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	1,84E-05	2,29E-03	6,80E-03	0,00E+00	6,80E-03	6,80E-03	4,77E-06	7,20E-03	0,00E+00	4,05E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,05E-04	4,05E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,10E-06	1,37E-04	4,05E-04																				
7440-66-6	Zinco	1,29E-08	1,61E-06	4,77E-06																				
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	1,26E-04	1,58E-02	4,67E-02	4,67E-02	4,67E-02	4,67E-02	5,46E-05	4,69E-02	0,00E+00	4,69E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,67E-02	0,00E+00	5,46E-05	0,00E+00	1,95E-04	1,95E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	5,27E-07	6,57E-05	1,95E-04																				
7440-66-6	Zinco	1,48E-07	1,84E-05	5,46E-05																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	8,68E-02	1,08E+00	2,02E+00	2,02E+00	2,02E+00	2,02E+00	0,00E+00	2,02E+00	0,00E+00	2,02E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,02E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	2,07E-04	8,71E-03	1,94E-02	0,00E+00	1,94E-02	1,94E-02	0,00E+00	1,94E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00												

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE URBANO ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO		
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	4,73E-06	5,40E-05	8,14E-05	0,00E+00	8,14E-05	8,14E-05	0,00E+00	9,79E-03	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	8,68E-05	3,12E-04	3,74E-04																			
7440-36-0	Antimônio	4,97E-03	1,78E-02	2,14E-02	3,74E-04	3,74E-04	1,54E+00	0,00E+00	9,89E-03	9,24E-01	1,11E+00	6,15E-01	9,24E-01	9,25E-01	1,30E-01	0,00E+00	0,00E+00	9,52E-03	9,52E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,24E-01	
7440-39-3	Bário	2,21E-03	7,93E-03	9,52E-03																			
7440-48-4	Cobalto	2,15E-01	7,70E-01	9,24E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	1,43E-01	5,12E-01	6,15E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	4,48E-03	1,61E-02	1,93E-02																			
7429-90-5	Alumínio	1,95E-02	6,98E-02	8,38E-02	2,61E-01	1,77E-01	1,79E-01	8,38E-02	1,86E-01	0,00E+00	1,86E-01	4,01E-01	1,58E-01	1,77E-01	1,58E-01	0,00E+00	8,38E-02	1,67E-01	8,82E-03	8,38E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	2,05E-03	7,35E-03	8,82E-03																			
7439-89-6	Ferro	3,66E-02	1,32E-01	1,58E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	3,71E-02	1,33E-01	1,60E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	1,05E-02	3,77E-02	4,53E-02																			
7429-90-5	Alumínio	1,21E-03	4,34E-03	5,21E-03	2,11E+00	2,11E+00	2,25E+00	5,21E-03	2,14E+00	0,00E+00	2,14E+00	1,60E-01	6,23E-03	2,11E+00	6,23E-03	0,00E+00	5,21E-03	3,34E-02	2,72E-02	5,21E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-38-2	Arsênio	4,78E-01	1,71E+00	2,06E+00																			
7440-39-3	Bário	6,32E-03	2,27E-02	2,72E-02																			
7439-89-6	Ferro	1,45E-03	5,19E-03	6,23E-03																			
7439-96-5-B	Manganês	3,45E-02	1,24E-01	1,49E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	1,42E-02	5,09E-02	6,11E-02																			
7429-90-5	Alumínio	1,68E-03	6,03E-03	7,24E-03	7,35E-02	6,63E-02	1,04E-01	7,24E-03	7,14E-02	0,00E+00	7,14E-02	5,53E-02	5,22E-03	6,63E-02	5,22E-03	0,00E+00	7,24E-03	1,04E-02	5,14E-03	7,24E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,19E-03	4,29E-03	5,14E-03																			
7439-89-6	Ferro	1,21E-03	4,35E-03	5,22E-03																			
7439-96-5-B	Manganês	9,95E-03	3,57E-02	4,29E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	6,68E-02	2,40E-01	2,88E-01																			
-	Arsênio MMA	1,01E-01	3,62E-01	4,34E-01	7,31E-01	7,22E-01	7,22E-01	9,38E-03	7,22E-01	0,00E+00	7,22E-01	9,38E-03	0,00E+00	7,22E-01	0,00E+00	0,00E+00	9,38E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,38E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7429-90-5	Alumínio	2,18E-03	7,82E-03	9,38E-03																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	8,88E-03	3,19E-02	3,82E-02																			
7429-90-5	Alumínio	5,77E-04	2,07E-03	2,49E-03	2,66E-01	2,64E-01	2,48E-01	2,49E-03	2,71E-01	0,00E+00	2,71E-01	2,28E-01	2,25E-01	5,39E-02	2,25E-01	2,10E-01	2,49E-03	2,33E-01	7,31E-03	2,49E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,70E-03	6,09E-03	7,31E-03																			
7439-89-6	Ferro	3,63E-03	1,30E-02	1,56E-02																			
7782-49-2	Selênio	4,87E-02	1,75E-01	2,10E-01																			

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE URBANO ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO	
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																				
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																						
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio V	4,16E-06	5,66E-05	9,14E-05	0,00E+00	9,14E-05	9,14E-05	0,00E+00	9,14E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio V	1,18E-04	4,22E-04	5,06E-04																		
7429-90-5	Alumínio	5,34E-03	1,92E-02	2,30E-02																		
7440-39-3	Bário	3,48E-05	1,25E-04	1,50E-04	4,52E-02	2,22E-02	1,52E-02	2,30E-02	2,24E-02	1,47E-02	3,85E-02	4,47E-02	3,64E-02	3,69E-02	2,17E-02	0,00E+00	2,30E-02	2,19E-02	1,50E-04	2,30E-02	0,00E+00	1,47E-02
7440-48-4	Cobalto	3,41E-03	1,23E-02	1,47E-02																		
7439-89-6	Ferro	5,04E-03	1,81E-02	2,17E-02																		
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio V	5,79E-04	2,08E-03	2,49E-03																		
7440-50-8	Cobre	7,58E-04	2,72E-03	3,26E-03	1,52E-01	1,55E-01	2,49E-03	3,26E-03	1,55E-01	3,26E-03	1,52E-01	1,49E-01	1,49E-01	1,55E-01	1,52E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,49E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7439-89-6	Ferro	3,46E-02	1,24E-01	1,49E-01																		
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)																						
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-50-8	Cobre	3,52E-08	1,50E-06	2,40E-06	0,00E+00	2,40E-06	0,00E+00	2,40E-06	2,40E-06	2,40E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,40E-06	2,40E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-50-8	Cobre	9,07E-08	3,87E-06	6,19E-06	0,00E+00	6,19E-06	0,00E+00	6,19E-06	6,19E-06	6,19E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,19E-06	6,19E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																						
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio III	2,45E-05	1,05E-03	1,67E-03																		
7440-39-3	Bário	1,46E-06	6,23E-05	9,96E-05	0,00E+00	1,67E-03	1,67E-03	1,17E-06	1,77E-03	0,00E+00	9,96E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,96E-05	9,96E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-66-6	Zinco	1,72E-08	7,33E-07	1,17E-06																		
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio III	6,31E-05	2,69E-03	4,31E-03																		
7440-39-3	Bário	2,63E-07	1,12E-05	1,80E-05	4,31E-03	4,31E-03	4,31E-03	5,04E-06	4,33E-03	0,00E+00	4,33E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,31E-03	0,00E+00	5,04E-06	0,00E+00	1,80E-05	1,80E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-66-6	Zinco	7,38E-08	3,15E-06	5,04E-06																		
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)																						
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio III	1,74E-01	6,23E-01	7,47E-01	7,47E-01	7,47E-01	7,47E-01	0,00E+00	7,47E-01	0,00E+00	7,47E-01	0,00E+00	0,00E+00	7,47E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio III	8,99E-04	1,11E-02	1,55E-02	0,00E+00	1,55E-02	1,55E-02	0,00E+00	1,55E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE RURAL CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO		
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	6,23E-06	2,24E-04	5,81E-04	0,00E+00	6,99E-02	5,81E-04	0,00E+00	5,81E-04	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,74E-04	2,17E-03	4,05E-03																			
7440-36-0	Antimônio	9,93E-03	1,24E-01	2,32E-01	4,05E-03	4,05E-03	1,67E+01	0,00E+00	1,07E-01	1,00E+01	1,01E+01	6,66E+00	1,00E+01	1,00E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,03E-01	1,03E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+01	
7440-39-3	Bário	4,42E-03	5,52E-02	1,03E-01																			
7440-48-4	Cobalto	4,29E-01	5,37E+00	1,00E+01																			
7439-96-5-B	Manganês	2,85E-01	3,57E+00	6,66E+00																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	2,76E-03	3,45E-02	6,44E-02																			
7429-90-5	Alumínio	1,20E-02	1,50E-01	2,79E-01	8,70E-01	5,90E-01	5,97E-01	2,79E-01	6,20E-01	0,00E+00	6,20E-01	1,34E+00	5,26E-01	5,90E-01	5,26E-01	0,00E+00	2,79E-01	5,55E-01	2,94E-02	2,79E-01	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,26E-03	1,58E-02	2,94E-02																			
7439-89-6	Ferro	2,25E-02	2,82E-01	5,26E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	2,28E-02	2,85E-01	5,33E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	6,44E-03	8,05E-02	1,50E-01																			
7429-90-5	Alumínio	7,42E-04	9,27E-03	1,73E-02	7,02E+00	7,00E+00	7,48E+00	1,73E-02	7,09E+00	0,00E+00	7,09E+00	5,32E-01	2,07E-02	7,00E+00	2,07E-02	0,00E+00	1,73E-02	1,11E-01	9,03E-02	1,73E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7440-38-2	Arsênio	2,93E-01	3,66E+00	6,83E+00																			
7440-39-3	Bário	3,87E-03	4,84E-02	9,03E-02																			
7439-89-6	Ferro	8,86E-04	1,11E-02	2,07E-02																			
7439-96-5-B	Manganês	2,12E-02	2,65E-01	4,94E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	1,10E-02	1,38E-01	2,57E-01																			
7429-90-5	Alumínio	1,31E-03	1,63E-02	3,05E-02	3,10E-01	2,79E-01	4,38E-01	3,05E-02	3,01E-01	0,00E+00	3,01E-01	2,33E-01	2,20E-02	2,79E-01	2,20E-02	0,00E+00	3,05E-02	4,37E-02	2,17E-02	3,05E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	9,29E-04	1,16E-02	2,17E-02																			
7439-89-6	Ferro	9,42E-04	1,18E-02	2,20E-02																			
7439-96-5-B	Manganês	7,74E-03	9,68E-02	1,81E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,21E-01	1,52E+00	2,83E+00																			
-	Arsênio MMA	1,83E-01	2,29E+00	4,27E+00	7,20E+00	7,11E+00	7,11E+00	9,24E-02	7,11E+00	0,00E+00	7,11E+00	9,24E-02	0,00E+00	7,11E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,24E-02	0,00E+00	0,00E+00	9,24E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7429-90-5	Alumínio	3,96E-03	4,95E-02	9,24E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	5,92E-03	7,40E-02	1,38E-01																			
7429-90-5	Alumínio	3,85E-04	4,81E-03	8,98E-03	9,61E-01	9,52E-01	8,96E-01	8,98E-03	9,78E-01	0,00E+00	9,78E-01	8,23E-01	8,14E-01	1,94E-01	8,14E-01	7,58E-01	8,98E-03	8,40E-01	2,64E-02	8,98E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,13E-03	1,41E-02	2,64E-02																			
7439-89-6	Ferro	2,42E-03	3,02E-02	5,64E-02																			
7782-49-2	Selênio	3,25E-02	4,06E-01	7,58E-01																			

			QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																		ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE RURAL CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO			
			SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	6,33E-07	7,90E-05	2,34E-04	0,00E+00	2,34E-04	2,34E-04	0,00E+00	2,34E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	2,35E-04	2,94E-03	5,49E-03																				
7429-90-5	Alumínio	1,07E-02	1,34E-01	2,49E-01	4,90E-01	2,41E-01	1,65E-01	2,49E-01	2,42E-01	1,59E-01	4,02E-01	4,84E-01	3,94E-01	4,00E-01	2,35E-01	0,00E+00	2,49E-01	2,37E-01	1,62E-03	2,49E-01	0,00E+00	1,59E-01		
7440-39-3	Bário	6,95E-05	8,69E-04	1,62E-03																				
7440-48-4	Cobalto	6,83E-03	8,53E-02	1,59E-01																				
7439-89-6	Ferro	1,01E-02	1,26E-01	2,35E-01																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																								
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	9,65E-04	1,21E-02	2,25E-02	1,37E+00	1,40E+00	2,25E-02	2,95E-02	1,40E+00	2,95E-02	1,37E+00	1,35E+00	1,35E+00	1,40E+00	1,38E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,35E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7440-50-8	Cobre	1,26E-03	1,58E-02	2,95E-02																				
7439-89-6	Ferro	5,77E-02	7,22E-01	1,35E+00																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-50-8	Cobre	2,64E-08	3,66E-06	9,77E-06	0,00E+00	9,77E-06	0,00E+00	9,77E-06	9,77E-06	9,77E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,77E-06	9,77E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-50-8	Cobre	1,81E-07	2,52E-05	6,71E-05	0,00E+00	6,71E-05	0,00E+00	6,71E-05	6,71E-05	6,71E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,71E-05	6,71E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	1,84E-05	2,55E-03	6,80E-03	0,00E+00	6,80E-03	6,80E-03	4,77E-06	7,20E-03	0,00E+00	4,05E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,05E-04	4,05E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,10E-06	1,52E-04	4,05E-04																				
7440-66-6	Zinco	1,29E-08	1,79E-06	4,77E-06																				
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	1,26E-04	1,75E-02	4,67E-02	4,67E-02	4,67E-02	4,67E-02	5,46E-05	4,69E-02	0,00E+00	4,69E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,67E-02	0,00E+00	5,46E-05	0,00E+00	1,95E-04	1,95E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	5,27E-07	7,30E-05	1,95E-04																				
7440-66-6	Zinco	1,48E-07	2,05E-05	5,46E-05																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	8,68E-02	1,08E+00	2,02E+00	2,02E+00	2,02E+00	2,02E+00	0,00E+00	2,02E+00	0,00E+00	2,02E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,02E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	2,07E-04	8,71E-03	1,94E-02	0,00E+00	1,94E-02	1,94E-02	0,00E+00	1,94E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00												

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO		
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,66E-06	4,73E-05	8,14E-05	0,00E+00	8,14E-05	8,14E-05	0,00E+00	8,14E-05	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	6,72E-05	2,90E-04	3,74E-04																			
7440-36-0	Antimônio	3,84E-03	1,66E-02	2,14E-02	3,74E-04	3,74E-04	1,54E+00	0,00E+00	9,89E-03	9,24E-01	9,34E-01	6,15E-01	9,24E-01	9,25E-01	1,30E-01	0,00E+00	0,00E+00	9,85E-02	9,52E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,24E-01	
7440-39-3	Bário	1,71E-03	7,37E-03	9,52E-03																			
7440-48-4	Cobalto	1,66E-01	7,16E-01	9,24E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	1,10E-01	4,76E-01	6,15E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	4,27E-03	1,84E-02	2,38E-02																			
7429-90-5	Alumínio	1,85E-02	7,99E-02	1,03E-01	3,21E-01	2,18E-01	2,20E-01	1,03E-01	2,29E-01	0,00E+00	2,29E-01	4,94E-01	1,94E-01	2,18E-01	1,94E-01	0,00E+00	1,03E-01	2,05E-01	1,09E-02	1,03E-01	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,95E-03	8,41E-03	1,09E-02																			
7439-89-6	Ferro	3,49E-02	1,50E-01	1,94E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	3,54E-02	1,52E-01	1,97E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	9,97E-03	4,30E-02	5,55E-02																			
7429-90-5	Alumínio	1,15E-03	4,95E-03	6,39E-03	2,59E+00	2,59E+00	2,76E+00	6,39E-03	2,62E+00	0,00E+00	2,62E+00	1,96E-01	7,63E-03	2,59E+00	7,63E-03	0,00E+00	6,39E-03	4,10E-02	3,34E-02	6,39E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-38-2	Arsênio	4,53E-01	1,95E+00	2,52E+00																			
7440-39-3	Bário	5,99E-03	2,58E-02	3,34E-02																			
7439-89-6	Ferro	1,37E-03	5,91E-03	7,63E-03																			
7439-96-5-B	Manganês	3,28E-02	1,41E-01	1,82E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	1,34E-02	5,78E-02	7,46E-02																			
7429-90-5	Alumínio	1,59E-03	6,85E-03	8,84E-03	8,99E-02	8,10E-02	1,27E-01	8,84E-03	8,73E-02	0,00E+00	8,73E-02	6,76E-02	6,38E-03	8,10E-02	6,38E-03	0,00E+00	8,84E-03	1,27E-02	6,29E-03	8,84E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,13E-03	4,87E-03	6,29E-03																			
7439-89-6	Ferro	1,15E-03	4,94E-03	6,38E-03																			
7439-96-5-B	Manganês	9,42E-03	4,06E-02	5,24E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	5,17E-02	2,23E-01	2,88E-01																			
-	Arsênio MMA	7,80E-02	3,36E-01	4,34E-01	7,31E-01	7,22E-01	7,22E-01	9,38E-03	7,22E-01	0,00E+00	7,22E-01	9,38E-03	0,00E+00	7,22E-01	0,00E+00	0,00E+00	9,38E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,38E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7429-90-5	Alumínio	1,69E-03	7,26E-03	9,38E-03																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	6,87E-03	2,96E-02	3,82E-02																			
7429-90-5	Alumínio	4,47E-04	1,93E-03	2,49E-03	2,66E-01	2,64E-01	2,48E-01	2,49E-03	2,71E-01	0,00E+00	2,71E-01	2,28E-01	2,25E-01	5,39E-02	2,25E-01	2,33E-01	2,49E-03	2,33E-01	7,31E-03	2,49E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,31E-03	5,66E-03	7,31E-03																			
7439-89-6	Ferro	2,81E-03	1,21E-02	1,56E-02																			
7782-49-2	Selênio	3,77E-02	1,62E-01	2,10E-01																			

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO			
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																						
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	3,22E-06	5,31E-05	9,14E-05	0,00E+00	9,14E-05	9,14E-05	0,00E+00	9,14E-05	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	9,10E-05	3,92E-04	5,06E-04																				
7429-90-5	Alumínio	4,14E-03	1,78E-02	2,30E-02																				
7440-39-3	Bário	2,69E-05	1,16E-04	1,50E-04	4,52E-02	2,22E-02	1,52E-02	2,30E-02	2,24E-02	1,47E-02	3,71E-02	4,47E-02	3,64E-02	3,69E-02	2,17E-02	0,00E+00	2,30E-02	2,19E-02	1,50E-04	2,30E-02	0,00E+00	1,47E-02		
7440-48-4	Cobalto	2,64E-03	1,14E-02	1,47E-02																				
7439-89-6	Ferro	3,90E-03	1,68E-02	2,17E-02																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																								
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	4,48E-04	1,93E-03	2,49E-03																				
7440-50-8	Cobre	5,87E-04	2,53E-03	3,26E-03	1,52E-01	1,55E-01	2,49E-03	3,26E-03	1,55E-01	3,26E-03	1,52E-01	1,49E-01	1,49E-01	1,55E-01	1,52E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,49E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7439-89-6	Ferro	2,68E-02	1,16E-01	1,49E-01																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-50-8	Cobre	2,72E-08	1,39E-06	2,40E-06	0,00E+00	2,40E-06	0,00E+00	2,40E-06	2,40E-06	2,40E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,40E-06	2,40E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-50-8	Cobre	7,02E-08	3,60E-06	6,19E-06	0,00E+00	6,19E-06	0,00E+00	6,19E-06	6,19E-06	6,19E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,19E-06	6,19E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	1,90E-05	9,71E-04	1,67E-03																				
7440-39-3	Bário	1,13E-06	5,78E-05	9,96E-05	0,00E+00	1,67E-03	1,67E-03	1,17E-06	1,77E-03	0,00E+00	9,96E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,96E-05	9,96E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-66-6	Zinco	1,33E-08	6,81E-07	1,17E-06																				
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	4,89E-05	2,50E-03	4,31E-03																				
7440-39-3	Bário	2,04E-07	1,04E-05	1,80E-05	4,31E-03	4,31E-03	4,31E-03	5,04E-06	4,33E-03	0,00E+00	4,33E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,31E-03	0,00E+00	5,04E-06	0,00E+00	1,80E-05	1,80E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-66-6	Zinco	5,72E-08	2,93E-06	5,04E-06																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	1,34E-01	5,79E-01	7,47E-01	7,47E-01	7,47E-01	7,47E-01	0,00E+00	7,47E-01	0,00E+00	7,47E-01	0,00E+00	0,00E+00	7,47E-01	0,00E+00	0,00E+00								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	6,96E-04	1,03E-02	1,55E-02	0,00E+00	1,55E-02	1,55E-02	0,00E+00	1,55E-02	0,00E+00	0,00E+00													



QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO

ÁREA ALVO 3 (AA3)
REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE)
TRAB. RURAL E COMERCIAL
RISCO NÃO CARCINOGENICO

SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular

COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,13E-06	3,02E-05	4,57E-05	0,00E+00	5,49E-03	4,57E-05	0,00E+00	4,57E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,71E-05	1,28E-04	1,55E-04																			
7440-36-0	Antimônio	1,55E-03	7,33E-03	8,86E-03	1,55E-04	1,55E-04	6,38E-01	0,00E+00	4,10E-03	3,83E-01	3,87E-01	2,55E-01	3,83E-01	3,83E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,08E-02	3,94E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,83E-01	
7440-39-3	Bário	6,89E-04	3,26E-03	3,94E-03																			
7440-48-4	Cobalto	6,70E-02	3,17E-01	3,83E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	4,45E-02	2,11E-01	2,55E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	1,51E-03	7,13E-03	8,61E-03																			
7429-90-5	Alumínio	6,54E-03	3,09E-02	3,74E-02	1,16E-01	7,90E-02	7,99E-02	3,74E-02	8,30E-02	0,00E+00	8,30E-02	1,79E-01	7,04E-02	8,15E-02	7,04E-02	0,00E+00	3,74E-02	7,43E-02	3,94E-03	3,74E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	6,88E-04	3,26E-03	3,94E-03																			
7439-89-6	Ferro	1,23E-02	5,83E-02	7,04E-02																			
7439-96-5-B	Manganês	1,25E-02	5,90E-02	7,13E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	3,38E-03	1,60E-02	1,94E-02																			
7429-90-5	Alumínio	3,90E-04	1,85E-03	2,23E-03	9,04E-01	9,02E-01	9,63E-01	2,23E-03	9,14E-01	0,00E+00	9,14E-01	6,85E-02	2,66E-03	9,02E-01	2,66E-03	0,00E+00	2,23E-03	1,43E-02	1,16E-02	2,23E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-38-2	Arsênio	1,54E-01	7,28E-01	8,80E-01																			
7440-39-3	Bário	2,03E-03	9,63E-03	1,16E-02																			
7439-89-6	Ferro	4,65E-04	2,20E-03	2,66E-03																			
7439-96-5-B	Manganês	1,11E-02	5,27E-02	6,36E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	6,88E-03	3,26E-02	3,94E-02																			
7429-90-5	Alumínio	8,15E-04	3,86E-03	4,66E-03	4,74E-02	4,27E-02	6,70E-02	4,66E-03	4,60E-02	0,00E+00	4,60E-02	3,57E-02	3,36E-03	4,27E-02	3,36E-03	0,00E+00	4,66E-03	6,68E-03	3,32E-03	4,66E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	5,80E-04	2,74E-03	3,32E-03																			
7439-89-6	Ferro	5,88E-04	2,78E-03	3,36E-03																			
7439-96-5-B	Manganês	4,83E-03	2,29E-02	2,76E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,79E-02	1,79E-01	2,17E-01																			
-	Arsênio MMA	5,71E-02	2,70E-01	3,27E-01	5,51E-01	5,44E-01	5,44E-01	7,07E-03	5,44E-01	0,00E+00	5,44E-01	7,07E-03	0,00E+00	5,44E-01	0,00E+00	0,00E+00	7,07E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,07E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7429-90-5	Alumínio	1,24E-03	5,85E-03	7,07E-03																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	4,62E-03	2,19E-02	2,64E-02																			
7429-90-5	Alumínio	3,00E-04	1,42E-03	1,72E-03	1,84E-01	1,82E-01	1,71E-01	1,72E-03	1,87E-01	0,00E+00	1,87E-01	1,57E-01	1,56E-01	3,72E-02	1,56E-01	1,45E-01	1,72E-03	1,61E-01	5,05E-03	1,72E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	8,82E-04	4,18E-03	5,05E-03																			
7439-89-6	Ferro	1,89E-03	8,93E-03	1,08E-02																			
7782-49-2	Selênio	2,53E-02	1,20E-01	1,45E-01																			



QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO

ÁREA ALVO 3 (AA3)
REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE)
TRAB. RURAL E COMERCIAL
RISCO NÃO CARCINOGENICO

SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular

COMPARTIMENTO: SEDIMENTO

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,70E-06	4,10E-05	6,19E-05	0,00E+00	6,19E-05	6,19E-05	0,00E+00	6,19E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,67E-05	1,74E-04	2,10E-04																			
7429-90-5	Alumínio	1,67E-03	7,89E-03	9,53E-03																			
7440-39-3	Bário	1,08E-05	5,13E-05	6,20E-05	1,87E-02	9,20E-03	6,30E-03	9,53E-03	9,26E-03	6,09E-03	1,54E-02	1,85E-02	1,51E-02	1,53E-02	8,99E-03	0,00E+00	9,53E-03	9,05E-03	6,20E-05	9,53E-03	0,00E+00	6,09E-03	
7440-48-4	Cobalto	1,06E-03	5,04E-03	6,09E-03																			
7439-89-6	Ferro	1,57E-03	7,44E-03	8,99E-03																			

COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR

CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,81E-04	8,55E-04	1,03E-03																			
7440-50-8	Cobre	2,36E-04	1,12E-03	1,35E-03	6,28E-02	6,42E-02	1,03E-03	1,35E-03	6,42E-02	1,35E-03	6,28E-02	6,18E-02	6,18E-02	6,42E-02	6,32E-02	0,00E+00	0,00E+00	6,18E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7439-89-6	Ferro	1,08E-02	5,12E-02	6,18E-02																			

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
7440-50-8	Cobre	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
7440-50-8	Cobre	4,53E-06	7,70E-05	1,04E-04	0,00E+00	1,04E-04	0,00E+00	1,04E-04	1,04E-04	1,04E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,04E-04	1,04E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00																			
7440-39-3	Bário	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-66-6	Zinco	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00																			
CENÁRIO: INGESTÃO NA PESCA (PESCADOR)		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	3,15E-03	5,36E-02	7,21E-02																			
7440-39-3	Bário	1,31E-05	2,23E-04	3,01E-04	7,21E-02	7,21E-02	7,21E-02	8,43E-05	7,25E-02	0,00E+00	7,24E-02	0,00E+00	0,00E+00	7,21E-02	0,00E+00	8,43E-05	0,00E+00	3,01E-04	3,01E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-66-6	Zinco	3,69E-06	6,27E-05	8,43E-05																			

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)

CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	5,41E-02	2,56E-01	3,10E-01	3,10E-01	3,10E-01	3,10E-01	0,00E+00	3,10E-01	0,00E+00	3,10E-01	0,00E+00	0,00E+00	3,10E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio III	7,60E-05	1,13E-03	1,52E-03	0,00E+00	1,52E-03	1,52E-03	0,00E+00	1,52E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela 110 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (RNE)

 FUNDAÇÃO renova reparar. restaurar. reconstruir	QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) TRAB. OBRA CIVIL RISCO NÃO CARCINOGENICO		
	SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																						
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio V	1,04E-06	3,43E-05	4,57E-05	0,00E+00	4,57E-05	4,57E-05	0,00E+00	4,57E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio V	5,64E-05	5,37E-04	6,20E-04																		
7440-36-0	Antimônio	3,23E-03	3,07E-02	3,54E-02	6,20E-04	6,20E-04	2,55E+00	0,00E+00	1,64E-02	1,53E+00	1,55E+00	1,02E+00	1,53E+00	1,53E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,58E-02	1,58E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,53E+00
7440-39-3	Bário	1,44E-03	1,37E-02	1,58E-02																		
7440-48-4	Cobalto	1,39E-01	1,33E+00	1,53E+00																		
7439-96-5-B	Manganês	9,28E-02	8,83E-01	1,02E+00																		
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio MMA	1,56E-02	1,48E-01	1,71E-01																		
7429-90-5	Alumínio	6,76E-02	6,43E-01	7,42E-01																		
7440-39-3	Bário	7,12E-03	6,77E-02	7,82E-02	2,31E+00	1,57E+00	1,59E+00	7,42E-01	1,65E+00	0,00E+00	1,65E+00	3,56E+00	1,40E+00	1,57E+00	1,40E+00	0,00E+00	7,42E-01	1,48E+00	7,82E-02	7,42E-01	0,00E+00	0,00E+00
7439-89-6	Ferro	1,27E-01	1,21E+00	1,40E+00																		
7439-96-5-B	Manganês	1,29E-01	1,23E+00	1,42E+00																		
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio MMA	1,34E-02	1,28E-01	1,48E-01																		
7429-90-5	Alumínio	1,55E-03	1,47E-02	1,70E-02																		
7440-38-2	Arsênio	6,11E-01	5,82E+00	6,71E+00	6,90E+00	6,88E+00	7,34E+00	1,70E-02	6,97E+00	0,00E+00	6,97E+00	5,23E-01	2,03E-02	6,88E+00	2,03E-02	0,00E+00	1,70E-02	1,09E-01	8,87E-02	1,70E-02	0,00E+00	0,00E+00
7440-39-3	Bário	8,08E-03	7,69E-02	8,87E-02																		
7439-89-6	Ferro	1,85E-03	1,76E-02	2,03E-02																		
7439-96-5-B	Manganês	4,42E-02	4,21E-01	4,85E-01																		
CENÁRIO: INGESTÃO DE FRUTAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio MMA	3,07E-03	2,92E-02	3,37E-02																		
7429-90-5	Alumínio	3,64E-04	3,46E-03	4,00E-03																		
7440-39-3	Bário	2,59E-04	2,46E-03	2,84E-03	4,06E-02	3,66E-02	5,74E-02	4,00E-03	3,95E-02	0,00E+00	3,95E-02	3,06E-02	2,88E-03	3,66E-02	2,88E-03	7,55E-03	4,00E-03	5,72E-03	2,84E-03	4,00E-03	0,00E+00	0,00E+00
7439-89-6	Ferro	2,62E-04	2,50E-03	2,88E-03																		
7439-96-5-B	Manganês	2,16E-03	2,05E-02	2,37E-02																		
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio V	9,87E-03	9,39E-02	1,08E-01																		
-	Arsênio MMA	1,49E-02	1,42E-01	1,63E-01	2,75E-01	2,72E-01	2,72E-01	3,53E-03	2,72E-01	0,00E+00	2,72E-01	3,53E-03	0,00E+00	2,72E-01	0,00E+00	0,00E+00	3,53E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,53E-03	0,00E+00	0,00E+00
7429-90-5	Alumínio	3,22E-04	3,06E-03	3,53E-03																		
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio MMA	2,40E-03	2,29E-02	2,64E-02																		
7429-90-5	Alumínio	1,56E-04	1,49E-03	1,72E-03																		
7440-39-3	Bário	4,60E-04	4,37E-03	5,05E-03	1,84E-01	1,82E-01	1,71E-01	1,72E-03	1,87E-01	0,00E+00	1,87E-01	1,57E-01	1,56E-01	3,72E-02	1,56E-01	1,45E-01	1,72E-03	1,61E-01	5,05E-03	1,72E-03	0,00E+00	0,00E+00
7439-89-6	Ferro	9,82E-04	9,35E-03	1,08E-02																		
7782-49-2	Selênio	1,32E-02	1,26E-01	1,45E-01																		

			QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																		ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE NÃO EXPOSIÇÃO (RNE) TRAB. OBRA CIVIL RISCO NÃO CARCINOGENICO			
			SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	1,50E-06	4,64E-05	6,19E-05	0,00E+00	6,19E-05	6,19E-05	0,00E+00	6,19E-05	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	7,64E-05	7,27E-04	8,39E-04	7,49E-02	3,68E-02	2,52E-02	3,81E-02	3,71E-02	2,44E-02	6,14E-02	7,41E-02	6,03E-02	6,12E-02	3,60E-02	0,00E+00	3,81E-02	3,62E-02	2,48E-04	3,81E-02	0,00E+00	2,44E-02		
7429-90-5	Alumínio	3,47E-03	3,31E-02	3,81E-02																				
7440-39-3	Bário	2,26E-05	2,15E-04	2,48E-04																				
7440-48-4	Cobalto	2,22E-03	2,11E-02	2,44E-02																				
7439-89-6	Ferro	3,28E-03	3,12E-02	3,60E-02																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																								
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	3,13E-04	2,98E-03	3,44E-03	2,09E-01	2,14E-01	3,44E-03	4,51E-03	2,14E-01	4,51E-03	2,09E-01	2,06E-01	2,06E-01	2,14E-01	2,11E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,06E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-50-8	Cobre	4,10E-04	3,91E-03	4,51E-03																				
7439-89-6	Ferro	1,88E-02	1,79E-01	2,06E-01																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-50-8	Cobre	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
7440-50-8	Cobre	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-39-3	Bário	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00																				
7440-66-6	Zinco	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00																				
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7440-39-3	Bário	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00																				
7440-66-6	Zinco	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00																				
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)																								
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	2,82E-02	2,68E-01	3,10E-01	3,10E-01	3,10E-01	3,10E-01	0,00E+00	3,10E-01	0,00E+00	3,10E-01	0,00E+00	0,00E+00	3,10E-01	0,00E+00	0,00E+00								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio III	1,58E-04	4,56E-03	6,09E-03	0,00E+00	6,09E-03	6,09E-03	0,00E+00	6,09E-03	0,00E+00	0,00E+00													

10.4.4.7. AA-3 (REI)

Conforme apresentado na **Tabela 111**, têm-se:

10.4.4.7.1. RECEPTOR URBANO E RURAL (CRIANÇA)

Para estes receptores foram identificados riscos não carcinogênicos totais nos compartimentos solo superficial e poeira domiciliar.

Para crianças urbanas, os cenários que apresentaram risco não carcinogênico para solo superficial foram os de ingestão de partículas (Ferro) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV, pulmões, pele, olhos, fígado e rins; e cenários de ingestão de tubérculos nos *endpoints* SN e pulmões; e ingestão de leite (Arsênio V e MMA) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV e olhos.

Para crianças rurais, os cenários que apresentaram risco não carcinogênico para solo superficial foram os de ingestão de partículas (Ferro) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV, pulmões, pele, olhos, fígado e rins; e cenários de ingestão de tubérculos (alumínio) nos *endpoints* SN, SS, SRe, SGI, CV, olhos, bexiga e ossos; e ingestão de leite (Arsênio V e MMA) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV e olhos.

O cenário que apresentou risco não carcinogênico para poeira domiciliar foi o de ingestão de partículas (Arsênio) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV e olhos.

Referente à carcinogenicidade, para estes receptores foram identificados riscos carcinogênicos totais nos compartimentos solo superficial e poeira domiciliar.

Os cenários que apresentaram risco carcinogênico para solo superficial foram os cenários de ingestão de tubérculos (risco total do cenário) e leite (Arsênio V e MMA).

O cenário que apresentou risco carcinogênico para poeira domiciliar foi o de ingestão de partículas (Arsênio).

10.4.4.7.2. RECEPTOR URBANO E RURAL (ADULTO)

Para estes receptores não foram identificados riscos não carcinogênicos nos *endpoints*.

Referente à carcinogenicidade, para estes receptores foram identificados riscos carcinogênicos totais nos compartimentos solo superficial e poeira domiciliar para cenários diferentes.

Para receptores adultos urbanos, os cenários que apresentaram risco carcinogênico para solo superficial foram os de ingestão de tubérculos (Arsênio V), leite (Arsênio V e MMA) e ovos (Arsênio V). Para receptores adultos rurais, os cenários de risco são o de ingestão de hortaliças (Arsênio V), tubérculos (Arsênio MMA e Arsênio V), leite (Arsênio V e MMA) e ovos (Arsênio V).

O cenário que apresentou risco carcinogênico para poeira domiciliar para ambos os receptores foi o de ingestão de partículas (Arsênio).

10.4.4.7.3. RECEPTOR TRABALHADOR (RURAL/COMERCIAL E DE OBRA CIVIL).

Para receptor trabalhador rural e comercial, não houve risco não carcinogênico nos *endpoints*.

Para receptor trabalhador de obra civil, os cenários para solo superficial que apresentaram risco não carcinogênico foram os de ingestão de tubérculos (Alumínio) nos *endpoints* SN, SS, SRe, SGI, CV, pulmões, olhos, bexiga e ossos.

Referente à carcinogenicidade, foram identificados riscos carcinogênicos totais diferentes.

Para receptor trabalhador rural e comercial, o cenário para solo superficial que apresentou risco carcinogênico foi o de ingestão de leite (Arsênio V e MMA). Para o compartimento poeira domiciliar, o cenário que apresentou risco carcinogênico foi o de ingestão de partículas (Arsênio).

Para receptor trabalhador de obra civil, o risco carcinogênico total para o compartimento solo superficial foi calculado pela somatória dos riscos dos cenários avaliados.

Conforme discutido ao longo do relatório, Arsênio e suas especiações, Alumínio e outros metais, com exceção de Ferro e Manganês, não apresentam correlação espacial das concentrações nestes compartimentos e condizem com o *background*. O Alumínio, por sua vez, apresenta empobrecimento conforme a proximidade com a RED. Logo, é improvável que os

riscos envolvendo os metais supramencionados, à exceção de Ferro e Manganês para os compartimentos de solo superficial, sedimento e água superficial, estejam associados à lama de rejeitos.

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	2,58E-10	9,30E-09	2,41E-08	2,58E-10	9,30E-09	2,41E-08	1,20E-05	1,50E-04	2,81E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	7,20E-09	9,00E-08	1,68E-07	7,20E-09	9,00E-08	1,68E-07			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	9,52E-08	1,19E-06	2,22E-06	1,66E-07	2,08E-06	3,88E-06			
-	Arsênio MMA	7,10E-08	8,87E-07	1,66E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	3,21E-07	4,01E-06	7,48E-06	4,71E-07	5,89E-06	1,10E-05			
-	Arsênio MMA	1,50E-07	1,88E-06	3,50E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	6,52E-06	8,15E-05	1,52E-04	1,10E-05	1,37E-04	2,56E-04			
-	Arsênio MMA	4,44E-06	5,55E-05	1,04E-04						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	3,12E-07	3,90E-06	7,28E-06	4,23E-07	5,29E-06	9,87E-06			
-	Arsênio DMA	1,11E-07	1,39E-06	2,60E-06						
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	8,98E-09	1,12E-07	2,10E-07	3,12E-06	3,89E-05	7,27E-05	3,12E-06	3,89E-05	7,27E-05
7440-38-2	Arsênio	3,11E-06	3,88E-05	7,25E-05						

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) RESIDENTE URBANO ADULTO RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	9,79E-10	1,12E-08	1,69E-08	9,79E-10	1,12E-08	1,69E-08	3,94E-05	1,42E-04	1,70E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,80E-08	6,46E-08	7,75E-08	1,80E-08	6,46E-08	7,75E-08			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	8,84E-07	3,17E-06	3,81E-06	1,54E-06	5,54E-06	6,65E-06			
-	Arsênio MMA	6,59E-07	2,37E-06	2,84E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	3,11E-06	1,12E-05	1,34E-05	4,56E-06	1,64E-05	1,97E-05			
-	Arsênio MMA	1,45E-06	5,22E-06	6,27E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,79E-05	6,44E-05	7,73E-05	3,01E-05	1,08E-04	1,30E-04			
-	Arsênio MMA	1,22E-05	4,38E-05	5,26E-05						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	2,34E-06	8,39E-06	1,01E-05	3,17E-06	1,14E-05	1,37E-05			
-	Arsênio DMA	8,35E-07	3,00E-06	3,60E-06						
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	2,70E-08	9,68E-08	1,16E-07	9,35E-06	3,35E-05	4,03E-05	9,35E-06	3,35E-05	4,03E-05
7440-38-2	Arsênio	9,32E-06	3,34E-05	4,01E-05						

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) RESIDENTE RURAL CRIANÇA RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	2,58E-10	9,30E-09	2,41E-08	2,58E-10	9,30E-09	2,41E-08	1,21E-05	1,52E-04	2,83E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	7,20E-09	9,00E-08	1,68E-07	7,20E-09	9,00E-08	1,68E-07			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,09E-07	1,36E-06	2,54E-06	1,90E-07	2,37E-06	4,43E-06			
-	Arsênio MMA	8,11E-08	1,01E-06	1,89E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	3,81E-07	4,76E-06	8,89E-06	5,59E-07	6,99E-06	1,30E-05			
-	Arsênio MMA	1,78E-07	2,23E-06	4,16E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	6,52E-06	8,15E-05	1,52E-04	1,10E-05	1,37E-04	2,56E-04			
-	Arsênio MMA	4,44E-06	5,55E-05	1,04E-04						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	3,12E-07	3,90E-06	7,28E-06	4,23E-07	5,29E-06	9,87E-06			
-	Arsênio DMA	1,11E-07	1,39E-06	2,60E-06						
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	8,98E-09	1,12E-07	2,10E-07	3,12E-06	3,89E-05	7,27E-05	3,12E-06	3,89E-05	7,27E-05
7440-38-2	Arsênio	3,11E-06	3,88E-05	7,25E-05						

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,96E-09	2,53E-08	4,36E-08	1,96E-09	2,53E-08	4,36E-08	8,17E-05	3,52E-04	4,54E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	3,60E-08	1,55E-07	2,00E-07	3,60E-08	1,55E-07	2,00E-07			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	2,18E-06	9,37E-06	1,21E-05	3,80E-06	1,64E-05	2,11E-05			
-	Arsênio MMA	1,62E-06	6,99E-06	9,03E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	7,62E-06	3,28E-05	4,24E-05	1,12E-05	4,82E-05	6,22E-05			
-	Arsênio MMA	3,57E-06	1,54E-05	1,98E-05						
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	3,59E-05	1,55E-04	2,00E-04	6,03E-05	2,60E-04	3,35E-04			
-	Arsênio MMA	2,44E-05	1,05E-04	1,36E-04						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	4,68E-06	2,01E-05	2,60E-05	6,35E-06	2,73E-05	3,53E-05			
-	Arsênio DMA	1,67E-06	7,20E-06	9,29E-06						
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	5,39E-08	2,32E-07	3,00E-07	1,87E-05	8,05E-05	1,04E-04	1,87E-05	8,05E-05	1,04E-04
7440-38-2	Arsênio	1,86E-05	8,03E-05	1,04E-04						

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) TRAB. RURAL E COMERCIAL RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	3,68E-10	5,22E-09	7,89E-09	3,68E-10	5,22E-09	7,89E-09	1,73E-05	8,18E-05	9,89E-05
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	4,68E-09	2,21E-08	2,68E-08	4,68E-09	2,21E-08	2,68E-08			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	2,48E-07	1,17E-06	1,42E-06	4,32E-07	2,05E-06	2,47E-06			
-	Arsênio MMA	1,85E-07	8,74E-07	1,06E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	8,34E-07	3,95E-06	4,77E-06	1,22E-06	5,80E-06	7,00E-06			
-	Arsênio MMA	3,90E-07	1,85E-06	2,23E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	8,48E-06	4,01E-05	4,85E-05	1,42E-05	6,75E-05	8,15E-05			
-	Arsênio MMA	5,77E-06	2,73E-05	3,30E-05						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,01E-06	4,80E-06	5,80E-06	1,38E-06	6,51E-06	7,87E-06			
-	Arsênio DMA	3,62E-07	1,71E-06	2,07E-06						
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	7,01E-09	3,32E-08	4,01E-08	2,43E-06	1,15E-05	1,39E-05	2,43E-06	1,15E-05	1,39E-05
7440-38-2	Arsênio	2,42E-06	1,15E-05	1,39E-05						

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) TRAB. OBRA CIVIL RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMIICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,44E-11	4,73E-10	6,31E-10	1,44E-11	4,73E-10	6,31E-10	1,10E-06	1,05E-05	1,21E-05
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	7,80E-10	7,42E-09	8,56E-09	7,80E-10	7,42E-09	8,56E-09			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	2,05E-07	1,95E-06	2,25E-06	3,58E-07	3,40E-06	3,93E-06			
-	Arsênio MMA	1,53E-07	1,45E-06	1,68E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	2,65E-07	2,52E-06	2,91E-06	3,89E-07	3,70E-06	4,27E-06			
-	Arsênio MMA	1,24E-07	1,18E-06	1,36E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,77E-07	1,68E-06	1,94E-06	2,97E-07	2,83E-06	3,26E-06			
-	Arsênio MMA	1,20E-07	1,14E-06	1,32E-06						
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	4,22E-08	4,02E-07	4,64E-07	5,73E-08	5,45E-07	6,29E-07			
-	Arsênio DMA	1,51E-08	1,44E-07	1,66E-07						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio V	9,73E-10	9,26E-09	1,07E-08	3,37E-07	3,21E-06	3,71E-06	3,37E-07	3,21E-06	3,71E-06
7440-38-2	Arsênio	3,36E-07	3,20E-06	3,70E-06						

Tabela 111 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (REI)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO		
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	7,41E-06	2,67E-04	6,92E-04	0,00E+00	6,92E-04	6,92E-04	0,00E+00	6,92E-04	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,07E-04	2,58E-03	4,82E-03	2,88E+00	2,88E+00	4,82E-03	0,00E+00	2,88E+00	0,00E+00	2,88E+00	2,88E+00	2,88E+00	2,88E+00	2,88E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,88E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	1,23E-01	1,54E+00	2,88E+00																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,73E-03	3,42E-02	6,38E-02																			
-	Arsênio MMA	2,04E-03	2,55E-02	4,75E-02																			
7429-90-5	Alumínio	5,18E-04	6,47E-03	1,21E-02	1,70E-01	1,58E-01	1,11E-01	1,21E-02	1,91E-01	0,00E+00	1,91E-01	5,87E-02	4,66E-02	1,58E-01	4,66E-02	0,00E+00	1,21E-02	7,99E-02	3,33E-02	1,21E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,43E-03	1,78E-02	3,33E-02																			
7439-89-6	Ferro	2,00E-03	2,50E-02	4,66E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	9,21E-03	1,15E-01	2,15E-01																			
-	Arsênio MMA	4,31E-03	5,39E-02	1,01E-01																			
7429-90-5	Alumínio	3,70E-02	4,63E-01	8,64E-01	1,75E+00	8,85E-01	6,83E-01	8,64E-01	9,05E-01	0,00E+00	9,05E-01	1,80E+00	5,70E-01	8,85E-01	5,70E-01	0,00E+00	8,64E-01	5,90E-01	1,98E-02	8,64E-01	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	8,49E-04	1,06E-02	1,98E-02																			
7439-89-6	Ferro	2,44E-02	3,05E-01	5,70E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	1,58E-02	1,97E-01	3,68E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,87E-01	2,34E+00	4,37E+00																			
-	Arsênio MMA	1,27E-01	1,59E+00	2,97E+00	7,42E+00	7,34E+00	7,34E+00	7,83E-02	7,34E+00	0,00E+00	7,34E+00	7,83E-02	0,00E+00	7,34E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,83E-02	0,00E+00	0,00E+00	7,83E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7429-90-5	Alumínio	3,36E-03	4,20E-02	7,83E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	8,95E-03	1,12E-01	2,09E-01																			
-	Arsênio DMA	3,20E-03	4,00E-02	7,46E-02																			
7429-90-5	Alumínio	7,26E-04	9,08E-03	1,69E-02	3,41E-01	3,24E-01	2,83E-01	1,69E-02	3,24E-01	0,00E+00	3,24E-01	5,78E-02	4,09E-02	3,24E-01	4,09E-02	0,00E+00	1,69E-02	4,09E-02	0,00E+00	1,69E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	1,75E-03	2,19E-02	4,09E-02																			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																							
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,58E-04	3,22E-03	6,02E-03	2,09E+00	2,09E+00	2,09E+00	0,00E+00	2,09E+00	0,00E+00	2,09E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,09E+00	0,00E+00	0,00E+00							
7440-38-2	Arsênio	8,92E-02	1,11E+00	2,08E+00																			

Tabela 111 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (REI)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) RESIDENTE URBANO ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO		
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	5,62E-06	6,43E-05	9,69E-05	0,00E+00	9,69E-05	9,69E-05	0,00E+00	9,69E-05	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,03E-04	3,71E-04	4,45E-04	2,66E-01	2,66E-01	4,45E-04	0,00E+00	2,66E-01	0,00E+00	2,66E-01	2,66E-01	2,66E-01	2,66E-01	2,66E-01	1,42E-04	0,00E+00	2,66E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	6,16E-02	2,21E-01	2,66E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	5,08E-03	1,82E-02	2,19E-02																			
-	Arsênio MMA	3,78E-03	1,36E-02	1,63E-02																			
7429-90-5	Alumínio	9,62E-04	3,45E-03	4,14E-03	5,83E-02	5,41E-02	3,82E-02	4,14E-03	6,55E-02	0,00E+00	6,55E-02	2,01E-02	1,60E-02	5,41E-02	1,60E-02	0,00E+00	4,14E-03	2,74E-02	1,14E-02	4,14E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	2,65E-03	9,51E-03	1,14E-02																			
7439-89-6	Ferro	3,71E-03	1,33E-02	1,60E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,78E-02	6,40E-02	7,68E-02																			
-	Arsênio MMA	8,35E-03	3,00E-02	3,60E-02																			
7429-90-5	Alumínio	7,18E-02	2,58E-01	3,09E-01	6,26E-01	3,17E-01	2,44E-01	3,09E-01	3,24E-01	0,00E+00	3,24E-01	6,44E-01	2,04E-01	3,17E-01	2,04E-01	0,00E+00	3,09E-01	2,11E-01	7,09E-03	3,09E-01	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,65E-03	5,91E-03	7,09E-03																			
7439-89-6	Ferro	4,73E-02	1,70E-01	2,04E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	3,05E-02	1,10E-01	1,31E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,03E-01	3,70E-01	4,44E-01																			
-	Arsênio MMA	7,01E-02	2,52E-01	3,02E-01	7,53E-01	7,45E-01	7,45E-01	7,95E-03	7,45E-01	0,00E+00	7,45E-01	7,95E-03	0,00E+00	7,45E-01	0,00E+00	0,00E+00	7,95E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,95E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7429-90-5	Alumínio	1,85E-03	6,63E-03	7,95E-03																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,34E-02	4,82E-02	5,78E-02																			
-	Arsênio DMA	4,79E-03	1,72E-02	2,07E-02																			
7429-90-5	Alumínio	1,09E-03	3,91E-03	4,69E-03	9,45E-02	8,98E-02	7,85E-02	4,69E-03	8,98E-02	0,00E+00	8,98E-02	1,60E-02	1,13E-02	8,98E-02	1,13E-02	0,00E+00	4,69E-03	1,13E-02	0,00E+00	4,69E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	2,63E-03	9,43E-03	1,13E-02																			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																							
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,55E-04	5,55E-04	6,67E-04	2,31E-01	2,31E-01	2,31E-01	0,00E+00	2,31E-01	0,00E+00	2,31E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,31E-01	0,00E+00	2,58E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7440-38-2	Arsênio	5,35E-02	1,92E-01	2,30E-01																			

Tabela 111 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (REI)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) RESIDENTE RURAL CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO		
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	7,41E-06	2,67E-04	6,92E-04	0,00E+00	6,92E-04	6,92E-04	0,00E+00	6,92E-04	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,07E-04	2,58E-03	4,82E-03	2,88E+00	2,88E+00	4,82E-03	0,00E+00	2,88E+00	0,00E+00	2,88E+00	2,88E+00	2,88E+00	4,16E+00	2,88E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,88E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,33E-01
7439-89-6	Ferro	1,23E-01	1,54E+00	2,88E+00																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,12E-03	3,90E-02	7,29E-02																			
-	Arsênio MMA	2,33E-03	2,91E-02	5,43E-02																			
7429-90-5	Alumínio	5,92E-04	7,40E-03	1,38E-02	1,94E-01	1,80E-01	1,27E-01	1,38E-02	2,18E-01	0,00E+00	2,18E-01	6,71E-02	5,32E-02	1,80E-01	5,32E-02	0,00E+00	1,38E-02	9,13E-02	3,80E-02	1,38E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,63E-03	2,04E-02	3,80E-02																			
7439-89-6	Ferro	2,28E-03	2,85E-02	5,32E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,09E-02	1,37E-01	2,55E-01																			
-	Arsênio MMA	5,12E-03	6,40E-02	1,19E-01																			
7429-90-5	Alumínio	4,40E-02	5,50E-01	1,03E+00	2,08E+00	1,05E+00	8,11E-01	1,03E+00	1,07E+00	0,00E+00	1,07E+00	2,14E+00	6,77E-01	1,05E+00	6,77E-01	0,00E+00	1,03E+00	7,00E-01	2,35E-02	1,03E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,01E-03	1,26E-02	2,35E-02																			
7439-89-6	Ferro	2,90E-02	3,63E-01	6,77E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	1,87E-02	2,34E-01	4,37E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,87E-01	2,34E+00	4,37E+00	7,42E+00	7,34E+00	7,34E+00	7,83E-02	7,34E+00	0,00E+00	7,34E+00	7,83E-02	0,00E+00	7,34E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,83E-02	0,00E+00	0,00E+00	7,83E-02	0,00E+00	0,00E+00	
-	Arsênio MMA	1,27E-01	1,59E+00	2,97E+00																			
7429-90-5	Alumínio	3,36E-03	4,20E-02	7,83E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	8,95E-03	1,12E-01	2,09E-01																			
-	Arsênio DMA	3,20E-03	4,00E-02	7,46E-02																			
7429-90-5	Alumínio	7,26E-04	9,08E-03	1,69E-02	3,41E-01	3,24E-01	2,83E-01	1,69E-02	3,24E-01	0,00E+00	3,24E-01	5,78E-02	4,09E-02	3,24E-01	4,09E-02	0,00E+00	1,69E-02	4,09E-02	0,00E+00	1,69E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	1,75E-03	2,19E-02	4,09E-02																			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																							
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,58E-04	3,22E-03	6,02E-03	2,09E+00	2,09E+00	2,09E+00	0,00E+00	2,09E+00	0,00E+00	2,09E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,09E+00	0,00E+00	0,00E+00							
7440-38-2	Arsênio	8,92E-02	1,11E+00	2,08E+00																			

Tabela 111 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (REI)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO		
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	4,35E-06	5,63E-05	9,69E-05	0,00E+00	9,69E-05	9,69E-05	0,00E+00	9,69E-05	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	8,00E-05	3,45E-04	4,45E-04	2,66E-01	2,66E-01	4,45E-04	0,00E+00	2,66E-01	0,00E+00	2,66E-01	2,66E-01	2,66E-01	2,66E-01	2,66E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,66E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	4,77E-02	2,06E-01	2,66E-01	2,66E-01	2,66E-01	4,45E-04	0,00E+00	2,66E-01	0,00E+00	2,66E-01	2,66E-01	2,66E-01	2,66E-01	2,66E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,66E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	4,84E-03	2,08E-02	2,69E-02																			
-	Arsênio MMA	3,61E-03	1,55E-02	2,01E-02																			
7429-90-5	Alumínio	9,16E-04	3,95E-03	5,10E-03	7,17E-02	6,66E-02	4,70E-02	5,10E-03	8,07E-02	0,00E+00	8,07E-02	2,48E-02	1,97E-02	6,66E-02	1,97E-02	0,00E+00	5,10E-03	3,37E-02	1,40E-02	5,10E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	2,52E-03	1,09E-02	1,40E-02																			
7439-89-6	Ferro	3,53E-03	1,52E-02	1,97E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,69E-02	7,29E-02	9,42E-02																			
-	Arsênio MMA	7,93E-03	3,41E-02	4,41E-02																			
7429-90-5	Alumínio	6,81E-02	2,93E-01	3,79E-01	7,67E-01	3,88E-01	2,99E-01	3,79E-01	3,97E-01	0,00E+00	3,97E-01	7,90E-01	2,50E-01	3,88E-01	2,50E-01	0,00E+00	3,79E-01	2,59E-01	8,69E-03	3,79E-01	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	1,56E-03	6,73E-03	8,69E-03																			
7439-89-6	Ferro	4,49E-02	1,93E-01	2,50E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	2,90E-02	1,25E-01	1,61E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	7,97E-02	3,43E-01	4,44E-01																			
-	Arsênio MMA	5,42E-02	2,34E-01	3,02E-01																			
7429-90-5	Alumínio	1,43E-03	6,16E-03	7,95E-03	7,53E-01	7,45E-01	7,45E-01	7,95E-03	7,45E-01	0,00E+00	7,45E-01	7,95E-03	0,00E+00	7,45E-01	0,00E+00	0,00E+00	7,95E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,95E-03	0,00E+00	0,00E+00	
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,04E-02	4,48E-02	5,78E-02																			
-	Arsênio DMA	3,71E-03	1,60E-02	2,07E-02																			
7429-90-5	Alumínio	8,43E-04	3,63E-03	4,69E-03	9,45E-02	8,98E-02	7,85E-02	4,69E-03	8,98E-02	0,00E+00	8,98E-02	1,60E-02	1,13E-02	8,98E-02	1,13E-02	0,00E+00	4,69E-03	1,13E-02	0,00E+00	4,69E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	2,03E-03	8,76E-03	1,13E-02																			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																							
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,20E-04	5,16E-04	6,67E-04	2,31E-01	2,31E-01	2,31E-01	0,00E+00	2,31E-01	0,00E+00	2,31E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,31E-01	0,00E+00	0,00E+00							
7440-38-2	Arsênio	4,14E-02	1,78E-01	2,30E-01																			

Tabela 111 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (REI)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) TRAB. RURAL E COMERCIAL RISCO NÃO CARCINOGENICO		
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,53E-06	3,60E-05	5,44E-05	0,00E+00	5,44E-05	5,44E-05	0,00E+00	5,44E-05	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,22E-05	1,53E-04	1,84E-04	1,10E-01	1,10E-01	1,84E-04	0,00E+00	1,10E-01	0,00E+00	1,10E-01	1,10E-01	1,10E-01	1,59E-01	1,14E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,10E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	1,92E-02	9,10E-02	1,10E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,71E-03	8,07E-03	9,75E-03																			
-	Arsênio MMA	1,27E-03	6,02E-03	7,27E-03																			
7429-90-5	Alumínio	3,23E-04	1,53E-03	1,85E-03	2,60E-02	2,42E-02	1,70E-02	1,85E-03	2,92E-02	0,00E+00	2,92E-02	8,97E-03	7,13E-03	2,42E-02	7,13E-03	0,00E+00	1,85E-03	1,22E-02	5,09E-03	1,85E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	8,90E-04	4,21E-03	5,09E-03																			
7439-89-6	Ferro	1,25E-03	5,90E-03	7,13E-03																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	5,74E-03	2,72E-02	3,29E-02																			
-	Arsênio MMA	2,69E-03	1,27E-02	1,54E-02																			
7429-90-5	Alumínio	2,31E-02	1,09E-01	1,32E-01	2,68E-01	1,35E-01	1,04E-01	1,32E-01	1,38E-01	0,00E+00	1,38E-01	2,76E-01	8,72E-02	1,35E-01	8,72E-02	0,00E+00	1,32E-01	9,02E-02	3,03E-03	1,32E-01	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	5,30E-04	2,51E-03	3,03E-03																			
7439-89-6	Ferro	1,52E-02	7,21E-02	8,72E-02																			
7439-96-5-B	Manganês	9,83E-03	4,65E-02	5,62E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	5,84E-02	2,77E-01	3,34E-01																			
-	Arsênio MMA	3,97E-02	1,88E-01	2,27E-01	5,67E-01	5,61E-01	5,61E-01	5,99E-03	5,61E-01	0,00E+00	5,61E-01	5,99E-03	0,00E+00	5,61E-01	0,00E+00	0,00E+00	5,99E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,99E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7429-90-5	Alumínio	1,05E-03	4,96E-03	5,99E-03																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	6,98E-03	3,30E-02	3,99E-02																			
-	Arsênio DMA	2,49E-03	1,18E-02	1,43E-02																			
7429-90-5	Alumínio	5,66E-04	2,68E-03	3,24E-03	6,52E-02	6,20E-02	5,42E-02	3,24E-03	6,20E-02	0,00E+00	6,20E-02	1,11E-02	7,81E-03	6,20E-02	7,81E-03	0,00E+00	3,24E-03	7,81E-03	0,00E+00	3,24E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	1,37E-03	6,47E-03	7,81E-03																			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																							
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	4,83E-05	2,29E-04	2,76E-04	9,57E-02	9,57E-02	9,57E-02	0,00E+00	9,57E-02	0,00E+00	9,57E-02	0,00E+00	0,00E+00	9,57E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,69E-03	0,00E+00	
7440-38-2	Arsênio	1,67E-02	7,90E-02	9,55E-02																			

Tabela 111 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (REI)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO INDIRETA (REI) TRAB. OBRA CIVIL RISCO NÃO CARCINOGENICO		
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																					
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,24E-06	4,08E-05	5,44E-05	0,00E+00	5,44E-05	5,44E-05	0,00E+00	5,44E-05	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	6,72E-05	6,39E-04	7,37E-04	4,41E-01	4,41E-01	7,37E-04	1,14E-01	4,41E-01	0,00E+00	4,41E-01	4,40E-01	4,40E-01	4,41E-01	4,40E-01	0,00E+00	0,00E+00	4,40E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	4,01E-02	3,81E-01	4,40E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,76E-02	1,68E-01	1,94E-01																			
-	Arsênio MMA	1,32E-02	1,25E-01	1,44E-01																			
7429-90-5	Alumínio	3,34E-03	3,18E-02	3,67E-02	5,16E-01	4,80E-01	3,38E-01	3,67E-02	5,81E-01	0,00E+00	5,81E-01	1,78E-01	1,42E-01	4,80E-01	1,42E-01	0,00E+00	3,67E-02	2,43E-01	1,01E-01	3,67E-02	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	9,21E-03	8,76E-02	1,01E-01																			
7439-89-6	Ferro	1,29E-02	1,23E-01	1,42E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE TUBÉRCULOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,28E-02	2,17E-01	2,51E-01																			
-	Arsênio MMA	1,07E-02	1,02E-01	1,17E-01																			
7429-90-5	Alumínio	9,18E-02	8,74E-01	1,01E+00	2,04E+00	1,03E+00	7,97E-01	1,01E+00	1,06E+00	0,00E+00	1,06E+00	2,10E+00	6,65E-01	1,03E+00	6,65E-01	0,00E+00	1,01E+00	6,88E-01	2,31E-02	1,01E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	2,10E-03	2,00E-02	2,31E-02																			
7439-89-6	Ferro	6,05E-02	5,76E-01	6,65E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	3,90E-02	3,72E-01	4,29E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	1,52E-02	1,45E-01	1,67E-01																			
-	Arsênio MMA	1,04E-02	9,85E-02	1,14E-01	2,84E-01	2,81E-01	2,81E-01	2,99E-03	2,81E-01	0,00E+00	2,81E-01	2,99E-03	0,00E+00	2,81E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,99E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,99E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7429-90-5	Alumínio	2,73E-04	2,60E-03	2,99E-03																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,64E-03	3,46E-02	3,99E-02																			
-	Arsênio DMA	1,30E-03	1,24E-02	1,43E-02																			
7429-90-5	Alumínio	2,95E-04	2,81E-03	3,24E-03	6,52E-02	6,20E-02	5,42E-02	3,24E-03	6,20E-02	0,00E+00	6,20E-02	1,11E-02	7,81E-03	6,20E-02	7,81E-03	0,00E+00	3,24E-03	7,81E-03	0,00E+00	3,24E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	7,12E-04	6,77E-03	7,81E-03																			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																							
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	8,38E-05	7,98E-04	9,20E-04	3,19E-01	3,19E-01	3,19E-01	0,00E+00	3,19E-01	0,00E+00	3,19E-01	0,00E+00	0,00E+00	3,19E-01	0,00E+00	0,00E+00							
7440-38-2	Arsênio	2,90E-02	2,76E-01	3,18E-01																			

10.4.4.8. AA-3 (RED)

Conforme apresentado na **Tabela 112**, têm-se:

10.4.4.8.1. RECEPTOR URBANO E RURAL (CRIANÇA)

Para estes receptores foram identificados riscos não carcinogênicos totais nos compartimentos solo superficial, sedimento e poeira domiciliar.

Os cenários que apresentaram risco não carcinogênico para solo superficial foram os de ingestão de partículas (Ferro) nos *endpoints* SN, SS, SGI, CV, pulmões, pele, olhos, fígado e rins; e cenários ingestão de leite (Arsênio V) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV e olhos; e ovos (selênio) SN, SS, SRv, SGI, CV, pulmões, pele, fígado, pâncreas e rins.

O cenário que apresentou risco não carcinogênico para sedimento foi o de ingestão de partículas (Ferro) nos *endpoints* SN, SS, SRv, SGI, CV, pulmões, pele, olhos, fígado e rins.

O cenário que apresentou risco não carcinogênico para poeira domiciliar foi o de ingestão de partículas (Cobre) nos *endpoints* SS, SRe, SGI, SI, olhos e fígado.

Referente à carcinogenicidade, para estes receptores foram identificados riscos carcinogênicos totais no compartimento solo superficial.

O cenário que apresentou risco carcinogênico para solo superficial foi o cenário de ingestão de leite (Arsênio V).

10.4.4.8.2. RECEPTOR URBANO E RURAL (ADULTO)

Para estes receptores não foram identificados riscos não carcinogênicos nos *endpoints*.

Referente à carcinogenicidade, para estes receptores, foram identificados riscos carcinogênicos totais em compartimentos diferentes.

Para receptores adultos urbanos, o cenário que apresentou risco carcinogênico para solo superficial foi o de ingestão de leite (Arsênio V). Para receptores adultos rurais, os cenários de risco carcinogênico para solo superficial foram os de ingestão de hortaliças (Arsênio V), leite (Arsênio V) e ovos (Arsênio MMA).

10.4.4.8.3. RECEPTOR TRABALHADOR (RURAL/COMERCIAL E DE OBRA CIVIL).

Para estes receptores não foram identificados riscos não carcinogênicos nos *endpoints*.

Referente à carcinogenicidade, foi identificado risco carcinogênico totais apenas para trabalhadores rurais e comerciais no compartimento solo superficial.

Os cenários para solo superficial que apresentaram risco carcinogênico foi o de ingestão de leite (Arsênio V).

Conforme discutido ao longo do relatório, com exceção de Ferro para solo superficial e sedimento, os metais Arsênio e suas especiações, Cobre e Selênio não apresentaram nenhuma correlação espacial das concentrações com as unidades de exposição, ocorrendo ou valores de acordo com o background ou anomalias não relacionadas espacialmente à RED, REI e RNE. Logo, é improvável os riscos envolvendo estes metais estarem associados ao evento.

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	2,85E-10	1,03E-08	2,66E-08	2,85E-10	1,03E-08	2,66E-08	4,68E-06	5,85E-05	1,09E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	7,95E-09	9,93E-08	1,85E-07	7,95E-09	9,93E-08	1,85E-07			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,15E-07	1,44E-06	2,69E-06	1,15E-07	1,44E-06	2,69E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	4,30E-06	5,37E-05	1,00E-04	4,30E-06	5,37E-05	1,00E-04			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	2,59E-07	3,23E-06	6,03E-06	2,59E-07	3,23E-06	6,03E-06			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio V	1,95E-11	2,33E-09	7,19E-09	1,95E-11	2,33E-09	7,19E-09	7,25E-09	9,27E-08	1,76E-07
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	7,23E-09	9,04E-08	1,69E-07	7,23E-09	9,04E-08	1,69E-07			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
-	Arsênio V	1,07E-08	1,33E-07	2,49E-07	1,07E-08	1,33E-07	2,49E-07	1,07E-08	1,33E-07	2,49E-07

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE URBANO ADULTO RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,08E-09	1,24E-08	1,86E-08	1,08E-09	1,24E-08	1,86E-08	1,48E-05	5,33E-05	6,39E-05
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,99E-08	7,13E-08	8,56E-08	1,99E-08	7,13E-08	8,56E-08			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,07E-06	3,84E-06	4,61E-06	1,07E-06	3,84E-06	4,61E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,18E-05	4,24E-05	5,09E-05	1,18E-05	4,24E-05	5,09E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	1,94E-06	6,96E-06	8,35E-06	1,94E-06	6,96E-06	8,35E-06			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	6,39E-10	8,69E-09	1,40E-08	6,39E-10	8,69E-09	1,40E-08	1,87E-08	7,36E-08	9,19E-08
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,81E-08	6,49E-08	7,79E-08	1,81E-08	6,49E-08	7,79E-08			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	3,20E-08	1,15E-07	1,38E-07	3,20E-08	1,15E-07	1,38E-07	3,20E-08	1,15E-07	1,38E-07

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE RURAL CRIANÇA RISCO CARCINOGENICO		
								RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	2,85E-10	1,03E-08	2,66E-08	2,85E-10	1,03E-08	2,66E-08	4,69E-06	5,87E-05	1,10E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	7,95E-09	9,93E-08	1,85E-07	7,95E-09	9,93E-08	1,85E-07			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	1,32E-07	1,65E-06	3,07E-06	1,32E-07	1,65E-06	3,07E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	4,30E-06	5,37E-05	1,00E-04	4,30E-06	5,37E-05	1,00E-04			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	2,59E-07	3,23E-06	6,03E-06	2,59E-07	3,23E-06	6,03E-06			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,95E-11	2,43E-09	7,19E-09	1,95E-11	2,43E-09	7,19E-09	7,25E-09	9,28E-08	1,76E-07
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	7,23E-09	9,04E-08	1,69E-07	7,23E-09	9,04E-08	1,69E-07			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,07E-08	1,33E-07	2,49E-07	1,07E-08	1,33E-07	2,49E-07	1,07E-08	1,33E-07	2,49E-07

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO CARCINOGENICO		
								RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMIICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	2,16E-09	2,79E-08	4,81E-08	2,16E-09	2,79E-08	4,81E-08	3,02E-05	1,30E-04	1,68E-04
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	3,97E-08	1,71E-07	2,21E-07	3,97E-08	1,71E-07	2,21E-07			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	2,63E-06	1,13E-05	1,47E-05	2,63E-06	1,13E-05	1,47E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	2,36E-05	1,02E-04	1,31E-04	2,36E-05	1,02E-04	1,31E-04			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	3,88E-06	1,67E-05	2,16E-05	3,88E-06	1,67E-05	2,16E-05			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMIICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,28E-09	2,11E-08	3,63E-08	1,28E-09	2,11E-08	3,63E-08	3,74E-08	1,77E-07	2,37E-07
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	3,62E-08	1,56E-07	2,01E-07	3,62E-08	1,56E-07	2,01E-07			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	6,40E-08	2,75E-07	3,56E-07	6,40E-08	2,75E-07	3,56E-07	6,40E-08	2,75E-07	3,56E-07

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) TRAB. RURAL E COMERCIAL RISCO CARCINOGENICO		
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMIICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	4,06E-10	5,77E-09	8,71E-09	4,06E-10	5,77E-09	8,71E-09	6,73E-06	3,19E-05	3,85E-05
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	5,16E-09	2,44E-08	2,95E-08	5,16E-09	2,44E-08	2,95E-08			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	3,00E-07	1,42E-06	1,71E-06	3,00E-07	1,42E-06	1,71E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	5,58E-06	2,64E-05	3,19E-05	5,58E-06	2,64E-05	3,19E-05			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio MMA	8,40E-07	3,98E-06	4,81E-06	8,40E-07	3,98E-06	4,81E-06			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMIICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	3,46E-10	5,25E-09	7,93E-09	3,46E-10	5,25E-09	7,93E-09	5,05E-09	2,75E-08	3,48E-08
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO			
-	Arsênio V	4,70E-09	2,22E-08	2,69E-08	4,70E-09	2,22E-08	2,69E-08			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	8,31E-09	3,94E-08	4,76E-08	8,31E-09	3,94E-08	4,76E-08	8,31E-09	3,94E-08	4,76E-08

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO						ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) TRAB. OBRA CIVIL RISCO CARCINOGENICO		
								COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL		
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,59E-11	5,23E-10	6,97E-10	1,59E-11	5,23E-10	6,97E-10	4,00E-07	3,81E-06	4,40E-06
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	8,61E-10	8,19E-09	9,45E-09	8,61E-10	8,19E-09	9,45E-09			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	2,48E-07	2,36E-06	2,72E-06	2,48E-07	2,36E-06	2,72E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	1,16E-07	1,11E-06	1,28E-06	1,16E-07	1,11E-06	1,28E-06			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio MMA	3,50E-08	3,33E-07	3,84E-07	3,50E-08	3,33E-07	3,84E-07			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO										
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,54E-11	4,76E-10	6,34E-10	1,54E-11	4,76E-10	6,34E-10	7,99E-10	7,93E-09	9,24E-09
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO					
-	Arsênio V	7,83E-10	7,46E-09	8,60E-09	7,83E-10	7,46E-09	8,60E-09			
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR										
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO CENÁRIO			RISCO COMPARTIMENTO		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO
-	Arsênio V	1,15E-09	1,10E-08	1,27E-08	1,15E-09	1,10E-08	1,27E-08	1,15E-09	1,10E-08	1,27E-08

Tabela 112 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (RED)

			QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO			
			SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																						
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																									
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V		8,18E-06	2,95E-04	7,64E-04	0,00E+00	1,05E-02	7,64E-04	0,00E+00	7,64E-04	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V		2,28E-04	2,85E-03	5,32E-03	4,78E+00	4,78E+00	5,32E-03	0,00E+00	4,78E+00	0,00E+00	4,78E+00	4,77E+00	4,77E+00	4,78E+00	4,77E+00	0,00E+00	5,53E-01	4,78E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7439-89-6	Ferro		2,05E-01	2,56E+00	4,77E+00																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V		3,31E-03	4,14E-02	7,72E-02																				
7429-90-5	Alumínio		1,86E-03	2,33E-02	4,35E-02	1,76E-01	1,33E-01	1,51E-01	4,35E-02	1,33E-01	0,00E+00	1,33E-01	1,73E-01	5,57E-02	1,33E-01	5,57E-02	0,00E+00	4,35E-02	5,57E-02	0,00E+00	4,35E-02	0,00E+00	0,00E+00		
7439-89-6	Ferro		2,39E-03	2,98E-02	5,57E-02																				
7439-96-5-B	Manganês		3,15E-03	3,93E-02	7,34E-02																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V		1,23E-01	1,54E+00	2,88E+00	2,94E+00	2,88E+00	2,88E+00	6,23E-02	2,88E+00	0,00E+00	2,88E+00	6,23E-02	0,00E+00	2,88E+00	0,00E+00	3,15E-01	6,23E-02	0,00E+00	0,00E+00	6,23E-02	0,00E+00	0,00E+00		
7429-90-5	Alumínio		2,67E-03	3,34E-02	6,23E-02																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio MMA		7,42E-03	9,28E-02	1,73E-01																				
7429-90-5	Alumínio		2,41E-04	3,01E-03	5,63E-03																				
7440-39-3	Bário		5,14E-04	6,42E-03	1,20E-02	1,37E+00	1,37E+00	1,30E+00	5,63E-03	1,38E+00	0,00E+00	1,38E+00	1,20E+00	1,19E+00	2,37E-01	1,19E+00	1,13E+00	5,63E-03	1,20E+00	1,20E-02	5,63E-03	0,00E+00	0,00E+00		
7439-89-6	Ferro		2,75E-03	3,44E-02	6,42E-02																				
7782-49-2	Selênio		4,84E-02	6,04E-01	1,13E+00																				
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																									
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V		5,58E-07	6,70E-05	2,06E-04	0,00E+00	2,06E-04	2,06E-04	0,00E+00	2,06E-04	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS			RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
			RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V		2,08E-04	2,59E-03	4,84E-03																				
7429-90-5	Alumínio		2,90E-03	3,63E-02	6,78E-02																				
7440-36-0	Antimônio		6,04E-03	7,56E-02	1,41E-01																				
7440-39-3	Bário		2,20E-04	2,75E-03	5,13E-03	3,61E+00	3,54E+00	1,06E+00	6,78E-02	3,55E+00	2,40E-01	3,79E+00	4,43E+00	3,78E+00	4,12E+00	3,54E+00	0,00E+00	6,78E-02	3,54E+00	5,13E-03	6,78E-02	0,00E+00	2,40E-01		
7440-48-4	Cobalto		1,03E-02	1,28E-01	2,40E-01																				
7439-89-6	Ferro		1,52E-01	1,90E+00	3,54E+00																				
7439-96-5-B	Manganês		3,51E-02	4,39E-01	8,19E-01																				

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE URBANO CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO	
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio V	3,06E-04	3,82E-03	7,14E-03																		
7440-39-3	Bário	9,71E-04	1,21E-02	2,27E-02																		
7440-43-9-A	Cádmio	1,17E-03	1,47E-02	2,74E-02	3,45E-02	4,74E+00	3,45E-02	4,89E+00	4,95E+00	4,73E+00	2,98E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,74E+00	4,76E+00	1,58E-01	0,00E+00	2,27E-02	2,27E-02	2,74E-02	0,00E+00	0,00E+00
7440-50-8	Cobre	2,03E-01	2,54E+00	4,73E+00																		
7440-66-6	Zinco	6,76E-03	8,45E-02	1,58E-01																		
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)																						
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-50-8	Cobre	1,36E-07	1,69E-05	5,02E-05	0,00E+00	5,02E-05	0,00E+00	5,02E-05	5,02E-05	5,02E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,02E-05	5,02E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-50-8	Cobre	9,33E-07	1,16E-04	3,45E-04	0,00E+00	3,45E-04	0,00E+00	3,45E-04	3,45E-04	3,45E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,45E-04	3,45E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																						
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	2,66E-06	3,32E-04	9,83E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,61E-06	9,83E-04	0,00E+00	9,83E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,83E-04	9,83E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-66-6	Zinco	2,60E-08	3,24E-06	9,61E-06																		
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	1,28E-06	1,59E-04	4,73E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,10E-04	5,83E-04	0,00E+00	4,73E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,10E-04	0,00E+00	4,73E-04	4,73E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-66-6	Zinco	2,98E-07	3,71E-05	1,10E-04																		

Tabela 112 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (RED)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE URBANO ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO			
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																						
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	6,21E-06	7,09E-05	1,07E-04	0,00E+00	1,07E-04	1,07E-04	0,00E+00	1,07E-04	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	1,14E-04	4,09E-04	4,91E-04	4,41E-01	4,41E-01	4,91E-04	5,15E-02	4,41E-01	0,00E+00	4,78E-01	4,40E-01	4,40E-01	4,41E-01	4,40E-01	0,00E+00	0,00E+00	4,40E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
7439-89-6	Ferro	1,02E-01	3,67E-01	4,40E-01																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	6,14E-03	2,21E-02	2,65E-02																				
7429-90-5	Alumínio	3,46E-03	1,24E-02	1,49E-02	6,05E-02	4,56E-02	5,16E-02	1,49E-02	4,56E-02	0,00E+00	4,56E-02	5,92E-02	1,91E-02	4,56E-02	1,91E-02	0,00E+00	1,49E-02	1,91E-02	0,00E+00	1,49E-02	0,00E+00	0,00E+00		
7439-89-6	Ferro	4,43E-03	1,59E-02	1,91E-02																				
7439-96-5-B	Manganês	5,84E-03	2,10E-02	2,52E-02																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	6,78E-02	2,43E-01	2,92E-01	2,98E-01	2,92E-01	2,92E-01	6,33E-03	2,92E-01	0,00E+00	2,92E-01	6,33E-03	0,00E+00	2,92E-01	0,00E+00	0,00E+00	6,33E-03	0,00E+00	0,00E+00	6,33E-03	0,00E+00	0,00E+00		
7429-90-5	Alumínio	1,47E-03	5,27E-03	6,33E-03																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio MMA	1,11E-02	4,00E-02	4,79E-02																				
7429-90-5	Alumínio	3,62E-04	1,30E-03	1,56E-03	3,80E-01	3,78E-01	3,60E-01	1,56E-03	3,81E-01	0,00E+00	3,81E-01	3,32E-01	3,30E-01	6,57E-02	3,30E-01	3,12E-01	1,56E-03	3,34E-01	3,32E-03	1,56E-03	0,00E+00	0,00E+00		
7440-39-3	Bário	7,71E-04	2,77E-03	3,32E-03																				
7439-89-6	Ferro	4,12E-03	1,48E-02	1,78E-02																				
7782-49-2	Selênio	7,25E-02	2,60E-01	3,12E-01																				
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	3,67E-06	4,99E-05	8,06E-05	0,00E+00	8,06E-05	8,06E-05	0,00E+00	8,06E-05	0,00E+00	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Figado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	1,04E-04	3,72E-04	4,47E-04																				
7429-90-5	Alumínio	1,45E-03	5,21E-03	6,26E-03																				
7440-36-0	Antimônio	3,02E-03	1,08E-02	1,30E-02																				
7440-39-3	Bário	1,10E-04	3,95E-04	4,74E-04	3,33E-01	3,27E-01	9,82E-02	6,26E-03	3,28E-01	2,21E-02	3,50E-01	4,09E-01	3,49E-01	3,49E-01	3,27E-01	7,33E-05	6,26E-03	3,27E-01	4,74E-04	6,26E-03	0,00E+00	2,21E-02		
7440-48-4	Cobalto	5,14E-03	1,84E-02	2,21E-02																				
7439-89-6	Ferro	7,58E-02	2,72E-01	3,27E-01																				
7439-96-5-B	Manganês	1,76E-02	6,30E-02	7,56E-02																				

Tabela 112 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (RED)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE RURAL CRIANÇA RISCO NÃO CARCINOGENICO			
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																						
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	8,18E-06	2,95E-04	7,64E-04	0,00E+00	7,64E-04	7,64E-04	0,00E+00	7,64E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	2,28E-04	2,85E-03	5,32E-03	4,78E+00	4,78E+00	5,32E-03	0,00E+00	4,78E+00	0,00E+00	4,78E+00	4,77E+00	4,77E+00	4,78E+00	4,77E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,77E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7439-89-6	Ferro	2,05E-01	2,56E+00	4,77E+00																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	3,78E-03	4,73E-02	8,82E-02																				
7429-90-5	Alumínio	2,13E-03	2,66E-02	4,97E-02	2,02E-01	1,52E-01	1,72E-01	4,97E-02	1,52E-01	0,00E+00	1,52E-01	1,97E-01	6,37E-02	1,52E-01	6,37E-02	0,00E+00	4,97E-02	6,37E-02	0,00E+00	4,97E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7439-89-6	Ferro	2,73E-03	3,41E-02	6,37E-02																				
7439-96-5-B	Manganês	3,60E-03	4,49E-02	8,39E-02																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	1,23E-01	1,54E+00	2,88E+00	2,94E+00	2,88E+00	2,88E+00	6,23E-02	2,88E+00	0,00E+00	2,88E+00	6,23E-02	0,00E+00	2,88E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,23E-02	0,00E+00	0,00E+00	6,23E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7429-90-5	Alumínio	2,67E-03	3,34E-02	6,23E-02																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio MMA	7,42E-03	9,28E-02	1,73E-01																				
7429-90-5	Alumínio	2,41E-04	3,01E-03	5,63E-03																				
7440-39-3	Bário	5,14E-04	6,42E-03	1,20E-02	1,37E+00	1,37E+00	1,30E+00	5,63E-03	1,50E+00	0,00E+00	1,38E+00	1,20E+00	1,19E+00	2,37E-01	1,19E+00	1,13E+00	5,63E-03	1,20E+00	1,20E-02	5,63E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	2,75E-03	3,44E-02	6,42E-02																				
7782-49-2	Selênio	4,84E-02	6,04E-01	1,13E+00																				
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	5,58E-07	6,97E-05	2,06E-04	0,00E+00	2,06E-04	2,06E-04	0,00E+00	2,06E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	2,08E-04	2,59E-03	4,84E-03																				
7429-90-5	Alumínio	2,90E-03	3,63E-02	6,78E-02																				
7440-36-0	Antimônio	6,04E-03	7,56E-02	1,41E-01																				
7440-39-3	Bário	2,20E-04	2,75E-03	5,13E-03	3,61E+00	3,54E+00	1,06E+00	6,78E-02	3,55E+00	2,40E-01	3,79E+00	4,43E+00	3,78E+00	3,78E+00	3,54E+00	0,00E+00	6,78E-02	3,54E+00	5,13E-03	6,78E-02	0,00E+00	2,40E-01		
7440-48-4	Cobalto	1,03E-02	1,28E-01	2,40E-01																				
7439-89-6	Ferro	1,52E-01	1,90E+00	3,54E+00																				
7439-96-5-B	Manganês	3,51E-02	4,39E-01	8,19E-01																				

Tabela 112 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (RED)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO			
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																						
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	4,81E-06	6,21E-05	1,07E-04	0,00E+00	1,07E-04	1,47E-03	0,00E+00	1,47E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	8,83E-05	3,80E-04	4,91E-04	4,41E-01	4,41E-01	4,91E-04	0,00E+00	4,41E-01	0,00E+00	4,41E-01	4,40E-01	4,40E-01	4,41E-01	4,40E-01	0,00E+00	0,00E+00	4,40E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	7,92E-02	3,41E-01	4,40E-01																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	5,85E-03	2,52E-02	3,26E-02																				
7429-90-5	Alumínio	3,30E-03	1,42E-02	1,83E-02	7,44E-02	5,61E-02	6,36E-02	1,83E-02	5,61E-02	0,00E+00	5,61E-02	7,28E-02	2,35E-02	5,61E-02	2,35E-02	0,00E+00	1,83E-02	2,35E-02	0,00E+00	1,83E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7439-89-6	Ferro	4,22E-03	1,82E-02	2,35E-02																				
7439-96-5-B	Manganês	5,57E-03	2,40E-02	3,10E-02																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	5,25E-02	2,26E-01	2,92E-01	2,98E-01	2,92E-01	2,92E-01	6,33E-03	2,92E-01	0,00E+00	2,92E-01	6,33E-03	0,00E+00	2,92E-01	0,00E+00	0,00E+00	6,33E-03	0,00E+00	0,00E+00	6,33E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
7429-90-5	Alumínio	1,14E-03	4,90E-03	6,33E-03																				
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio MMA	8,62E-03	3,71E-02	4,79E-02																				
7429-90-5	Alumínio	2,80E-04	1,21E-03	1,56E-03																				
7440-39-3	Bário	5,97E-04	2,57E-03	3,32E-03	3,80E-01	3,78E-01	3,60E-01	1,56E-03	3,81E-01	0,00E+00	3,81E-01	3,32E-01	3,30E-01	6,57E-02	3,30E-01	3,12E-01	1,56E-03	3,34E-01	3,32E-03	1,56E-03	0,00E+00	0,00E+00		
7439-89-6	Ferro	3,19E-03	1,38E-02	1,78E-02																				
7782-49-2	Selênio	5,62E-02	2,42E-01	3,12E-01																				
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																								
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	2,84E-06	4,68E-05	8,06E-05	0,00E+00	8,06E-05	8,06E-05	0,00E+00	8,06E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00												
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																			
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais		
-	Arsênio V	8,03E-05	3,46E-04	4,47E-04																				
7429-90-5	Alumínio	1,12E-03	4,84E-03	6,26E-03																				
7440-36-0	Antimônio	2,34E-03	1,01E-02	1,30E-02																				
7440-39-3	Bário	8,51E-05	3,67E-04	4,74E-04	3,33E-01	3,27E-01	9,82E-02	6,26E-03	3,28E-01	2,21E-02	3,50E-01	4,09E-01	3,49E-01	3,49E-01	3,27E-01	0,00E+00	6,26E-03	3,27E-01	4,74E-04	6,26E-03	0,00E+00	2,21E-02		
7440-48-4	Cobalto	3,98E-03	1,71E-02	2,21E-02																				
7439-89-6	Ferro	5,87E-02	2,53E-01	3,27E-01																				
7439-96-5-B	Manganês	1,36E-02	5,85E-02	7,56E-02																				

Tabela 112 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (RED)

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) RESIDENTE RURAL ADULTO RISCO NÃO CARCINOGENICO	
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio V	1,42E-04	6,12E-04	7,91E-04																		
7440-39-3	Bário	4,51E-04	1,94E-03	2,51E-03	3,83E-03	5,25E-01	3,83E-03	5,42E-01	5,48E-01	5,24E-01	3,30E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,25E-01	5,27E-01	1,75E-02	0,00E+00	2,51E-03	2,51E-03	3,04E-03	0,00E+00	0,00E+00
7440-43-9-A	Cádmio	5,46E-04	2,35E-03	3,04E-03																		
7440-50-8	Cobre	9,43E-02	4,06E-01	5,24E-01																		
7440-66-6	Zinco	3,14E-03	1,35E-02	1,75E-02																		
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)																						
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-50-8	Cobre	1,40E-07	7,17E-06	1,24E-05	0,00E+00	1,24E-05	0,00E+00	1,24E-05	1,24E-05	1,24E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,24E-05	1,24E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-50-8	Cobre	3,61E-07	1,85E-05	3,18E-05	0,00E+00	3,18E-05	0,00E+00	3,18E-05	3,18E-05	3,18E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,18E-05	3,18E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																						
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	2,74E-06	1,40E-04	2,42E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,36E-06	2,42E-04	0,00E+00	2,42E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,42E-04	2,42E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-66-6	Zinco	2,68E-08	1,37E-06	2,36E-06																		
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	4,95E-07	2,53E-05	4,36E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,02E-05	5,38E-05	0,00E+00	4,36E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,02E-05	0,00E+00	4,36E-05	4,36E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-66-6	Zinco	1,15E-07	5,90E-06	1,02E-05																		



QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO

ÁREA ALVO 3 (AA3)
REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED)
TRAB. RURAL E COMERCIAL
RISCO NÃO CARCINOGENICO

SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular

COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,80E-06	3,97E-05	6,00E-05	0,00E+00	6,00E-05	6,00E-05	0,00E+00	6,00E-05	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,56E-05	1,68E-04	2,04E-04	1,83E-01	1,83E-01	2,04E-04	0,00E+00	1,86E-01	0,00E+00	1,83E-01	1,82E-01	1,82E-01	1,83E-01	1,82E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,82E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7439-89-6	Ferro	3,19E-02	1,51E-01	1,82E-01																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,06E-03	9,77E-03	1,18E-02																			
7429-90-5	Alumínio	1,16E-03	5,50E-03	6,65E-03	2,70E-02	2,03E-02	2,30E-02	6,65E-03	2,03E-02	0,00E+00	2,03E-02	2,64E-02	8,52E-03	2,03E-02	8,52E-03	0,00E+00	6,65E-03	8,52E-03	0,00E+00	6,65E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7439-89-6	Ferro	1,49E-03	7,05E-03	8,52E-03																			
7439-96-5-B	Manganês	1,96E-03	9,29E-03	1,12E-02																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,85E-02	1,82E-01	2,20E-01	2,25E-01	2,20E-01	2,20E-01	4,77E-03	2,20E-01	0,00E+00	2,20E-01	4,77E-03	0,00E+00	2,20E-01	0,00E+00	0,00E+00	4,77E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,77E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7429-90-5	Alumínio	8,33E-04	3,95E-03	4,77E-03																			
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio MMA	5,79E-03	2,74E-02	3,31E-02																			
7429-90-5	Alumínio	1,88E-04	8,90E-04	1,08E-03	2,62E-01	2,61E-01	2,49E-01	1,08E-03	2,63E-01	0,00E+00	2,63E-01	2,29E-01	2,28E-01	4,54E-02	2,28E-01	2,16E-01	1,08E-03	2,30E-01	2,29E-03	1,08E-03	0,00E+00	0,00E+00	
7440-39-3	Bário	4,01E-04	1,90E-03	2,29E-03																			
7439-89-6	Ferro	2,14E-03	1,02E-02	1,23E-02																			
7782-49-2	Selênio	3,77E-02	1,79E-01	2,16E-01																			
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																							
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	2,39E-06	3,61E-05	5,46E-05	0,00E+00	5,46E-05	5,46E-05	0,00E+00	5,46E-05	0,00E+00													
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																		
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais	
-	Arsênio V	3,24E-05	1,53E-04	1,85E-04																			
7429-90-5	Alumínio	4,53E-04	2,14E-03	2,59E-03																			
7440-36-0	Antimônio	9,43E-04	4,46E-03	5,39E-03																			
7440-39-3	Bário	3,43E-05	1,62E-04	1,96E-04	1,38E-01	1,36E-01	4,07E-02	2,59E-03	1,36E-01	9,17E-03	1,60E-01	1,69E-01	1,44E-01	1,45E-01	1,35E-01	0,00E+00	2,59E-03	1,36E-01	1,96E-04	2,59E-03	0,00E+00	9,17E-03	
7440-48-4	Cobalto	1,60E-03	7,59E-03	9,17E-03																			
7439-89-6	Ferro	2,37E-02	1,12E-01	1,35E-01																			
7439-96-5-B	Manganês	5,48E-03	2,59E-02	3,13E-02																			



QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO

ÁREA ALVO 3 (AA3)
REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED)
TRAB. RURAL E COMERCIAL
RISCO NÃO CARCINOGENICO

SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular

COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR

CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio V	5,73E-05	2,71E-04	3,28E-04																		
7440-39-3	Bário	1,82E-04	8,60E-04	1,04E-03																		
7440-43-9-A	Cádmio	2,20E-04	1,04E-03	1,26E-03	1,59E-03	2,18E-01	1,59E-03	2,25E-01	2,27E-01	2,17E-01	1,37E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,18E-01	2,19E-01	7,24E-03	0,00E+00	1,04E-03	1,04E-03	1,26E-03	0,00E+00	0,00E+00
7440-50-8	Cobre	3,80E-02	1,80E-01	2,17E-01																		
7440-66-6	Zinco	1,27E-03	5,99E-03	7,24E-03																		

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-50-8	Cobre	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

CENÁRIO: INGESTÃO NA PESCA (PESCADOR)		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-50-8	Cobre	2,33E-05	3,96E-04	5,33E-04	0,00E+00	5,33E-04	0,00E+00	5,33E-04	5,33E-04	5,33E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,33E-04	5,33E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)

CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-66-6	Zinco	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00																		

CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	3,19E-05	5,42E-04	7,30E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,70E-04	9,00E-04	0,00E+00	7,30E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,70E-04	0,00E+00	7,30E-04	7,30E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-66-6	Zinco	7,43E-06	1,26E-04	1,70E-04																		

Tabela 112 - Quantificação dos Risco Carcinogênico e do Quociente de Periculosidade não Carcinogênico AA-3 (RED)

			QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) TRAB. OBRA CIVIL RISCO NÃO CARCINOGENICO			
			SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																						
COMPARTIMENTO: SOLO SUPERFICIAL																									
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio V	1,37E-06	4,50E-05	6,00E-05	0,00E+00	6,00E-05	6,00E-05	0,00E+00	6,00E-05	0,00E+00															
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio V	7,41E-05	7,06E-04	8,14E-04	7,31E-01	7,31E-01	8,14E-04	0,00E+00	7,31E-01	0,00E+00	7,31E-01	7,30E-01	7,30E-01	7,31E-01	7,30E-01	2,40E-04	0,00E+00	7,30E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,87E-02		
7439-89-6	Ferro	6,65E-02	6,33E-01	7,30E-01																					
CENÁRIO: INGESTÃO DE HORTALIÇAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio V	2,13E-02	2,03E-01	2,34E-01																					
7429-90-5	Alumínio	1,20E-02	1,14E-01	1,32E-01	5,36E-01	4,04E-01	4,57E-01	1,32E-01	4,04E-01	0,00E+00	4,04E-01	5,24E-01	1,69E-01	4,04E-01	1,69E-01	0,00E+00	1,32E-01	1,69E-01	0,00E+00	1,32E-01	0,00E+00	0,00E+00			
7439-89-6	Ferro	1,54E-02	1,47E-01	1,69E-01																					
7439-96-5-B	Manganês	2,03E-02	1,93E-01	2,23E-01																					
CENÁRIO: INGESTÃO DE LEITE		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio V	1,00E-02	9,53E-02	1,10E-01	1,12E-01	1,10E-01	1,10E-01	2,38E-03	1,10E-01	0,00E+00	1,10E-01	2,38E-03	0,00E+00	1,10E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,38E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,38E-03	0,00E+00	0,00E+00			
7429-90-5	Alumínio	2,17E-04	2,07E-03	2,38E-03																					
CENÁRIO: INGESTÃO DE OVOS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio MMA	3,01E-03	2,87E-02	3,31E-02																					
7429-90-5	Alumínio	9,79E-05	9,32E-04	1,08E-03																					
7440-39-3	Bário	2,09E-04	1,99E-03	2,29E-03	2,62E-01	2,61E-01	2,49E-01	1,08E-03	2,63E-01	0,00E+00	2,63E-01	2,29E-01	2,28E-01	4,54E-02	2,28E-01	2,16E-01	1,08E-03	2,30E-01	2,29E-03	1,08E-03	0,00E+00	0,00E+00			
7439-89-6	Ferro	1,12E-03	1,06E-02	1,23E-02																					
7782-49-2	Selênio	1,96E-02	1,87E-01	2,16E-01																					
COMPARTIMENTO: SEDIMENTO																									
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio V	1,33E-06	4,09E-05	5,46E-05	0,00E+00	5,46E-05	5,46E-05	0,00E+00	5,46E-05	0,00E+00															
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																				
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais			
-	Arsênio V	6,74E-05	6,42E-04	7,41E-04																					
7429-90-5	Alumínio	9,44E-04	8,98E-03	1,04E-02																					
7440-36-0	Antimônio	1,96E-03	1,87E-02	2,16E-02																					
7440-39-3	Bário	7,15E-05	6,80E-04	7,85E-04	5,52E-01	5,42E-01	1,63E-01	1,04E-02	5,43E-01	3,67E-02	5,80E-01	6,77E-01	5,78E-01	5,79E-01	5,41E-01	0,00E+00	1,04E-02	5,42E-01	7,85E-04	1,04E-02	0,00E+00	3,67E-02			
7440-48-4	Cobalto	3,34E-03	3,18E-02	3,67E-02																					
7439-89-6	Ferro	4,93E-02	4,69E-01	5,41E-01																					
7439-96-5-B	Manganês	1,14E-02	1,09E-01	1,25E-01																					

		QUADRO DE SUMARIZAÇÃO DO RISCO																			ÁREA ALVO 3 (AA3) REGIÃO DE EXPOSIÇÃO DIRETA (RED) TRAB. OBRA CIVIL RISCO NÃO CARCINOGENICO	
		SN - Sistema Nervoso / SS - Sistema Sanguíneo / SRv - Sistema Reprodutivo / SRe - Sistema Respiratório / SGI - Sistema Gastrointestinal / SI - Sistema Imune / CV - Cardiovascular																				
COMPARTIMENTO: POEIRA DOMICILIAR																						
CENÁRIO: INGESTÃO DE PARTÍCULAS		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
-	Arsênio V	9,94E-05	9,46E-04	1,09E-03																		
7440-39-3	Bário	3,16E-04	3,00E-03	3,47E-03																		
7440-43-9-A	Cádmio	3,82E-04	3,63E-03	4,19E-03	5,28E-03	7,25E-01	5,28E-03	7,48E-01	7,57E-01	7,24E-01	4,56E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,25E-01	7,28E-01	2,41E-02	0,00E+00	3,47E-03	3,47E-03	4,19E-03	0,00E+00	0,00E+00
7440-50-8	Cobre	6,59E-02	6,28E-01	7,24E-01																		
7440-66-6	Zinco	2,20E-03	2,09E-02	2,41E-02																		
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (TOTAL)																						
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-50-8	Cobre	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-50-8	Cobre	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
COMPARTIMENTO: ÁGUA SUPERFICIAL (DISSOLVIDO)																						
CENÁRIO: CONTATO DÉRMICO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-66-6	Zinco	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00																		
CENÁRIO: INGESTÃO		RISCO SQI			RISCO POR ÓRGÃO-ALVO - RISCO MÁXIMO																	
		RISCO MÍNIMO	RISCO P90%	RISCO MÁXIMO	SN	SS	SRv	SRe	SGI	SI	CV	Pulmões	Pele	Olhos	Fígado	Pâncreas	Bexiga	Rins	Músculos	Ossos	Tireoide	Adrenais
7440-39-3	Bário	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7440-66-6	Zinco	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00																		

10.4.5. ANÁLISE DOS RESULTADOS DE RISCO

A avaliação de risco apresentada no item anterior permite a discussão dos resultados, conforme orientado pelo capítulo 8 do *Public Health Assessment Guidance Manual (Update)* de 2005.

A comparação das doses específicas das substâncias que apresentaram valores superiores aos guias de saúde com os *Observed Effect Levels* (NOAEL e LOAEL) é uma importante ferramenta para a tomada de decisão quanto às conclusões e recomendações referente a saúde humana. As substâncias que apresentaram risco nos cenários avaliados no item anterior foram: Alumínio, Arsênio e suas especiações, Cobalto, Cobre, Ferro, Manganês e Selênio.

O Alumínio, conforme exposto no item 10.1.3.1.4.2, apresenta doses de referência para fosfeto de alumínio, com fator de incerteza 100 para o consumo via oral. Esses resultados são baseados em estudos realizados em ratos, com duração de 2 anos de experimento. O NOAEL para alimento é de 0,51 mg/kg/dia (alimento) ou 0,025 mg/kg/dia (fosfina) convertido em fosfeto de alumínio 0,043 mg/kg/dia. Logo, a comparação dos cenários e receptores avaliados neste estudo com o estudo crítico do NOAEL em questão não é a mais adequada, tanto pelas diferenças dos compostos quanto pela espécie em estudo. No entanto, as doses de ingresso utilizadas para os cálculos de risco são superiores ao NOAEL. A razão média entre a dose de ingresso por ingestão de tubérculos e o NOAEL é cerca de 1,83. Em vista disso, há probabilidade de risco a exposição do elemento em questão. Em relação a biodisponibilidade, conforme apresentado no item 10.1.3.1.3, o alumínio é pouco absorvido após a exposição oral e exposição inalatória e, essencialmente, não é absorvido por via dérmica. Aproximadamente 0,1 a 0,6% do alumínio ingerido é geralmente absorvido, embora a absorção de formas menos biodisponíveis, como o hidróxido de alumínio, possa ser da ordem de 0,1%. O alumínio não absorvido é excretado nas fezes. Logo, a probabilidade de risco a exposição do elemento em questão deve ser avaliada para os cenários de exposição oral e inalatória e levando em consideração a forma química apresentada pelo alumínio nestes casos.

O Arsênio, conforme exposto no item 10.1.3.3.4.2, apresenta doses de referência para arsênio inorgânico, com fator de incerteza 3 para o consumo via oral. Esses resultados são baseados em estudos realizados em humanos, com duração crônica. A dose de NOAEL é de 0,009 mg/kg/dia e o LOAEL é 0,014 mg/kg/dia. As doses de ingresso utilizadas para o cálculo

de risco são inferiores ao NOAEL. A razão média entre a dose de ingresso por ingestão é cerca de 0,109. Em vista disso, a probabilidade de risco a exposição do elemento em questão é menor.

Os compostos arseno-orgânicos, como arsenobetaína (AsB) é comumente presente em alimentos de origem marinha, são notavelmente menos tóxicos e com tempo de residência curto no corpo humano (de 6 a 24 horas), até ser excretado, pela urina, sem modificação. Flora e fauna marinhas possuem outros compostos como arsenocolina, arseno-açúcares, além da arsenobetaína, onde o arsênio substitui nitrogênio e fósforo nas vias metabólicas (Barra *et al.*, 1999). A toxicidade dos compostos de arsênio, segundo Andreson *et al.* (1986) e Burguera *et al.* (1991) *apud* Barra *et al.* (1999) é a seguinte: arsina > arsenito > arseniato > ácidos alquilarsênicos > compostos de arsênio > arsênio elementar. O As (III) (arsenito ou ácido arsenioso) é 60 vezes mais tóxico do que a forma oxidada pentavalente As (V) (arseniato ou ácido arsenico). Os **compostos inorgânicos são 100 vezes mais tóxicos do que as formas parcialmente metiladas (MMA e DMA)** (Barra *et al.*, 1999). Dessa forma, para Barra *et al.* (1999), **As (III) e As (V) são as espécies mais tóxicas, enquanto AsB (arsenobetaína) e AsC (arsenocolina) são praticamente não tóxicas.** A dose letal (DL50 ou 50% de uma população) para As₂O₃ em ratos é 50 mg/kg, para KAsO₂ é 14 mg/kg, para Ca₃(AsO₄)₂ é de 20 mg/kg, para MMAA é de 700 a 800 mg/kg, para DMAA é de 700 a 2600 mg/kg, enquanto que para arsenobetaína (AsB) e para arsenocolina (AsC) não foi observado sinal de toxicidade em camundongos após dose oral de 10 g/kg e 6,5 g/kg, respectivamente.

O Cobalto, conforme exposto no item 10.1.3.7.4.2, apresenta doses de referência a saúde humana, com fator de incerteza 600, sendo equivalente a um fator de 10 para variabilidade interindividual, 10 para extrapolação de exposição sobreaguda para crônica, e 6 para extrapolação de LOAEL para NOAEL. O valor foi estabelecido pelo estudo em humanos com consumo via oral, com duração de 22 dias. O valor de referência é de 0,0016 mg/kg/dia. Levando em consideração o fator de incerteza 6, as doses de ingresso utilizadas para o cálculo de risco são superiores ao NOAEL. Em vista disso, há probabilidade de risco a exposição do elemento em questão. Em relação a biodisponibilidade, em humanos, sabe-se que ocorre absorção após exposição inalatória a compostos de cobalto demonstrada por aumento dos níveis de cobalto na urina, ainda que não haja dados quantitativos disponíveis para essa via de exposição. Apesar da exposição oral não ser uma via de exposição importante para a espécie humana, os dados disponíveis indicam que a absorção gastrointestinal de compostos de cobalto é bastante variável. Foram encontradas taxas de absorção oral de 18 a 97%, dependendo do tipo

e da dose do composto de cobalto, e do estado nutricional do indivíduo. A absorção é aumentada em indivíduos com deficiência de ferro. Em estudo *in vitro* com pele humana, a dose absorvível (dose absorvida somada à dose presente na pele e no estrato córneo) do dicloreto de cobalto foi de 0,38 a 1,08% (ECHA, 2018). Independente da via de exposição, após a absorção no sangue, o cobalto é rapidamente distribuído tanto em animais quanto em humanos, sendo que as maiores concentrações são encontradas no fígado e rins, e menores concentrações no coração, baço, músculos, ossos, cérebro, pâncreas, pulmão e gônadas. Quando a exposição ocorre pela via inalatória, a distribuição é similar à via oral, com exceção de uma maior retenção da substância no pulmão (ECHA, 2018). Após exposição oral, a via primária de excreção é a fecal tanto em animais de experimentação quanto em humanos, o que demonstra o baixo potencial de absorção gastrointestinal quando administrado por essa via. Em estudos de exposição humana a partículas de óxido de cobalto na forma de aerossol, cerca de 40% da concentração pulmonar inicial ficou retida no trato respiratório após seis meses, sendo que 33% foi eliminado pela urina e 28% pelas fezes (ECHA, 2018). Logo, a probabilidade de risco à exposição de cobalto deve levar em consideração essas variações e incertezas em relação a absorção do cobalto e seus compostos em humanos.

O Cobre, conforme exposto no item 10.1.3.8.4.2, apresenta doses de referência para o consumo via oral. Esses resultados são baseados em estudos realizados em humanos, com duração de dose única. A dose de LOAEL é de 5,3 mg/kg/dia. As doses de ingresso utilizadas para o cálculo de risco são inferiores ao LOAEL. A razão média entre a dose de ingresso por ingestão é cerca de $3,94 \cdot 10^{-6}$. Em vista disso, a probabilidade de risco a exposição do elemento em questão é menor, apesar de ser comparado ao LOAEL.

O Ferro não possui valores de NOAEL e LOAEL disponíveis, visto que os dados foram considerados inadequados para avaliação de risco quantitativo, conforme exposto no item 10.1.3.10.4.2.

O Manganês, conforme exposto no item 10.1.3.11.4.2, apresenta doses de referência, com fator de incerteza 1 para o consumo via oral (dieta). Esses resultados são baseados em estudos realizados em humanos, com duração crônica. A dose de NOAEL é de 0,14 mg/kg/dia. As doses de ingresso utilizadas para o cálculo de risco são inferiores ao NOAEL. A razão média entre a dose de ingresso por ingestão é cerca de 0,44. Em vista disso, a probabilidade de risco a exposição do elemento em questão é menor.

O Selênio, conforme exposto no item 10.1.3.14.4.2, apresenta doses de referência para selênio e compostos de selênio, com fator de incerteza 3 para o consumo via oral (dieta). Esses resultados são baseados em estudos realizados em humanos, com duração de experimento não informada. A dose de NOAEL é de 0,015 mg/kg/dia. As doses de ingresso utilizadas para o cálculo de risco são inferiores ao NOAEL. A razão média entre a dose de ingresso por ingestão é cerca de 0,37. Em vista disso, a probabilidade de risco a exposição do elemento em questão é menor.

10.4.5.1. Presença de Alumínio e Ferro em Vegetais

A tese apresentada por **CÔNSOLO (2015)** na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e intitulada “Avaliação das Concentrações de Magnésio, Zinco, Cobre, Ferro, Manganês, Alumínio, Cromo, Cádmio, Níquel, Cobalto e Molibdênio nas Hortaliças Tuberosas Comercializadas e Consumidas em Mato Grosso do Sul” teve como objetivo geral avaliar a concentrações desses metais em hortaliças tuberosas. Para tal, realizou extenso levantamento bibliográfico sobre os elementos bioativos em tuberosas.

A relação entre os elementos bioativos com batata inglesa, batata doce, mandioca, inhame e taro foi realizada para 12 metais. Segundo a autora, a presença e concentração de microelementos nos alimentos, e posteriormente no ser humano dependem do solo. A concentração de alumínio e ferro no solo é natural e decorrente do intemperismo de minerais aluminosilicáticos e óxidos de ferro.

Para os alimentos, o ferro pode ser encontrado na forma heme (Fe^{2+}) e não heme (Fe^{3+}). Em alimentos de origem animal, o ferro se concentra em sua forma heme. Para alimentos de origem vegetal, como legumes, verduras, grãos, frutas e castanhas, o ferro ocorre em forma não heme. Alimentos derivados de leite e ovos possuem baixa quantidade desse metal; alimentos como farinhas de trigo, cereais, massas e pães possuem alta quantidade desse metal (GROPPER, SMITH & GROFF, 2009 *apud* CÔNSOLO, 2015).

O alumínio ocorre unicamente no estado de oxidação 3^+ . A via oral é a principal forma de interação entre o ser humano e o alumínio, seja através de alimentos, água ou utensílios domésticos. A autora aponta que os compostos bioativos contendo alumínio são praticamente desconhecidos. A dieta habitual forneceria entre 5 a 10 mg/d de alumínio, praticamente completamente eliminados via gastrointestinal. Segundo GUPTA *et al.* (2005) *apud*

CÔNSOLO (2015), o metal não pode ser descartado como fator de risco para a doença de Alzheimer.

De forma direcionada às tuberosas, a autora afirma que a literatura ainda não esclarece como se comportam as concentrações de alumínio (Al). Para ferro, cerca de 18% dos valores diários de referência alimentar são supridos através de uma porção de 200 g de tuberosa fresca.

10.5. RISCO QUANTO À POTABILIDADE

No presente estudo, para avaliação de risco associada aos cenários de exposição de ingestão de água de abastecimento, água superficial e água subterrânea, serão utilizados os valores de potabilidade da Portaria N° 05 para as referidas substâncias como medida de restrição.

Conforme resultados os compartimentos água subterrânea e água superficial, bem como água de abastecimento, as concentrações identificadas para as SQI Alumínio, Ferro e Manganês, apresentaram-se superiores aos Padrões Organolépticos de Potabilidade da Portaria de Consolidação N° 05 nas áreas alvo AA1 (RED e RNE), AA2 (RED, REI e RNE) e AA3 (RED, REI e RNE). O padrão organoléptico (odor, paladar e aspecto) é o parâmetro de restrição para a potabilidade destes metais. No Capítulo II do Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 05 do Ministério da Saúde, de 28 de setembro de 2017, é apresentada a definição do padrão organoléptico, conforme apresentado a seguir:

IV - padrão organoléptico: conjunto de parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde; (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 5º, IV)

Para as amostras de Água Superficial coletadas:

- Alumínio Total ultrapassou o valor 0,2 mg/L (padrão organoléptico de potabilidade) nas amostras AC-02-ASP (**0,34** mg/L) na AA1 (RNE), ASP-01 (**1,25** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-02 (**0,95** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-03 (**0,29** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-09 (**1,49** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-10 (**3,03** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-11 (**2,11** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-12 (**2,07** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-13 (**2,5** mg/L) na AA-2 (RED), AC-06-ASP (**0,47** mg/L) na AA-2 (RNE), AC-08-ASP (**0,28** mg/L) na

AA-2 (RNE), ASP-14 (**0,62** mg/L) na AA3 (RED), ASP-15 (**4,11** mg/L) na AA3 (RED), ASP-16 (**8,4** mg/L) na AA3 (RED), ASP-17 (**5,46** mg/L) na AA3 (RED), ASP-18 (**8,66** mg/L) na AA3 (RED) e AC-04-ASP (**1,82** mg/L) na AA3 (RED).

- Ferro Total ultrapassou o valor 0,3 mg/L (padrão organoléptico de potabilidade) nas amostras ASP-04 (**0,64** mg/L) na AA1 (RNE), ASP-06 (**1,04** mg/L) na AA1 (RNE), ASP-07 (**1,92** mg/L) na AA1 (RNE), AC-02-ASP (**0,89** mg/L) na AA1 (RNE), ASP-01 (**5,06** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-02 (**3,8** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-03 (**1,08** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-09 (**8,34** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-10 (**18,9** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-11 (**21,2** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-12 (**13,3** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-13 (**18,2** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-20 (**0,71** mg/L) na AA-2 (RED), AC-06-ASP (**1,94** mg/L) na AA-2 (RNE), AC-08-ASP (**0,77** mg/L) na AA-2 (RNE), ASP-14 (**4,15** mg/L) na AA-3 (RED), ASP-16 (**19,3** mg/L) na AA-3 (RED), ASP-17 (**12,6** mg/L) na AA-3 (RED), ASP-18 (**18,1** mg/L) na AA-3 (RED) e AC-04-ASP (**4,81** mg/L) na AA-3 (RED).
- Ferro Dissolvido ultrapassou o valor 0,3 mg/L (padrão organoléptico de potabilidade) nas amostras ASP-09 (**0,35** mg/L) na AA2 (RED), AC-06-ASP (**0,74** mg/L) na AA-2 (RNE), AC-08-ASP (**0,35** mg/L) na AA-2 (RNE), ASP-17 (**0,33** mg/L) na AA-3 (RED) e AC-04-ASP (**0,58** mg/L) na AA-3 (RED).
- Manganês Total ultrapassou o valor 0,1 mg/L (padrão organoléptico de potabilidade) nas amostras ASP-07 (**0,50** mg/L) na AA1 (RNE), ASP-01 (**1,33** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-02 (**1,01** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-03 (**0,28** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-09 (**1,97** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-10 (**2,39** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-11 (**3,22** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-12 (**18,9** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-13 (**2,38** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-20 (**0,18** mg/L) na AA-2 (RED), ASP-14 (**0,39** mg/L) na AA-3 (RED), ASP-15 (**0,81** mg/L) na AA-3 ASP-16 (**1,05** mg/L) na AA-3 (RED), ASP-17 (**0,80** mg/L) na AA-3 (RED) e ASP-18 (**1,1** mg/L) na AA-3 (RED).
- Manganês Dissolvido ultrapassou o valor 0,1 mg/L (padrão organoléptico de potabilidade) nas amostras ASP-07 (**0,14** mg/L) na AA1 (RED), ASP-09 (**0,15** mg/L) na AA-2 (RED) e ASP-17 (**0,33** mg/L) na AA-3 (RED).

Para as amostras de Água Subterrânea coletadas:

- Alumínio Total ultrapassou o valor 0,2 mg/L (padrão organoléptico de potabilidade) nas amostras ASB-11 (**7,18** mg/L) na AA-2 (RED), ASB-15 (**1,18** mg/L) na AA-2 (RNE), ASB-21 (**2,15** mg/L) na AA-2 (RNE), AC-05-ASB (**1,09** mg/L) na AA-2 (RNE), ASB-01 (**0,73** mg/L) na AA-3 (REI), ASB-02 (**0,25** mg/L) na AA-3 (REI), ASB-04 (**0,49** mg/L) na AA-3 (RNE), ASB-05 (**1,02** mg/L) na AA-3 (REI), ASB-06 (**1,36** mg/L) na AA-3 (REI), ASB-07 (**0,91** mg/L) na AA-3 (REI), ASB-08 (**4,93** mg/L) na AA-3 (REI), ASB-23 (**0,36** mg/L) na AA-3 (RNE), ASB-26 (**3,57** mg/L) na AA-3 (RNE) e AC-04-ASB (**0,25** mg/L) na AA-3 (RNE).
- Ferro Total ultrapassou o valor 0,3 mg/L (padrão organoléptico de potabilidade) nas amostras AC-03-ASB (**7,36** mg/L) na AA-1 (RNE), ASB-10 (**0,83** mg/L), ASB-10 (**0,83** mg/L) na AA-2 (RED), ASB-11 (**1,11** mg/L) na AA-2 (RED), ASB-15 (**1,18** mg/L) na AA-2 (RNE), ASB-16 (**0,40** mg/L) na AA-2 (RNE), ASB-20 (**0,55** mg/L) na AA-2 (REI), ASB-21 (**1,65** mg/L) na AA-2 (RNE), ASB-22 (**0,54** mg/L) na AA-2 (RNE), ASB-01 (**0,45** mg/L) na AA-3 (REI), ASB-02 (**0,31** mg/L) na AA-3 (REI), ASB-04 (**1,69** mg/L) na AA-3 (RNE), ASB-05 (**1,04** mg/L) na AA-3 (REI), ASB-06 (**2,00** mg/L) na AA-3 (REI), ASB-07 (**1,39** mg/L) na AA-3 (REI), ASB-08 (**6,25** mg/L) na AA-3 (REI), ASB-09 (**1,09** mg/L) na AA-3 (REI), ASB-23 (**0,79** mg/L) na AA-3 (RNE), ASB-24 (**0,76** mg/L) na AA-3 (RNE), ASB-25 (**0,31** mg/L) na AA-3 (RNE), ASB-26 (**3,91** mg/L) na AA-3 (RNE), AC-01-ASB (**2,42** mg/L) na AA-3 (RNE) e AC-07-ASB (**0,53** mg/L) na AA-3 (RNE).
- Ferro Dissolvido ultrapassou o valor 0,3 mg/L (padrão organoléptico de potabilidade) nas amostras ASB-10 (**0,37** mg/L), ASB-15 (**0,50** mg/L) na AA-2 (RNE), ASB-07 (**0,48** mg/L) na AA-3 (REI), ASB-09 (**0,53** mg/L) na AA-3 (REI), ASB-23 (**0,36** mg/L) na AA-3 (RNE), ASB-24 (**0,40** mg/L) na AA-3 (RNE) e AC-01-ASB (**0,76** mg/L) na AA-3 (RNE).
- Manganês Total ultrapassou o valor 0,1 mg/L (padrão organoléptico de potabilidade) nas amostras ASB-16 (**0,11** mg/L) na AA-2 (RNE), ASB-04 (**0,13** mg/L) na AA-3 (RNE), ASB-08 (**0,13** mg/L) na AA-3 (REI), ASB-09 (**0,11** mg/L) na AA-3 (REI), AC-01-ASB (**0,15** mg/L) na AA-3 (RNE) e AC-04-ASB (**2,54** mg/L) na AA-3 (RNE).
- Manganês Dissolvido ultrapassou o valor 0,1 mg/L (padrão organoléptico de

potabilidade) nas amostras ASB-09 (**0,11** mg/L) na AA-3 (REI), AC-01-ASB (**0,14** mg/L) na AA-3 (RNE) e AC-04-ASB (**2,45** mg/L).

Para as amostras de Água de Abastecimento (proveniente de nascentes e do rio) coletadas:

- Alumínio Total ultrapassou o valor 0,2 mg/L (padrão organoléptico de potabilidade) nas amostras SAC-02 (**0,26** mg/L) na AA-2 (REI), SAC-04 (**0,36** mg/L) na AA-2 (REI), SAC-15 (**0,31** mg/L) na AA-2 (RNE) e SAC-19 (**0,81** mg/L) na AA-2 (RNE).
- Alumínio Dissolvido ultrapassou o valor 0,2 mg/L (padrão organoléptico de potabilidade) na amostra SAC-04 (**0,36** mg/L) na AA-2 (REI).
- Ferro Total ultrapassou o valor 0,3 mg/L (padrão organoléptico de potabilidade) nas amostras SAC-02 (**1,38** mg/L) na AA-2 (REI), SAC-03 (**0,39** mg/L) na AA-2 (RED), SAC-02 (**0,48** mg/L) na AA-2 (REI), SAC-15 (**0,44** mg/L) na AA-2 (RNE), SAC-16 (**1,14** mg/L) na AA-2 (RNE), SAC-10 (**0,84** mg/L) na AA-3 (REI) e SAC-13 (**0,62** mg/L) na AA-3 (RED).
- Ferro Dissolvido ultrapassou o valor 0,3 mg/L (padrão organoléptico de potabilidade) nas amostras SAC-02 (**0,43** mg/L) na AA-2 (REI), SAC-19 (**0,35** mg/L) na AA-2 (RNE), SAC-10 (**0,46** mg/L) na AA-3 (REI) e SAC-13 (**0,41** mg/L) na AA-3 (RED).

Conforme exposto no Capítulo V do Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 05 do Ministério da Saúde, de 28 de setembro de 2017, o Artigo 39 diz “*A água potável deve estar em conformidade com o padrão organoléptico de potabilidade expresso no Anexo 10 do Anexo XX. (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 39)*”. Também é apresentado no mesmo artigo o destacado a seguir:

§ 3º Na verificação do atendimento ao padrão de potabilidade expresso nos Anexos 7, 8, 9 e 10 do Anexo XX, eventuais ocorrências de resultados acima do VMP devem ser analisadas em conjunto com o histórico do controle de qualidade da água e não de forma pontual. (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 39, § 3º)

§ 4º Para os parâmetros ferro e manganês são permitidos valores superiores ao VMPs estabelecidos no Anexo 10 do Anexo XX, desde que sejam observados os seguintes critérios: (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 39, § 4º)

I - os elementos ferro e manganês estejam complexados com produtos químicos comprovadamente de baixo risco à saúde, conforme preconizado no

art. 13 e nas normas da ABNT; (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 39, § 4º, I)

II - os VMPs dos demais parâmetros do padrão de potabilidade não sejam violados; e (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 39, § 4º, II)

III - as concentrações de ferro e manganês não ultrapassem 2,4 e 0,4 mg/L, respectivamente. (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 39, § 4º, III)

A partir dos resultados, observa-se que há concentrações superiores aos seus respectivos PLA tanto na RED, quanto na REI e RNE. As concentrações encontradas na RNE não podem ser associadas ao evento, sendo necessário estudos focados para identificação donexo causal destes valores. Vale ressaltar que, segundo a Resolução CONAMA N° 357/2005, o Rio Doce é classificado como Classe 2 e, de acordo com as limitações estabelecidas nesta resolução, suas águas apenas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional.

As medidas de controle institucional visam implementar ações, procedimentos normativos e aplicação da legislação ambiental para garantir o bem-estar da população e minimizar os riscos relativos à saúde, integridade física, segurança e higiene ocupacional dos receptores potencialmente expostos (MORAES *et al.*, 2013).

Como meta para o cenário hipotético de ingestão de água superficial, subterrânea e de abastecimento deverá ser aplicado a Medida de Controle Institucional de Monitoramento do uso de água superficial, subterrânea e de abastecimento (proveniente de nascentes e do rio) como água potável ou para irrigação a partir de um perímetro modelado para o tempo e distância de extinção da pluma de contaminação em fase dissolvida até a confirmação de potenciais riscos associados ao cenário.

10.6. RISCO QUANTO AO CONSUMO DE PESCADO

Os pontos de monitoramento (P1 e P3) inseridos, respectivamente, na Área Alvo 1 e Área Alvo 3, estabelecidos em FUNDAÇÃO RENOVA (2019), no estudo intitulado “Quantificação de Metais e Arsênio em Peixes Coletados Durante Monitoramento da Ictiofauna da Bacia do Rio Doce conduzido pela Universidade Federal de Viçosa - UFV” reportaram violações para cromo total e mercúrio total, apresentado no item .

Mercúrio total e cromo total não são considerados como SQI válidas para quantificação do risco pois não possuem doses de referência. Dessa forma, recomenda-se a análise especializada

desses elementos, para posterior utilização das doses de referência apresentadas para cada espécie no item 10.1.3.12 e cálculo do risco.

O risco foi calculado para os metais alumínio total, ferro total, manganês total e prata total considerando os receptores crianças e adultos, urbanos e rurais, trabalhadores rurais e comerciais e trabalhadores de obras civis.

Os parâmetros exposicionais estão apresentados no item 10.2.2.1 e os dados de entrada para cálculo de risco na planilha de quantificação de risco, as concentrações adotadas foram as máximas encontradas para cada ponto de monitoramento (P1, inserido na RNE da AA1 e P3, inserido na RED da AA3); os riscos por SQI e por *endpoint* são apresentados no **Anexo 9**.

Os resultados não reportaram risco potencial para nenhuma das SQI isoladas ou em somatória por *endpoint*.

10.7. RESPOSTAS AS PREOCUPAÇÕES DA POPULAÇÃO QUANTO A SAÚDE

10.7.1. PREOCUPAÇÕES RELACIONADAS A SAÚDE MENTAL

As metodologias adotadas para o desenvolvimento do presente estudo de Avaliação de Risco a Saúde Humana não têm por objetivos responder, quantificar ou avaliar questões relacionadas a saúde mental de populações potencialmente expostas em áreas contaminadas. Metodologias devem ser aplicadas e estudos específicos devem ser desenvolvidos para responder a esta preocupação da população.

10.7.2. PREOCUPAÇÕES RELACIONADAS A IMPACTOS NA SAÚDE E CONSUMO DE ALIMENTOS

Conforme discutido no item 10.4.4, foi possível quantificar risco acima dos limites aceitáveis para os cenários de ingestão de partículas de solo, ingestão de poeira domiciliar, contato dérmico e ingestão de partículas de sedimento, ingestão de ovos, leite, hortaliças e tubérculos. Entretanto, conforme exposto ao longo do relatório, estes riscos ocorrem em Regiões de Exposição Direta (RED) a lama de rejeitos, Regiões de Exposição Indireta (REI) a lama de rejeitos e também Regiões de Não Exposição (RNE) a lama de rejeitos. Esta tendência indica claramente que existem riscos que podem ser relacionados ao evento de rompimento e a

lama de rejeitos por ele gerada, bem como risco não relacionados ao evento, mas relacionado a concentrações de metais que ocorrem naturalmente em concentrações que geram risco nas áreas alvo estudadas. A **Tabela 113**, **Tabela 114** e **Tabela 115** apresentam uma consolidação destes riscos por Unidade de Exposição (RED, REI e RNE).

A exposição de populações a SQI a partir dos cenários exposicionais listados acima podem gerar efeitos adversos a saúde como alergias respiratórias, irritações dérmicas, entre outros efeitos discutidos na Análise de Toxicidade.

Neste contexto, responde-se as preocupações sobre possíveis impactos na saúde e sobre consumo de água e alimentos a seguir, para cada Área Alvo nos trechos entre os municípios de Mariana e Barra Longa:

Áreas-alvo dentro dos limites do Município de Mariana

Para a AA-1: RED apresentou risco carcinogênico para Arsênio (solo e sedimento superficial); RNE apresentou risco carcinogênico para Arsênio (solo e sedimento superficial), Arsênio MMA (hortaliças, tubérculos, frutas, leites e ovos) e Arsênio DMA (ovos). Ressalta-se que o risco carcinogênico associado a todas as formas do arsênio são referentes aos *endpoints* pulmões, pele, fígado, pâncreas, bexiga, rins e próstata;

Para a AA-1: RED apresentou risco **não** carcinogênico para Arsênio, Ferro e Manganês (solo e sedimento superficial); RNE apresentou risco **não** carcinogênico para Ferro (solo e sedimento superficial), Manganês (solo superficial) e Arsênio DMA (ovos e leites). Os *endpoints* afetados tanto para RED como para RNE foram os mesmos: sistema nervoso, sistema sanguíneo, sistema reprodutivo, sistema gastrointestinal, cardiovascular, pulmões, pele, olhos, fígado e rins.

Para a AA-2: RED apresentou risco carcinogênico para Arsênio (solo e sedimento superficial), Arsênio V (tubérculos, frutas e leites) e Arsênio III (água subterrânea); REI apresentou risco carcinogênico para Arsênio V (tubérculos, frutas e ovos) e Arsênio MMA (leites e ovos); RNE apresentou risco carcinogênico para Arsênio (solo, sedimento superficial e frutas), Arsênio MMA (hortaliças, tubérculos, frutas, leites e ovos), Arsênio V (leites e ovos) e Arsênio III (água subterrânea). Ressalta-se que o risco carcinogênico associado a todas as formas do arsênio são referentes aos *endpoints* pulmões, pele, fígado, pâncreas, bexiga, rins e próstata;

Para a AA-2: RED apresentou risco **não** carcinogênico para Arsênio (solo superficial), Cobalto (solo superficial), Ferro (solo, sedimento superficial e tubérculos), Manganês (solo e sedimento superficial), Alumínio (tubérculos) e Arsênio V (leites); REI apresentou risco **não** carcinogênico para Alumínio (REI) e Arsênio MMA (leite); RNE apresentou risco **não** carcinogênico para Arsênio (Frutas), Arsênio V e MMA (leites). Os *endpoints* afetados para cada região foram: RED - Sistema Nervoso, sistema sanguíneo, sistema reprodutivo, sistema respiratório, sistema gastrointestinal, sistema imune, cardiovascular, pulmões, pele, olhos, fígado, bexiga, rins, ossos e adrenais; REI - Sistema Nervoso, sistema sanguíneo, sistema reprodutivo, sistema respiratório, sistema gastrointestinal, cardiovascular, pulmões, olhos, bexiga e ossos; e RNE - Sistema Nervoso, sistema sanguíneo, sistema reprodutivo, sistema gastrointestinal, cardiovascular, pulmões, pele e olhos;

Áreas-alvo dentro dos limites dos municípios de Mariana e Barra Longa

Para a AA-3: RED apresentou risco carcinogênico para Arsênio (sedimento superficial e hortaliças), Arsênio V (leites) e Arsênio MMA (ovos); RNE apresentou risco carcinogênico para Arsênio (solo superficial, poeira domiciliar e hortaliças), Arsênio MMA (hortaliças) e Arsênio V (tubérculos, leites e ovos); RNE apresentou risco carcinogênico para Arsênio (solo superficial e tubérculos), Arsênio MMA (hortaliças, tubérculos, frutas, leites e ovos), Arsênio V (leites) e Arsênio III (água subterrânea). Ressalta-se que o risco carcinogênico associado a todas as formas do arsênio são referentes aos *endpoints* pulmões, pele, fígado, pâncreas, bexiga, rins e próstata;

Para a AA-3: RED apresentou risco **não** carcinogênico para Ferro (solo e sedimento superficial), Cobre (poeira domiciliar), Selênio (ovos) e Arsênio V (leites); REI apresentou risco **não** carcinogênico para Ferro (solo superficial), Arsênio (poeira domiciliar), Arsênio V e MMA (leites); RNE apresentou risco **não** carcinogênico para Cobalto e Manganês (solo superficial), Ferro (poeira domiciliar), Arsênio (tubérculos), Arsênio V e MMA (leites) e Arsênio III (água subterrânea). Os *endpoints* afetados para cada região foram: RED - Sistema Nervoso, sistema sanguíneo, sistema reprodutivo, sistema respiratório, sistema gastrointestinal, sistema imune, cardiovascular, pulmões, pele, olhos, fígado, pâncreas e rins; REI - Sistema Nervoso, sistema sanguíneo, sistema reprodutivo, sistema respiratório, sistema gastrointestinal, cardiovascular, pulmões, pele, olhos, fígado, bexiga, rins e ossos; e RNE - Sistema Nervoso,

sistema sanguíneo, sistema reprodutivo, sistema gastrointestinal, sistema imune, cardiovascular, pulmões, pele, olhos, fígado, rins e adrenais;

Neste contexto é importante que sejam desenvolvidos protocolos de saúde para prevenção, diagnóstico, monitoramento e acompanhamento das populações potencialmente expostas nas áreas alvo avaliadas. Entretanto, é fundamental que estes protocolos sejam desenvolvidos considerando a seguinte divisão em grupos de Risco e SQI:

- Riscos associados às SQI relacionadas ao Evento de Rompimento;
- Riscos associados às SQI que possuem relação aos Níveis de Base (Background).

Tabela 113 - Consolidação destes riscos por Unidade de Exposição AA1

ÁREA ALVO - AA1					
RISCO NÃO CARCINOGENICO			RISCO CARCINOGENICO		
RED	REI	RNE	RED	REI	RNE
SOLO SUPERFICIAL			HORTALIÇAS		
Fe		Fe			As MMA
Mn		Mn	TUBÉRCULOS		
SEDIMENTO SUPERFICIAL					As MMA
As			FRUTAS		
Fe		Fe			As MMA
Mn			LEITE		
OVOS					As MMA
		As DMA	OVO		
LEITE					As MMA
		As MMA			As DMA

Maior Risco > **Risco Intermediário** > **Menor Risco** > **Sem Risco**

Tabela 114 - Consolidação destes riscos por Unidade de Exposição AA2

ÁREA ALVO - AA2					
RISCO NÃO CARCINOGENICO			RISCO CARCINOGENICO		
RED	REI	RNE	RED	REI	RNE
SOLO SUPERFICIAL			HORTALIÇAS		
	Al		As V		As MMA
Co					
Fe		Fe	TUBÉRCULOS		
Mn			As V	As V	
SEDIMENTO SUPERFICIAL					As MMA
Fe		Fe	FRUTAS		
Mn			As V	As V	
TUBÉRCULOS					As MMA
Al	Al	Al	LEITE		
Fe	Fe	Fe	As V		As V
				As MMA	As MMA
LEITE			OVO		
			As V		As V
As V		As V	As MMA		As MMA
	As MMA	As MMA	ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)		
			As III		As III

Maior Risco > **Risco Intermediário** > **Menor Risco** > **Sem Risco**

Tabela 115 - Consolidação destes riscos por Unidade de Exposição AA3

ÁREA ALVO - AA3					
RISCO NÃO CARCINOGENICO			RISCO CARCINOGENICO		
RED	REI	RNE	RED	REI	RNE
SOLO SUPERFICIAL			POEIRA DOMICILIAR		
Fe	Fe	Co	As		
SEDIMENTO SUPERFICIAL			HORTALIÇAS		
Fe		Mn	As V	As V	As
POEIRA DOMICILIAR			TUBÉRCULOS		
	As			As MMA	As MMA
Cu		Cu		As MMA	As
TUBÉRCULOS				As V	As MMA
	Al	Al	FRUTAS		
	As	As	As MMA		
OVOS			LEITE		
Se		Se	As V	As V	As V
LEITE				As MMA	As MMA
As V	As V	As V	OVO		
	As MMA	As MMA	As MMA		As MMA
ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)			ÁGUA SUBTERRÂNEA (DISSOLVIDO)		
		As III		As V	
					As III

Maior Risco > Risco Intermediário > Menor Risco > Sem Risco

10.7.3. PREOCUPAÇÕES RELACIONADAS A CASOS DE DENGUE E FEBRE AMARELA

As metodologias adotadas para o desenvolvimento do presente estudo de Avaliação de Risco a Saúde Humana não têm por objetivos responder, quantificar ou avaliar questões relacionadas a casos de dengue e febre amarela em populações potencialmente expostas em áreas contaminadas. Metodologias devem ser aplicadas e estudos específicos devem ser desenvolvidos para responder a esta preocupação da população.

10.7.4. PREOCUPAÇÕES RELACIONADAS ÀS CONDIÇÕES E À QUALIDADE DE VIDA

As metodologias adotadas para o desenvolvimento do presente estudo de Avaliação de Risco a Saúde Humana não têm por objetivos responder, quantificar ou avaliar questões relacionadas à às condições e a qualidade de vida das populações potencialmente expostas em áreas contaminadas. Metodologias devem ser aplicadas e estudos específicos devem ser desenvolvidos para responder a esta preocupação da população.

11. CONCLUSÕES

Conforme indicado pelo Ministério da Saúde, as conclusões de uma Avaliação de Risco a Saúde Pública (ARSP) deve incluir a seleção de categoria(s) de perigo(s), as conclusões sobre informações insuficientes sobre as preocupações da comunidade relativas a sua saúde e, por fim, as conclusões sobre os cenários de exposição.

Os resultados e conclusões do projeto ora reportado estão limitados às observações de campo, informações recebidas, levantamento e consulta de documentos e resultados das análises químicas realizadas.

A **TECNOHIDRO** garante que as informações aqui reportadas refletem as condições observadas na data de sua coleta e aquisição, nas áreas alvo em estudo deste relatório, observando o contrato firmado com a **Fundação RENOVA**.

Além disto, as informações e conclusões foram tratadas de acordo com os procedimentos técnicos vigentes na época da confecção do relatório, e representam julgamentos profissionais baseados em procedimentos técnicos de referencia sobre Avaliação de Risco a Saúde Humana, bem como sobre as investigações ambientais que formaram a base de dados neste relatório.

11.1. SELEÇÃO DAS CATEGORIAS DE PERIGO

Conforme definido pelo Ministério da Saúde no documento de Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos (MS, 2010), o Risco à Saúde Humana em área contaminadas pode ser categorizado conforme abaixo:

- CATEGORIA A: “Utilizada para os locais que apresentam um risco para a saúde pública como resultado de exposições passadas, presentes e futuras, de curto ou longo prazo, a substâncias químicas perigosas, ou locais onde existe risco físico”.
- CATEGORIA B: “Utilizada para os locais que apresentam um risco para a saúde pública como resultado de exposições passadas, presentes e futuras, de curto ou

longo prazo, a substâncias químicas perigosas não carcinogênicas, com valores abaixo dos níveis de referência”.

- CATEGORIA C: “Essa categoria se utiliza para os locais que têm informação incompleta”.
- CATEGORIA D: “Essa categoria se utiliza para os locais que não apresentam um risco para a saúde pública”.

Considerando o exposto no item 10.4 (IMPLICAÇÕES QUANTO A SAÚDE DAS POPULAÇÕES), bem como as categorias de risco do Ministério da Saúde acima, pode-se concluir que:

[4] A Área Alvo 1 (AA1) pode ser classificada na CATEGORIA A, haja vista a identificação de risco na RED e na RNE pela exposição a arsênio, ferro e manganês.

[5] A Área Alvo 2 (AA2) pode ser classificada na CATEGORIA A, haja vista a identificação de risco na RED, na REI e na RNE pela exposição a arsênio, ferro, manganês, alumínio, cobalto.

[6] A Área Alvo 3 (AA3) pode ser classificada na CATEGORIA A, haja vista a identificação de risco na RED, na REI e na RNE pela exposição a arsênio, ferro, manganês, cobalto, cobre, selênio.

11.2. SUFICIENCIA DE DADOS PARA RESPOSTA A QUESTÕES DA POPULAÇÃO EXPOSTA

Conforme discutido no item 10.6 (Respostas as Preocupações da População quanto a Saúde), questões quanto a saúde mental da população exposta, ocorrência de dengue e febre amarela, não podem ser respondidas pelas metodologias adotadas para o desenvolvimento do presente estudo de Avaliação de Risco a Saúde Humana.

Neste contexto é recomendado a aplicação de metodologias e desenvolvimento de estudos específicos para responder a estas preocupações da população.

Adicionalmente, conforme discutido no capítulo de avaliação da exposição, os dados gerados para o desenvolvimento da avaliação de risco a saúde humana para a área alvo AA1, não foram suficientes para quantificação do risco com baixo nível de incerteza e sensibilidade. Sendo assim, é recomendado que para a AA1 sejam realizados serviços de campo adicionais visando a complementação da aquisição de amostras na RED, REI e RNE para que o risco a saúde humana seja novamente quantificado, e as questões da população quanto aos impactos na saúde e consumo de alimentos em decorrência do evento nesta área alvo sejam respondidas mais detalhadamente.

Em relação as Áreas Alvo em geral, a complementação da aquisição de amostras de cada matriz permite ampliar a base de dados para as SQI que apresentaram risco. Com uma base de dados robusta, a análise estatística apresenta maior confiabilidade, o que permite melhor detalhamento dos riscos quantificados, sendo possível sanar as dúvidas em relação à saúde, esclarecendo também tanto os riscos encontrados relacionados ao evento de rompimento da barragem de Fundão, quando os riscos quantificados para as condições naturais do meio físico da área de estudo.

11.3. EXPOSIÇÃO HUMANA E RISCO

Considerando os resultados da Avaliação de Risco à Saúde Humana desenvolvida para as três Áreas Alvo em questão, pode-se concluir:

- Referente ao escopo do trabalho:
 - ✓ A seleção da área de estudo foi segmentada com base na exposição humana (Região de exposição direta, RED; Região de exposição indireta, REI; e Região de não exposição, RNE). Logo em seguida, a área de estudo foi segmentada em três áreas alvo (AA), denominadas AA-1, AA-2 e AA-3, conforme item 3;
 - ✓ Foram investigados compartimentos de solo superficial e subsuperficial, sedimento superficial e subsuperficial, água superficial, água subterrânea e água de abastecimento, poeira domiciliar, raspagem de alvenaria e alimentos por meio de análises químicas laboratoriais, conforme item 5.4;
 - ✓ Estudos técnicos e acadêmicos históricos foram utilizados como referências, conforme item 5;

- ✓ Foram feitas análises espaciais dos resultados analíticos, com o objetivo de confirmar a existência de correlação espacial das concentrações quantificadas com as unidades de exposição, conforme item 5.4.3 e 5.4.4;
- ✓ Foram realizadas análises estatísticas por UCL95 dos resultados analíticos para definir valores de comparação entre as amostras coletadas na RED, REI e RNE.
- ✓ A consolidação da análise espacial foi comparada com estudos técnicos e acadêmicos históricos para estabelecer valores de Níveis de Base (*background*), conforme item 5.4.5;
- ✓ Foi levantado o uso e ocupação da área de estudo para estabelecer cenários para a Avaliação de Risco à Saúde Humana, conforme item 5.3;
- Referente aos resultados analíticos:
 - ✓ Foram constatadas concentrações superiores aos seus respectivos valores orientadores em compartimentos ambientais, conforme item 5.4.3;
 - ✓ Solo superficial apresentou concentrações superiores aos seus respectivos valores orientadores de Alumínio, Antimônio, Bário, Cobalto, Cromo, Ferro e Manganês, enquanto solo subsuperficial apresentou concentrações superiores aos seus respectivos valores orientadores de Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bário, Cobalto, Cromo, Ferro, Manganês e Níquel. Os solos das três AA foram classificados como Classe 4, conforme descrito na Resolução CONAMA 420;
 - ✓ Sedimento superficial apresentou concentrações superiores aos seus respectivos valores orientadores de Antimônio, Arsênio, Cromo, Ferro, Manganês e Mercúrio, enquanto Sedimento subsuperficial apresentou concentrações superiores aos seus respectivos valores orientadores de Antimônio, Arsênio, Chumbo, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio e Níquel;
 - ✓ Água superficial (total ou dissolvido) apresentou concentrações superiores aos seus respectivos valores orientadores de Alumínio, Ferro e Manganês;
 - ✓ Água Subterrânea (total ou dissolvido) apresentou concentrações superiores aos seus respectivos valores orientadores de Alumínio, Ferro e Manganês;

- ✓ Água de Abastecimento (total ou dissolvido) apresentou concentrações superiores aos seus respectivos valores orientadores de Alumínio e Ferro;
 - ✓ Poeira Domiciliar apresentou concentrações superiores aos seus respectivos valores orientadores de Antimônio, Arsênio, Bário, Cádmiio, Chumbo, Cobre, Ferro e Zinco;
 - ✓ Raspagem de Alvenaria apresentou concentrações superiores aos seus respectivos valores orientadores de Antimônio, Bário, Cádmiio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo e Zinco;
 - ✓ Fruta apresentou concentrações superiores aos seus respectivos valores orientadores de Arsênio;
 - ✓ Hortaliça apresentou concentrações superiores aos seus respectivos valores orientadores de Cromo e Selênio;
 - ✓ Ovo apresentou concentrações superiores aos seus respectivos valores orientadores de Selênio;
 - ✓ Vegetal apresentou concentrações superiores aos seus respectivos valores orientadores de Arsênio.
- Referente a consolidação da análise espacial:
- ✓ Os metais foram divididos em oito grupos (**a. a h.**) e a partir deles foram levantadas hipóteses sobre sua associação ao evento de rompimento da barragem de Fundão, conforme item 5.4.4;
 - ✓ As SQI válidas foram definidas e separadas em associação ou não ao evento, conforme item 7;
 - ✓ As SQI associadas ao evento foram Ferro e Manganês, enquanto as SQI não associadas ao evento foram Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bário, Cádmiio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Mercúrio, Selênio e Zinco;
 - ✓ Alumínio apresentou empobrecimento na RED, enquanto Ferro e Manganês apresentaram enriquecimento, em relação às outras unidades de exposição.

- Referente a Avaliação de Risco à Saúde Humana:
- ✓ Foram identificados riscos carcinogênicos e não carcinogênicos para as três AA, nas RED, REI e RNE, conforme item 10.4;
 - ✓ Para risco carcinogênico, foram identificados riscos para compartimentos solo superficial, sedimento e água subterrânea, poeira domiciliar, hortaliça, tubérculo, fruta, leite e ovo, enquanto para risco não carcinogênico foram identificados riscos para compartimentos solo superficial, sedimento e água subterrânea, poeira domiciliar, tubérculo, fruta, leite e ovo;
 - ✓ Para a AA-1: RED apresentou risco carcinogênico para Arsênio (solo e sedimento superficial); RNE apresentou risco carcinogênico para Arsênio (solo e sedimento superficial), Arsênio MMA (hortaliças, tubérculos, frutas, leites e ovos) e Arsênio DMA (ovos). Ressalta-se que o risco carcinogênico associado a todas as formas do arsênio são referentes aos *endpoints* pulmões, pele, fígado, pâncreas, bexiga, rins e próstata;
 - ✓ Para a AA-1: RED apresentou risco **não** carcinogênico para Arsênio, Ferro e Manganês (solo e sedimento superficial); RNE apresentou risco **não** carcinogênico para Ferro (solo e sedimento superficial), Manganês (solo superficial) e Arsênio DMA (ovos e leites). Os *endpoints* afetados tanto para RED como para RNE foram os mesmos: sistema nervoso, sistema sanguíneo, sistema reprodutivo, sistema gastrointestinal, cardiovascular, pulmões, pele, olhos, fígado e rins.
 - ✓ Para a AA-2: RED apresentou risco carcinogênico para Arsênio (solo e sedimento superficial), Arsênio V (tubérculos, frutas e leites) e Arsênio III (água subterrânea); REI apresentou risco carcinogênico para Arsênio V (tubérculos, frutas e ovos) e Arsênio MMA (leites e ovos); RNE apresentou risco carcinogênico para Arsênio (solo, sedimento superficial e frutas), Arsênio MMA (hortaliças, tubérculos, frutas, leites e ovos), Arsênio V (leites e ovos) e Arsênio III (água subterrânea). Ressalta-se que o risco carcinogênico associado a todas as formas do arsênio são referentes aos *endpoints* pulmões, pele, fígado, pâncreas, bexiga, rins e próstata;

- ✓ Para a AA-2: RED apresentou risco **não** carcinogênico para Arsênio (solo superficial), Cobalto (solo superficial), Ferro (solo, sedimento superficial e tubérculos), Manganês (solo e sedimento superficial), Alumínio (tubérculos) e Arsênio V (leites); REI apresentou risco **não** carcinogênico para Alumínio (REI) e Arsênio MMA (leite); RNE apresentou risco **não** carcinogênico para Arsênio (Frutas), Arsênio V e MMA (leites). Os *endpoints* afetados para cada região foram: RED - Sistema Nervoso, sistema sanguíneo, sistema reprodutivo, sistema respiratório, sistema gastrointestinal, sistema imune, cardiovascular, pulmões, pele, olhos, fígado, bexiga, rins, ossos e adrenais; REI - Sistema Nervoso, sistema sanguíneo, sistema reprodutivo, sistema respiratório, sistema gastrointestinal, cardiovascular, pulmões, olhos, bexiga e ossos; e RNE - Sistema Nervoso, sistema sanguíneo, sistema reprodutivo, sistema gastrointestinal, cardiovascular, pulmões, pele e olhos;
- ✓ Para a AA-3: RED apresentou risco carcinogênico para Arsênio (sedimento superficial e hortaliças), Arsênio V (leites) e Arsênio MMA (ovos); RNE apresentou risco carcinogênico para Arsênio (solo superficial, poeira domiciliar e hortaliças), Arsênio MMA (hortaliças) e Arsênio V (tubérculos, leites e ovos); RNE apresentou risco carcinogênico para Arsênio (solo superficial e tubérculos), Arsênio MMA (hortaliças, tubérculos, frutas, leites e ovos), Arsênio V (leites) e Arsênio III (água subterrânea). Ressalta-se que o risco carcinogênico associado a todas as formas do arsênio são referentes aos *endpoints* pulmões, pele, fígado, pâncreas, bexiga, rins e próstata;
- ✓ Para a AA-3: RED apresentou risco **não** carcinogênico para Ferro (solo e sedimento superficial), Cobre (poeira domiciliar), Selênio (ovos) e Arsênio V (leites); REI apresentou risco **não** carcinogênico para Ferro (solo superficial), Arsênio (poeira domiciliar), Arsênio V e MMA (leites); RNE apresentou risco **não** carcinogênico para Cobalto e Manganês (solo superficial), Ferro (poeira domiciliar), Arsênio (tubérculos), Arsênio V e MMA (leites) e Arsênio III (água subterrânea). Os *endpoints* afetados para cada região foram: RED - Sistema Nervoso, sistema sanguíneo, sistema reprodutivo, sistema respiratório, sistema gastrointestinal, sistema imune, cardiovascular, pulmões, pele, olhos, fígado, pâncreas e rins; REI - Sistema Nervoso, sistema sanguíneo, sistema reprodutivo,

sistema respiratório, sistema gastrointestinal, cardiovascular, pulmões, pele, olhos, fígado, bexiga, rins e ossos; e RNE - Sistema Nervoso, sistema sanguíneo, sistema reprodutivo, sistema gastrointestinal, sistema imune, cardiovascular, pulmões, pele, olhos, fígado, rins e adrenais;

Teoricamente a exposição de populações a SQI a partir dos cenários posicionais listados acima podem gerar potenciais efeitos adversos a saúde humana. Os cenários de exposição conceituados devem ser validados a partir de constatações de campo levando em consideração a condição atual de cada local.

Em visita técnica realizada às AA1, AA2 e AA3 foi possível verificar que os cenários de exposição associados a ingestão de partículas de solo superficial devem ser avaliados considerando que atualmente na RED, REI e RNE destas áreas alvo não ocorre exposição de lama de rejeitos em superfície, haja vista que a cobertura vegetal é predominante.

Neste contexto a exposição tanto ao contato com o solo quanto a poeira proveniente destas áreas será naturalmente mitigada ou não existirá. Sendo assim, sugere-se a atualização, detalhamento e estabelecimento de plano de monitoramento destes cenários de exposição na etapa FASE IV. As Fotos **13** a **15** apresentam exemplos de áreas revegetadas na RED e REI.

Foto 13 - Trecho da AA1 com revegetação



Fonte: TECNOHIDRO (2019).

Foto 14 - Trecho da AA2 com margens significativamente revegetadas



Fonte: TECNOHIDRO (2019).

Foto 15 - Trecho da AA3 com revegetação nas margens



Fonte: TECNOHIDRO (2019).

- Referente ao Risco Quanto a Potabilidade:
 - ✓ Para os compartimentos água subterrânea e água superficial, bem como a água de abastecimento proveniente de nascentes e do rio, as concentrações identificadas para as SQI Alumínio, Ferro e Manganês, apresentaram-se superiores aos Padrões Organolépticos de Potabilidade, definidos pela Portaria de Consolidação N° 05, nas áreas alvo AA1 (RED e RNE), AA2 (RED, REI e RNE) e AA3 (RED, REI e RNE), conforme item 10.5.
- Referente ao Modelo Conceitual Atualizado:
 - ✓ As SQI válidas associadas direta ou indiretamente ao evento, de acordo com os resultados obtidos no presente estudo, foram Alumínio, Ferro e Manganês nos compartimentos de solo, sedimento e água superficiais;

- ✓ De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, os riscos quantificados para Ferro e Manganês para os cenários na RED referentes aos compartimentos de solo, sedimento e água superficiais podem ser associados ao evento;
 - ✓ De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, os riscos quantificados para as outras SQI válidas, tanto para os cenários na RED, quanto os cenários na RNE, não podem ser associados ao evento.
- Referente às limitações do projeto:
- ✓ A amostragem não foi realizada de forma satisfatória no quesito aleatoriedade e quantidade, não distribuindo as amostras na RED, REI e RNE de forma que se obtivesse a quantidade necessária para melhor análise estatística para diferentes matrizes, com destaque a AA-1;
 - ✓ As AA-2 e AA-3 apresentaram análise estatística com maior confiabilidade em relação a AA-1 devido ao maior número de amostras para certas matrizes e a comparação dos resultados estatísticos da AA-1, AA-2 e AA-3 foi crucial para uma análise estatística mais satisfatória dos resultados obtidos;
 - ✓ A análise estatística por UCL95 providencia um valor maior que a média real da população de amostras com 95% de segurança, permitindo utilizar um valor conservador, porém não extremo como a concentração máxima encontrada. No entanto, com número de amostras limitados para algumas matrizes, esse valor calculado tende a ser próxima ou igual a concentração máxima encontrada.

A ausência de valores de PLA para SQI em certas matrizes não permitiram a análise quantitativa e qualitativa referente às concentrações superiores aos seus respectivos valores orientadores do meio físico ou ambiental.

12. RECOMENDAÇÕES

12.1. CONSIDERAÇÕES QUANTO A SAÚDE

Com base na QUADRO 10 do documento de Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos (MS, 2010), bem como considerando a classificação das áreas alvo em estudo (AA1, AA2 e AA3) na CATEGORIA A de Risco a Saúde Humana, recomenda-se que:

- [1] Identificar a população exposta (passado, presente e potencial no futuro) por meio do Cadastramento Nacional de Usuários do SUS.
- [2] Acompanhar a saúde das populações expostas por meio de ações de Vigilância e Atenção (vigilância ambiental, epidemiológica, sanitária e saúde do trabalhador, atenção básica, média e alta complexidade) incluindo:
 - a. Elaborar protocolos específicos para avaliação de saúde dos expostos e ações de vigilância à saúde, considerando os riscos às SQI divididos em:
 - i. Riscos associados as SQI relacionadas ao Evento de Rompimento;
 - ii. Riscos associados as SQI que possuem relação do os Níveis de Base (Background).
 - b. Estruturar sistema de informação para vigilância das populações expostas, por meio da Elaboração de Plano de Gerenciamento e Comunicação do Risco;
 - c. Monitorar os indicadores biológicos de efeito, exposição e de vulnerabilidade social e econômica, considerando os riscos às SQI divididos em:
 - i. Riscos associados as SQI relacionadas ao Evento de Rompimento;

- ii. Riscos associados as SQI que possuem relação do os Níveis de Base (Background).
- d. Formar e capacitar continuamente os profissionais de saúde e agentes comunitários para atender às especificidades das ações de atenção e vigilância à saúde dos expostos, considerando os riscos às SQI divididos em:
 - i. Riscos associados as SQI relacionadas ao Evento de Rompimento;
 - ii. Riscos associados as SQI que possuem relação do os Níveis de Base (Background).
- e. Implementar projeto de educação, comunicação de risco e informação em saúde para a população exposta e profissionais dos órgãos envolvidos na tomada de decisão por meio da Elaboração de Plano de Gerenciamento e Comunicação do Risco;
- f. Fortalecer os mecanismos de controle social e participação comunitária, como estabelecido no SUS;
- g. Fomentar e executar estudos e pesquisas para fundamentar cientificamente as intervenções, tomada de decisão e gestão nos diversos campos de interesse da situação em foco;
- h. Estabelecer mecanismos de gestão que permitam a reestruturação e o fortalecimento do setor saúde para atender às especificidades de atenção e vigilância à saúde da população exposta, considerando os riscos às SQI divididos em:
 - i. Riscos associados as SQI relacionadas ao Evento de Rompimento;
 - ii. Riscos associados as SQI que possuem relação do os Níveis de Base (Background).

- i. Fortalecer parcerias intra e intersetoriais para coordenação e implementação das ações de vigilância e atenção à saúde da população exposta.

Adicionalmente, recomenda-se que todas as ações supramencionadas sejam implementadas com base no Termo de Referência FASE IV - Plano de Intervenção para Gestão Integrada da Saúde e Meio Ambiente, desenvolvido pela Fundação RENOVA. Este documento deverá trazer todo detalhamento necessário para implantação das recomendações acima descritas.

As recomendações quanto a Risco Físico associadas a CATEGORIA A não foram consideradas, haja vista que nas áreas alvo avaliadas não ocorre risco físico, mas sim risco associado ao perfil toxicológico das SQI avaliadas.

12.2. CONSIDERAÇÕES QUANTO AO MEIO AMBIENTE

Considerando os resultados e conclusões do estudo de Avaliação de Risco a Saúde Humana ora apresentado, recomenda-se como medidas de recuperação ambiental com base no risco:

- [1] Monitoramento Ambiental Continuado dos compartimentos ambientais que possuem SQI que apresentaram Risco a Saúde Humana.
- [2] Elaboração de estudos de alternativas de reabilitação que preveja a avaliação minimamente das seguintes alternativas:
 - a. Remoção e/ou raspagem de sedimento contaminado e lama contaminada em área de remanso ao longo do leito dos rios impactados na RED das áreas alvo AA1, AA2 e AA3;
 - b. Remoção e/ou raspagem de solo superficial contaminado que possuam SQI que oferecem risco para ingestão de partículas e ingestão de alimentos;
 - c. Geofixação, estabilização e inertização de SQI que oferecem risco para ingestão de partículas de solo superficial e ingestão de alimentos;

- d. Vegetação de áreas onde solo superficial contaminado que possuam SQI que oferecem risco para ingestão de partículas;
- e. Encapsulamento de áreas onde solo superficial contaminado que possuam SQI que oferecem risco para ingestão de partículas.
- f. Tecnologias e técnicas a serem definidas por equipe de especialistas.

[3] Monitoramento e Controle de Cultivos e Plantações;

[4] Monitoramento e Controle de Emissão de Particulados (Partículas de Solo e Poeira Domiciliar);

[5] Elaboração de Plano de Gerenciamento e Comunicação dos Riscos.

Todas as recomendações acima devem considerar os riscos às SQI divididos em:

- Riscos associados as SQI relacionadas ao Evento de Rompimento;
- Riscos associados as SQI que possuem relação com os Níveis de Base (Background).

Adicionalmente, recomenda-se que todas as ações supramencionadas sejam implementadas com base no Termo de Referência FASE IV - Plano de Intervenção para Gestão Integrada da Saúde e Meio Ambiente, desenvolvido pela Fundação RENOVA. Este documento deverá trazer todo detalhamento necessário para implantação das recomendações acima descritas.

13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Encarte especial sobre a bacia do rio Doce: rompimento da barragem em Mariana/MG. Brasília, DF: ANA, 2016b.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Nota Técnica sobre Sulfato de Bário em Goiás. Secretaria de Vigilância em Saúde: Ministério da Saúde, 2003. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2003/180603.htm>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES & DISEASE REGISTRY (ATSDR). Toxicological Profile for Lead. Atlanta, United States of America, 2007. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13-c6.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2019.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES & DISEASE REGISTRY (ATSDR). Toxicological Profile for Cadmium. Atlanta, United States of America, 2012. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2019.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES & DISEASES REGISTRY (ATSDR). Toxicological Profile for Nickel. Atlanta, United States of America, 2005. Disponível em <<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp15.pdf>> Acesso em: 16 abr. 2019.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTER. Toxicological Profile for Chromium. Atlanta, 2012. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp7.pdf>>. Acesso em 26 abr. 2019.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTER. Toxicological Profile for Mercury. Atlanta, 1999. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp46.pdf>>. Acesso em 22 abr. 2019.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). Toxicological Profile for Barium and Barium Compounds. Atlanta, Georgia, United States of America, 2007. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp24.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). Toxicological Profile for Arsenic. Atlanta, Georgia, United States of America, 2007. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=22&tid=3>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). Toxicological Profile for Aluminum. Atlanta, United States of America, 2008. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp22.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2019.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. Minimal Risk Levels (MRLs). Atlanta, USA: 2019. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/mrls/pdfs/ATSDR%20MRLs%20-%20April%202019-H.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. Toxicological Profile for Antimony. Atlanta, USA: 2017. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/TP.asp?id=332&tid=58>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. Toxicological Profile for Cobalt. Atlanta, USA: 2004. Disponível em: <<https://www.AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY.cdc.gov/ToxProfiles/tp33.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. Toxicological Profile for Selenium. Atlanta, USA: 2003. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp92.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2019.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASES REGISTRY (ATSDR). Interaction profile for: lead, manganese, zinc, and copper. Atlanta, United States of America, 2004. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp151.pdf><https://www.atsdr.cdc.gov/interactionprofiles/ip-metals2/ip06.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASES REGISTRY (ATSDR). Minimal Risk Levels (MRLs) List. Atlanta, United States of America, 2018. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/mrls/mrllist.asp#23tag>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASES REGISTRY (ATSDR). Toxicological Profile for Copper. Atlanta, United States of America, 2004. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp132.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2019.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASES REGISTRY (ATSDR). Toxicological Profile for Manganese. Atlanta, United States of America, 2012. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp151.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

AITCHISON, J. and J.A.C. Brown (1969). The Lognormal Distribution. Cambridge University Press, Cambridge

AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS LTDA. Estudo de Avaliação de Risco à Saúde por Resíduos Perigosos em Decorrência do Rompimento da Barragem de Resíduos da Empresa de Mineração Samarco em Mariana - MG. 1º Relatório Parcial. Set. 2018.

AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS LTDA. Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão. 2º Relatório Parcial - Etapa Mariana. Dez. 2018.

AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS LTDA. Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão. Relatório Final. Mar. 2019.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. 2018 TLVs and BEIs - Based on the documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. Cincinnati, USA: 2018. Disponível em: <<https://www.acgih.org/forms/store/ProductFormPublic/2018-tlvs-and-beis>>. Acesso em 28 fev. 2019.

ANDRADE, A. M. S. B. Atlas digital de Minas Gerais: projeto FAPEMIG DEG 2774/06. Belo Horizonte: IGA, 2006. Disponível em: <http://www.iga.mg.gov.br/mapserv_iga/atlas/TutorialPDF/7-Geomorfologia.pdf><http://arquivos.ana.gov.br/RioDoce/EncarteRioDoce_22_03_2016v2.pdf>. Acesso em: 22 maio 2017.

ANVISA. 2019. Uso de Mercúrio está proibido em produtos para a saúde. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/noticias/-/asset_publisher/FXrpx9qY7FbU/content/uso-de-mercurio-esta-proibido-em-produtos-para-saude/219201?p_p_auth=IZ9FeURR&inheritRedirect=false. Acessado em 05 de abril de 2019.

ARCUS-ARTH, A; Blaisdell, RJ. (2007). Statistical distributions of daily breathing rates for narrow age groups of infants and children. *Risk Anal* 27: 97-110. <http://dx.doi.org/10.1111/j.15396924.2006.00862.x>.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Assessment Guidance Manual (ATSDR, 2005). Última atualização em Dezembro de 2005 (<https://www.atsdr.cdc.gov/hac/phamanual/toc.html>);

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Substance PriorityList ATSDR. <https://www.atsdr.cdc.gov/SPL/#2017spl>. Published 2017. Accessed September 26, 2019.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. TOXICOLOGICAL PROFILE FOR MANGANESE.; 2012. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp151.pdf>. Accessed September 26, 2019.

ATSDR. 1999. Toxicological profile for Mercury. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Março de 1999.

ATSDR. 2003. Toxicological profile for Selenium. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Setembro de 2003.

ATSDR. 2004. Toxicological profile for Cobalt. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Abril de 2004.

ATSDR. 2004. Toxicological profile for Copper. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Setembro de 2004.

ATSDR. 2005. Toxicological profile for Nickel. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Agosto de 2005.

ATSDR. 2005. Toxicological profile for Zinc. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Agosto de 2005.

ATSDR. 2007. Toxicological profile for Arsenic. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Agosto de 2007.

ATSDR. 2007. Toxicological profile for Barium and Barium Compounds. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Agosto de 2017.

ATSDR. 2007. Toxicological profile for Lead. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Agosto de 2007.

ATSDR. 2008. Toxicological profile for Aluminum. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Setembro de 2008.

ATSDR. 2012. Toxicological profile for Cadmium. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Setembro de 2012.

ATSDR. 2012. Toxicological profile for Chromium. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Setembro de 2012.

ATSDR. 2012. Toxicological profile for Manganese. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Setembro de 2012.

ATSDR. 2017. Toxicological profile for Antimony and Compounds. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Abril de 2017.

AZEVEDO, M. F. A. de. Abordagem inicial no atendimento ambulatorial em distúrbios neurotóxicológicos. Parte I - metais. Revista Brasileira de Neurologia. Vol. 46. N. 3. Jul-Set 2010. Disponível em: <<http://files.bvs.br/upload/S/0101-8469/2010/v46n3/a1527.pdf>> Acesso em 25 abr. 2019.

BAGNOLD, R. A. The physics of blown sand and desert dunes London: Methuen. Progress in Physical Geography, v. 18, n. 1, p. 91-96, 1994.

BARCELOUX, Donald G.; BARCELOUX, Donald. Cobalt. Journal of Toxicology: Clinical Toxicology, v. 37, n. 2, p. 201-216, 1999.

BARRA, C. M. *et al.* Especificação de arsênio - uma revisão. Quím. Nova, São Paulo , v. 23, n. 1, p. 58-70. 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010040422000000100012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05 abr. 2019.

BARTEL, Marc et al. Toxicological characterization of the inorganic and organic arsenic metabolite thio-DMAV in cultured human lung cells. Journal of toxicology, v. 2011, 2011.

BASÍLIO, Márcio Silva. Geoquímica Dos Sedimentos Associados Aos Minérios De Ferro Da Região Leste-Sudeste Do Quadrilátero Ferrífero, Mg E Seu Potencial Para Adsorção E Dessorção De Metais Traço. Ouro Preto, MG. 2015.

BASTOS, Lucas Augusto de Castro. Utilização de rejeito de barragem de minério de ferro como matéria prima para infraestrutura rodoviária. 2013.

BAUER, B. O. et al. Aeolian sediment transport on a beach: Surface moisture, wind fetch, and mean transport. Geomorphology, v. 105, n. 1-2, p. 106-116, 2009. BORBA, Ricardo Perobelli; FIGUEIREDO, Bernardino Ribeiro; CAVALCANTI, José Adilson. Arsênio na água subterrânea em Ouro Preto e Mariana, Quadrilátero Ferrífero (MG). Rem: Revista Escola de Minas, v. 57, n. 1, p. 45-51, 2004.

BENEVIDES, Thatyana. Geotermobarometria e evolução metamórfica do segmento central do Grupo Dom Silvério, MG. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BIDDINGER, Gregory R.; GLOSS, Steven P. The importance of trophic transfer in the bioaccumulation of chemical contaminants in aquatic ecosystems. In: Residue Reviews. Springer, New York, NY, 1984. p. 103-145.

BORBA, Ricardo Perobelli; FIGUEIREDO, Bernardino Ribeiro. A influência das condições geoquímicas na oxidação da arsenopirita e na mobilidade do arsênio em ambientes superficiais tropicais. Revista Brasileira de Geociências, v. 34, n. 4, p. 489-500, 2016.

BRANDT MEIO AMBIENTE INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA. Samarco Mineração S.A. - Mariana - MG. Estudo de Impacto Ambiental - EIA. Barragem de rejeito do Fundão, nov. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BROCHU, P; Ducré-Robitaille, JF; Brodeur, J. (2006). Physiological daily inhalation rates for free-living individuals aged 1 month to 96 years, using data from doubly labeled water measurements: A proposal for air quality criteria, standard calculations and health risk assessment. Hum Ecol Risk Assess 12: 675-701. <http://dx.doi.org/10.1080/10807030600801550>.

CAIRES, SM de. Determinação dos teores naturais de metais pesados em solos do Estado de Minas Gerais como subsídio ao estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009.

CAIRES, SM de. Determinação dos teores naturais de metais pesados em solos do Estado de Minas Gerais como subsídio ao estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009.

CAMPAGNOLI, Fernando. THE PRODUCTION OF THE SEDIMENT OF THE SOUTH AMERICA CONTINENT: PROPOSE OF MAPPING OF THE EROSION RATES BASED

ON GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL ASPECTS. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 7, n. 1, 2006.

CAMPBELL, Peter GC et al. Geochemistry of Quebec north shore salmon rivers during snowmelt: organic acid pulse and aluminum mobilization. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 49, n. 9, p. 1938-1952, 1992.

CETESB. Decisão de Diretoria 038/C - Diretrizes para o Gerenciamento Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo.

CHENG, W. C.; LIU, Chun-Ho; LEUNG, Dennis YC. On the correlation of air and pollutant exchange for street canyons in combined wind-buoyancy-driven flow. Atmospheric Environment, v. 43, n. 24, p. 3682-3690, 2009.

CHENG, W. C.; LIU, Chun-Ho; LEUNG, Dennis YC. On the correlation of air and pollutant exchange for street canyons in combined wind-buoyancy-driven flow. Atmospheric Environment, v. 43, n. 24, p. 3682-3690, 2009.

CHEPIL, W. S. Dynamics of wind erosion: I. Nature of movement of soil by wind. Soil Science, v. 60, n. 4, p. 305-320, 1945.

CLOCHESY, John M.; HINSHAW, Ada Sue; OTTO, Charles W. Effects of change of position on pulmonary artery and pulmonary capillary wedge pressures in mechanically ventilated patients. Journal of Infusion Nursing, v. 7, n. 3, p. 223-225, 1984.

COMPAM. Valores Orientadores para os Solos e Águas Subterrâneas no Estado de Minas Gerais presentes na Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011, de 29 de Junho de 2011.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Ficha de Informação Toxicológica: Bário. São Paulo, Brasil, 2017. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Bario.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais. São Paulo: CETESB, 2013.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Planilhas para Avaliação de Risco em Áreas Contaminadas Sob Investigação. 2009. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/planilhas-para-avaliacao/>>. Acesso em 21 março 2019.

CONAMA. CONAMA 420 - Gerenciamento de Áreas Contaminadas.

CÔNSOLO, Fernanda Zanoni. Avaliação das concentrações de magnésio, zinco, cobre, ferro, alumínio, cromo, níquel, cobalto e molibdênio nas hortaliças tuberosas comercializadas e consumidas em Mato Grosso do Sul. 2015.

CÔNSOLO, F. Z. (2015). Avaliação das concentrações de magnésio, zinco, cobre, ferro, alumínio, cromo, níquel, cobalto e molibdênio nas hortaliças tuberosas comercializadas e consumidas em Mato Grosso do Sul.

COPAM/CERH. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02/2010, de 6 de Setembro de 2010, que estabelece diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas.

COPPETEC FUNDAÇÃO (COPPE). Avaliação dos impactos da ruptura da barragem de rejeitos de Fundão em Mariana, nove meses após o desastre. Rio de Janeiro: COPPE, 2017. Disponível em: <http://www.lima.coppe.ufrj.br/images/documentos/projetos/relatorio-vale/1-Cap_1_-_COPPE.20275.Cap1.Infraestrutura.Relat%C3%B3rio.Final.04.01.2017.pdf>. Acesso em: 3 maio 2017.

COSTA, A. T. Registro Histórico de Contaminação de metais pesados associados à exploração aurífera na bacia do Ribeirão do Carmo: Um estudo de sedimentos de planícies de inundação e terraços aluviais. 2007.

COSTA, Adivane Teresinha et al. Surface water quality and sediment geochemistry in the Gualaxo do Norte basin, eastern Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Environmental Geology*, v. 45, n. 2, p. 226-235, 2003.

COSTA, Adivane Terezinha. Geoquímica das águas e dos sedimentos da bacia do rio Gualaxo do Norte, leste-sudeste do Quadrilátero Ferrífero (MG): estudo de uma área afetada por atividades de extração mineral. 2001.

COSTA, Raphael de Vicq Ferreira da et al. Geochemical mapping of arsenic in surface waters and stream sediments of the Quadrilátero Ferrífero, Brazil. Rem: Revista Escola de Minas, v. 68, n. 1, p. 43-51, 2015.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Atuação da CPRM no monitoramento especial da bacia do rio Doce. 14 de janeiro de 2016. Belo Horizonte: CPRM, 2016.

CREYSSELS, Mathieu et al. Saltating particles in a turbulent boundary layer: experiment and theory. Journal of Fluid Mechanics, v. 625, p. 47-74, 2009.

CUPOLILLO, Fulvio; DE ABREU, Magda Luzimar; VIANELLO, Rubens Leite. Climatologia da Bacia do Rio Doce e sua relação com a topografia local. Revista Geografias, v. 4, n. 2, p. 45-60, 2008.

DA SILVA, Cristiane Alves; TOGNELLA, Mônica Maria Pereira. BIODIVERSIDADE DESCONHECIDA: REGISTRO DE NAUSITORA FUSTICULA (BIVALVIA, TEREDINIDAE) PARA A REGIÃO NORTE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO.

DART, R.C. Medical Toxicology. 3rd ed. Philadelphia, United States of America: Lippincott Williams & Wilkins, 2004.

DE FREITAS MUNIZ, Daphne Heloisa; OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. Universitas: Ciências da saúde, v. 4, n. 1, p. 83-100, 2008.

DE LIMA RODRIGUES, Aline Sueli; JÚNIOR, Hermínio Arias Nalini. Valores basais geoquímico e suas implicações em estudos ambientais.

DE SOUZA, José João Lelis Leal et al. Geochemistry and spatial variability of metal (loid) concentrations in soils of the state of Minas Gerais, Brazil. Science of the Total Environment, v. 505, p. 338-349, 2015.

DELLAMANO, Jose Claudio; SORDI, Gian-Maria AA. Release limits for solid radioactive wastes; Limites de liberacao para rejeitos radioativos solidos. 2005.

DO AMARAL, F. C. S. et al. Mapeamento de Solos e Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Minas Gerais. Embrapa Solos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2004.

DOCE, C. B. H. A bacia do rio Doce: Caracterização da bacia. Comitê da bacia hidrográfica do rio Doce, Governador Valadares, Minas Gerais, URL http://www.riodoce.cbh.gov.br/bacia_caractericao.asp, 2014. Acesso em: 3 maio 2017.

DOOR, JVNII et al. Esboço Geológico do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais. Brasil.-Dep. Nat. Prod. Min. Publ. Espec, I, 1959.

DU BOIS, D; DU BOIS, EF. (1989). A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. 1916. Nutrition 5: 303-311; discussion 312-303.

DUFFUS JH, NORDBERG M, TEMPLETON DM. Glossary of terms used in toxicology, 2nd edition (IUPAC recommendations 2007). Pure Appl Chem. 2007;79(7):1153-1344. doi:10.1351/pac200779071153

DUFOUR, AP; EVANS, O; BEHYMER, TD; CANTÚ, R. (2006). Water ingestion during swimming activities in a pool: a pilot study. J Water Health 4: 425-430.

ECHA - EUROPEAN CHEMICALS AGENCY. Iron - Registration Dossier - ECHA. <https://echa.europa.eu/pt/registration-dossier/-/registeredossier/15429/1>. Accessed September 26, 2019.

ECHA - EUROPEAN CHEMICALS AGENCY. Manganese – Registration Dossier - ECHA. <https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registeredossier/15553/1>. Accessed September 26, 2019.

ECKEL, W. P.; LANGLEY, W. D. A background-based ranking technique for assessment of elemental enrichment in soils at hazardous waste sites. In: Superfund'88: Proceedings of the 9th National Conference. Washington, DC. p. 282-286, 1988.

ECOLOGY BRASIL. Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistema de Água e Sedimentos – Relatório Trimestral Simplificado, 3463-00-QQS-RL-0002-00. Maio, 2019.

EISLER, R. Lead Hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review. Biological Report 85. Laurel, Maryland: US Fish and Wildlife Service, 1988.

ENVIRONMENTAL RESOURCES MANAGEMENT (ERM). Relatório Consolidado de informações técnicas sobre a investigação e resposta ao rompimento da barragem de Fundão. São Paulo: ERM, 2017.

EPA, U. S. Environmental Protection Agency. Guiding principles for Monte Carlo analysis. EPA/630/R-97/001, 1997.

EPA (2001). Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume 3 - Part A, Process for Conducting a Probabilistic Risk Assessment Draft. <http://www.epa.gov/superfund/programs/risk/rags3adt/>. Office of Solid Waste and Emergency Response, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.

EPA (2002) - Calculating Upper Confidence Limits for Exposure Point Concentrations at Hazardous Waste Sites.

EPA ENGENHARIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL LTDA. Relatório Final De Investigação Ambiental Complementar E Estudo Ambiental De Avaliação De Riscos À Saúde Humana (Método Da Usepa) - Barra Longa - MG. Out. 2018.

EPA ENGENHARIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL LTDA. Relatório Final De Investigação Complementar E Execução De Avaliação De Risco À Saúde Humana (Método Da ATSDR) - Mariana - MG. Mar. 2019.

EPA -Environmental Protection Agency. Provisional Peer Reviewed Toxicity Values for Iron and Compounds.; 2006. <https://cfpub.epa.gov/ncea/pprtv/documents/IronandCompounds.pdf>. Accessed September 26, 2019.

EPISUS, 2018. Dois anos pós-desastre da barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG, 2018. Relatório Final. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. Documento restrito.

EPISUS. Estudo sobre o Perfil Epidemiológico da População de Barra Longa - MG, Pós-Desastre, 2016. Relatório Final. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. Documento restrito.

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA). Cadmium: Agreement of the Member State Committee on the Identification of Cadmium as a Substance of Very High Concern. Helsinki, Finland, 2013. Disponível em: <https://echa.europa.eu/documents/10162/23665416/agreement_cadmium_20130612_11563_en.pdf/950ce618-1576-dd71-b470-640514eae6b9>. Acesso em: 10 abr. 2019.

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA). CLH report: Proposal for Harmonised Classification and Labelling Based on Regulation (EC) No 1272/2008 (CLP Regulation), Annex VI, Part 2. Substance Name: LEAD. Helsinki, Finland, 2012. Disponível em: <http://echa.europa.eu/documents/10162/13626/lead_clh_proposal_en.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA). Committee for Risk Assessment RAC Opinion: proposing harmonised classification and labelling at EU level of Cadmium hydroxide. Helsinki, Finland, 2015. Disponível em: <<http://echa.europa.eu/documents/10162/3eefc967-a9a6-4394-9d51-de453284c4ff>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA). Committee for Risk Assessment RAC: Opinion proposing harmonized classification and labelling at EU level of Lead. Helsinki, Finland, 2013. Disponível em: <<http://echa.europa.eu/documents/10162/57ceb1ac-aafc-4852-9aa5-db81bcb04da3>>. Acesso em: 16 abr. 2019.

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA). Summary of Classification and Labelling: Harmonised classification - Annex VI of Regulation (EC) No 1272/2008 (CLP Regulation) - Cadmium. Helsinki, Finland, 2011. Disponível em: <<https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/details/51061>>. Acesso em: 09 abr. 2019.

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA). SVHC Support Document: Cadmium. Helsinki, Finland, 2017. Disponível em: <<https://echa.europa.eu/documents/10162/a048359b-de39-4b7e-8602-51272a55aeae>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY. ANNEX XV RESTRICTION REPORT - PROPOSAL FOR A RESTRICTION - SUBSTANCE NAMES: cobalt sulphate; cobalt dinitrate; cobalt dichloride; cobalt carbonate; cobalt di(acetate). Helsinki, Finland: 2018. Disponível em: <<https://www.echa.europa.eu/documents/10162/0015c4ff-3036-9206-26ba-c6ff7ddf18e6>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY. Study Report on the Conditions of Use of Five Cobalt Salts. Helsinki, Finland: 2017. Disponível em: <https://echa.europa.eu/documents/10162/13641/cobalts_salts_study_report_en.pdf/42f0947f-e7fe-7b14-fc97-cfda0c068e9d>. Acesso em: 28 fev. 2019.

EUROPEAN COMMISSION (EC). Cadmium Metal and Cadmium Oxide: Summary Risk Assessment Report. Brussels, Belgium, 2008. Disponível em: <<http://echa.europa.eu/information-on-chemicals/information-from-existing-substances-regulation/-/substance-rev/2529/term>>. Acesso em: 09 abr. 2019.

EUROPEAN COMMISSION (EC). European Union Risk Assessment Report: Cadmium Metal. Brussels, Belgium, 2007. Disponível em: <<http://echa.europa.eu/information-on-chemicals/information-from-existing-substances-regulation/-/substance-rev/2529/term>>. Acesso em: 09 abr. 2019.

EUROPEAN COMMISSION (EC). European Union Risk Assessment Report: Nickel CAS 7440-02-0. Section 3.1: Environmental Exposure Assessment. Luxembourg: Luxembourg, 2008. Disponível em: <<http://echa.europa.eu/documents/10162/cefda8bc-2952-4c11-885f-342aac769b3>>. Acesso em: 18 abr. 2019.

EUROPEAN COMMISSION (EC). Maximum Residue Levels: How are EU MRLs set? Luxembourg: Consumers, Health, Agriculture and Food Executive Agency, 2019. <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/max_residue_levels/application_en>. Acesso em: 11 abr. 2019.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the Tolerable Upper Intake Level of Nickel. EFSA Journal, Parma, Italy, 146, 1-21, 2005. Disponível em: <http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific_output/files/main_documents/146.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). Scientific Opinion on Lead in Food EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). EFSA Journal, Parma, Italy, 8(4):1570, 2010. Disponível em:

<http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific_output/files/main_documents/1570.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Scientific Opinion on safety and efficacy of cobalt compounds (E3) as feed additives for all animal species: Cobaltous acetate tetrahydrate, basic cobaltous carbonate monohydrate and cobaltous sulphate heptahydrate, based on a dossier submitted by TREAC EEIG1. Parma, Italy: 2012. Disponível em: <<https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2791>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

FAGUNDES, Hugo de Oliveira et al. Simulação hidrossedimentológica preliminar na bacia do rio Doce com o modelo MGB-SED. In: Congresso Internacional de Hidrossedimentologia (2.: 2017: Foz do Iguaçu). Anais. Foz do Iguaçu: Interciência, 2017. 2017.

FERNANDES, Kênia Nassau. Qualidade das águas nos Rios Gualaxo do Norte, Gualaxo do Sul e do Carmo-Afluentes do Alto Rio Doce (Watu): metais, metaloides e Índice de Qualidade das Águas antes e após o rompimento da barragem de rejeitos Fundão da Samarco/VALE/BHP Billiton, em Mariana, MG. 2017.

FINCH CA, MONSEN ER. Iron nutrition and the fortification of food with iron. JAMA. 1972;219(11):1462-1465. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5066901>. Accessed September 27, 2019.

FLOREZ, C. T.; BARBOSA, M. C.; ESPOSITO, T. J. Physical and chemical properties of iron mining tailings. Second International Dam World Conference DAM WORLD 2015, Lisboa, v. 1. p. 1-10, 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) AND WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Evaluation of certain food Additives and contaminants. Rome, Italy, 2011. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44515/WHO_TRS_960_eng.pdf?sequence=1>. Acesso em: 09 abr. 2019.

FRANCO, Luiza Carvalho et al. Aplicação de rejeito de mineração como agregado para a produção de concreto. In: Anais do 56 Congresso Brasileiro do Concreto, ISSN. 2014. p. 2175-8182.

FUNDAÇÃO ESPÍRITO-SANTENSE DE ENGENHARIA (FEST). Serviço de levantamento topo-batimétrico e monitoramento sedimentométrico e sedimentológico - 2º Ciclo - UHE Mascarenhas. Relatório Técnico. Vitória, 2014.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). Mapa de solos do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: FEAM, 2010. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>>. Acesso em: 22 maio 2017.

FUNDAÇÃO RENOVA. Quantificação de Metais e Arsênio em Peixes Coletados Durante Monitoramento da Ictiofauna da Bacia do Rio Doce conduzido pela Universidade Federal de Viçosa - UFV. Setembro, 2019.

GAVRELIS, Naida et al. An analysis of the proportion of the US population that ingests soil or other non-food substances. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, v. 17, n. 4, p. 996-1012, 2011.

GEHAN, EA; George, SL. (1970). Estimation of human body surface area from height and weight. 54: 225-235.

GILBERT, R.O. (1987). Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. Van Nostrand Reinhold, New York.

GILLETTE, Dale A.; WALKER, Theodore R. Characteristics of airborne particles produced by wind erosion of sandy soil, high plains of west Texas. Soil Science, v. 123, n. 2, p. 97-110, 1977.

GONÇALVES, J. A. C.; LENA, J. C.; NALINI JUNIOR, H. A.; PAIVA, J. F.; PEREIRA, J. C. Hidrogeoquímica do arsênio e de outros constituintes inorgânicos presentes nas águas subterrâneas da cidade de Ouro Preto-MG. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.15, n. 4, p. 89-104, 2010

GONÇALVES, José Augusto Costa; DE LENA, Jorge Carvalho. Avaliação de risco à saúde humana por contaminação natural de arsênio nas águas subterrâneas e nos solos da área urbana de Ouro Preto (MG). Geologia USP. Série Científica, v. 13, n. 2, p. 145-158, 2013.

GUPTA, R. C. Reproductive and Developmental Toxicology. 1st ed. Oxford, United Kingdom: Elsevier, 2011.

HAZARDOUS SUBSTANCES DATA BANK (HSDB). Aluminum. Bethesda, United States of America: National Library of Medicine (US), Division of Specialized Information Services, 2010. Disponível em: <<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>>. Acesso em: 18 abr. 2019.

HAZARDOUS SUBSTANCES DATA BANK (HSDB). Arsenic, elemental. Bethesda, United States of America: National Library of Medicine (US), Division of Specialized Information Services, 2005. Disponível em: <<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

HAZARDOUS SUBSTANCES DATA BANK (HSDB). Cadmium. Bethesda, United States of America: National Library of Medicine (US), Division of Specialized Information Services, 2012. Disponível em: <<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

HAZARDOUS SUBSTANCES DATA BANK (HSDB). Iron Oxide. Bethesda, United States of America: National Library of Medicine (US), Division of Specialized Information Services, 2012. Disponível em: <<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

HAZARDOUS SUBSTANCES DATA BANK (HSDB). Iron, elemental. Bethesda, United States of America: National Library of Medicine (US), Division of Specialized Information Services, 2009. Disponível em: <<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

HEALTH PROTECTION AGENCY (HPA). HPA Compendium of Chemical Hazards: Cadmium Toxicological Overview. London, United Kingdom, 2011. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/316675/Cadmium_properties_incident_management_toxicology.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

HOLMES, KK; Shirai, JH; Richter, KY; Kissel, JC. (1999). Field measurement of dermal soil loadings in occupational and recreational activities. Environ Res 80: 148-157. <http://dx.doi.org/10.1006/enrs.1998.3891>.

IARC. on the Evaluation, I. W. G. (2012). OCCUPATIONAL EXPOSURES DURING IRON AND STEEL FOUNDRY. In *Chemical Agents and Related Occupations*. International Agency for Research on Cancer.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). (2018). Tábua Completa de Mortalidade para o Brasil - 2017 - Breve Análise da Evolução da Mortalidade no Brasil. Rio de Janeiro. 28p.

ICH - INTERNATIONAL COUNCIL FOR HARMONISATION. GUIDELINE FOR ELEMENTAL IMPURITIES Q3D(R1).; 2019. https://www.ich.org/fileadmin/Public_Web_Site/ICH_Products/Guidelines/Quality/Q3D/Q3D-R1EWG_Document_Step4_Guideline_2019_0322.pdf. Accessed September 26, 2019.

ILLING P. Risk Assessment. In: Duffus JH, Worth HGJ, eds. *Fundamental Toxicology*. Norfolk; 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS (IBAMA). Laudo técnico preliminar impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. Brasília, DF: DIPRO/CGEMA, 2015.

INSTITUTOS LACTEC. Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão na Bacia do Rio Doce - Relatório de Linha-Base: Volume I - Meio Físico. Out, 2017.

INSTITUTOS LACTEC. Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão na Bacia do Rio Doce - Relatório de Linha-Base: Volume II - Meio Biótico, Bens Arqueológicos e Culturais. Out. 2017.

INSTITUTOS LACTEC. Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão na Bacia do Rio Doce - Relatório de Linha-Base: Resumo Executivo. Nov. 2017.

INTEGRATED RISK INFORMATION SYSTEM (IRIS). Antimony Trioxide. Chemical Assessment Summary. 1995. Disponível em: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0676_summary.pdf. Acesso em 25 abr. 2019.

INTEGRATED RISK INFORMATION SYSTEM (IRIS). Antimony. Chemical Assessment Summary. 1987. Disponível em: <https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0006_summary.pdf>. Acesso em 25 abr. 2019.

INTERNACIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Agents classified by the IARC Monographs, volumes 1 - 123. Disponível em: <<https://monographs.iarc.fr/agents-classified-by-the-iarc/>>. Acesso em 25 abr. 2019.

INTERNACIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Monograph 47: Antimony Trioxide and Antimony Trisulfide. 1989. Disponível em: <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono47-16.pdf>>. Acesso em 25 abr. 2019.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH FOR CANCER (IARC). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Occupational exposures during Aluminium production. Lyon, France: World Health Organization, 34, Sup 7, 92, 100F, 2012. Disponível em: <<https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100F-22.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH FOR CANCER (IARC). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Inorganic and Organic Lead Compounds. Lyon, France: World Health Organization, v.87, p. 1-506, 2006. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol87/mono87.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC). Arsenic and arsenic compounds. Lyon, France: World Health Organization, 23, Sup 7, 100C, 2012. Disponível em: <<https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100C-6.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2019.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC). Cadmium and Cadmium Compounds. Lyon, France: 2012. Disponível em: <<https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100C-8.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC). Occupational Exposures During Iron and Steel Founding. Lyon, France: 2012. Disponível

em:<<https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100F-34.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans - Volume 86: Cobalt in Hard Metals and Cobalt Sulfate, Gallium Arsenide, Indium Phosphide and Vanadium Pentoxide. Lyon, France: 2006. Disponível em: <<https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono86.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2019.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to man: Some aziridines, N-, S-, & O-mustards and selenium. Vol. 9. Lyon, France: World Health Organization, 1975. Disponível em: <<https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono9.pdf>>. Acesso em 30 abr. 2019.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Suppl. 7. Lyon, France: World Health Organization, 1987. Disponível em: <<https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/Suppl7.pdf>>. Acesso em 30 abr. 2019.

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY (IPCS). Environmental Health Criteria 207: Iron. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2004. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v18je18.htm>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY. UK Poison Information Document (UKPID) Monograph Antimony. 1996. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/ukpids/ukpids/ukpid40.htm>> Acesso em 29 abr. 2019.

IRIS - Integrated Risk Information System. Manganese.; 1995. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0373_summary.pdf. Accessed September 26, 2019.

IRIS. 1987. Antimony; CASRN 7440-36-0. Integrated Risk Information System. Washington, DC: U. S. Environmental Protection Agency. http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0006_summary.pdf. November 9, 2015.

IRIS. 1995. Antimony trioxide; CASRN 1309-64-4. Integrated Risk Information System. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0676_summary.pdf. November 9, 2015.

IRIS. 2003. Zinc and compounds. Washington, DC: Integrated Risk Information System. <http://www.epa.gov/iris/>. June 6, 2003.

IRIS. 2005. Lead. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC: Integrated Risk Information System. <http://www.epa.gov/iris/>. March 26, 2005.

IRIS. 2005. Nickel. Washington, DC: Integrated Risk Information System. <http://www.epa.gov/iris/>. January 13, 2005.

IRIS. 2006. Barium. Washington, DC: Integrated Risk Information System. U.S. Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/iris/subst/>. February 05, 2006.

IRIS. 2007. Arsenic. Integrated Risk Information System. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/iris/subst/index.html>. August 28, 2007.

IRIS. 2008. Aluminum phosphide. Integrated Risk Information System. Washington, DC: U.S.

IRIS. 2008. Chromium. Integrated Risk Information System. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/iris/subst/index.html>. May 14, 2008.

JORDÃO, C. P. et al. Heavy metal dispersion from industrial wastes in the Vale do Aço, Minas Gerais, Brazil. *Environmental Technology*, v. 17, n. 5, p. 489-500, 1996.

JORDT-EVANGELISTA, H. Petrologia de fases, geotermometria e geobarometria do Complexo Granulítico de Acaiaca, Sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. *Simpósio de Geologia de Minas Gerais*, v. 3, p. 165-178, 1985.

KAHN, H. (2008). Letter from Henry Kahn to Jacqueline Moya, EPA, providing supplemental data to Estimated daily average per capita water ingestion by child and adult age categories based on USDA's 1994-96 and 1998 continuing survey of food intakes by individuals (September 18, 2008).

KEMI - KEMIKALIEINSPEKTIONEN (SWEDISH CHEMICALS AGENCY).
Kadmiumhalten måste minska-för folkhälsans skull. Rapport Nr 1/11. Bilaga 3. Health effects
of cadmium in Sweden. Sundbyberg, Sweden, 2011.

KISSEL, JC; Richter, KY; Fenske, RA. (1996b). Field measurement of dermal soil loading
attributable to various activities: implications for exposure assessment. Risk Anal 16: 115-125.

KLAASSEN CD, WATKINS III JB. Fundamentos Em Toxicologia de Casarett e Doull.

KOK, Jasper F. et al. The physics of wind-blown sand and dust. Reports on progress in Physics,
v. 75, n. 10, p. 106901, 2012.

LADEIRA, Eduardo Antonio. METALLOGENESIS OF GOLD AT THE MORRO VELHO
MINE AND IN THE NOVA LIMA DISTRICT, QUADRILATERO FERRIFERO, MINAS
GERAIS, BRAZIL. 1981.

LAND, C.E. (1975). Tables of confidence limits for linear functions of the normal mean and
variance. Selected Tables in Mathematical Statistics Vol III p 385-419

LEE, Eva J. et al. Variations in bone status of contralateral and regional sites in young athletic
women. Medicine and science in sports and exercise, v. 27, n. 10, p. 1354-1361, 1995.

LEMLY, A. Dennis. Toxicology of selenium in a freshwater reservoir: Implications for
environmental hazard evaluation and safety. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 10,
n. 3, p. 314-338, 1985.

LI, Junran et al. Quantitative effects of vegetation cover on wind erosion and soil nutrient loss
in a desert grassland of southern New Mexico, USA. Biogeochemistry, v. 85, n. 3, p. 317-332,
2007.

LIU J. et al. Efeitos tóxicos dos metais. In: KLAASSEN, D., Watkins III. Fundamentos em
Toxicologia de Casarett e Doull (Lange). AMG Editora Ltda. São Paulo, Brasil, 2a. ed. Cap.
23, p. 329-331, 2012.

LIU J. et al. Toxic effects of metals. In: KLAASSEN, C. D. Casarett & Doull's Toxicology:
The basic Science of poisons. New York, United States of America: The McGraw-Hill
Companies. 7th ed., Chapter 23 p. 947, 2008.

LIU J. et al. Toxic effects of metals. In: KLAASSEN, C. D. Casarett & Doull's Toxicology: The basic Science of poisons. New York, United States of America: The McGraw-Hill Companies. 7th ed., Chapter 23 p. 947, 2008.

LIU J. et al. Toxic effects of metals. In: KLAASSEN, C. D. Casarett & Doull's Toxicology: The basic Science of poisons. New York, United States of America: The McGraw-Hill Companies. 7th ed., Chapter 23 p. 947, 2008.

LIU J. et al. Toxic effects of metals. In: KLAASSEN, C. D. Casarett & Doull's Toxicology: The basic Science of poisons. New York, United States of America: The McGraw-Hill Companies. 7th ed., Chapter 23 p. 947, 2008.

LIU J. et al. Toxic effects of metals. In: KLAASSEN, C. D. Casarett & Doull's Toxicology: The basic Science of poisons. New York, United States of America: The McGraw-Hill Companies. 7th ed., Chapter 23 p. 947, 2008.

LIU J. et al. Toxic effects of metals. In: KLAASSEN, C. D. Casarett & Doull's Toxicology: The basic Science of poisons. New York, United States of America: The McGraw-Hill Companies. 7th ed., Chapter 23 p. 947, 2008.

LIU J. et al. Toxic effects of metals. In: KLAASSEN, C. D. Casarett & Doull's Toxicology: The basic Science of poisons. New York, United States of America: The McGraw-Hill Companies. 7th ed., Chapter 23 p. 947, 2008.

LOYOLA, Rafael et al. Áreas prioritárias para conservação e uso sustentável da flora brasileira ameaçada de extinção. 2014.

LUME, CONSÓRCIO ECOPLAN. Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Doce e planos de ações para as unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da bacia do Rio Doce. Governador Valadares, Consórcio Ecoplan-Lume, v. 1, 2010.

MACHADO, M. F.; SILVA, S. F. Geodiversidade: Adequabilidade/Potencialidades e Limitações Frente ao Uso e à Ocupação. Geodiversidade do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral e Serviço Geológico do Brasil, p. 49-94, 2010.

MACHADO, M. F.; SILVA, S. F. Geodiversidade: Adequabilidade/Potencialidades e Limitações Frente ao Uso e à Ocupação. Geodiversidade do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral e Serviço Geológico do Brasil, p. 49-94, 2010.

MACHADO, N. et al. U-Pb geochronology of archean magmatism and proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco craton, Brazil. Geological Society of America Bulletin, v. 104, n. 9, p. 1221-1227, 1992.

MATSCHULLAT, Jörg; OTTENSTEIN, R.; REIMANN, Clemens. Geochemical background-can we calculate it?. Environmental geology, v. 39, n. 9, p. 990-1000, 2000.

MENDES, R. Patologia do Trabalho: Atualizada e Ampliada. 2ª ed. São Paulo, Brasil: Atheneu, 2003.

MENDES, R. Patologia do Trabalho: Atualizada e Ampliada. 2ª ed. São Paulo, Brasil: Atheneu, 2003.

MENDES, R. Patologia do Trabalho: Atualizada e Ampliada. 2ª ed. São Paulo, Brasil: Atheneu, 2003.

MENDES, R. Patologia do Trabalho: Atualizada e Ampliada. 2ª ed. São Paulo, Brasil: Atheneu, 2003.

MENDES, R. Patologia do Trabalho: Atualizada e Ampliada. 2ª ed. São Paulo, Brasil: Atheneu, 2003.

MENDES, R. Patologia do Trabalho: Atualizada e Ampliada. 2ª ed. São Paulo, Brasil: Atheneu, 2003.

MENDES, R. Patologia do Trabalho: Atualizada e Ampliada. 2ª ed. São Paulo, Brasil: Atheneu, 2003.

MILONAS, Joice Gonçalves. Análise do processo de reconstituição de amostras para caracterização do comportamento de barragens de rejeitos de minério de ferro em aterro hidráulico. 2006. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado. Publicação G. DM-148/06, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1, de 05 de maio de 2008. Diário Oficial do Executivo, Belo Horizonte, MG, 20 maio 2008.

MINAS GERAIS. Relatório: avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana, Belo Horizonte: Sedru; 2016. 289 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. (2010). Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos. Brasília/2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html> Acesso em 26 abr. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria de Consolidação 05, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das Normas Sobre as Ações e os Serviços de Saúde do Sistema Único de Saúde. Disponível em: <<http://portal.arquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida---o-n--5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>> Acesso em 26 abr. 2019.

MORAES, SL de; TEIXEIRA, Cláudia Echevengúá; MAXIMIANO, AM de S. Guia de elaboração de planos de intervenção para o gerenciamento de áreas contaminadas. 1ª edição revisada. Edição IPT e BNDES, São Paulo, 2014.

MOREIRA, F.R., MOREIRA, J.C. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. Revista Panamericana de Salud Pública, Washington, DC, United States of America, 15(2):119-29. 2004. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/rpsp/v15n2/20821.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

MORGAN, A.; HOLMES, A. The fate of lead in petrol-engine exhaust particulates inhaled by the rat. Environmental research, v. 15, n. 1, p. 44-56, 1978.

MORGENSTERN, N. R. et al. Fundão Tailings Dam Review Panel Report on the Immediate Causes of the Failure of the Fundão Dam. SAMARCO, SA, Vale, SA, Eds, p. 76, 2016.

MOTA & ALMEIDA. Relatório Descritivo: Perfil de Morbimortalidade dos Agravos e Doenças, dos Últimos 10 Anos, antes da ocorrência do Rompimento da Barragem do Fundão. 2017.

MOTTA, H. P. G. Comportamento de um rejeito de transição em centrífuga geotécnica. 2008. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-UFRJ/COPPE. Rio de Janeiro.

MUSHAK, P. The Nephrotoxicity of Lead in Human Populations. In: _____. Lead and Public Health: Science, Risk and Regulation. Amsterdam, The Netherlands, 2011. Chap. 15 p. 567-596.

NAS (National Academy of Sciences). 2001. Iron. In: Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. National Academy Press, Washington, DC. p. 233-310. Online at: <http://books.nap.edu/books/0309072794/html/>.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards: Nickel. Atlanta, United States of America: Center of Disease Control and Prevention, 2011. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0445.html><http://www.cdc.gov/niosh/pel88/76-22.html>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (NIH). U. S. National Library of Medicine. Toxicology data network, TOXNET. Nickel Elemental. 2010. Disponível em: <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search2/f?./temp/~IeEpDN:1> >. Acesso em: 15 abr. 2019.

NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM (NTP). 13th Report on Carcinogens (RoC): Cadmium and Cadmium compounds. Research Triangle Park, North Carolina, United States of America: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, 2011. Disponível em: <<http://ntp.niehs.nih.gov/pubhealth/roc/roc13/>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM (NTP). Report on Carcinogens: Fourteenth Edition (RoC): Cadmium and Cadmium compounds. Research Triangle Park, North Carolina, United States of America: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service,

2016. Disponível em: <<https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/content/profiles/cadmium.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2019.

NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM. NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies of cobalt sulfate heptahydrate (CAS no. 10026-24-1) in F344/N rats and B6C3F₁ mice (inhalation studies). Research Triangle Park, NC, USA: 1998. Disponível em: <https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/lt_rpts/tr471.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2019.

NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM. Report on Carcinogens - Cobalt and Cobalt Compounds That Release Cobalt Ions In Vivo. 14th edition. Research Triangle Park, NC, USA: 2016. Disponível em: <<https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/content/profiles/cobalt.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

NICKLING, William G.; NEUMAN, Cheryl McKenna. Aeolian sediment transport. In: Geomorphology of desert environments. Springer, Dordrecht, 2009. p. 517-555.

NICKLING, William G.; NEUMAN, Cheryl McKenna. Aeolian sediment transport. In: Geomorphology of desert environments. Springer, Dordrecht, 2009. p. 517-555.

NRIAGU, Jerome O. A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. Nature, v. 338, n. 6210, p. 47, 1989.

OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION (OSHA). Substance data sheet for occupational exposure to lead. Washington D.C., United States of America: United States Department of Labor, 1991. Disponível em: <https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=10031>. Acesso em: 12 abr. 2019.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). SIDS INITIAL ASSESSMENT PROFILE: Iron Dichloride. Paris, France, 2004. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/sids/sids/7758943.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). SIDS INITIAL ASSESSMENT PROFILE: Nickel. Paris, France, 2008. Disponível em: <<https://hpvchemicals.oecd.org/UI/handler.axd?id=9ce00cf2-296e-459f-a92e-aec0c9771a7b>>. Acesso em: 12 abr. 2019.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. SIDS Initial Assessment Profile - Soluble cobalt salts. Paris, France: 2014. Disponível em: <<https://hpvchemicals.oecd.org/ui/handler.axd?id=6b0d2fc7-32f1-48fb-9743-467d3acecde9>>. Acesso em: 6 mar. 2019.

OTTONI, Marta Vasconcelos et al. Hydrophysical database for Brazilian soils (HYBRAS) and pedotransfer functions for water retention. *Vadose Zone Journal*, v. 17, n. 1, 2018.

PACHECO, A. A. Avaliação da contaminação em solos e sedimentos da bacia hidrográfica do rio Doce por metais pesados e sua relação com o fundo geoquímico natural. 2015. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

PARFITT, K. (Ed). Martindale: The complete drug reference. 32nd ed. Massachusetts, United States of America: Pharmaceutical Press, 1999. Part I, p. 265-266.

PEIXOTO, CLAUDIA MARQUES. Determinação dos valores de referência de qualidade de solo para U e Th no Estado de Minas Gerais. 2013. Tese de Doutorado. MSc Thesis. CDTN, Belo Horizonte, 144.

PEREIRA, A. F. et al. Tide-topography interaction along the eastern Brazilian shelf. *Continental Shelf Research*, v. 25, n. 12-13, p. 1521-1539, 2005.

PEREIRA, A. P. Gestão de resíduos: o caso das barragens da Samarco. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 12., 2016, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2016, p. 1-14.

PIRES, José Maurício Machado et al. Potencial poluidor de resíduo sólido da Samarco Mineração: estudo de caso da barragem do Germano. 2003.

REZENDE, Viviane Aparecida. Estudo do comportamento de barragem de rejeito arenoso alteada por montante. 2013.

RHODES, Valdilene da Penha. Distribuição de mercúrio e arsênio nos sedimentos da área afetada por garimpo de ouro-Rio Gualaxo do Norte, Mariana, MG. 2010.

RODRIGUES, Aline Sueli de Lima. Caracterização da bacia do rio Gualaxo do Norte, MG, Brasil: avaliação geoquímica ambiental e proposição de valores basais. 2012.

RODRIGUES, Aline Sueli de Lima; NALINI JÚNIOR, Hermínio Arias. Valores basais geoquímico e suas implicações em estudos ambientais. Rem: Revista Escola de Minas, v. 62, n. 2, 2009.

SANTOLIN, Camila Vidal Alves. Quantificação e avaliação ambiental da contaminação por metais e arsênio em sedimentos da bacia do Rio Doce-MG. 2015.

SCHULZ-KUHNT, Detlef. Petrographische Untersuchungen einer Zone amphibolit-und granulitfazieller Gesteine im Raum Jequeri, östliches Minas Gerais, Brasilien. Tese de Doutorado. Technischen Universität Clausthal, 1985.

SEGURA, Fabiana Roberta et al. Potential risks of the residue from Samarco's mine dam burst (Bento Rodrigues, Brazil). Environmental Pollution, v. 218, p. 813-825, 2016.

SHANKLE, Rodman; KEANE, James R. Acute Pnaralysis From Inhaled Barium Carbonate. Archives of neurology, v. 45, n. 5, p. 579-580, 1988.

SHAO, Yaping; RAUPACH, M. R.; FINDLATER, P. A. Effect of saltation bombardment on the entrainment of dust by wind. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, v. 98, n. D7, p. 12719-12726, 1993.

SHOAF, MB; Shirai, JH; Kedan, G; Schaum, J; Kissel, JC. (2005). Child dermal sediment loads following play in a tide flat. J Expo Anal Environ Epidemiol 15: 407-412. <http://dx.doi.org/10.1038/sj.jea.7500418>.

STEWART, DAVID W.; HUMMEL, ROBERT P. Acute poisoning by a barium chloride burn. The Journal of trauma, v. 24, n. 8, p. 768-770, 1984.

SUNDAR S.; CHAKRAVARTY, J. Antimony Toxicity. Int. J. Environ. Res. Public Health., v. 7, n.12, p. 4267-4277, 2010.

TEGEN, Ina; LACIS, Andrew A. Modeling of particle size distribution and its influence on the radiative properties of mineral dust aerosol. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, v. 101, n. D14, p. 19237-19244, 1996.

TEIXEIRA, Wilson et al. Complexo granulítico de Acaiaca, MG: idade, petrogênese e implicações tectônicas. Anais. SIMP GEOL MINAS GERAIS, 4., Anais..., Belo Horizonte: SBG Núcleo MG 7: 58-71, 1987.

THUN, Micheal J. et al. Mortality among a cohort of US cadmium production workers—an update. Journal of the National Cancer Institute, v. 74, n. 2, p. 325-333, 1985.

U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2014. Risk Assessment Forum White Paper: Probabilistic Risk Assessment Methods and Case Studies. EPA/100/R-09/001A. Washington, D.C.: Risk Assessment Forum, Office of the Science Advisor, USEPA.

U.S EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Guidelines for Carcinogen Risk Assessment, Washington, DC, EPA/630/P-03/001F, 2005. Última atualização em Março de 2005 (<https://www.epa.gov/risk/guidelines-carcinogen-risk-assessment>).

U.S NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE - TOXNET. IRON, ELEMENTAL REPORT. <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search2/r?dbs+hsdb:@term+@DOCNO+604>. Accessed September 26, 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). (1984). Health Effect Assessment for iron and compounds. Setembro de 1984. Disponível em: <<https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=42630>>. Acessado em: Abril de 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). (2006). Provisional Peer Reviewed Toxicity Values for Iron and compounds. Setembro de 2011. Disponível em: <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=338968>>. Acessado em: Abril de 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). (2009). Metabolically derived human ventilation rates: A revised approach based upon oxygen consumption rates (final report) [EPA Report]. (EPA/600/R-06/129F). Washington, DC. <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=202543>.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). (2011) Exposure Factors Handbook: 2011 Edition. National Center for Environmental Assessment, Washington, DC; EPA/600/R-

09/052F. Available from the National Technical Information Service, Springfield, VA, and online at <http://www.epa.gov/ncea/efh>.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Calculating Upper Confidence Limits for Exposure Point Concentrations at Hazardous Waste Sites U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 2002. Última atualização em Setembro de 2002;

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Child-Specific Exposure Factors Handbook (2008, Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-06/096F, 2008. Última atualização em Setembro de 2008 (https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?direntryid=199243);

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Exposure Factors Handbook, Volumes I, II e III. National Center for Environmental Assessment (EPA/600/R-09/052F). Última atualização em Setembro de 2011 (<https://www.epa.gov/expobox/about-exposure-factors-handbook>);

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Health Effects Assessment Summary (HEAST) for Selenium. Washington, USA: 1997. Disponível em: <<https://rais.ornl.gov/epa/heat/Selenium.html>>. Acesso em 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Health Effects of Exposure to Mercury. Disponível em: <<https://www.epa.gov/mercury/health-effects-exposures-mercury>> Acesso em 25 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System (IRIS): Aluminum phosphide. Washington, D.C., United States of America, 1987. Disponível em: <https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0005_summary.pdf#nameddest=rfd>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA 540-R-02-002). PART A, Volume III. Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment. Última atualização em Dezembro de 2001 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>);

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/1-89/002). PART A, Volume I. Última atualização em Dezembro de 1989 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>);

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA 540-R-02-002). PART A, Volume III. Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment. Última atualização em Dezembro de 2001 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>);

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/R-92/003). PART B. Developing Chemical-Specific Preliminary Remediation Goals Based on Protection of Human Health. Última atualização em Dezembro de 2001 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>);

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/9285.7-01C). PART C. Risk Evaluation of Remedial Alternatives. Última atualização em Outubro de 2001 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>);

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/9285.7-47). PART D. Standardized Planning, Reporting and Review. Última atualização em Junho de 2002 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>);

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/R/99/005). PART E. Dermal Risk Assessment. Última atualização em Julho de 2004 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>);

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/R/070/002). PART F. Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment. Última atualização em Janeiro de 2009 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>);

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Selenium and Compounds; CASRN 7782-49-2. Integrated Risk Information System (IRIS). Chemical Assessment Summary. Washington, USA: 2003. Disponível em: <https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0472_summary.pdf>. Acesso em 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Toxicological Review of Barium and Compounds. Washington, D.C., United States of America: 2005b. Disponível em: <<http://www.epa.gov/iris/toxreviews/0010tr.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST). Washington, D.C., United States of America, 1999. Disponível em: <<https://rais.ornl.gov/epa/heast/table1.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST). Washington, D.C., United States of America, 1999. Disponível em: <<https://rais.ornl.gov/epa/heast/table1.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST). Washington, D.C., United States of America, 1999. Disponível em: <<https://rais.ornl.gov/epa/heast/table1.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST). Washington, D.C., United States of America, 1999. Disponível em: <<https://rais.ornl.gov/epa/heast/table1.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST). Washington, D.C., United States of America, 1999. Disponível em: <<https://rais.ornl.gov/epa/heast/table1.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST). Washington, D.C., United States of America, 1999. Disponível em: <<https://rais.ornl.gov/epa/heast/table1.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST). Washington, D.C., United States of America, 1999. Disponível em: <<https://rais.ornl.gov/epa/heast/table1.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST). Washington, D.C., United States of America, 1999. Disponível em: <<https://rais.ornl.gov/epa/heast/table1.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST). Washington, D.C., United States of America, 1999. Disponível em: <<https://rais.ornl.gov/epa/heast/table1.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST). Washington, D.C., United States of America, 1999. Disponível em: <<https://rais.ornl.gov/epa/heast/table1.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST). Washington, D.C., United States of America, 1999. Disponível em: <<https://rais.ornl.gov/epa/heast/table1.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System (IRIS): Cadmium. Washington, D.C., United States of America, 1989. Disponível em: <https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/toxreviews/0010tr.pdfhttps://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=141>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System: Barium and Compounds. Washington, D.C., United States of America, 2005a. Disponível em: <http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDS/old_reds/glyphosate.pdfhttps://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/toxreviews/0010tr.pdfhttps://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=10>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System (IRIS): Arsenic, inorganic. Washington, D.C., United States of America, 2005a. Disponível em: <https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=278>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System (IRIS): Antimony. Washington, D.C., United States of America, 1987. Disponível em: <https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/toxreviews/0010tr.pdfhttps://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=6>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System (IRIS): Antimony trioxide. Washington, D.C., United States of America, 1995 Disponível em: <https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=676>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System (IRIS): Lead and compounds (inorganic). Washington, D.C., United States of America, 2004. Disponível em: <https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/toxreviews/0010tr.pdfhttps://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=278>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System (IRIS): Copper. Washington, D.C., United States of America, 1991. Disponível em: <https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=368>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System: Chromium (VI); CASRN 18540-29-9. Washington, D.C., United States of America, 1998. Disponível em: <https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0144_summary.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System (IRIS): Manganese. Washington, D.C., United States of America, 1995. Disponível em: <http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDS/old_reds/glyphosate.pdfhttps://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/toxreviews/0010tr.pdfhttps://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=373>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System (IRIS): Mercury, elemental. Washington, D.C., United States of America, 1995. Disponível em:

<https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/toxreviews/0010tr.pdfhttps://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=89>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System (IRIS): Phenylmercuric acetate. Washington, D.C., United States of America, 1987. Disponível em:

<https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/toxreviews/0010tr.pdfhttps://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=89>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System (IRIS): Mercuric chloride (HgCl₂). Washington, D.C., United States of America, 1995. Disponível em:

<https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/toxreviews/0010tr.pdfhttps://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=692>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System (IRIS): Methylmercury (meHg). Washington, D.C., United States of America, 2001. Disponível em:

<https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/toxreviews/0010tr.pdfhttps://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=73>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System (IRIS): Nickel, soluble salts. Washington, D.C., United States of America, 1991. Disponível em:

<https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/toxreviews/0010tr.pdfhttps://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=271>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Reregistration Eligibility Decision (RED) for Coppers. Washington, D.C., United States of America, 1999. Disponível em: <https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/red_G-26_26-May-09.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2019.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Short Sheet. Overview of the IEUBK Model for Lead in Children. EPA# PB 99-9635-8. Washington, DC: Office of Solid Waste and Emergency Response, US Environmental Protection Agency. 2002.

US. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). (1992c). A laboratory method to determine the retention of liquids on the surface of the hands. (EPA/747/R-92/003).

US.EPA Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/iris/subst/index.html>. March 08, 2006.

VAN RIJN, Leo C. et al. Aeolian Transport Over a Flat Surface. 2018. Disponível em: <<https://www.leovanrijn-sediment.com/papers/Aeoliansandtransport2018.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2019

VAREJÃO, Eduardo VV et al. Arsenic and trace metals in river water and sediments from the southeast portion of the Iron Quadrangle, Brazil. Environmental monitoring and assessment, v. 172, n. 1-4, p. 631-642, 2011.

WHO - World Health Organization. IPCS RISK ASSESSMENTTERMINOLOGY.; 2004. <http://www.inchem.org/documents/harmproj/harmproj/harmproj1.pdf>. Accessed September 26, 2019.

WHO - World Health Organization. Iron in Drinking-Water.; 1996. https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/iron.pdf. Accessed September 26, 2019.

WISE, T. H. et al. Androstenedione, dehydroepiandrosterone and testosterone in ovarian vein plasma and androstenedione in peripheral arterial plasma during the bovine oestrous cycle. Reproduction, v. 66, n. 2, p. 513-518, 1982.

WOLFF, Ana Paula. Caracterização de rejeitos de minério de ferro de minas da Vale. 2009.

WORLD HEALTH ORGANISATION. Antimony in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality (WHO/SDE/WSH/03.04/74). 2003. Disponível em: <https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/antimony.pdf > Acesso em 29 abr. 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) REGIONAL OFFICE FOR EUROPE. Air Quality Guidelines: Arsenic. Copenhagen, Denmark, 2000. Disponível em:

<http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0014/123071/AQG2ndEd_6_1_Arsenic.PDF>. Acesso em: 10 abr. 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Cadmium in Drinking water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva, Switzerland, 2011. Disponível em: <https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/cadmium.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Childhood Lead Poisoning. Geneva, Switzerland, 2010. Disponível em: <<http://www.who.int/ceh/publications/leadguidance.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Manganese. Geneva, Switzerland, 2001. Disponível em: <http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/123078/AQG2ndEd_6_8Manganese.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2017.

XIA, M., HUANG, R., SUN, Y., SEMENZA, G.L., ALDRED, F.S., WITT, K.L., INGLESE, J., TICE, R.R., AUSTIN, C.P. Identification of Chemical Compounds that Induce HIF-1 α Activity. Toxicol Sci, 112(1): 153-163, 2009.

PATAKI, George E.; CAHI, J. P. Technical guidance for screening contaminated sediments. New York State Department of Environmental Conservation Division of Fish, Wildlife and Marine Resources, New York, v. 45, 1999.

US.EPA (2019) Regional Screening Levels (RSLs) - User's Guide. United States Environmental Protection Agency. Disponível em: <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-users-guide#references> . Acesso em: 30/09/2019.

ANEXOS

Anexo 1 - Anotação de Responsabilidade Técnica

Anexo 2 - Mapa de Localização das Amostragens

Anexo 3 - Mapas Geoquímicos

Anexo 4 - Mapas de Interpolação de Concentrações

Anexo 5 - Tabelas de Concentrações Máximas e UCL 95%

Anexo 6 - Dados de Entrada de Monte Carlo

Anexo 7 - Fichas Resumo das SQI

Anexo 8 - Mapas de Análise Espacial

Anexo 9 – Cálculo de Risco para Consumo de Pescados

Anexo 10 - Mapa de Receptores

Anexo 11 - Gráficos de Risco Acumulado por Endpoint

Anexo II-c



PARECER TÉCNICO

Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG” executada pela Ambios Engenharia e Processos



15 de abril de 2019





Parecer Técnico

Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG” executada pela Ambios Engenharia e Processos

34 páginas, 1 anexo, 2 apêndices

15 de abril de 2019

Coordenação da Avaliação: Gary Krieger, Vice-Presidente, MD, MPH, DABT, DTM&H



ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADES

O presente relatório foi preparado por profissionais qualificados e não poderá ser alterado sem o prévio e expresso consentimento da NewFields e da empresa contratante. Este documento foi elaborado respeitando os termos do pedido e/ou contrato firmado com a empresa contratante e em conformidade com as normas técnicas vigentes e recomendadas pelos órgãos especializados.

As recomendações e conclusões expressas neste relatório são limitadas às condições físicas da área no momento da elaboração deste documento e na veracidade das informações e documentos disponibilizados pela empresa contratante e por terceiros. A NewFields não se responsabiliza pelas recomendações e conclusões expressas neste relatório em caso de mudanças das condições físicas da área e/ou inclusão de informações novas ou complementares posteriores a sua elaboração.

Este relatório é confidencial e destina-se ao uso exclusivo da empresa contratante. Não é permitida a divulgação, reprodução ou utilização parcial das informações e/ou resultados deste documento.



Índice

1.	INTRODUÇÃO	7
2.	AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA	7
3.	INFORMAÇÕES DO LOCAL	8
3.1	Antecedentes	8
3.2	Aspectos demográficos	8
3.3	Uso do solo e recursos naturais	9
3.4	Contaminação ambiental	9
3.4.1	Considerações sobre a inércia da lama de rejeitos	9
3.4.2	Amostragem ambiental realizada pela Ambios	11
3.5	Rotas ambientais	12
3.6	Dados sobre efeitos na saúde	12
4.	PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE	13
4.1	Mariana	14
4.2	Barra Longa	14
5.	DETERMINAÇÃO DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE	15
6.	ROTAS DE EXPOSIÇÃO	16
6.1	Alimentos	16
6.2	Solo Superficial	17
6.3	Sedimentos	17
6.4	Poeira	18
6.5	Considerações Adicionais	18
7.	IMPLICAÇÕES À SAÚDE PÚBLICA	19
7.1	Cálculo da Dose de Exposição	19
7.1.1	Vias de Exposição Avaliadas	19
7.1.2	Taxas de Ingresso de Substâncias Químicas no Organismo Humano	20
7.2	Comparação do Nível de Exposição com “Valores de Referência”	23
7.2.1	Considerações Adicionais	24
7.3	Estabelecimento das Implicações sobre a Saúde das Populações Expostas das Localidades de Mariana e Barra Longa	25
7.3.1	Cádmio	26
7.3.2	Cobre	26
7.3.3	Chumbo	27
7.3.4	Níquel	28
7.3.5	Zinco	29
7.4	Respostas às preocupações da comunidade	30
7.4.1	Poeira	30



7.4.2	Dengue, Febre Amarela e Saúde Mental	31
8.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	32
9.	CONCLUSÃO DO PARECER TÉCNICO	32



LISTA DE TABELAS

Tabela 7-1: Valores recomendados pela USEPA para ingestão de solo, poeira e a combinação de ambas as matrizes.....	21
Tabela 7-2: Doses de exposição ao Cádmio para ingestão de solo, mg/kg PC.dia - Mariana – Comparação entre cálculos da Ambios e do MS, usando taxas de ingestão da USEPA.	22
Tabela 7-3: Doses de exposição ao Cádmio para ingestão de poeira, mg/kg PC.dia - Mariana - Comparação entre cálculos da Ambios e do MS, usando taxas de ingestão da USEPA.	22
Tabela 7-4: Dose de exposição calculadas para exposição ao Cádmio usando taxas de ingestão de solo + poeira da USEPA.	23



APÊNDICES

Apêndice I – Resumo da avaliação do Relatório EPISUS 2016

Apêndice II – Resumo da avaliação do Relatório EPISUS 2018

ANEXOS

Anexo I – Contestação Crítica ao Relatório do Instituto Saúde e Sustentabilidade de Autoria da Dra. Evangelina Vormittag, acerca do Município de Barra Longa, Estado de Minas Gerais



1. INTRODUÇÃO

Este parecer técnico apresenta a avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG” (Relatório Final), elaborado pela empresa Ambios Engenharia e Processos (Ambios) e entregue à Fundação Renova (Fundação) em 21 de março de 2019. Conforme determinado na Nota Técnica SUBVPS/SES-MG nº 11/2017 (aprovada com ressalvas pela Deliberação nº 106 do Conselho Interfederativo - CIF), o estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH) deve ser elaborado utilizando a metodologia do Ministério da Saúde (MS) denominada “Diretrizes para a Elaboração de um Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana por Exposição a Contaminantes Químicos” (Diretrizes), publicada em 2010.

Esta avaliação visa prover suporte técnico para a equipe do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada (Programa de Saúde) da Fundação, fornecendo argumentos técnicos para garantir que a avaliação de risco contratada esteja em conformidade com a metodologia do Ministério da Saúde.

Este documento inclui considerações e avaliações realizadas por especialistas em meio ambiente e toxicologia. Apesar da equipe da NewFields ter avaliado os relatórios parciais emitidos pela Ambios (Relatórios Parciais 1, 2 e 3), este parecer técnico considera apenas as informações apresentadas no Relatório Final e seus anexos.

Como será discutido neste parecer técnico, o Relatório Final apresenta a consolidação de todas as informações apresentadas nos relatórios parciais e está estruturado em 8 tópicos principais, os quais são listados a seguir, juntamente com o respectivo capítulo do relatório, e seguem a estruturação proposta pelas Diretrizes:

- Antecedentes;
- Capítulo I: Avaliação dos dados existentes;
- Capítulo II: Preocupações da comunidade;
- Capítulo III: Contaminantes de interesse;
- Capítulo IV: Mecanismos de transporte;
- Capítulo V: Rotas de exposição;
- Capítulo VI: Implicações para a saúde pública;
- Capítulo VII: Conclusões e recomendações.

2. AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA

A metodologia de avaliação de risco à saúde humana foi estabelecida no Brasil pelo Ministério da Saúde, no ano de 2010. Tais Diretrizes se baseiam nas experiências adquiridas pelo MS na aplicação de avaliações de risco utilizando a metodologia desenvolvida pela *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR) e adequação desta metodologia à realidade brasileira. Como consequência, a ATSDR é constantemente mencionada e referenciada nas Diretrizes do MS. Dessa forma, a metodologia de ARSH da ATSDR deve ser consultada quando não são detalhados



procedimentos específicos para componentes de um estudo de avaliação de risco nas Diretrizes do MS.

3. INFORMAÇÕES DO LOCAL

Para esta etapa da ARSH, as Diretrizes do MS exigem, em sua Seção 3: avaliação inicial da área; visita a área com acompanhamento dos órgãos de saúde e meio ambiente; estratégia de comunicação; e análise de antecedentes, de aspectos demográficos, do uso do solo, do uso dos recursos naturais, de contaminações ambientais, de rotas ambientais e de dados sobre efeitos na saúde.

Sobre a visita a área, as Diretrizes salientam que “um discurso comum deve fazer parte da retórica de todos que irão ao local, buscando evitar pânico ou informações desajustadas sobre a área de risco.” As Diretrizes requerem que as informações do local sejam validadas quanto as metodologias utilizadas e validade estatística.

3.1 ANTECEDENTES

As Diretrizes requerem que esta análise inclua: histórico da região; dados geográficos; organização político administrativa; e descrição do local contaminado, salientando que “dependendo das dimensões da contaminação, pode-se partir da situação estadual, até o sítio contaminado”.

A Ambios discorre sobre o empreendimento da Samarco e o rejeito produzido, a caracterização do rompimento, descrição dos danos causados pelo rompimento, o histórico da mineração no Brasil e o histórico de barragens de rejeito em Minas Gerais. Entretanto, o Relatório Final não faz uma análise do histórico do uso e ocupação do solo da região. Analisar apenas os impactos do rompimento da barragem de Fundão nas áreas em estudo, não incorporando acontecimentos prévios ao rompimento e o contexto econômico regional, está em discordância com as Diretrizes.

3.2 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

Seguindo a metodologia do MS, as populações dos locais de interesse e suas imediações devem ser caracterizadas quanto a distribuição etária, sexo, condições socioeconômicas, culturais, étnicas, e atividades comuns nas comunidades (residenciais, recreativas e ocupacionais).

A Ambios descreve de maneira satisfatória as informações sociodemográficas do município de Mariana, incluindo história do município, localização geográfica, caracterização da população, bases salariais, economia, escolaridade e expectativa de anos de estudo. Além disso, descreve individualmente nove distritos de Mariana, incluindo informações como: história, economia, população local, festejos e locais de interesse da comunidade.

Entretanto, a Ambios descreve de maneira rasa as informações sociodemográficas de Barra Longa, incluindo apenas uma breve descrição da localização, população e escolaridade do município. Desta maneira, o Relatório Final traz informações insuficientes para a compreensão dos aspectos demográficos de Barra Longa.



3.3 USO DO SOLO E RECURSOS NATURAIS

Como o uso do solo influencia diretamente o contato da população com as possíveis fontes de contaminação, as Diretrizes do MS recomendam as seguintes avaliações: acessibilidade aos locais; uso e ocupação do solo para fins residenciais, agrícolas, comerciais e industriais; presença de escolas, hospitais, creches e asilos; locais de disposição de resíduos e descartes; usos recreativos; usos futuros planejados; localização de fontes públicas e privadas de abastecimento de água; localização de sistemas de drenagem; áreas agropecuárias circunvizinhas e biota.

O Relatório Final não apresenta uma descrição do uso do solo e dos recursos naturais dos municípios estudados, apenas descreve os impactos do rompimento à vegetação, biota, recursos hídricos e infraestruturas físicas. Sendo assim, a análise dos compartimentos ambientais possivelmente impactados fica prejudicada e desprovida de informações importantes para contextualização das condições das áreas estudadas.

3.4 CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

As Diretrizes do MS para ARSH requerem que este item contemple um “levantamento das substâncias químicas e suas concentrações” em cada compartimento ambiental das áreas em estudo.

O Relatório Final apresenta a discussão de que dados ambientais coletados em estudos de investigação ambiental raramente serão considerados adequados para a ARSH. Não há discussão detalhada para embasar esta afirmação e é incorreto afirmar que os conjuntos de dados coletados pela Fundação não podem ser utilizados na avaliação de risco à saúde humana.

Além disso, a Ambios afirma que dados ambientais existentes coletados por terceiros deveriam ser validados em termos de técnicas de amostragem e procedimentos analíticos laboratoriais usados. Os procedimentos de garantia e controle da qualidade (GQ/CQ) dos dados são exigidos pela metodologia do MS, porém, não são apresentados no Relatório Final.

De acordo com o 1º relatório parcial da Ambios, quatro estudos desenvolvidos pela Fundação Renova foram analisados e validados em relação aos dados ambientais coletados em Mariana e Barra Longa. A Ambios concluiu em seu primeiro relatório parcial que os dados ambientais desses estudos seriam usados para avaliar qualitativamente as tendências dos dados coletados durante suas campanhas de amostragem. No entanto, no Relatório Final, nenhuma análise de tendências de dados é apresentada e os quatro estudos validados pela Ambios não estão sendo referenciados para consideração das concentrações basais das áreas de estudo. É fundamental que tanto a distribuição espacial quanto o sequenciamento temporal dos dados sejam considerados. Esta é uma prática padrão e consistente com a orientação das Diretrizes do MS.

3.4.1 Considerações sobre a inércia da lama de rejeitos

A Ambios afirma que a classificação dos rejeitos como inerte quanto a liberação de substâncias tóxicas, conforme apresentado pela Golder (2017a), está equivocada.

A norma brasileira vigente que versa sobre a classificação de resíduos é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 10.004/2004. Conforme essa norma, os resíduos são classificados como:

- **Classe I – Perigosos:** são aqueles cujas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas podem acarretar em riscos à saúde pública e/ou riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada. Uma das



características que podem levar o resíduo à sua classificação como perigoso é a sua toxicidade. A norma ABNT 10.004, em conjunto com ABNT 10.005 e 10.006 definem procedimentos e parâmetros para classificação do resíduo quanto à sua toxicidade;

- Classe II – Não perigosos:
 - A – Não inertes: podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
 - B – Inertes: quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10.007/2004, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10.006/2004, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G, da NBR 10.004.

A Golder (2017a) conduziu testes para classificação de resíduos conforme a metodologia da ABNT em 52 amostras, sendo quatro amostras de rejeitos (oriundos de Germano) e as demais amostras de solos e sedimentos afetados e não afetados pela deposição de rejeitos. Considerando o conjunto total de 52 amostras coletadas pela Golder (2017a), nenhuma amostra excedeu os limites máximos em extrato obtido a partir de ensaios de lixiviação estabelecidos pelo Anexo G da ABNT NBR 10.005/2004. Portanto, nenhuma amostra coletada no âmbito do Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos foi classificada como tóxica.

A Ambios também faz questionamentos quanto à remobilização e biodisponibilização de contaminantes a partir dos solos e sedimentos.

O Programa de Caracterização Geoquímica (Golder, 2017a) realizou vários testes para avaliar a reatividade/mobilidade dos metais traço nos rejeitos, solos e sedimentos. Foram feitos testes de lixiviação de curto prazo (testes padronizadas da ABNT, testes de elutriação, pH dependente e extração sequencial) e testes cinéticos de longo prazo (colunas e células húmidas). Todos estes testes permitem entender o comportamento do material e medir a sua reatividade e a mobilidade de metais traço. Portanto, o que a Ambios discute em teoria, foi testado na prática pela Golder (2017a) e os resultados indicam que o potencial de mobilização de metais dos rejeitos, solos e sedimentos é baixo. Isto inclui resultados de uma variedade de testes de lixiviação em laboratório, bem como dados de monitoramento da qualidade da água dos rios. Os rejeitos apresentam alguns dos mais baixos potenciais de mobilização de metais observados neste estudo, enquanto os sedimentos e solos não afetados podem apresentar um potencial de mobilização de metais significativamente maior.

Os testes geoquímicos demonstram que a mobilidade de metais é baixa porque a maior parte dos metais-traço é efetivamente sequestrada na forma de (hidr)óxidos de ferro e/ou alumínio cristalinos insolúveis. A mobilidade de metais-traço é controlada pelas reações de sorção em ferrihidrita. Os testes geoquímicos confirmaram a presença deste sorvente, sendo as tendências de concentração no lixiviado consistentes com o comportamento de sorção conhecido desta fase mineral.

Ao citar a observação, referente ao estudo da Golder (2017b), de que:

“Dados desses estudos sobre os sedimentos indicam que após a avalanche da lama de rejeitos, o contaminante cádmio, por exemplo, apresentou picos de alteração de maior magnitude onde as concentrações chegam a atingir valores até cerca de



uma ordem de grandeza mais elevados que os máximos históricos e/ou o nível regulatório (...)

A Ambios não leva em consideração que, após o pico observado, a concentração de cádmio voltou a apresentar concentrações dentro da faixa histórica.

Dessa forma, considera-se que as observações da Ambios em sua seção “Considerações Sobre a Inércia Ambiental da Lama de Rejeitos” não levam em consideração todo o conteúdo discutido nos estudos de caracterização geoquímica dos rejeitos, solos e sedimentos afetados e não afetados, apesar destes estudos serem citados no Relatório Final. Da mesma forma, as observações da Ambios não consideram as tendências observadas pelos dados de monitoramento ambiental da Fundação coletados até o presente momento.

3.4.2 Amostragem ambiental realizada pela Ambios

A Ambios não apresentou procedimentos padronizados para as campanhas de amostragem realizadas em Mariana e Barra Longa. As Diretrizes do MS para ARSH especificam no item 5.3 os requisitos mínimos para avaliação de dados ambientais e técnicas de amostragem, e no item 5.8 como determinar se os dados ambientais são representativos e confiáveis. Embora estabeleça o que precisa ser verificado, as Diretrizes não descrevem quais parâmetros específicos são necessários para validar cada requisito de avaliação dos dados ambientais. No entanto, a ATSDR - constantemente mencionada nas Diretrizes do Ministério da Saúde - estabeleceu explicitamente os parâmetros para validação de cada um desses requisitos no Capítulo 5 do seu manual de avaliação de risco à saúde pública “*Public Health Assessment Guidance Manual (Update)*” (ATSDR, 2005a), mencionando as técnicas de amostragem padronizadas da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e os procedimentos laboratoriais necessários.

Como o Brasil possui seus próprios procedimentos padronizados de amostragem e análises laboratoriais, eles devem ser usados para verificar os requisitos de validação dos dados ambientais mencionados nas seções 5.3 e 5.8 das Diretrizes do MS para ARSH.

As localizações dos pontos de coleta de amostras da Ambios são apresentadas nas tabelas de resultados analíticos da seção sobre seleção de contaminantes de interesse do Relatório Final. Entretanto, as coordenadas apresentadas nessas tabelas não permitem a identificação da notação utilizada para reportar latitude e longitude, gerando incertezas para o georreferenciamento e confirmação dos pontos de coleta. A notação utilizada para apresentação das coordenadas deve ser ajustada pela Ambios, trazendo transparência à localização dos pontos de coleta. Além disso, para facilitar o entendimento da localização espacial das amostras, é sugerido a inclusão de mapas identificando as amostras coletadas para cada compartimento ambiental.

Ainda sobre a localização dos pontos de coleta, o Relatório Final precisa descrever claramente e de forma consistente os locais de amostragem. De acordo com o Anexo 4 e 5, algumas das amostras de poeira foram coletadas em casas onde não há moradores; entretanto, esta informação não é apresentada para todas as amostras. A aplicabilidade dos dados coletados em casas inabitadas deve ser discutida, a fim de definir se esses dados podem ser considerados relevantes e representativos de uma exposição domiciliar real. Além disso, deve ser realizada uma análise de como esses resultados podem ser utilizados para o estabelecimento de uma rota de exposição completa. A mesma clareza e consistência deve ser aplicada na descrição das amostras dos demais compartimentos ambientais.

Com relação aos laboratórios utilizados para realização das análises laboratoriais, devem ser apresentados os escopos de acreditação conforme os requisitos do Inmetro e da norma brasileira



ABNT NBR ISO/IEC 17.025:2017, para todos os compartimentos ambientais amostrados e todos os compostos químicos analisados. De acordo com o escopo de acreditação CRL 0442, o laboratório Tommasi Ambiental não possui em seu escopo a análise de metais em amostras de leite e ovo.

As Diretrizes do MS para ARSH salientam que os dados ambientais devem ser avaliados para validação antes de serem utilizados no estudo de avaliação de risco. Em sua seção 5.3.2, é citado como parte integrante da avaliação dos dados e técnicas de amostragem:

“A Revisão Resumida de Dados é elaborada pela equipe de campo. Este resumo documenta a validade dos tempos de conservação das amostras, o desempenho dos instrumentos, calibração, brancos, recuperação substituta, recuperação das adições de padrões a uma matriz e identificação do composto.”

Essa revisão resumida dos dados não é apresentada no Relatório Final da Ambios e deve ser parte integrante do documento, garantindo a validação dos resultados analíticos das amostras coletadas.

É importante ressaltar que os planos de amostragem apresentados pela Ambios (Anexo 4 e 5 do Relatório Final) não fazem menção à coleta e uso de brancos (brancos de equipamento, de campo, de viagem e de temperatura) durante as campanhas de amostragem. Essas amostras são parte integrante de campanhas de amostragem de compartimentos ambientais e visam garantir o controle de qualidade da amostragem e das análises laboratoriais.

3.5 ROTAS AMBIENTAIS

Seguindo o exposto nas Diretrizes do MS para ARSH, as características ambientais da área podem interferir nas rotas de exposição. Dessa forma, as Diretrizes definem que algumas informações são:

“essenciais, tais como: topografia; tipo e localização de solo na maior escala possível; cobertura dos solos - que influenciará na infiltração e, conseqüentemente na velocidade de escoamento superficial; precipitação anual; temperatura; e hidrogeologia e a localização dos corpos superficiais em relação à área contaminada.”

Para Mariana são apresentados apenas informações relacionadas à geologia, clima, geomorfologia, pedologia e vegetação; enquanto que para Barra Longa este tipo de informação não é apresentado. O Relatório final não apresenta informações para a realização de uma análise completa das rotas ambientais, faltando informações consideradas essenciais pelas Diretrizes do MS, como por exemplo topografia, cobertura do solo e hidrogeologia.

3.6 DADOS SOBRE EFEITOS NA SAÚDE

Em relação as informações sobre os efeitos na saúde, a metodologia do MS para ARSH afirma que:

“A equipe de avaliadores deverá estar familiarizada com a informação do local disponível e a utilidade que esta tem para conduzir a avaliação de saúde. Até onde seja possível, devem-se investigar as preocupações da comunidade com sua saúde e buscar dados sobre efeitos na saúde provocados pelas condições ambientais.”

O Anexo I das Diretrizes apresenta possíveis fontes para a verificação destas informações.

A Ambios apresenta dados de saúde de Mariana relativos à saúde mental e perfil geral dos agravos em saúde notificados. Para Barra Longa, são apresentados: dados relativos à infraestrutura



de saúde; cobertura da Estratégia de Saúde da Família (ESF); percentual de uso do SUS e planos privados; principais agravos e doenças; e ações de saúde realizadas desde o rompimento da barragem.

O Relatório Final avalia 4 estudos de saúde relacionados às áreas estudadas:

- 1) EPISUS, 2016: “*Estudo sobre o Perfil Epidemiológico da População de Barra Longa – MG, Pós-Desastre, 2016*”. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS (análise apresentada no Apêndice I);
- 2) EPISUS, 2018: “*Dois anos pós-desastre da barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG, 2018*”. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS (análise apresentada no Apêndice II);
- 3) ISS e Greenpeace, 2017: “*Avaliação dos riscos em saúde da população de Barra Longa/MG afetada pelo desastre*” (análise apresentada no Anexo I);
- 4) ISS, 2018: “*Resultados de Exames Toxicológicos - Proposta de Novos Estudos - Contextualização sobre os Metais encontrados*” (análise apresentada no Anexo I).

Considerando os dados de saúde e relatórios de saúde apresentados no Relatório Final, a NewFields considera satisfatório o levantamento de informações sobre os efeitos na saúde da população das áreas em estudo.

4. PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE

As Diretrizes do MS para ARSH, em sua Seção 4, determinam que o levantamento das preocupações da comunidade deverá ser realizado em três fases distintas: preparatória (antes de visitar a área); visita à área; e socialização das informações da ARSH. As preocupações da comunidade com a sua saúde subsidiam as implicações à saúde pública e norteiam a comunicação do risco às populações expostas.

As Diretrizes do MS descrevem que a fase preparatória serve para mapear os diferentes atores da comunidade, “definir a estratégia de comunicação, antes de visitar o local, assim como a metodologia que será aplicada para levantar as preocupações da comunidade”, estabelecer canais de comunicação, e explorar técnicas e métodos para validar as informações da população. Apesar desta fase não estar descrita no Relatório Final da Ambios, a NewFields entende que ela foi realizada, pois ela é evidenciada nos relatos de visita às áreas. Entretanto, mesmo considerando as evidências de realização, sugere-se que esta fase seja descrita no relatório, trazendo mais robustez às conclusões em relação as preocupações das comunidades.

Sobre as visitas as áreas, as Diretrizes afirmam que:

“Durante a realização das visitas à área, pode-se perceber a necessidade de levantar informações junto à população, utilizando-se de instrumentos de investigação, tais como, formulários, questionários e entrevistas. A necessidade de uso desses instrumentos precisa ser bem avaliada, pois implica no desenho de um estudo de investigação que, para ser construído e validado, necessita da seleção da área, bem como da amostra da população e realização de um teste piloto.”

A Ambios realizou a articulação com as comunidades com o auxílio dos Agentes Comunitários de Saúde e visitou as áreas com o acompanhamento de profissionais das Secretarias Estaduais e/ou Municipais de Saúde. Conforme sugerido pelas Diretrizes do MS, que salientam que



cada área de estudo possui características próprias, a Ambios tratou das preocupações de Mariana e Barra Longa de forma distinta. Novamente, apesar de não estar descrito no Relatório Final o processo de construção e validação da seleção da área e da amostra da população, a NewFields conclui – com base na descrição das visitas às áreas de estudo – que esta etapa foi realizada. Sugere-se trazer estas informações em mais detalhes para o Relatório Final, não deixando dúvidas de sua execução.

Em ambas as comunidades a Ambios realizou entrevistas e rodas de conversa com os moradores, e analisou os dados por meio da metodologia de Análise de Conteúdo (CAREGNATO & MUTTI, 2006). Não fica evidenciado no relatório a execução do teste piloto dos questionários aplicados nas entrevistas (conforme recomendado pelas Diretrizes e descrito anteriormente). Entretanto, a NewFields entende que os questionários foram aplicados como guias das conversas, não em um formato fixo de perguntas e respostas, o que dispensaria a aplicação do teste piloto.

Desta maneira, a NewFields entende que a etapa de levantamento das preocupações da comunidade foi realizada de maneira satisfatória, sendo recomendado, apenas, um maior detalhamento das fases descritas nas Diretrizes.

As preocupações levantadas para Mariana e Barra Longa são descritas nos subitens a seguir.

4.1 MARIANA

A Ambios organizou as preocupações da comunidade de Mariana em quatro categorias, sumarizadas a seguir, e deu atenção maior aos moradores de Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo e Paracatu de Cima.

- Saúde da população atingida: predominantemente relacionadas à saúde mental, dengue e febre amarela;
- Consumo de água e alimentos: predominantemente relacionadas ao consumo de água, frutas, legumes, verduras, ovos e leite;
- Meio ambiente e saúde: predominantemente relacionadas à exposição a poeira (intensificada pelo aumento no fluxo de veículos) e a problemas dermatológicos, respiratórios, alérgicos, sinusites, coceiras e câncer;
- Condições e qualidade de vida: predominantemente relacionadas à saúde mental.

4.2 BARRA LONGA

Em Barra Longa a Ambios deu atenção maior aos moradores de dezesseis (16) áreas (Barreto, Gesteira, Mandioca, Jurumirim, Nova Barra, Tanque, São Gonçalo, Volta da Capela, Rua Primeiro de Janeiro, Rua Capitão Manoel Carneiro, Morro Batalha, Bairro do Rosário, Praça Manoel Lino Mol, Rua Matias Barbosa, Morro Vermelho e Morro Cemitério). As preocupações da comunidade de Barra Longa podem ser sumarizadas da seguinte forma:

- Saúde da população atingida: predominantemente relacionadas à saúde mental e labirintite, reações alérgicas dermatológicas e respiratórias, dengue, febre amarela, diarreia e Alzheimer;
- Consumo de água e alimentos: predominantemente relacionadas ao consumo de água, frutas, legumes, verduras, ovos, leite e carne;
- Peixes do rio e saúde: relacionada ao consumo de pescados do rio;



- Meio ambiente e saúde: predominantemente relacionadas à exposição a lama, a poeira (intensificada pelo aumento no fluxo de veículos) e a problemas dermatológicos, respiratórios, alérgicos, oftalmológicos, coceiras e câncer;
- Condições e qualidade de vida: predominantemente relacionadas à saúde mental.

Além disso, a Ambios salientou a preocupação da comunidade de Barra Longa com os diversos estudos em desenvolvimento na região, os resultados contraditórios e a falta de respostas concretas à população. Diferentemente dos entrevistados de Mariana, os entrevistados de Barra Longa consideram que todos os moradores do município são impactados.

5. DETERMINAÇÃO DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE

A seleção de contaminantes de interesse foi feita comparando os resultados analíticos obtidos a valores de referência adotados para cada compartimento ambiental. A seleção foi baseada na concentração máxima detectada para cada elemento químico em todos os compartimentos amostrados nas campanhas de amostragem da Ambios. As concentrações dos metais analisados nas amostras coletadas são apresentadas em tabelas, conforme recomendação das Diretrizes do MS para ARSH.

Os valores de referência utilizados foram:

- Água para consumo humano, água superficial e água subterrânea: Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (Padrão de Potabilidade Brasileiro);
- Alimentos: ANVISA RDC nº 42/2013 e FAO Codex Alimentarius;
- Sedimentos: Resolução CONAMA nº 454/2012 – Nível 1;
- Solo: Resolução CONAMA nº 420/2009 – Valores de Prevenção em Solo;
- Poeira: Resolução CONAMA nº 420/2009 – Valores de Prevenção em Solo.

A Ambios conclui adequadamente a seleção de contaminantes de interesse após a comparação com os valores de referência. Entretanto, existem inconsistências nos valores de referência apresentados nas tabelas de resultados da seção de Determinação dos Contaminantes de Interesse (página 206). Essas inconsistências devem ser corrigidas, para que os valores de referência dos padrões legais utilizados sejam apresentados corretamente e não gerem erros de interpretação.

Os valores de referência para alimentos, advindos da FAO - Codex Alimentarius (FAO, 2011), apresentados no Relatório Final nas Tabelas 2 (página 207), Tabela 4 (página 209), Tabela 9 (página 217) e Tabela 11 (página 219) não estão corretos. Os valores do Codex são tipicamente baseados em consumo diário, semanal e mensal por peso corporal. Para oligoelementos, que são nutrientes essenciais e constituintes inevitáveis dos alimentos, é expressa uma faixa de ingestão diária, sendo que o valor mais baixo representa o nível de essencialidade e o valor superior representa a dose diária tolerável máxima admissível (PMTDI). Por exemplo, o cobre tem uma ingestão diária variando entre 0,05 (essencialidade) e 0,5 (PMTDI) mg/kg de peso corporal (PC). A Ambios apresenta o valor do Codex como uma concentração simples de mg/kg, que é incorreta, pois o valor é mg/kg de peso corporal e ao longo de um período de tempo definido (dia, semana ou mês). A Ambios está utilizando o valor de essencialidade de 0,05 mg/kgPC de cobre como valor de referência, enquanto



o correto é o valor PMTDI de 0,5 mg/kg de peso corporal por dia, o que significa que um adulto pesando 70 kg tem um PMTDI de 3,5 mg de cobre. Para cádmio, os valores de referência apresentados para frutas e leite não são compatíveis com a documentação mais atual disponível (FAO, 2011).

Os valores de referência para solo, valores de prevenção advindos da Resolução CONAMA nº 420/2009, apresentados no Relatório Final nas Tabelas 6 (página 213) e Tabela 8 (página 215) não estão corretos.

Os valores de referência para sedimentos, valores para água doce - Nível 1 advindos da Resolução CONAMA nº 454/2012, apresentados no Relatório Final nas Tabelas 7 (página 214) e Tabela 16 (página 224) não estão corretos.

Na página 221 do relatório final, para a seleção de contaminantes de interesse de Barra Longa, a Ambios cita valores de concentrações de cobre, níquel e chumbo que foram detectados nas amostras de poeira domiciliar no seu parágrafo sobre discussão das concentrações detectadas nos sedimentos. Essa citação deve ser removida, para evitar interpretações errôneas.

Inicialmente, a seleção de contaminantes de interesse foi feita separadamente para Mariana e Barra Longa. Subsequentemente, a Ambios combinou as excedências para ambos os municípios e elaborou uma lista única de contaminantes de interesse. Esse tipo de combinação para duas áreas distintas não é recomendado pelas Diretrizes do MS para ARSH, conforme sua Seção 5.7.

É importante salientar que, independente da adoção da premissa de pior cenário, as Diretrizes do Ministério da Saúde especificam em sua Seção 5 que, para a seleção de contaminantes de interesse: “deve ser realizada uma revisão dos níveis de concentração natural dos contaminantes nos compartimentos ambientais locais”. O Relatório Final da Ambios não apresenta discussão relacionada a essas concentrações basais.

Também não foi apresentada avaliação espacial e temporal dos dados ambientais disponíveis para Mariana e Barra Longa, conforme especificado pelas Diretrizes do MS em sua Seção 5.1.1, que afirma que na etapa de seleção de contaminantes de interesse, “o avaliador deve assinalar as tendências ao discutir os dados (...) Considerando, de forma específica, a distribuição espacial, os ‘pontos críticos’, as mudanças de concentração no tempo e as diferenças de contaminação entre os compartimentos ambientais.”

6. ROTAS DE EXPOSIÇÃO

6.1 ALIMENTOS

De acordo com a Ambios, metais não aparentam estar atualmente disponíveis para serem absorvidos por vegetais e gramíneas. Entretanto, a Ambios sugere que devido a eventos naturais, mecanismos de transporte e transformação – incluindo participação microbiana, metais podem se tornar biodisponíveis e serem absorvidos por vegetais e gramíneas no futuro.

Além disso, a Ambios também sugere que o material particulado suspenso (poeira) gerado a partir de solo superficial contaminado e mobilizado pela ação dos ventos, pode se acumular em solos onde vegetais folhosos são cultivados, e subsequentemente, os metais presentes nesse particulados podem ser absorvidos por tais organismos, levando a uma nova rota de exposição.



No entanto, embora os metais não estejam sendo absorvidos pelos vegetais e não terem sido apresentados argumentos baseados em estudos técnicos que discutem o potencial dos metais se tornarem biodisponíveis, a Ambios conclui que a ingestão de vegetais, tubérculos e raízes é uma via de exposição potencial futura.

A Ambios deve basear suas suposições sobre a biodisponibilidade de metais em solos impactados e absorção de metais por vegetais e gramíneas em referências bibliográficas e, quando possível, em estudos conduzidos na Bacia do Rio Doce. Além disso, a Ambios deve apresentar uma discussão detalhada sobre quais seriam as condições que poderiam alterar a mobilização de metais no futuro. Conforme descrito na seção 3.4.1 deste Parecer Técnico, segundo a Golder (2017a), os solos e sedimentos afetados e não afetados têm baixo potencial para mobilização de metais na área estudada.

A Ambios também conclui que as áreas impactadas pela lama de rejeitos e áreas no entorno, que podem vir a se tornar impactadas pela poeira, deveriam ser monitoradas e que a produção de alimentos deveria ser evitada nessas localidades. Essa recomendação não é corroborada pelos dados ambientais disponíveis e é capaz de gerar uma percepção de risco equivocada na população dos municípios estudados.

6.2 SOLO SUPERFICIAL

Exposição à cádmio através de contato direto (ingestão acidental e contato dérmico) e ingestão de partículas de solo contaminado presentes na poeira domiciliar é considerada pela Ambios uma rota de exposição completa, no presente e passado. Essas rotas de exposição também são consideradas como rotas potenciais futuras para os locais onde partículas de solo contaminado mobilizadas pela ação dos ventos serão depositadas.

Nas discussões relativas à rota de exposição relacionada ao solo superficial, a Ambios faz diversas considerações que não são adequadamente embasadas por estudos realizados no local ou por bibliografia científica específica. Tal embasamento deve ser apresentado pela Ambios.

A discussão apresentada pela Ambios indica que não foi feita nenhuma consideração sobre concentrações basais e locais de referência – a discussão de ambos os tópicos são recomendações importantes das Diretrizes do MS para ARSH. Além disso, a Ambios não faz qualquer consideração em relação a outras fontes potenciais dos contaminantes de interesse selecionados, conforme indicado na seção 6.3 das Diretrizes. O cádmio é um contaminante muito comum em fertilizantes usados no Brasil e isso é bem documentado por cientistas brasileiros em publicações recentes como Gonçalves et al. (2014).

6.3 SEDIMENTOS

Exposição a cádmio presente em sedimentos através da ingestão de biota aquática é considerada pela Ambios uma rota de exposição completa futura.

A rota de exposição para sedimentos não foi considerada pela Ambios uma rota completa no presente e passado em função da ausência de fauna aquática. A Ambios considera que em algum ponto haverá a revitalização natural da biota aquática, que potencialmente será consumida por humanos.

As Diretrizes do MS para ARSH descrevem as condições necessárias para uma rota de exposição ser considerada completa no futuro devendo, obrigatoriamente, apresentar a “existência de uma contaminação atual em um ponto de exposição ou em um compartimento ambiental que poderia chegar a ser um ponto de exposição em dias, semanas ou meses (áreas em via de



urbanização em local contaminado).” Sendo assim, como não há evidências da contaminação atual da biota aquática, esta rota de exposição não pode ser considerada completa, mesmo que futuramente.

Todas as considerações da Ambios relacionadas a como a concentração de cádmio encontrada nos sedimentos seria bioacumulada nos organismos aquáticos não permitem conclusões sobre a possibilidade desses organismos serem contaminados. São citados fatores de bioacumulação em organismos de água doce variando de 3 a 4.190, faixa extremamente ampla para concluir assertivamente sobre a bioacumulação.

Dessa forma, por existirem poucas evidências técnicas que embasem a conclusão dessa rota de exposição aos sedimentos como completa, essa rota de exposição deve ser considerada potencial.

6.4 POEIRA

Exposição a cádmio, cobre, níquel e zinco através da ingestão e inalação de poeira domiciliar é considerada pela Ambios uma rota de exposição completa, no presente e passado.

Essa rota de exposição também é considerada pela Ambios como uma rota futura completa, com base na consideração de que não serão tomadas ações de mitigação para geração de poeira. O relatório não menciona: (1) as ações em curso, executadas pela Fundação, para o controle de poeira; (2) as ações de recuperação sendo executadas pela Fundação.

A Ambios afirma que, pela localização da coleta de amostras, é razoável assumir que a poeira é proveniente principalmente do “novo solo superficial” gerado pelos rejeitos. Entretanto, como não são consideradas localidades de referência e o Relatório Final não apresenta uma discussão sobre as concentrações basais da região estudada, essa ARSH não permite conclusões sobre a correlação entre as detecções encontradas pela Ambios e o rompimento da barragem.

Adicionalmente, o Relatório Final não apresenta discussão com relação à topografia e padrões de direção dos ventos nas áreas estudadas, fatores importantes para embasar a suposição de que a poeira domiciliar coletada é predominantemente formada pelo material particulado de áreas afetadas pela lama de rejeitos.

Além disso, a amostragem de poeira domiciliar ocorreu em locais de difícil acesso e raramente limpos. Isso pode significar que os contaminantes estavam presentes antes do rompimento. Isso também implica que, se os contaminantes vieram dos rejeitos, então a concentração encontrada pode ser acumulada dos 3 anos que se passaram após o rompimento. Dessa forma, as concentrações detectadas na poeira não seriam concentrações às quais a população estaria exposta constantemente durante sua rotina diária e, portanto, essas concentrações não representariam condições passadas, atuais ou futuras de exposição.

Alguns locais de amostragem de poeira para Mariana e Barra Longa estavam dentro de casas e edificações atualmente abandonadas. A Ambios não apresenta uma discussão sobre como os dados de poeira coletados para esses locais serão interpretados, uma vez que não há receptores. Isso deve ser esclarecido pela Ambios.

6.5 CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS

O resumo das rotas de exposição apresentado no Quadro 10 do Relatório Final deve conter os compostos relacionados às rotas de exposição apresentadas e a classificação de rota completa ou potencial.



Adicionalmente, o Quadro 10 não é totalmente consistente com o discutido na seção sobre rotas de exposição do Relatório Final. A rota de exposição relacionada à água para consumo é discutida como uma rota de exposição futura, e no Quadro 10 é apresentada como uma rota de exposição no presente e passado. Estas informações devem ser corrigidas, evitando interpretações errôneas dos resultados apresentados.

Na seção 6.5. - Identificação de Populações Receptoras, as Diretrizes do MS salientam que:

“O último elemento de uma rota de exposição é a população que está potencialmente ou de fato exposta, por meio das vias de exposição, aos contaminantes presentes na área. Cada rota deve ser considerada com relação às populações (trabalhadores, residentes, populações de passagem, pescadores) que devem ser identificadas com a maior precisão possível. Por exemplo, se a única rota de exposição for via solo contaminado em uma área residencial ao longo do limite norte de uma zona de estudo, os residentes de dita área seriam a população de interesse para a rota e não toda comunidade que habitasse em um raio de 1 Km da área de estudo. Entretanto, todos os usuários de um abastecimento de água municipal deveriam ser a população exposta de interesse, caso seja observado a contaminação deste abastecimento. Caso a contaminação tenha sido constatada em um poço privado, a população exposta seria somente a de usuários deste poço.”

O Relatório Final não apresenta uma discussão em relação a identificação das populações receptoras em Mariana e Barra Longa, deixando de fora um elemento fundamental do estabelecimento das rotas de exposição.

7. IMPLICAÇÕES À SAÚDE PÚBLICA

7.1 CÁLCULO DA DOSE DE EXPOSIÇÃO

7.1.1 Vias de Exposição Avaliadas

As Diretrizes do MS para ARSH indicam, em sua seção 7.1.5 (Cálculo da Dose de Exposição), que “Quando calculamos a dose de exposição de cada grupo químico, levamos em conta todas as vias pelas quais o agente químico penetra no organismo humano para cada um dos subgrupos populacionais definidos, crianças, adultos, idosos”.

No entanto, a discussão apresentada na seção “Cálculo da Dose de Exposição aos Contaminantes de Interesse Definidos” do Relatório Final se baseia apenas nos resultados calculados para a ingestão de solo e poeira. Inalação ou contato dérmico com solo e poeira não foram mencionados nessa seção do relatório. De acordo com a seção “Rotas de Exposição em Mariana e Barra Longa” do Relatório Final, inalação foi considerada uma via de exposição na rota de exposição completa para solo e poeira, enquanto contato dérmico foi considerado uma via de exposição na rota de exposição completa para solo.

A Ambios deve discutir em seu documento o motivo pelo qual essas vias de exposição não foram avaliadas - na seção de cálculo da dose de exposição - com adequado embasamento técnico e descrição de quais fatores impossibilitam a avaliação dessas doses.



7.1.2 Taxas de Ingresso de Substâncias Químicas no Organismo Humano

Em sua seção 7.1.5 (Cálculo da Dose de Exposição), as Diretrizes do MS para ARSH indicam que, na determinação das taxas de ingresso a serem utilizadas para o cálculo das doses de exposição:

“Podem ser usadas estimativas pré-definidas como valores básicos de inalação diária de ar ($\text{m}^3.\text{dia}^{-1}$), ingestão de solo ($\text{mg}.\text{dia}^{-1}$) e de água ($\text{L}.\text{dia}^{-1}$) e do consumo de alimentos. No entanto, o ideal é que pelo menos em relação à taxa de ingestão de alimentos, o cálculo seja baseado em informações locais específicas da população exposta.”

O estudo realizado pela Ambios não contemplou o levantamento de informações específicas a respeito das taxas de ingresso no organismo humano. Nesse sentido, a Ambios utilizou valores de taxa de ingresso pré-definidos.

Cabe ressaltar que somente foram calculadas pela Ambios as doses de exposição via ingestão de solo e poeira. Dessa forma, as taxas de ingresso consideradas no cálculo da dose de exposição realizado pela Ambios referem-se a taxas de ingestão pré-definidas.

Para o cálculo da dose de exposição por ingestão de solo, as Diretrizes do MS para ARSH não especificam taxas de ingestão pré-definidas a serem utilizadas. No Anexo II das Diretrizes do MS são citados os resultados de pesquisas que indicam uma taxa de ingestão de solo entre 50 e 200 mg/dia (Calabrese et al, 1989; Davis et al, 1990) para crianças, sem faixa etária especificada, enquanto para adultos é indicada uma taxa de ingestão de 50 mg/dia (Calabrese et al, 1990).

Apesar das taxas citadas pelas Diretrizes do MS para ARSH, as doses de exposição calculadas pela Ambios foram obtidas com o uso de taxas de ingestão recomendados no Apêndice G do documento “*Public Health Assessment Guidance Manual (Update)*” da ATSDR (2005a).

Para o cálculo da dose de exposição, conforme especificado pela ATSDR (2005a), na ausência de fatores de exposição específicos da área de estudo, devem ser utilizados fatores de exposição derivados de estudos populacionais, como os apresentados no documento “*Exposure Factors Handbook*” da USEPA, que está em constante atualização.

Em 2017, a USEPA atualizou o Capítulo 5 do “*Exposure Factors Handbook*”, que está relacionado aos fatores de exposição de ingestão de solo e poeira. A Tabela 7-1 apresenta os valores recomendados para ingestão de solo, poeira e a combinação de ambas as fontes conforme atualização supracitada da USEPA (2017).



Tabela 7-1: Valores recomendados pela USEPA para ingestão de solo, poeira e a combinação de ambas as matrizes

Tabela 5-1. Valores Diários Recomendados para Ingestão de Solo, Poeira e Solo + Poeira (mg/dia) ^a								
Faixa Etária	Solo + Poeira		Solo ^b				Poeira ^c	
	Tendência Central da População Geral ^d	Percentil Superior da População Geral ^e	Tendência Central da População Geral ^f	Percentil Superior da População Geral ^f	Alotriofagia por solo ^g	Geofagia ^h	Tendência Central da População Geral ^f	Percentil Superior da População Geral ^f
< 6 meses	40	100	20	50	-	-	20	60
6 meses a <1 ano	70 (60-80)	200	30	90	-	-	40	100
1 até <2 anos	90	200	40	90	1.000	50.000	50	100
2 até <6 anos	60	200	30	90	1.000	50.000	30	100
1 até <6 anos	80 (60-100)	200	40	90	1.000	50.000	40	100
6 até <12 anos	60 (60-60)	200	30	90	1.000	50.000	30	100
12 anos até idade adulta	30 (4-50)	100	10	50	-	50.000	20	60

Fonte: U.S. Environmental Protection Agency. Update for Chapter 5 of the Exposure Factors Handbook – Soil and Dust Ingestion. Setembro 2017.

A Ambios assume a mesma taxa de ingestão tanto para ingestão de solo quanto para ingestão de poeira, sendo: 200 mg/dia para crianças de todas as idades abaixo de 17 anos; e 100 mg/dia para adultos.

Para ambas as taxas de ingestão, a Ambios não justifica o uso desses valores, os quais não são consistentes com as orientações mais atuais de exposição a solo e poeira publicadas pela USEPA em 2017.

Adicionalmente, por ter aplicado a mesma taxa de ingestão tanto para a ingestão de solo quanto para de ingestão de poeira, o cálculo realizado pela Ambios superestima as taxas totais de ingestão. Conforme apresentado na Tabela 7-1, a USEPA claramente define que a ingestão diária de 200 mg inclui ambas as exposições (solo e poeira). Os cálculos da Ambios resultam em um total de 400 mg de solo e poeira que poderia ser ingerido por crianças menores de 17 anos em um dia, sendo 200 mg/dia relacionados à ingestão de solo e 200 mg/dia à ingestão de poeira.

Ao comparar a suposição da Ambios com o sugerido pela USEPA (2017), o uso incorreto das taxas de ingestão pela Ambios se torna evidente. Para crianças abaixo de 17 anos, a Ambios aplica uma taxa de ingestão de solo que é equivalente à taxa máxima de ingestão de solo e poeira (solo + poeira) sugerida pela USEPA (2017). A taxa de ingestão sugerida pela USEPA para a ingestão de solo + poeira considera (i) o solo, seja de fontes internas ou externas, (ii) a poeira como uma combinação de poeira acumulada ao ar livre, poeira acumulada no interior e material particulado suspenso que é inalado, posteriormente aprisionado em muco e movido do sistema respiratório para o trato gastrointestinal, e (iii) material originário do solo e localizado em superfícies de piso interno que foi levado para dentro pelos ocupantes da edificação. Sendo assim, é evidente que a USEPA não está subestimando as exposições a solo e poeira. A ATSDR não considera a ressuspensão de poeira, e subsequente inalação, como uma rota de exposição.



As Tabela 7-2 e Tabela 7-3 apresentam as doses de exposição calculadas para Mariana, aplicando as taxas de ingestão de solo e poeira sugeridas pela USEPA à equação das Diretrizes do MS para o cálculo da dose de exposição de ingestão de solo. Essas tabelas apresentam também os resultados da dose de exposição considerando como concentração de entrada a média das concentrações detectadas que excedem os valores de referência para cada compartimento ambiental (média das excedências). A médias das excedências é sugerida pelas Diretrizes do MS para uso nos cálculos das doses de exposição.

Tabela 7-2: Doses de exposição ao Cádmio para ingestão de solo, mg/kg PC.dia - Mariana – Comparação entre cálculos da Ambios e do MS, usando taxas de ingestão da USEPA.

Faixa Etária	Ambios		Ministério da Saúde	
	Baseada na concentração máx.	Baseada na média das excedências	Baseada na concentração máx.	Baseada na média das excedências
Criança (< 1 ano)	0,0003174	0,0002036	0,0001428	0,0000916
Criança (1 - 11 anos)	0,0001058	0,0000679	0,0000476	0,0000305
Criança (12 - 17 anos)	0,0000635	0,0000407	0,0000159	0,0000102
Adulto (> 17 anos)	0,0000227	0,0000145	0,0000113	0,0000073

Observação: mg/kg PC.dia: miligramas por kg de peso corporal (PC) por dia. Os resultados em laranja representam doses acima do MRL de cádmio para ingestão, considerando a exposição crônica.

Tabela 7-3: Doses de exposição ao Cádmio para ingestão de poeira, mg/kg PC.dia - Mariana - Comparação entre cálculos da Ambios e do MS, usando taxas de ingestão da USEPA.

Faixa Etária	Ambios		Ministério da Saúde	
	Baseada na concentração máx.	Baseada na média das excedências	Baseada na concentração máx.	Baseada na média das excedências
Criança (< 1 ano)	0,0002864	0,0000986	0,0001432	0,0000493
Criança (1 - 11 anos)	0,0000955	0,0000329	0,0000477	0,0000164
Criança (12 - 17 anos)	0,0000573	0,0000197	0,0000172	0,0000059
Adulto (> 17 anos)	0,0000205	0,0000070	0,0000123	0,0000042

Observação: mg/kg PC.dia: miligramas por kg de peso corporal (PC) por dia. Os resultados em laranja representam doses acima do MRL de cádmio para ingestão, considerando a exposição crônica.

Ao aplicar as taxas de ingestão sugeridas pela USEPA (que são baseadas nos mais recentes estudos científicos relacionados aos fatores de exposição ao solo e à ingestão de poeira) na equação citada pelas Diretrizes do MS, as doses de exposição são reduzidas em cerca de 50% quando comparadas aos resultados da Ambios. Como pode ser visto nas Tabela 7-2 e Tabela 7-3, a taxa de ingestão desempenha um papel significativo no cálculo da dose de exposição. Portanto, a seleção dos fatores de exposição deve ser adequadamente referenciada pela Ambios e com base nos estudos mais recentes disponíveis.

A Tabela 7-4 apresenta os resultados para o cálculo da dose de exposição ao cádmio em Mariana considerando as taxas de ingestão de solo e poeira sugeridas pela USEPA. Esses resultados incluem ingestão de solo e poeira ao mesmo tempo. Ao aplicar essas taxas de ingestão, conforme recomendado pela USEPA, deve-se considerar que 45% das ingestões diárias estão relacionadas ao solo, enquanto 55% da ingestão está relacionada à poeira. Os resultados apresentados na Tabela 7-4 foram calculados aplicando as porcentagens de ingestão sugeridas pela USEPA e duas concentrações: a máxima concentração detectada e a média das excedências observadas para solo e poeira em Mariana.



Tabela 7-4: Dose de exposição calculadas para exposição ao Cádmiio usando taxas de ingestão de solo + poeira da USEPA.

Faixa Etária	Dose de Exposição (mg/kg PC.dia)	
	Baseada na concentração máx.	Baseada na média das excedências
Criança (< 1 ano)	0,0003004	0,0002428
Criança (1 - 11 anos)	0,0001001	0,0000809
Criança (12 - 17 anos)	0,0000300	0,0000242
Adulto (> 17 anos)	0,0000215	0,0000173

Observação: mg/kg PC.dia: miligramas por kg de peso corporal (PC) por dia. Os resultados em laranja representam doses acima do MRL de cádmio para ingestão, considerando a exposição crônica.

É importante destacar que as doses de exposição apresentadas na Tabela 7-4 representam doses de exposição para ingestão tanto de solo quanto de poeira, baseados nos fatores de exposição mais atuais para essa via de exposição. Ao comparar os resultados da Tabela 7-4 com a soma das doses de exposição calculadas pela Ambios para ingestão de solo e poeira, os resultados da Ambios são duas vezes mais altos, corroborando a superestimativa da dose de exposição.

Os resultados na Tabela 7-4 também permitem avaliar como a concentração utilizada para o cálculo impacta o resultado da dose de exposição.

Mesmo simulando o pior cenário, premissa também sugerida pelas Diretrizes do MS para o cálculo da dose de exposição, a Ambios deve discutir em seu relatório a distribuição espacial das concentrações detectadas e o quanto a dose de exposição obtida é representativa da exposição dos receptores considerados pela Ambios.

7.2 COMPARAÇÃO DO NÍVEL DE EXPOSIÇÃO COM “VALORES DE REFERÊNCIA”

As Diretrizes do MS para ARSH definem, em sua seção 7.1.6 (Comparação do Nível de Exposição com “Valores de Referência”):

“Para avaliar se os contaminantes de interesse têm a possibilidade de comprometer a saúde, nas condições específicas de exposição existentes no local, deve-se comparar as estimativas da dose de exposição com os valores de referência de saúde. Para definir o nível do risco à saúde, para ocorrência de efeitos lesivos não-carcinogênicos, podem ser utilizados como indicadores os Níveis de Risco Mínimo (MRL) da ATSDR e a Dose de Referência (RfD) da EPA ou outros valores de referência de outros países.”

É importante destacar que, uma vez tomados como referência valores estabelecidos por órgãos de saúde internacionais, devem ser consideradas todas as premissas e instruções de utilização de valores de referência de saúde definidas por esses órgãos. Todas essas premissas e considerações necessárias para uso desses valores de referência devem ser discutidas pela Ambios em seu relatório final, trazendo adequado embasamento às conclusões apresentadas na seção de implicações à saúde.

O fluxograma de comparação das doses de exposição com valores de referência (ambientais e de saúde) estruturado pela ASTDR (2005) recomenda a avaliação em duas etapas principais, sendo: (1) comparação das concentrações das substâncias químicas de interesse com valores de referência ambientais; e (2) comparação das doses de exposição estimadas com valores de referência de saúde.



Dentre os valores de referência ambientais criados pela ATSDR, encontram-se os parâmetros denominados EMEGs (*Environmental Media Evaluation Guidelines – Guias de Avaliação dos Compartimentos Ambientais*), mencionados na seção 5 (Seleção de Contaminantes de Interesse) das Diretrizes do MS para ARSH, e que são calculados com base nos MRLs desenvolvidos pela ATSDR. Além dos EMEGs, a ATSDR desenvolveu também valores de referência ambientais denominados RMEGs (*Reference Dose Media Evaluation Guides – Guias de Avaliação de Compartimentos Ambientais a partir de Doses de Referência*), que são calculados com base nas doses de referência de exposição oral crônica da USEPA.

O relatório final da Ambios não faz menção a esses valores de referência ambientais, mesmo sendo existentes para exposição crônica aos compostos químicos selecionados como contaminantes de interesse, com exceção de cobre e chumbo.

Com relação à comparação das doses de exposição com valores de referência de saúde, de acordo com a ATSDR:

“os MRLs servem apenas como uma ferramenta de triagem para ajudar o avaliador a decidir se deve ou não proceder a uma análise mais detalhada das substâncias encontradas no local de interesse. O objetivo dos MRLs não é definir níveis de descontaminação ou de ação. As doses de exposição superiores aos MRLs não pressupõem, necessariamente, a ocorrência de efeitos à saúde adversos”.

Além disso, também de acordo com a ATSDR (2005),

“a comparação com valores de referência de saúde permitirá identificar (1) substâncias que se encontram abaixo de valores de referência conservadores e que não possuem potencial de representar perigo à saúde; (2) substâncias que se encontram acima de valores de referência e requerem avaliações mais detalhadas”.

Conforme a ATSDR (2005a), na ausência de MRLs, “RfDs ou RfCs da USEPA devem ser utilizados”. A Ambios não segue essa determinação em seu relatório final, e não discute sobre os valores de dose de referência da USEPA para os compostos selecionados como contaminantes de interesse. Como exemplo, a Ambios afirma que não existem doses de referência estabelecidas para exposição crônica oral ao cobre, mesmo existindo valor de RfD para esse composto, determinado nas tabelas HEAST desenvolvidas pela USEPA (ver Seção 7.3.2 deste Parecer Técnico).

Conforme o exposto acima, conclui-se que a Ambios não utiliza adequadamente os valores de referência ambientais e de saúde citados pelas Diretrizes do MS para ARSH.

7.2.1 Considerações Adicionais

A ATSDR (2005) apresenta em sua seção 7.5 (“*Presenting Screening Analysis Findings in the Public Health Assessment Document*”), considerações importantes quanto a apresentação dos resultados da comparação das doses de exposição com os valores de referência de saúde. Tais considerações, apresentadas a seguir, são importantes para a comunicação acessível e transparente dos resultados obtidos e devem ser adotadas pela Ambios em seu Relatório Final:

- A avaliação de risco à saúde humana deve incluir um resumo do processo de comparação das doses de exposição com os valores de referência de saúde. Esse resumo deve ser escrito em termos não-técnicos e deve incluir uma descrição do uso e das limitações desse tipo de comparação;
- Esse resumo deve salientar que o processo de estimativa das doses de exposição e comparação com os valores de referência é uma etapa de triagem das substâncias



químicas a serem avaliadas detalhadamente, enfatizando que esse processo de triagem não identifica efeitos adversos à saúde;

- O documento de avaliação de risco à saúde humana deve indicar claramente todas as considerações utilizadas para a seleção das concentrações das substâncias químicas de interesse, valores de referência ambientais, variáveis para a estimativa da dose de exposição e valores de referência de saúde;
- Deve também ser indicado claramente quais substâncias foram selecionadas para uma avaliação mais detalhada da exposição e o porquê dessa seleção; assim como quais substâncias foram determinadas como não tendo potencial de representar perigo à saúde e o porquê.

7.3 ESTABELECIMENTO DAS IMPLICAÇÕES SOBRE A SAÚDE DAS POPULAÇÕES EXPOSTAS DAS LOCALIDADES DE MARIANA E BARRA LONGA

A principal conclusão da seção de implicações à saúde humana do relatório final da Ambios é que há perigo para as populações expostas em Mariana e Barra Longa por meio de ingestão, inalação e absorção dérmica de partículas de solo superficial e/ou poeira domiciliar contaminadas.

Absorção dérmica não é considerada uma via de exposição para a rota de exposição de poeira domiciliar apresentada pela Ambios no Capítulo V do relatório final. A seção de implicações à saúde apresentada no relatório final da Ambios deve ser consistente com as rotas de exposição apresentadas no Capítulo V, e o texto deve ser reescrito de forma a deixar claro quais vias de exposição são consideradas para cada compartimento ambiental. Caso a Ambios considere que absorção dérmica é uma via de exposição da rota de exposição de poeira domiciliar, devem ser apresentados argumentos devidamente embasados em estudos científicos disponíveis, que indiquem que esta é uma rota relevante para indivíduos expostos à poeira domiciliar.

Para embasar sua principal conclusão, a Ambios afirma que seus estudos ambientais observaram concentração de cádmio no solo superficial acima dos limites de segurança, estando a população exposta à estas concentrações desde o rompimento da barragem de Fundão. Considerando que esta consideração é baseada no resultado de um único evento de amostragem, a Ambios deve esclarecer qual o seu critério para considerar tal ocorrência temporal (3 anos) da concentração detectada. Além disso, salienta-se novamente que, como a Ambios não considerou localidades de referência e o Relatório Final não apresenta uma discussão sobre as concentrações basais da região estudada, esta ARSH não permite conclusões sobre a correlação entre as detecções encontradas pela Ambios e o rompimento da barragem. Dessa forma, todas as conclusões relacionadas a esta correlação não possuem embasamento técnico.

A Ambios também afirma que não é possível calcular as doses de exposição por inalação de partículas de poeira. Essa afirmação é correta para as áreas avaliadas no município de Mariana. Entretanto, existem estações de monitoramento da qualidade do ar em Barra Longa que fornecem informações relevantes para avaliação da exposição a partículas de poeira relacionadas às atividades de recuperação da área urbana de Barra Longa, incluindo a caracterização química do material particulado em suspensão na atmosfera de Barra Longa, feita pela empresa Ecosoft em 2016 (Ecosoft, 2017). A Ambios teve acesso a essas informações, porém, não discute ou avalia os resultados de monitoramento da qualidade do ar em Barra Longa em nenhum momento em seu relatório final.

A seguir são discutidas as conclusões da Ambios das implicações à saúde relacionadas aos contaminantes de interesse.



7.3.1 Cádmi

A Ambios afirma que as doses de exposição por ingestão de solo e poeira domiciliar estimadas estão acima do MRL para exposição crônica ao cádmio para todas as faixas etárias em Barra Longa e para crianças menores de 11 anos em Mariana. Além disso, afirma que a exposição ao cádmio está subestimada e, pelo uso do princípio da precaução, a população acima de 11 anos em Mariana também deve ser objeto de ações de saúde específicas.

Cabe ressaltar que as doses de exposição da Ambios são superestimadas, conforme discutido na seção 7.1.2 deste documento. Apesar disso, utilizando as taxas de ingestão de solo e poeira atualizadas da USEPA (2017), o MRL de exposição crônica oral ao cádmio também é excedido para crianças com menos de 1 ano para Mariana e para todas as faixas etárias de Barra Longa – considerando as concentrações máximas detectadas nessas localidades.

Dessa forma, conforme recomendação da ATSDR (2005), e conforme o discutido no item 7.2 desse documento, a exposição ao cádmio deve ser avaliada mais detalhadamente. Dentre os fatores a serem avaliados estão, por exemplo: avaliação crítica dos estudos que foram utilizados para o desenvolvimento do valor de referência de saúde utilizado; comparação das doses de exposição estimadas com dados de dose-resposta relevantes para o contaminante estudado para a via de exposição avaliada; avaliação de características específicas do contaminante que possam influenciar a exposição na área de estudo; e, avaliação de dados disponíveis sobre agravos à saúde das áreas estudadas.

Um ponto a ser também levado em consideração na avaliação da exposição ao cádmio diz respeito a comparação com concentrações basais e avaliação de todas as fontes de contaminação existentes nas áreas de estudo. A avaliação de concentrações basais é um requisito das Diretrizes do MS para ARSH que não é apresentado pela Ambios, assim como a discussão da distribuição espacial e temporal dos contaminantes.

A maior concentração de cádmio detectada no solo em Mariana é de 15,87 mg/kg e em Barra Longa é de 22,47 mg/kg. As concentrações basais de cádmio no solo são inferiores a 2 mg/kg, de acordo com a Golder (2017a). Cádmio é um metal associado a atividades antropogênicas como aplicação de fertilizantes e combustão veicular. Sendo assim, as concentrações de cádmio no solo são tipicamente mais altas próximo a rodovias ou onde há atividades agrícolas. Adicionalmente, o rejeito não está associado ao cádmio, de acordo com a Golder (2017a).

7.3.2 Cobre

A Ambios afirma que as doses de exposição por ingestão estão acima do MRL para exposição oral intermediária ao cobre para crianças de até 1 ano de idade em Mariana. Além disso, afirma que o período de exposição de interesse é relativo à exposição crônica, para o qual não existe MRL ou RfD. Dessa forma, de acordo com a Ambios, na ausência de valores de referência de saúde disponíveis, utilizando o princípio da precaução, todas as faixas etárias da população de Mariana devem ser objeto de ações de saúde relacionadas à exposição ao cobre.

Em sua seção sobre cálculo das doses de exposição aos contaminantes de interesse a Ambios afirma que a utilização do MRL definido para exposição intermediária “falha ao dimensionar adequadamente o risco da ocorrência de efeitos à saúde em situações de exposição crônica” e que, em geral, observa-se uma associação positiva entre maior duração de exposição e ocorrência de efeitos adversos à saúde. Essa afirmação não está correta, considerando o processo de desenvolvimento dos MRLs feito pela ATSDR.



Conforme o Apêndice G da ATSDR (2005a), os MRLs são desenvolvidos quando existem dados suficientes e confiáveis para identificar órgãos alvo dos contaminantes e/ou os efeitos a saúde mais sensíveis relacionados à uma determinada duração de exposição para uma via de exposição específica. Dessa forma, a ausência de um MRL definido para exposição crônica não necessariamente implica no fato de que a essa exposição estaria relacionada à maior ocorrência de efeitos adversos à saúde (como exposto pela Ambios), mas sim que não existem estudos conclusivos e confiáveis para permitir a elaboração de MRL para exposição crônica.

Cabe ressaltar que existem casos para metais, tais como alumínio, nos quais o MRL oral para exposição intermediária e crônica são iguais. Tal observação não permite conclusões a respeito da magnitude de ocorrência de efeitos adversos à saúde advindos da exposição intermediária e crônica ao alumínio, uma vez que devem ser avaliados os estudos utilizados para a derivação do MRL selecionado, assim como as premissas utilizadas pela ATSDR para sua elaboração – tais como a aplicação de fatores de segurança.

Adicionalmente, não é correto afirmar que não existe dose de referência oral para cobre. A USEPA desenvolveu as tabelas HEAST (*Health Effects Assessment Summary Tables*), que apresentam dose de referência (RfD) oral para cobre, que inclusive é utilizada para a determinação dos valores de referência da USEPA denominados *Regional Screening Level's*. Conforme exposto anteriormente, o uso dos valores de RfD é recomendado pelas Diretrizes do MS.

Tendo como base o exposto acima, as doses de exposição ao cobre por ingestão de poeira são inferiores ao RfD da USEPA e, portanto, cobre não excede o valor de referência de saúde disponível.

7.3.3 Chumbo

A Ambios conclui que, por terem sido detectadas concentrações de chumbo nas amostras de poeira domiciliar coletadas em Mariana e não existindo parâmetros de segurança estabelecidos para exposição humana ao chumbo, aplicando-se o princípio da precaução, todas as faixas etárias da população exposta em Mariana devem ser objeto de ações específicas de saúde.

É correto afirmar que não existem valores de referência de saúde (MRL e RfD) para exposição crônica ao chumbo. Entretanto, existem metodologias consolidadas e validadas, desenvolvidas pela USEPA, para avaliar a exposição ao chumbo em crianças (de 0 a 7 anos) e/ou adultos através dos compartimentos ambientais solo e poeira: o modelo *Integrated Exposure Uptake BioKinetic* (IEUBK) para avaliação de exposição de crianças ao chumbo; e o *Adult Lead Model* (ALM) para avaliação de exposição de adultos ao chumbo. As crianças são tipicamente consideradas o receptor mais sensível; portanto, se a exposição estimada para crianças não for significativa, é improvável que as exposições de adultos sejam relevantes.

Em particular, o IEUBK é um modelo desenvolvido com base em modelos biocinéticos (PBPK – *Physiologically Based Pharmacokinetic*). Esse modelo é citado pela ATSDR no Perfil Toxicológico de Chumbo (ATSDR, 2007) como sendo uma das formas de avaliar a probabilidade de crianças abaixo de 7 anos expostas ao chumbo apresentarem concentrações desse metal no sangue que excedem um valor de referência.

O IEUBK considera a exposição através de ar, água, solo, poeira e alimentos. A exposição por contato dérmico ao chumbo é considerada de pequena relevância toxicológica. Utilizando dados de entrada específicos de cada local estudado, o IEUBK calcula uma distribuição do nível de chumbo no sangue em uma população de crianças de 0 a 7 anos. A distribuição calculada utiliza uma média



geométrica padrão altamente conservadora, um valor alvo de chumbo no sangue e uma porcentagem de excedência desse valor alvo de 2,5% ou 5%.

O IEUBK é utilizado internacionalmente há décadas, sendo o valor alvo de chumbo no sangue definido por órgãos de saúde. Nos EUA, o valor alvo atual do nível de chumbo no sangue é 5 µg/dL, valor recentemente atualizado. Em 2012, os EUA utilizavam um valor alvo de chumbo no sangue igual a 10 µg/dL. Esse mesmo valor (10 µg/dL) foi selecionado pela OMS em 2010 e não foi revisado posteriormente pela organização.

No Brasil, não existe um valor alvo do nível de chumbo no sangue de crianças. Um estudo de 2018 publicado por da Rocha Silva et al (2018), com dados de mais de 2.000 crianças em São Paulo, obteve um percentil de 97,5% para chumbo no sangue de crianças abaixo de 7 anos de 13,9 µg/dL, um valor significativamente acima do valor alvo de 5 µg/dL da CDC (*Centers of Disease Control and Prevention*) dos EUA e da USEPA.

Os cálculos do IEUBK podem ser facilmente executados para os dados de Mariana e Barra Longa; no entanto, um nível alvo de chumbo no sangue deve ser definido. Cálculos iniciais no modelo IEUBK foram realizados pela NewFields e indicam que, se um nível alvo de chumbo no sangue de 10 µg/dL – valor abaixo dos resultados encontrados na população de estudo de da Rocha Silva et al (2018) – fosse utilizado, uma exposição significativa ao chumbo não ocorreria. Um nível alvo de chumbo no sangue de 10 µg/dL (comparado ao valor de 5 µg/dL utilizado nos EUA) seria um valor apropriado para a realidade brasileira, dado o valor do percentil 97,5% de 13,9 µg/dL observado no estudo de da Rocha Silva et al (2018).

7.3.4 Níquel

A Ambios afirma que não existem parâmetros científicos de segurança conhecidos para exposição ao níquel e que, considerando o princípio da precaução, todas as faixas etárias da população expostas em Barra Longa devem ser objeto de recomendações de saúde específicas.

É incorreto afirmar que não existem parâmetros científicos para avaliar exposição crônica ao níquel. A ATSDR possui RMEGs que devem ser utilizados para avaliação das concentrações de níquel observadas nos compartimentos ambientais amostrados.

O RMEG de níquel no solo para crianças é de 1.000 mg/kg. A maior concentração de níquel no solo em Mariana é de 5,23 mg/kg e em Barra Longa é de 13,49 mg/kg; e a maior concentração de níquel na poeira em Mariana é de 19,65 mg/kg e em Barra Longa é de 142,6 mg/kg. Portanto, níquel não é um composto que representa perigo potencial à saúde da população.

A alergia ao níquel é um problema toxicológico complexo. Nos EUA, o níquel é o alérgeno cutâneo mais comumente detectado em crianças submetidas a testes clínicos (Jacob, 2015). O fator chave nesta sensibilização é a exposição a objetos de metal que liberam quantidades significativas de níquel “livre”, por exemplo, bijuterias/joias – particularmente usadas através de pele perfurada (brincos), moedas e brinquedos. A taxa de sensibilização ao níquel normalmente encontrada em crianças dos EUA é de aproximadamente 7,6% e taxas semelhantes foram encontradas em todo o mundo.

Uma questão fundamental é a exposição ao níquel através da via de exposição oral em crianças já sensibilizadas (alérgicas ao níquel). De acordo com o Perfil Toxicológico para Níquel da ATSDR (2005c),

“embora alguns indivíduos sensíveis possam reagir a doses orais muito baixas de níquel, o limiar para dermatite em indivíduos sensibilizados ao níquel aparenta ser em torno de 0,01 mg Ni/kg de peso corporal; uma dose de aproximadamente 0,06



mg Ni/kg de peso corporal resultará em uma resposta nos indivíduos mais sensibilizados.”

Este limiar é significativamente maior que a maior dose de exposição (0,0017 mg/kgPC, considerando o exposto na seção 7.1.2) associada ao níquel em Barra Longa considerando a ingestão de solo e poeira. Assim, para aquelas crianças que apresentam sensibilização pré-existente ao níquel, a dose potencial de exposição estimada em Barra longa não apresenta risco toxicológico significativo.

Estudos científicos indicam que “a exposição oral antes da exposição sensibilizadora, também pode ajudar a prevenir a sensibilização ao níquel em alguns indivíduos” (ATSDR, 2005c, página 114). Assim, esses estudos indicam que a indução de tolerância oral (exposição ao níquel por indivíduos não sensibilizados) reduz o risco de sensibilização futura ao níquel.

Desta maneira, utilizar o princípio da precaução como justificativa para considerar todas as faixa etárias com exposição significativa ao níquel é incorreto e não justificado por (i) cálculos reais da dose de exposição que compreendam crianças alérgicas ou previamente sensibilizadas ao níquel e limites de novas exposições que possam desencadear um efeito adverso, e (ii) uma consideração do fenômeno de indução de tolerância oral.

7.3.5 Zinco

Embora a Ambios tenha selecionado zinco como um contaminante de interesse para as vias de exposição de ingestão e inalação de poeira no passado, presente e futuro, e terem sido calculadas doses de exposição ao zinco pela ingestão de poeira, a exposição ao zinco não é discutida na seção relacionada às implicações para a saúde humana do Relatório Final.

A ATSDR possui MRL para exposição oral crônica ao zinco (0,3 mg/kgPC.dia). Ao comparar o valor da dose máxima de exposição ao zinco para crianças com menos de 1 ano de idade (levando em consideração o discutido na Seção 7.1.2) ao MRL da ATSDR, não se verifica excedência ao valor de referência de saúde. Portanto, a exposição ao zinco na poeira não representa um perigo potencial à saúde da população.

Apesar disso, a Ambios cita novamente o zinco como um contaminante de interesse na poeira domiciliar em Barra Longa e Mariana no Capítulo VII de seu Relatório Final, que diz respeito às conclusões e recomendações de saúde.

Tendo em vista o exposto acima, zinco não deve ser incluído como um composto de interesse na seção de recomendações de saúde apresentadas pela Ambios.

7.3.6 Considerações Adicionais

O princípio da precaução é usado como mecanismo para gestão de riscos ambientais, objetivando evitar riscos futuros em situações onde não há evidência científica sobre prejuízo potencial para o meio ambiente e/ou a saúde humana. Em casos onde há risco potencial à saúde humana, as cortes Brasileiras têm apoiado a aplicação do princípio da precaução, o usando para fortalecer a necessidade de mais avaliações e estudos técnicos.

O Relatório Final utiliza este princípio para concluir sobre as implicações na saúde, citando a falta de parâmetros conhecidos para a exposição humana e uma subestimativa de exposição para os municípios estudados. A Ambios está utilizando o princípio da precaução até mesmo em situações onde existem dados científicos para estimar a exposição, por exemplo: os cálculos para exposição da Ambios (dados científicos) determinam que concentrações de cobre em Mariana



excedem o limite de risco mínimo a saúde para crianças de até 1 ano em casos de ingestão de poeira; a partir disto, eles consideram que existe exposição crônica (que não pode ser concluída sem a avaliação de dados históricos) e usa o princípio da precaução para extrapolar o risco para todas as faixas etárias, e não apenas para ingestão mas para inalação e absorção dérmica.

A NewFields entende que o princípio da precaução só deve ser invocado quando houver uma significativa ausência de informações toxicológicas. Esta situação não existe para os COCs selecionados pela Ambios.

7.4 RESPOSTAS ÀS PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE

As Diretrizes do MS para ARSH em sua Seção 7.3, afirmam que “deve haver o cuidado de nortear as pesquisas e estudos no sentido de não só estabelecer o risco existente para a população exposta, mas também procurar as respostas às questões apresentadas pela mesma.” As Diretrizes também concluem que:

“Ao término de todo o estudo de avaliação de risco, a equipe de investigadores deve fazer uma reunião com a população, com o objetivo de transmitir todo o conteúdo dos estudos. Dados de análises ambientais e de saúde devem ser transmitidos de modo consolidado, para que não se crie um clima de conflito dentro da comunidade.” (seção 4)

Diferente da abordagem realizada no levantamento das preocupações da comunidade, na qual a Ambios trata as preocupações de Mariana e Barra Longa separadamente, a Ambios responde às preocupações de maneira agrupada. Conforme descrito anteriormente, o agrupamento de áreas distintas não é recomendado pelo MS, tanto pelo fato de as preocupações das comunidades serem distintas, quanto pelo fato de as áreas serem fisicamente diferentes (contaminantes de interesse diferentes). Sendo assim, as preocupações devem ser respondidas em separado para cada área de estudo.

As preocupações da comunidade relacionadas a câncer, labirintite, Alzheimer, problemas oftalmológicos e o consumo de carne não foram respondidas no estudo da Ambios.

Os itens a seguir avaliam as respostas às preocupações das comunidades fornecidas pela Ambios.

7.4.1 Poeira

Quanto às preocupações da comunidade relacionadas à poeira, a Ambios afirma:

“O presente Estudo de avaliação de risco indica que os problemas respiratórios e dermatológicos referidos pela população podem estar associados com a exposição à poeira oriunda da lama da barragem, e seus contaminantes específicos.”

Conforme discutido na Seção 6.4, como a Ambios não considerou localidades de referência e o Relatório Final não apresenta uma discussão sobre as concentrações basais da região estudada, essa ARSH não permite conclusões sobre a correlação entre as detecções encontradas pela Ambios e o rompimento da barragem. Dessa forma, todas as conclusões relacionadas a esta correlação não possuem embasamento técnico.

Em seguida a Ambios afirma que “a poeira domiciliar analisada a partir dos estudos ambientais está contaminada por cádmio, chumbo, níquel, cobre e zinco.” Entretanto, a Ambios não indica para qual município esta afirmação é aplicável. É importante destacar que os dados de poeira de Mariana não apresentam resultados acima do valor de referência para níquel. Da mesma forma,



os dados de poeira para Barra Longa não apresentam resultados acima dos valores de referência para chumbo. Generalizar os resultados detectados para ambos os municípios não é apoiado pelas Diretrizes do MS.

7.4.2 Dengue, Febre Amarela e Saúde Mental

As Diretrizes afirmam, em sua Seção 7.3 - Resposta às Preocupações da Comunidade, que o objetivo desta seção é “tentar esclarecer algumas dúvidas da população, dentro do escopo de ação deste relatório e do que é possível para a equipe.” Como o estudo de ARSH conclui sobre implicações à saúde baseados na definição dos contaminantes de interesse, rotas de exposição e populações expostas e potencialmente expostas aos compostos químicos, ele não pode concluir sobre doenças vetoriais e implicações à saúde mental, já que os contaminantes de interesse não estão relacionados diretamente à ocorrência destes agravos.

É importante salientar que ambos os temas serão estudados nos “Estudos Epidemiológicos” a serem contratados pela Fundação Renova através do acordo Fapes e Fapemig, seguindo o estabelecido nas Deliberações 106 e 197 do Comitê Interfederativo.

Além disso, as conclusões apresentadas no Relatório Final para dengue e febre amarela não são corroboradas pelos dados apresentados pela própria Ambios:

a) Dengue:

Utilizando dados do SINAN, a Ambios realiza uma comparação dos dados de casos dengue em 2015 e 2016 para Mariana e Barra Longa e, também, compara estes dados com dados de municípios de aporte populacional semelhante a estes. A conclusão apresentada pela Ambios para ambos os municípios é que houve aumento nos casos de dengue quando se compara 2015 e 2016, mas que este aumento também é evidenciado nos municípios de referência, o que indica um aumento generalizado de casos no Brasil entre 2015 e 2016.

Entretanto, para ambos os municípios, a Ambios conclui que estudos detalhados deveriam ser conduzidos para realização de uma avaliação adequada. O texto não apresenta argumentos para requerer informações adicionais para avaliação da ocorrência de casos de Dengue nos dois municípios.

b) Febre Amarela:

A Ambios menciona um boletim epidemiológico publicado pelo Ministério da Saúde em 2017, que afirma que em 2017 o Brasil passaria por um dos maiores surtos de febre amarela da história recente. O texto também salienta que houveram casos de febre amarela em municípios vizinhos não atingidos e que muitos casos de Mariana ocorreram em localidades não atingidas.

Para Mariana é concluído que mais estudos são necessários para avaliar a situação e para Barra Longa não é apresentada uma conclusão. O texto não apresenta argumentos para requerer informações adicionais para avaliação da ocorrência de casos de febre amarela nos dois municípios.



8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As Diretrizes do MS para ARSH reportam que o último capítulo da avaliação deve elaborar “conclusões e recomendações para atender aos propósitos da avaliação de risco e discutir as preocupações da comunidade”. Para tanto devem ser levados em consideração “as definições de saúde da Constituição, os princípios e diretrizes do SUS, as limitações do modelo de avaliação de risco e especificidades do processo de adoecimento da população”. A partir dessas premissas e dos resultados dos passos anteriores da ARSH, se categoriza o risco do local, e se elaboram recomendações para a situação atual.

O estudo da Ambios discorre sobre as premissas estabelecidas pelo MS. Como exposto no presente documento, algumas informações e dados coletados foram mal interpretados, e as conclusões do estudo refletem isso.

A NewFields concorda com a categorização dos locais como Categoria A, porém as ações em saúde precisam ser modificadas para englobar as correções necessárias ao estudo da Ambios, considerando que, em análise dos dados ambientais apresentados pela Ambios, o único contaminante que requer estudos complementares para avaliação da exposição é o cádmio, considerando as rotas de exposição ao solo superficial e à poeira domiciliar.

9. CONCLUSÃO DO PARECER TÉCNICO

A avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG” (Relatório Final), elaborado pela empresa Ambios Engenharia e Processos (Ambios), permite concluir que o estudo foi executado seguindo os passos principais recomendados pelas Diretrizes do Ministério da Saúde para avaliação de risco à saúde humana (ARSH).

Entretanto, a avaliação crítica desse estudo observou pontos importantes das Diretrizes do Ministério da Saúde para ARSH que não foram abordados ou não foram abordados adequadamente pela Ambios. Adicionalmente, foram observadas inconsistências técnicas que requerem revisão por parte da equipe técnica da Ambios, antes que o estudo possa ser considerado uma ferramenta adequada para tomada de decisão de ações de saúde nos municípios estudados.

Gary Krieger, Vice-Presidente, MD, MPH, DABT, DTM&H



Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.004:2004 “Resíduos Sólidos - Classificação”. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.005:2004. “Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos”. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.006:2004 “Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos”. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.005:2004 “Amostragem de resíduos sólidos”. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO/IEC 17025:2017 “Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração”. Rio de Janeiro, 2017
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). “Public Health Assessment Guidance Manual (Update)”. Atlanta, USA, 2005a.
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). “Toxicological Profile for Lead”. Atlanta, USA, 2007.
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). “Toxicological Profile for Nickel”. Atlanta, USA, 2005c.
- CALABRESE EJ, et al. “How much soil do young children ingest: an epidemiologic study”. Regulatory Toxicology and Pharmacology 1989; 10: 123-37.
- CALABRESE EJ, et al. “Preliminary adult soil ingestión estimates: results of a pilot study”. Regulatory Toxicology and Pharmacology 1990; 12:88-95.
- DAVIS S et. Al. “Quantitative estimative of soil ingestion in normal children between the ages of 2 and 7 years”. Archives of Environmental Health 1990; 45: 112-22.
- DA ROCHA SILVA, J. P. da; SALLES, F. J.; LEROUX, I. N.; FERREIRA, A. P. S. S.; DA SILVA, A. S.; ASSUNÇÃO, N. A.; CARDOSO, M. R. A.; OLYMPIO, K. P. K. "High blood lead levels are associated with lead concentrations in households and day care centers attended by Brazilian preschool children". Environmental Pollution 239 (2018), 681- 688.
- EPISUS. Dois anos pós-desastre da barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG, 2018. Relatório Final. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. Documento restrito. 2018.
- EPISUS. Estudo sobre o Perfil Epidemiológico da População de Barra Longa – MG, Pós-Desastre, 2016. Relatório Final. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. Documento restrito. 2016.
- GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA. “Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos – Relatório RT-015_159-515-2282_03-J”. 2017a.
- GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA. “Avaliação dos resultados de qualidade de água e sedimento do Rio Doce – Relatório RT-046_159-515-2282_00-B”. 2017b.
- GOLÇAVES A. C; NACKE, H.; SCHWANTES, D.; COELHO, G. F. “Heavy Metal Contamination in Brazilian Agricultural Soils due to Application of Fertilizers”. Outubro de 2016. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/environmental-risk-assessment-of-soil-contamination/heavy-metal-contamination-in-brazilian-agricultural-soils-due-to-application-of-fertilizers>>, acessado em Outubro de 2018.



FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATION (FAO). “Joint FAO/WHO Food Standards Programme - CODEX Committee on Contaminants in Foods - Fifth Session. The Hague, The Netherlands, Março de 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. Comitê Interfederativo – CIF. Deliberação nº 106, 2017. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/deliberacoes/2017/cif-2017-09-14-deliberacao-106.pdf>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. Comitê Interfederativo – CIF. Deliberação nº 197, 2018. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/deliberacoes/2018/Deliberacao%20197.PDF>>.

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE. “Avaliação dos riscos em saúde da população de Barra longa / MG afetada pelo desastre”. Pesquisa Avaliação de Saúde da População de Barra Longa afetada pelo Desastre de Mariana, Brasil. São Paulo, 2017.

INSTITUTO SAUDE E SUSTENTABILIDADE. “Estudo bibliográfico e dos dados do DATASUS sobre a saúde mental nos municípios afetados pelo rompimento da barragem de fundão em Mariana”, Minas Gerais, p 445, Abril de 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2010 “Diretrizes Para Elaboração De Estudo De Avaliação De Risco À Saúde Humana Por Exposição A Contaminantes Químicos”.

SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE DE MINAS GERAIS – SUBSECRETARIA DE VIGILÂNCIA DE PROTEÇÃO À SAUDE. Nota Técnica SUBVPS/SES-MG nº 11/2017, 2017. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/notas-tecnicas/CT-SAUDE/2017/CIF-NT-11-2017-CT-SAUDE.pdf>>.

MEMORANDO

De: NewFields
Para: Kelly Cardoso e Wagner Tonon, Equipe de Saúde da Fundação Renova
Assunto: Resumo da avaliação do Relatório EPISUS 2016
Data: 20 de março, 2019

INTRODUÇÃO

Esse memorando técnico apresenta a avaliação da NewFields do relatório da EPISUS de 2016, intitulado “*Estudo sobre o Perfil Epidemiológico da População de Barra Longa – MG, Pós-Desastre, 2016*”, elaborado pela Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde (MS).

O Perfil Epidemiológico de Barra Longa de 2016 foi baseado em dois estudos diferentes:

- Visitas ambulatoriais de janeiro de 2014 a junho de 2016;
- Estudo transversal da população com 360 pessoas residentes de Barra Longa há pelo menos um ano antes do evento; com os seguintes objetivos:
 - Características demográficas da população;
 - Prevalência das principais doenças e agravos;
 - Divisão da população total em “afetados” e “não-afetados” com base em critérios de exposição auto reportada aos rejeitos;
 - Características e comparação entre grupos de afetados e não-afetados.

1 ESTUDOS DE 2016 – REVISÃO DE VISITAS AMBULATORIAIS

A revisão de registros ambulatoriais abrangeu o período de janeiro de 2014 a junho de 2016. A população do estudo foi a população residente de Barra Longa. Este é um estudo descritivo delineado sem dados individuais. Os registros das consultas de saúde das unidades de saúde da cidade de Barra Longa foram a fonte de dados. Os resumos de dados são “ecológicos” por serem medidas agregadas (resumos) de observações derivadas de indivíduos em um grupo (população de Barra Longa). Este tipo de delimitação de estudo é limitado e não pode gerar riscos relativos ou *odds ratios* de um resultado relativo à exposição. De maneira crítica, a análise dos dados foi baseada em (i) “diagnóstico médico” conforme descrito no registro de consulta e/ou (ii) categorização de “manifestações clínicas”. Não há mais nenhuma descrição fornecida, o que se caracteriza como um problema metodológico, pois:

- Não se sabe qual tipo de profissional fez o “diagnóstico” – por exemplo, enfermeira, médico, assistente de saúde, etc.;
- Pode haver inconsistências/variabilidades importantes em como um “diagnóstico” foi feito e registrado;
- A classificação de “manifestações clínicas” não é descrita; então provavelmente há variação extrema em como esta foi determinada e codificada.

A revisão da frequência longitudinal de cuidados médicos (Figura 1 do relatório) demonstra a questão:

- As frequências pré-evento de 2015 foram pelo menos 20% superiores a 2014. Não há dados de 2015 para novembro (pós-evento, como era esperado). Da mesma forma, os dados de dezembro de 2015 são altamente impactados pelo evento; portanto, é



lógico supor que houve um aumento significativo na frequência de visitas de cuidados em 2015 antes do evento - causa desconhecida;

- Os dados de 2016 são dados parciais (6 meses) com concomitância de pós-evento e estação chuvosa;
- Existe uma questão relacionada à completude dos dados: (i) para dados de 2014, 74% dos registros estão incompletos, (ii) 2015 - 20% e (iii) 2016 - 22%;
 - De fato, os dados de 2014 não são úteis e comparáveis aos dados de 2015 e/ou 2016;
 - Portanto, a “linha de base” pré-evento deve ser de janeiro a outubro de 2015;
- Os dados de 2016 são afetados pelo evento, pois (i) recursos médicos adicionais importantes foram adicionados em Barra Longa e (ii) a presença de recursos médicos tende a criar “demanda de serviço”;
- A revisão dos dados de “prevalência de diagnóstico” confirma a precaução que deve ser exercida:
 - O conjunto de dados de 2014 é quatro vezes menor que os dados de 2015;
 - Os dados de “diabetes” – um “aumento” de 10 vezes de 2014 para 2015 ilustra os problemas de comparabilidade;
- Assumindo que 2015 (janeiro a outubro) é de fato a “linha de base” pré-evento, temos indicações que uma carga significativa de doenças estava presente em Barra Longa relacionada a problemas respiratórios e cardiovasculares;
- Comparação entre 2015 e 2016 é difícil pois os períodos de tempo são diferentes;
- As diferenças extremas entre maio de 2015 e maio de 2016 são concomitantes com a mudança na prestação do serviço.

Concomitâncias ocorrem quando uma variável é associada com a exposição e também influencia o resultado da doença.

A comparação entre Dengue de fevereiro de 2016 e fevereiro de 2015 mostrada no relatório da EPISUS é enganosa e carece de contexto. Dados de casos de Dengue de Minas Gerais (MG) vindos da Secretaria de Saúde (2012-2016) são mostrados na Figura 1.

Figura 1: Dados de casos de dengue em Minas Gerais.

Tabela 01: Casos prováveis de dengue – 2012 a 2016, MG.

Mês	Casos prováveis				
	Ano de início dos sintomas				
	2012	2013	2014	2015	2016
Janeiro	2.342	35.551	4.746	5.055	64.029
Fevereiro	2.597	62.622	8.569	9.549	143.753
Março	3.888	147.131	11.280	28.355	152.738
Abril	4.760	124.201	15.330	60.621	93.485
Maió	3.867	31.372	9.821	51.052	10.259

Fonte: Boletim epidemiológico de monitoramento dos casos de Dengue, Febre Chikungunya e Febre; Zika. Nº 20, Semana Epidemiológica 21, 23/05/2016.

Esses dados ilustram inequivocamente que houve um **aumento de 15 vezes** nos casos de Dengue relatados entre fevereiro de 2015 e fevereiro de 2016 em todo MG. Portanto, é óbvio que



(i) houve um aumento geral significativo de Dengue, ou seja, uma “epidemia” em todo MG e (ii) Barra Longa tinha recursos médicos significativamente mais disponíveis para a busca e notificação de casos.

Os dados reais do SINAN para Barra Longa para o mês de fevereiro de 2016 relatam apenas **77 casos** de dengue, e não “123”, conforme o relatório EPISUS. A provável diferença é que EPISUS combinou dados de casos registrados com dados de casos suspeitos, o que inflou os números globais.

Os dados de dengue de Barra Longa não indicam necessariamente um surto de Dengue relacionado ao evento:

- Houve um grande aumento geral nos casos em MG entre 2016 e 2015 - aproximadamente 15 vezes;
- O relatório EPISUS mistura casos suspeitos com registrados, que inflacionam artificialmente a carga do caso.

No geral, os dados da revisão de pacientes ambulatoriais do EPISUS de 2016 devem ser usados de forma cética e cautelosa, se forem usados. Como um estudo descritivo básico para a população de Barra Longa, essa delimitação não pode gerar riscos numéricos individuais relacionados a uma métrica de exposição.

2 ESTUDOS DE 2016 – ESTUDO TRANSVERSAL

Um estudo transversal geral (isto é, um “registro fotográfico”) foi realizado para:

- Descrever características demográficas gerais de Barra Longa;
- Estimar prevalência de doenças;
- Fornecer uma triagem para depressão e dependência ao álcool;
- Identificar características de indivíduos vivendo na “área afetada”;
- Fazer recomendações.

O período do estudo foi pré-evento, adicionado de novembro 2015 a julho de 2016. Utilizou-se uma amostra populacional de 360 indivíduos. Várias exposições críticas e “definições” geográficas foram utilizadas neste estudo para definir e categorizar os indivíduos por “exposição”:

- **Afetados** – residência impactada diretamente pelos rejeitos/lama e/ou localizada nos arredores de áreas diretamente impactadas;
- **Não-afetados** – não impactado diretamente pelos rejeitos/lama e/ou não localizado nos arredores de áreas diretamente impactadas.

Os dados demográficos indicaram que a população total do estudo era uma população mais velha (idade mediana de 49 anos) com baixos níveis de escolaridade (72% com ensino fundamental ou menos). A maioria dos entrevistados era rural (59%) versus urbana (40%). Os moradores urbanos viviam todos na “cidade central”.

75 dos entrevistados da pesquisa foram identificados como afetados, contra 285 não afetados. Esses resultados indicam que a maioria dos moradores do Barra Longa em geral não foi diretamente afetada. Este número é consistente com o cadastro da Renova (porcentagem de pessoas cadastradas em Barra Longa versus população total) e é consistente com o mapeamento da lama/rejeito, que demonstrou extensão limitada.



Houve uma diferenciação (estatisticamente significativa) entre os residentes nas áreas afetadas versus não afetadas com base na exposição à lama, água + lama e poeira. A “percepção de saúde” positiva auto reportada entre afetados e não afetados foi idêntica. Em termos de “sinais e sintomas” auto reportados, houve uma diferença entre afetados e não afetados para (i) irritabilidade, (ii) insônia e (iii) dor muscular. Não houve diferença para a outra lista de sintomas/sinais incluindo:

- Dores nas juntas;
- Coriza;
- Febre;
- Olhos irritados;
- Tosse;
- Cansaço;
- Fraqueza;
- Dor de garganta;
- Dor de cabeça;
- Falta de apetite.

Em termos das diferenças no “diagnóstico médico” entre afetados e não afetados, o achado positivo foi relacionado à denque e possivelmente à dermatite. Os números de casos dos outros diagnósticos, incluindo doença respiratória e rinite de depressão, foram baixos e não significativos estatisticamente. Da mesma forma, o uso de álcool, tabagismo e uso de drogas ilícitas e aumento do uso de medicamentos de prescrição importantes (medicamentos ansiolíticos, antidepressivos, anti-hipertensivo) não foram estatisticamente diferentes.

Os achados gerais devem ser interpretados com cautela, pois a maioria dos entrevistados não foi afetada (285/360); portanto, pode-se argumentar que a população de estudo “afetada” é desequilibrada (muito pequena) em relação ao grupo não afetado. A observação de que a proporção de não afetados para afetados foi de quase 4:1 é impressionante e desmente os argumentos de que toda a comunidade de Barra Longa foi impactada, pelo menos conforme definido neste estudo. Como discutido anteriormente, os resultados da dengue devem ser amplamente desconsiderados, uma vez que a dengue é em grande parte uma doença urbana e houve um grande surto de dengue em MG em 2016.

MEMORANDO

De: NewFields
Para: Kelly Cardoso e Wagner Tonon, Equipe de Saúde da Fundação Renova
Assunto: Resumo da avaliação do Relatório EPISUS 2018
Data: 19 de março, 2019

INTRODUÇÃO

Este memorando técnico apresenta a avaliação da NewFields do relatório EPISUS’s 2018 intitulado “Dois anos pós-desastre da barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG, 2018”, elaborado pela Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde (MS).

O estudo de acompanhamento de 2018, geralmente semelhante ao estudo de 2016, mas com alguns acréscimos relacionados à toxicologia:

- Visitas ambulatoriais de julho de 2016 a maio de 2018;
- Levantamento transversal da população de 362 indivíduos com estes resultados específicos de interesse:
 - Prevalência de “doenças” agudas e crônicas auto reportadas;
 - Prevalência do “agravamento” de “doenças” auto reportadas;
 - Prevalência de exposição aos rejeitos da barragem;
 - Prevalência de “sinais e sintomas” auto reportados após o Evento;
 - Prevalência de abuso de álcool e tabaco;
 - Prevalência de triagem positiva para depressão e Transtorno de Estresse Pós-Traumático (TEPT);
 - Prevalência de “envenenamento” por metais pesados baseado em classificação sindrômica.

Em maio de 2018, um time da SVS/MS executou uma nova investigação em Barra Longa, com estes objetivos:

- Descrever o perfil das visitas de atenção primária;
- Caracterizar o perfil de saúde da população;
- Estimar a prevalência de intoxicação por metais pesados.

O estudo da visita de cuidados primários foi semelhante ao estudo de 2016 em sua concepção e execução. No entanto, o levantamento populacional do estudo de 2018 foi diferente do levantamento transversal de 2016.

1 ESTUDOS DE 2018 – ESTUDO AMBULATORIAL DESCRITIVO

O estudo ambulatorial de 2018 foi uma continuação da investigação de 2016. O período do estudo foi de julho de 2016 a maio de 2018; a investigação geral incluiu registros de janeiro de 2014 a junho de 2015 (ou seja, o estudo de 2016). Idêntico ao estudo de 2016, o diagnóstico médico de “manifestações clínicas” foi usado como resultados chave. No estudo de EPISUS 2016 houve uma questão significativa relacionada à completude de registros que foi documentada (74% incompletos em 2014). Os registros de 2015 e 2016 foram melhorados; no entanto, os percentuais incompletos



foram de 20% e 22%, respectivamente. O estudo de 2018 não afirmou a “incompletude” global para os dados dos anos de 2016, 2017 e 2018, o que é considerado uma omissão técnica significativa.

O número total de visitas aumentou em 15% de 2014 a 2015, 12% de 2015 a 2016 e 23% de 2016 a 2017. A tendência mensal de visitas geralmente mostrou um aumento nas visitas durante os primeiros seis meses do ano comparado aos últimos seis meses. Mulheres consistentemente dominaram as visitas (62-64%). Pela área de visita (rural versus urbana) houve uma mudança marcante no padrão de visitas, ou seja, uma reversão de visitantes rurais para urbanos. O padrão de diagnóstico das visitas deve ser baseado em 2015 até o meio do ano de 2018, já que o nível de incompletude para 2014 foi extremamente alto. Usando o ano de 2015 como linha de base de referência, houve mudanças marcantes no padrão registrado para vários diagnósticos: (i) doença respiratória superior, (ii) hipertensão, (iii) diabetes, (iv) “transtorno mental” e (v) dengue (conforme observado anteriormente no estudo de 2016). O padrão de “sinais e sintomas” encontrados foi dominado por tosse, dor de garganta, dor de cabeça e coriza (irritação na membrana nasal).

O estudo ambulatorial de 2018 é um exercício de relato descritivo simples. Similarmente ao estudo de 2016, a versão de 2018 sofre das mesmas falhas metodológicas relacionadas à precisão e consistência dos diagnósticos e sinais/sintomas. Como um estudo descritivo básico para a população de Barra Longa, este design não pode gerar riscos numéricos individuais relacionados a uma métrica de exposição.

2 ESTUDOS DE 2018 - PESQUISA POPULACIONAL

O inquérito populacional de 2018 foi uma amostra aleatória probabilística, estratificada por zona de residência, totalizando 362 entrevistas. O estudo parece ter sido desencadeado como uma “resposta” à pesquisa do Greenpeace/ISS, e não como um acompanhamento longitudinal da pesquisa transversal de 2016, ou seja, tanto a métrica de exposição subjacente quanto o conjunto de resultados foram diferentes do estudo de 2016. A estratificação geográfica foi baseada em urbano (258) versus rural (104) que foi substancialmente diferente do estudo de 2016. Os resultados de interesse foram:

- Prevalência de doenças agudas e crônicas auto reportadas;
- “Agravamento” auto reportado das mesmas doenças;
- Prevalência auto reportada de exposição aos rejeitos da barragem;
- Prevalência auto reportada de “sinais e sintomas” após o Evento;
- Prevalência auto reportada de álcool (questionário CAGE) e uso de tabaco (baseado em instrumentos de pesquisa padrão);
- Triage para depressão (baseado em questionário da OMS) e TEPT;
- “Intoxicação por metais pesados” baseada em categorias sindrômicas amplas.

A “intoxicação por metais pesados” foi definida utilizando estas três categorias de sinais e sintomas agrupados:

1. Clínica compatível com sintomas neurológicos: fadiga, falta de apetite, exaustão, dor de cabeça, dormência, artralgia, irritabilidade, tremores. Metais provavelmente envolvidos: manganês, chumbo e mercúrio;
2. Clínica compatível com sintomas respiratórios/alérgicos: falta de ar, tosse, dor de estômago, comichão, lesões ou manchas vermelhas na pele. Metais provavelmente envolvidos: cromo, níquel;



3. Clínica com sintomas gastrointestinais: sonolência, diarreia, náusea/vômito, dor de estômago, dor de garganta. Metais provavelmente envolvidos: arsênico, cobre, zinco.

A intoxicação por metais pesados cita a ATSDR (*Agência para Registro de Doenças e Substâncias Tóxicas*) como fonte de referência; no entanto, os perfis toxicológicos da ATSDR todos enfatizam a importância do paradigma “exposição→dose→resposta”. A relação sequencial entre exposição, dose e resposta (efeito na saúde) é ausente da abordagem sindrômica da EPISUS. Um “positivo” é declarado se um indivíduo se encaixa em uma destas categorias. Toxicologicamente, as categorias definidas não têm sentido, completamente arbitrarias e sem uma medida objetiva de exposição-dose.

O estudo populacional de 2018 foi dominado por mulheres (64%) mais velhas (idade média 54). A idade, sexo, demografia rural versus urbana e situação financeira foram marcadamente diferentes do que a pesquisa transversal de 2016 (Tabela 1).

Tabela 1: Comparação de Estudo Demográfico

	Pesquisa 2016	Pesquisa 2018
Idade (média)	49	54
Rural (%)	60	29
Sexo (% feminina)	65	51
Ensino Médio (%)	22	27
Atualmente trabalhando (%)	32	38
Renda per capita média (R\$)	600	666
Samarco Card (%)	8	59
Bolsa Família (%)	27	46

A comparação entre exposição a rejeitos de barragem entre os dois estudos é ilustrada na Tabela 2.

Tabela 2: Comparação de exposição entre estudos de 2016 e 2018

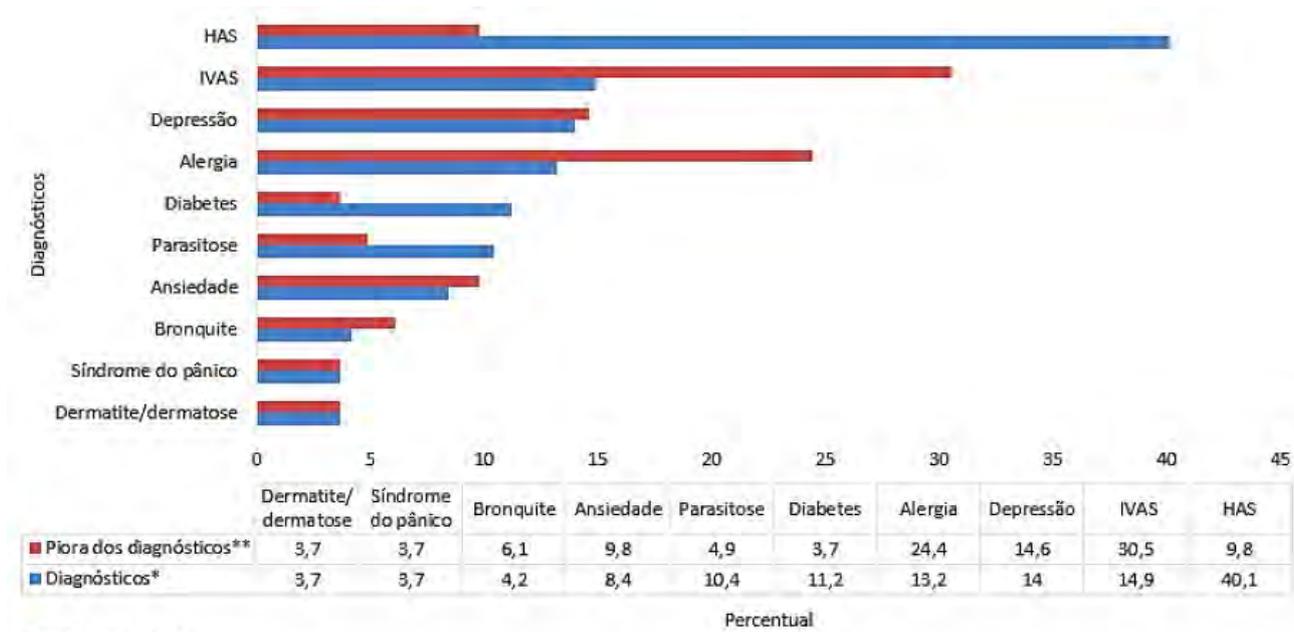
	2016 Afetados	2016 Não afetados	Estudo 2018
Lama (%)	61	28	52
Lama + água (%)	19	6	29
Poeira (%)	95	64	89

Comparação de exposição entre os dois estudos é extremamente difícil como ambas as distribuições geográficas e as definições de exposição foram diferentes. O estudo de 2018 tinha um marcante viés urbano. Em contraste o estudo de 2016 era uma pesquisa da população em geral onde a maioria dos indivíduos não eram afetados pela exposição.

Os diagnósticos auto reportados para o grupo do estudo de 2018 *antes* e *após* o evento são demonstrados abaixo.



Figura 1: Diagnoses auto reportadas no estudo de 2018



*Antes do rompimento
**Após o rompimento

Fonte: EPISUS, 2018.

As doenças mais frequentemente diagnosticadas após a ruptura foram Infecção do Trato Respiratório Superior (13,5%), dermatite (10%), alergia (9,6%) e “parasitas” (8,3%). O agravamento dessas doenças foi estatisticamente associado à exposição a materiais de rejeitos. Nenhum dos “sinais e sintomas” relatados foi estatisticamente associado à exposição a rejeitos.

Haviam 107 (34.7%) pessoas com triagem positiva para depressão; destes, 43 (40.9%) tinha recebido uma diagnose de depressão pré-Evento. Sessenta e três indivíduos tiveram triagem positiva para TEPT com 32 (11.8%) destes indivíduos tendo recebido uma diagnose prévia de depressão.

4.5% dos 134 respondentes que utilizam álcool reportaram um aumento pós-Evento. Dezenove por cento dos 46 indivíduos que fumam reportaram um aumento no consumo de cigarros.

A abordagem “sindrômica” a intoxicação por metais pesados identificou muito poucos indivíduos (Figura 2). Os dados de biomonitoramento não foram reportados. As descobertas mínimas não são surpreendentes, dada a base toxicológica extremamente fraca para atribuir “categorias de abordagem”.

Figura 2: Prevalência de abordagem sindrômica para intoxicação por metais pesados.

Tabela 13 - Prevalência da abordagem sindrômica para intoxicação por metais pesados, Barra Longa-MG, 2018 (N=315)

Variáveis	n	%	IC 95%
Abordagem 1: síndrome neurológica	5	1,6	0,6 - 3,6
Abordagem 2: síndrome respiratória/alérgica	2	0,6	0,1 - 2,2
Abordagem 3: síndrome gastrointestinal	5	1,6	0,6 - 3,6

Nota: o mesmo indivíduo pode ter sido classificado em mais de uma abordagem.

Fonte: EPISUS, 2018.

No geral, a pesquisa de 2018 é difícil de comparar com o estudo de 2016, já que o design, a demografia, a classificação geográfica, a exposição e os resultados para a população pesquisada são



diferentes. A pesquisa de 2016 tem um design, exposição e estrutura de resultados superiores. No entanto, a falta de comparabilidade geral é um problema significativo, uma vez que não é possível fazer avaliações longitudinais.

Prof. Dr. Anthony Wong

Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira

Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.

Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP

CRMESP 19079

Contestação Crítica ao Relatório do Instituto Saúde e Sustentabilidade de Autoria da Dra. Evangelina Vormittag, acerca do Município de Barra Longa, Estado de Minas Gerais

“If trust is lacking, no form or process of communication will be satisfactory. Trust is more fundamental to conflict resolution than is risk communication”

“Se não houver confiança, nenhuma forma ou processo de comunicação será eficaz. Confiança é mais fundamental para a resolução de conflitos do que a comunicação de riscos.” - Paul Slovic: “The Perception of Risk”

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A arte e a ciência da Medicina e seu exercício requerem elevado apuro, preparo e compromisso com a ética, a verdade e o conhecimento. Mais que qualquer outra atividade profissional, lidar com o que o ser humano tem de mais precioso, sua própria vida e o gozo dela com saúde plena, exige dos praticantes desta nobre arte elevado afincamento e constante aprimoramento dos conhecimentos científicos e raciocínio claro com o objetivo da preservação da saúde, a prevenção das causas e situações que ameaçam a vida e a cura das moléstias quando o aflige. Há absoluta necessidade da ética e do moral do médico ao lidar com as situações que exigem sua intervenção, intervenção esta pautada no respeito aos conhecimentos médico-científicos sempre atualizados e na medicina baseada em evidências. As conclusões alcançadas quando respeitado o compromisso com o rigor da ciência e código da ética médica devem ser expressas clara e objetivamente. Disseminar, mesmo que subliminarmente, de que uma pessoa ou uma população está correndo sério risco de saúde, de adquirir doença cancerosa, de sofrer lesão neurológica grave ou irreversível, baseado em uma dúzia de análises laboratoriais de duvidosa qualidade e sem o devido embasamento científico é atentar contra os mais básicos princípios da ciência e da ética profissional.

A Toxicologia Clínica é uma ciência e especialidade médica, que requer seriedade, ponderação, elevado discernimento científico e sólidos conhecimentos clínicos, sobretudo dos efeitos tóxicos das substâncias químicas no meio ambiente, na fauna e na

Rua Joaquim Floriano 72, cj. 96 – 04534-000 - São Paulo, SP

Tel.(11) 3078 6611; Cels. (11) 976679770 e (11) 999820633

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

flora expostas e, por fim, no organismo humano. Deve apoiar-se em medicina baseada em evidências. Este conceito é importantíssimo, pois a “intoxicação” só ocorre quando um ser vivo, e principalmente o ser humano, é exposto a quantidades elevadas de determinadas substâncias e que resultem em sintomas clínicos. Para causar intoxicação crônica, a grande maioria destas substâncias requer convívio frequente ou até diário. A exposição mesmo corriqueira aos compostos químicos pode não causar sintomas clínicos dependendo da quantidade ou dose, da concentração, das circunstâncias, da frequência da exposição e das características peculiares de cada pessoa, mas sobretudo das propriedades físico-químicas da substância toxicante.

A causa de uma doença de natureza exógena, como por exemplo uma doença infecciosa, seja ela bacteriana, viral, micótica, parasitaria, assim como as doenças tóxicas, seja por composto químico, ionizante, ambiental, exotoxina ou veneno natural, deve estar presente no local da exposição, e EM QUANTIDADES OU CONCENTRAÇÕES SUFICIENTES, para penetrar o corpo. Assim, na meningite, na pneumonia ou na infecção cutânea, é necessário demonstrar cabalmente a presença do micro-organismo nos tecidos, em especial nos órgãos afetados. Portanto, a simples presença da bactéria *Neisseria meningitidis*, agente etiológico e causador da temida meningite bacteriana grave, na orofaringe de uma criança com febre, sem sinais meníngeos, não é suficiente para resultar no diagnóstico de meningite. É necessário demonstrar a presença do micróbio invasor no líquido cefalorraquidiano, ou por provas laboratoriais próprias, que indiquem NÍVEIS SOROLÓGICOS COMPATÍVEIS. Isto vale para qualquer doença infecciosa, seja AIDS, tuberculose, infecções de pele, amigdalites comuns. A infecção pode ser local e circunscrita a um órgão, e.g. pneumonia no pulmão ou cistite na bexiga, ou generalizada e espalhada por todo o corpo (septicemia).

Assim, também nas doenças de natureza tóxica, em primeiro lugar, deve ser constatada a presença física do material contaminante, em quantidades ou concentrações suficientes, para ser absorvido e assim adentrar o corpo. A “vítima” tem que estar presente, naquele momento (agudo) ou repetidamente (crônico). Uma vez dentro do corpo, a substância deve atingir níveis suficientes para causar doença aguda ou crônica, ou estar presente nos diversos tecidos, e causando distúrbios característicos daquela

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

contaminação. Assim, apenas afirmar que uma pessoa tem ferro, alumínio, selênio, níquel ou manganês no corpo não se caracteriza contaminação. É necessário comprovar que os níveis sanguíneos ou plasmáticos são compatíveis com determinados sintomas típicos deste metal. Não se pode dizer que cobalto cause pancreatite, ou ferro cause cistite porque não há nenhum caso desses na literatura médica mundial. Adicionalmente, o paciente deve ser suscetível aos efeitos tóxicos, para sua idade, gênero, ocupação e características individuais de suscetibilidade. Quanto à substância tóxica, deve ser registrado na literatura médica e nas crônicas científicas que ela está de fato associado às lesões naqueles órgãos. Exemplo cabal disto é a associação de fumo com câncer de pulmão. Nem todos que fumam, mesmo se intensamente, terão obrigatoriamente câncer de pulmão. Porém, é fato que as pessoas que fumam têm maior risco de desenvolver esta malignidade, cerca de 5 a 10 vezes maior. Portanto, pode-se concluir que há muitas pessoas que foram expostos aos fatores cancerígenos e não apresentam nenhum efeito nem sintoma de câncer. A simples constatação de níveis elevados de um metal, por exemplo níquel, sem antes realizar uma anamnese rigorosa, nem descrever o necessário exame clínico minucioso e não pedir outros exames complementares específicos, não permite ao profissional competente, comprometido com seriedade científica e a ética médica, alardear que a pessoa está “doente”.

Da mesma forma, afirmar que a presença de níveis baixos de determinadas substâncias pelo exame laboratorial pontual, sem demonstrar um quadro evolutivo das mesmas, nem descrever as manifestações clínicas compatíveis e que isto pode ser a causa dos sintomas alegados é faltar com a verdade científica, assim como alegar que os níveis baixos foram causados pela elevação de outras, sem basear-se na literatura pertinente. Afirmar que níveis baixos de zinco e cobre são causas de sintomas, sem os especificar, é falha grave com a seriedade científica.

Como descreveu A.B. Hill na sua dissertação em 1965: *The environment and disease: association or causation?*, onde definiu uma série de princípios (guidelines) para avaliar fatores causais, i.e. se uma conexão etiológica entre uma exposição em especial e um determinado resultado, condição ou doença pode ser cientificamente estabelecida. Estes critérios podem ser resumidos nos seguintes termos:

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

1. Força da associação (relação entre variáveis independentes e dependentes)
2. Consistência dos achados (replicação dos resultados por diferentes métodos)
3. Gradiente biológico (força da relação dose-resposta)
4. Sequência temporal (fator[es] causal[is] antes do efeito ou sintoma)
5. Plausibilidade biológica ou teórica (mecanismo de ação)
6. Coerência com conhecimentos e fatos (nenhuma hipótese discordante)
7. Especificidade da associação (a causa está fortemente ligada ao resultado).

O RELATÓRIO DO INSTITUTO SAÚDE-SUSTENTABILIDADE

O Relatório do Instituto Saúde-Sustentabilidade (ISS), intitulado “Relato dos resultados clínicos toxicológicos para metais realizados em 11 moradores de Barra Longa”, contém 53 páginas, das quais 10 (dez) páginas descrevem os objetivos e resultados da pesquisa através de um questionário tipo “autoavaliação quanto aos efeitos na sua saúde e ao atendimento às suas necessidades que lhes garantissem a saúde e bem-estar” em 507 indivíduos de 223 famílias e os resultados de mineralograma sanguíneo em 11 pessoas, 16 (dezesesseis) páginas dedicadas a uma proposta de pesquisa adicional a ser realizada pelo próprio ISS, 21 (vinte e uma) páginas de descrição de levantamentos na literatura sobre os efeitos dos níveis excessivos de níquel e de arsênio no organismo e da deficiência de zinco e uma página final com as referências bibliográficas.

1. Pesquisa de Avaliação de Saúde da População de Barra longa e Adendo de Exames (10 páginas)

Foram realizadas entrevistas de autoavaliação em 507 indivíduos de 223 famílias na área urbana da cidade de Barra Longa e nas comunidades rurais de Gesteira e Barretos entre outubro de 2016 e janeiro de 2017. Os resultados demonstraram que 65% informou que estavam melhor ou igual que antes do desastre e 35% respondeu que estavam piores ou muito piores que antes. Dos sintomas informados, 83,4% (423 indivíduos) referiu sintomas emocionais ou comportamentais, muito embora a maioria destes havia informado de estar igual ou melhor do que antes do acidente. A segunda queixa mais frequente era do sistema respiratório e seguido quase empatado a queixas do sistema

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

osteointerarticular. O relatório afirma que “observou-se não haver diferenças entre os acometimentos da população diretamente exposta à lama, residentes próximos ao rio e demais moradores em outros locais da cidade, provavelmente devido à poeira na bacia área local”. A própria pesquisadora do estudo informa que os sintomas “são inespecíficos, quer dizer, podem ocorrer em uma série de situações e doenças”, não sendo respaldado por exames que possam correlacionar diretamente os sintomas aos seus respectivos fatores nosológicos nem etiológicos. Vale ressaltar que em qualquer pesquisa de queixas da população urbana sempre predominam os problemas neuropsíquicos, seguido dos respiratórios, cardiovasculares e osteointerarticulares. É notório que queixas neuropsíquicas vagas predominam nestes tipos de questionários de autoavaliação, independente de fatores ou ocorrências.

Na segunda parte desta pesquisa, foram colhidas amostras capilares e de sangue em 11 (onze) indivíduos entre 2 e 92 anos em 28 de março de 2017. Os exames de mineralograma no sangue foram analisados em janeiro de 2018, ou seja, 9 meses depois, no Laboratório da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo em Ribeirão Preto. Os exames capilares ainda não foram analisados.



Pacientes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Exames de Sangue (µg/L)											
Data 27/03/2017											
Alumínio - Al	36,71	37,47	36,15	72,29	38,95	38,99	36,47	34,43	37,98	42,2	36,73
Arsênio - As	0,1-3,2 ¹	3,7	3,1	3	3,1	2,9	2,7	3,2	3,7	2,5	4,7
Bário - Ba		1,99	2,12	1,85	4,14	1,8	1,72	1,72	1,99	1,87	3,24
Cádmio - Cd	0,08-1,8 ^{1,2,3}	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Chumbo - Pb	1,3-163 ^{1,2}	16,3	4,6	4,3	7,7	6,3	7,1	7,1	3,6	6,2	2,3
Cobalto - Co	0,00005-2,090	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Cobre - Cu	495-1.578 ^{1,3}	628	681	636	576	579	668	668	674	581	624
Ferro - Fe	50.000 a 500.000	282.830	469.921	380.070	434.961	382.466	395.851	446.289	385.067	438.686	467.416
Manganês - Mn	6,9-18,4 ³	7,3	8,7	7,4	7,1	8,2	9,1	9,1	10,2	12,6	9,1
Níquel - Ni	<0,12-3,9 ¹	6,01	12,5	7,31	14,66	7,24	6,5	5,42	9,89	6,65	12,78
Selênio - Se	68-245 ¹	188	167	181	161	168	173	173	174	170	167
Urânio - U		0,01	0,01	0,01	0,04	0	0	0	0,008	0,004	0,003
Zinco - Zn	3.518-12.294 ⁴	3.899	2.055	2.134	2.498	2.686	2.420	2.420	2.622	2.185	2.250

LEGENDA
 valores próximos ao limite de referência
 valores acima do limite de referência
 valores abaixo do limite de referência

Refere que as amostras foram confirmadas em dois laboratórios, mas não indica quais. Chama a atenção alguns fatos desta fase de coleta de informações da população e das

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

amostras das matrizes biológicas que requerem esclarecimentos adicionais: (a) Como foi idealizado a distribuição da população para realizar o levantamento das informações dos sintomas referidos? O *n* de 507 questionários numa população de 5720 habitantes é estatisticamente relevante? Como foi planejada a distribuição dos questionários na área geográfica que seria representativa da população?; (b) O questionário de autoavaliação foi realizado aproximadamente um ano após o acidente e em apenas 190 desta população [37,4%] houve queixas clínicas, o que contrasta com a afirmação no relatório de que “a lama da barragem, ainda em grande magnitude...acabou espalhando para várias partes da cidade”, sugerindo certa exageração; (c) O número de indivíduos que aceitaram fornecer amostras biológicas (capilar e sangue) para análise de metais é muito pequeno, apenas 11 (onze), “por escassez de recursos”(sic). Teriam seus resultados qualquer significância (estatística) por não possuir o *n* suficiente nem ter feito a seleção aleatória ou representativa?; (d) Não há informações dos locais de habitação dos voluntários que forneceram as matrizes. Várias tentativas para obter os dados dos voluntários, sem suas identidades, como idade, sexo, local aproximado de habitação e até os valores obtidos nas análises dos mineralogramas sanguíneos, necessários para uma avaliação mais objetiva da extensão dos danos, foram recusadas sob a justificativa de manter o sigilo deles. Após muita insistência, os valores obtidos foram enfim fornecidos em 26 de abril último (tabela acima); (e) Sabe-se que as matrizes foram obtidas de voluntários que aceitaram fornecer as matrizes espontaneamente, e não de pessoas representativas através de distribuição aleatória como se exige em análises demográficas. Portanto, causa grande estranheza e enorme perplexidade ao avaliar os valores dos mineralogramas dos 11 indivíduos. Todos eles, isto é, *todos os onze*, apresentaram surpreendentemente níveis muito elevados de níquel. Vale dizer que o Relatório reportou que 100% dos indivíduos apresentaram uma grave anormalidade no mineralograma com teores de níquel sanguíneo entre 140% a 450% maior que o nível máximo normal. Pesquisadores acostumados com apresentação dos parâmetros de substâncias nas matrizes biológicas geralmente deparam-se com níveis anormais mais largos, i.e. alguns com concentrações próximas ou dentro da normalidade e outros mais afastados. Mas o mais estranho nesta pesquisa é que os 100% da amostra tiveram níveis elevadíssimos. É como dizer que numa loteria TODOS FOSSEM PREMIADOS E COM

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

VALORES ALTÍSSIMOS! Isto não é apenas inverossímil, mas é praticamente impossível de ocorrer em qualquer estudo científico sério. Vale dizer que se estes dados fossem extrapolados à população de Barra Longa, e é isto que se infere neste relatório, todos os habitantes desta pequena cidade estariam intensamente contaminados por níquel e, como a autora do relatório sugeriu com grande alarde e alarme, teriam risco de desenvolverem câncer. Será que este parâmetro passou despercebido pela equipe do Instituto Saúde e Sustentabilidade, inclusive pela pesquisadora mestre e doutora em Estatística, além da autora do Relatório? Só este fator colocaria sérios questionamentos e dúvidas acerca do planejamento da pesquisa, das coletas das matrizes, dos métodos analíticos e das conclusões finais, ou seja, de toda a cadeia de custódia das amostras. Por fim, é importante informar que nem níquel e tampouco o arsênio fazem parte dos constituintes primários do rejeito. Igualmente importante afirmar que **arsênio e níquel são constituintes da mineralogia de solos na região de Mariana e Barra Longa, presentes desde a formação geológica há milênios**. Os estudos de Deschamps (2002) e Mello et al (2005 e 2007) indicam a presença de arsênio nas águas e nos sedimentos da região nordeste de Minas Gerais, antes mesmo do acidente de Mariana em 2015. A Tabela 1 (abaixo) demonstra que a composição do solo de Mariana tem menos arsênio e níquel que o restante do Quadrilátero Ferroso. (Deschamps,2002).

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

Tabela 1: Composição geoquímica média do solo no Quadrângulo Ferroso em comparação com as médias estimadas dos solos no mundo [Media (rounded) soil geochemical composition and ranges* in the Iron Quadrangle in comparison with the estimated world soil averages**. Major and minor compounds in weight-%, trace elements in mg kg⁻¹]

	Nova Lima n = 21	Santa Bárbara n = 13	Mariana n = 4***	World soil averages**
SiO ₂	59 (49.7-68.1)	39 (12.9-59.4)	54 (42.0-63.8)	60
Al ₂ O ₃	24 (19.3-28.6)	28 (17.8-36.4)	9 (1.5-19.4)	15
Fe ₂ O ₃	13 (3.2-21.0)	27 (7.8-54.7)	29 (13.2-43.5)	5
CaO	0.9 (0.01-3.8)	1.1 (0.09-5.1)	0.07 (0.05-0.09)	1.9
Na ₂ O	0.2 (0.03-1.0)	0.3 (<0.03-0.74)	0.09 (0.01-0.16)	1.3
K ₂ O	2.4 (1.14-3.39)	1.8 (0.39-3.44)	0.9 (0.17-1.52)	1.7
MnO	0.09 (0.02-0.18)	0.16 (0.01-0.39)	0.7 (0.09-1.0)	0.07
MgO	0.6 (0.30-1.50)	0.6 (0.28-1.24)	0.3 (0.12-0.47)	1.5
TiO ₂	0.9 (0.56-1.22)	1.2 (0.69-1.66)	0.5 (0.23-0.65)	0.7
As	960 (16-13400)	100 (13-467)	53 (16-80)	5
Co	71 (13-102)	117 (32-160)	27 (23-30)	10
Cr	410 (190-680)	435 (150-730)	88 (22-180)	80
Cu	44 (22-90)	53 (18-92)	25 (17-35)	25
Ni	163 (63-300)	93 (20-220)	46 (25-68)	20
Pb	23 (11-32)	33 (19-51)	15 (4-32)	17
Zn	71 (12-240)	93 (38-170)	33 (17-58)	70

* Individual samples yielded trace element concentrations below the detection limit of the respective element

** Data from compilation in Reimann and Caritat (1998)

*** Mariana data may not be as representative as the others, since they are derived from individual soil profiles close to active streams

ANÁLISE CRÍTICA DAS CONCLUSÕES TOXICOLÓGICAS

Em primeiro lugar, vale ressaltar que o exame de mineralograma sanguíneo e capilar, por si só, carece de qualquer base para diagnosticar ou inferir contaminação ou doença. Isto já é mais que ponto pacífico pelos inúmeros trabalhos e meta-análises publicados na literatura internacional. É consenso entre a comunidade científica que o mineralograma só teria algum valor se estiver acompanhado de quadro clínico sugestivo com sintomas pertinentes no paciente. Mesmo em estudos populacionais, serve apenas para indicar possível risco de exposição na comunidade. Como apresentado neste relatório, com a ressalva acima, pelo número limitadíssimo de análises, com resultados laboratoriais questionáveis e ausência de planejamento distributivo, sem estabelecer qualquernexo causal, serviu somente para criar aflição, alarme e pânico na população, que não possui condições de corrigir ou redimir a situação. Talvez teria sido melhor não tê-lo realizado.

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

É fato reconhecido que o mineralograma sanguíneo e capilar não pode servir de base para o diagnóstico de intoxicação aguda nem crônica. Este fato foi também afirmado pela Plenária do Conselho Regional de Medicina de São Paulo em 08/03/2016 sobre o valor do mineralograma no diagnóstico de doenças ocupacionais. Embora este relatório do ISS não represente uma situação de medicina do trabalho, os princípios e a aplicabilidade deste parecer da CREMESP são pertinentes e abrangem o exame de mineralograma em si. Declara na Ementa: ***O diagnóstico de intoxicação crônica por produtos químicos não pode ser estabelecido apenas por mineralogramas sanguíneo e capilar.*** A íntegra do parecer do CRM-SP está no Anexo 1.

Quanto as inferências do relatório do ISS quanto ao risco de intoxicação por metais pesados, em especial o excesso de níquel e arsênio e a deficiência de zinco, serão abordados especificamente a seguir:

A. O EXCESSO DE NÍQUEL

A exposição ao níquel em situações não ocupacionais ocorre principalmente pela ingestão de água e alimentos contaminados, em especial o níquel presente nos encanamentos, pelo contato com joias, aviamentos e armarinhos de roupas, moedas, cigarro, entre outras. É considerado um provável microelemento essencial, isto é, necessário em pequenas quantidades. Os únicos relatos de casos de câncer na literatura médica são todos devidos à exposição ocupacional, entre trabalhadores expostos ao pó e vapor metálico em condições insalubres. **Não há nenhum caso nem referência de câncer não ocupacional, mesmo em grandes fumantes, na literatura médica internacional apontando a relação de risco de câncer e os níveis de níquel em pessoas expostas não profissionalmente** (MICROMEDEX Healthcare Series 2017, vol. 174). A ênfase colocada no relatório do ISS, com certo grau de exagero dos riscos de câncer para uma população leiga, leva uma mensagem inverídica e alarmante de urgência e morbidez, podendo gerar pânico e intensa aflição. O papel de qualquer profissional, e do médico em especial, é de transmitir segurança, apontando os riscos reais de uma doença, avaliando as causas e identificando os sintomas na

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

população exposta e afetada. Ainda mais se o relatório não aborda que parte da população está sujeita ao maior risco, em que parte do município onde residem exista maior concentração de níquel com potencial carcinogênico (que não seriam bijuterias, moedas, alimentos e águas contaminados), quais os sintomas de intoxicação pelo níquel, além de outras atitudes de responsabilidade profissional, é maior ainda sua responsabilidade na salvaguarda e de cautela na divulgação de notícias ao público.

Ainda outro problema deste relatório é que não avaliou nem analisou as possíveis fontes de níquel ambiental na região de Barra Longa. Limita a referir ao trabalho de Juncá e Ramos (2017), onde a relatora assinala textualmente que “evidenciaram altas concentrações de vários metais no ambiente (água e sedimento) em 14 pontos na região do desastre, dentre eles o níquel, bem como a sua presença em diferentes espécies de girinos (arsênio não foi pesquisado neste estudo).” Uma leitura cuidadosa deste estudo, patrocinado pela Greenpeace, demonstra a absoluta inverdade desta afirmação. Na realidade, o estudo abordou as águas e os sedimentos nas cabeceiras do Rio Doce, portanto distante de Barra Longa. O mais relevante do trabalho de Juncá e Ramos é que apenas UM único ponto dos 14 pontos de água de lagoinhas, assim como apenas UM único ponto dos 14 pontos de sedimentos, apresentaram níquel elevado acima dos níveis permitidos pela CONAMA, e mesmo assim pouco aumentado. Os pontos analisados não eram fontes de água nem de alimentos para a população de Barra Longa. (Anexo 2). Portanto, não eram destas fontes a causa da elevação de níquel.

Outros estudos mais diretamente pertinentes à população de Barra Longa, realizados pela Fundação RENOVA, demonstraram que os níveis de NÍQUEL no sedimento, solo, águas superficiais e subterrâneas estavam abaixo dos limites legais. (Anexos 3 e 4).

Análises da potabilidade da água fornecida aos seus habitantes demonstraram que os níveis de níquel após o acidente estavam rigorosamente normais. Portanto, não tem fundamento a afirmação de que os níveis elevados dos 11 voluntários fossem decorrentes de exposição ambiental. À esta inverdade, soma-se o relatório mais que bizarro de que **todas as 11 pessoas** que forneceram matrizes para

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

análises apresentaram níveis muito elevados de níquel no sangue. Como discutido anteriormente, esta coincidência muito estranha acusa níveis demasiadamente elevados em todos aqueles testados dentro de uma coorte sem exposição ocupacional e provavelmente sem nenhum relacionamento entre estas pessoas.

B. O EXCESSO DE ARSÊNIO

É sabido que o Quadrângulo Ferroso do Estado de Minas Gerais possui altos teores de arsênio e dos seus compostos desde a sua formação geológica há centenas de milhares de anos atrás. Diversos estudos por geólogos brasileiros já publicaram inúmeros trabalhos deste fato, e outros cientistas já atestaram os níveis aumentados de arsênio na população mineira que habitam este quadrilátero (Matschullat, 2000 e Deschamps, 2002). Os compostos de óxidos de ferro mantem em uma estreita correlação positiva com os sais de arsênio (Matschullat 2000 e Mello 2006). Os níveis de arsênio inorgânico e orgânico são elevados, atingindo níveis na água e no solo até 10 vezes maiores do que os recomendados pela ONU (Deschamps 2002 e Mello 2007), inclusive na região da Formação Paracatú. Apesar disto, estudos na população de Minas Gerais demonstraram que as incidências de câncer e dermatopatias típicos de exposição ao arsênio, eram iguais e até menores que as incidências nas demais regiões do Brasil (Capitani, 2014). Matschullat et al. (2002) e Bailey et al. (2016) demonstraram que a exposição ambiental a arsênio em crianças representa um risco à saúde, inclusive de tumores, mas não é possível quantificar este risco, pois outros fatores endógenos, como fatores epigenéticos, imunológicos e outros cofatores, têm papéis muito relevantes na suscetibilidade às enfermidades. Por isto, não é possível afirmar como que condenando os habitantes ao risco elevadíssimo de carcinomas ou que são endêmicas neste Estado, como é insinuado no Relatório do ISS. Além disto, os relatórios dos rejeitos, solo, águas superficiais e subterrâneas, realizados pela Fundação RENOVA em 2016 e em 2018, demonstraram que os níveis de arsênio na região de Barra Longa estavam abaixo dos limites legais. É possível que o arsênio pouco aumentado em 3 (três) pessoas, relatado pelo ISS, pode não ser de nativos de Barra Longa, talvez imigrantes de outras regiões do Estado. Os níveis apresentados neles não parecem oferecer risco tumorigênico. Mesmo assim, o relatório do ISS só enfatiza os grandes riscos que as pessoas de Barra Longa correm devido ao arsênio, novamente de maneira alarmista e descompromissado com a realidade. Serve tão somente para

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

disseminar ainda mais medo e paranoia numa população já por demais sofrida com as incertezas e a dor da situação pós acidente.

C. A DEFICIÊNCIA DE ZINCO

O zinco é um micronutriente essencial, necessário para uma série de atividades metabólicas no organismo vivo. Sua deficiência acarreta vários transtornos fisiológicos e doenças. Estima-se que pelo menos 25% da população mundial apresenta alguma deficiência deste elemento (Maret 2006), e outros autores indicam que até mais de 2 bilhões de pessoas (30%) apresentam deficiência de zinco (Prasat 2012). Portanto, não é surpresa que 10 dos 11 voluntários apresentassem valores abaixo do esperado. Novamente, neste caso, não foram divulgados os níveis encontrados, se leve ou grave, e tampouco se havia algum sintoma relacionado à deficiência. A causa principal da deficiência de zinco decorre de falta na dieta ou alimentos processados com pouco ou nenhum zinco. Outras causas são absorção inadequada, por disfunção do intestino delgado, perda ou excreção aumentada de zinco (exercícios intensos, diarreia prolongada e ingestão elevada de álcool), metabolismo elevado (crescimento da criança e gravidez) e doenças crônicas (doença de Wilson, insuficiência renal crônica, hepatopatias crônicas, pós-cirurgia bariátrica, exposição ao mercúrio e à tartrazina.

As evidências existentes indicam que a deficiência de zinco decorre do tipo de dieta e não tem relação com o grau de nutrição ou desnutrição. Causa estranheza, mais uma vez, a afirmação relatada de que a população de Barra Longa era bem nutrida e, portanto, não haveria porque existir deficiência de zinco. Novamente afirmação estapafúrdia, pois a autora não apresentou estudos ou evidências da sua dieta. Ainda mais, “como uma diminuição da concentração sérica de zinco só é detectável após depleção grave ou a longo prazo, o nível de zinco sérico não é um biomarcador confiável do status de zinco.” (*Since a decrease in the serum concentration is only detectable after long-term or severe depletion, serum zinc is not a reliable biomarker for zinc status*) (Hess, 2007).

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

Infere ainda que esta deficiência seria decorrente do aumento de outros metais. A autora deste relatório sugere, de que a “diminuição da absorção de zinco pode estar relacionada à interação com outros metais como níquel e ferro”. Esta afirmação não tem sustentação científica e carece de fundamento. Não consegui encontrar uma única referência científica suportando-a. O excesso de níquel NÃO causa deficiência de zinco, pois o oposto parece ser verdadeiro. O trabalho de Schnegg em ratos indica que a deficiência de níquel resultava na deficiência de ferro, cobre e zinco.

Interaction of nickel with iron, copper and zinc [Article in German]

Schnegg A, Kirchgessner M.

Arch Tierernahr. 1976 Aug;26(8):543-9.

Abstract

Studies were carried out investigating the role of nickel as an essential element in the growth of rats. Reduced levels of iron, copper and zinc were found in the liver, spleen and kidneys during Ni deficiency. These findings could be reproduced in 2 generations of 30-day and 50-day-old rats. Reduced rates of Fe storage during Ni deficiency were, in some cases, even noted of the Fe supply was raised to a level of as high as 100 mg Fe per kg of the diet. This accounted for the diminished haemoglobin values, the reduced erythrocyte count and reduced haematocrit found under conditions of nickel deficiency.

Estudos foram realizados para investigar o papel do níquel como um elemento essencial no crescimento de ratos. Níveis reduzidos de ferro, cobre e zinco foram encontrados no fígado, baço e rins durante deficiência de níquel. Estes achados foram reproduzidos em duas gerações de ratos com 30 dias e 50 dias de idade. Os estoques de ferro estavam reduzidos durante a deficiência de níquel, em alguns casos, mesmo quando o suprimento de ferro atingia até 100mg de ferro/Kg na dieta. Isto acarretava valores diminuídos de hemoglobina, diminuição da contagem de eritrócitos e redução do hematócrito sob condições de deficiência de níquel.

CONCLUSÕES

1. O rompimento da barragem de rejeitos no município de Mariana foi um dos piores desastres ecológicos no Brasil. Levou a rompimento de atividades econômicas, desterro de inúmeras famílias, incerteza do futuro dos habitantes, prejuízos econômicos incalculáveis às mineradoras, perda de atividade laboral e salarial a milhares de trabalhadores, destruição de plantações, ruptura do equilíbrio do ecossistema na área que sofreu derramamento da lama e nos rios a montante do Rio Gualaxo, Rio do Carmo e Rio Doce. Passados mais de 2 anos após o desastre, as pessoas custam a recuperar suas vidas e as esperanças. O equilíbrio ecológico só virá com o tempo, mas a situação da população não pode suportar maiores abalos. Necessitam saber que sua saúde, o maior bem que uma pessoa pode possuir, não estará afetada de maneira grave e/ou irreversível. Precisam de garantias de que tem condições de levar vidas normais na situação atual, sem serem induzidas a crer que suas vidas estarão condenadas por alterações ambientais ou estruturais. Requerem informações seguras e verdadeiras com ações concretas que os beneficiam, e não suposições estapafúrdias sem o menor respaldo científico.
2. O relatório do Instituto de Saúde e Sustentabilidade é um documento de pouco se algum valor científico, não produz nenhuma conclusão válida, faz referências superficiais sem respaldo consistente, sustentável nem confiável.
3. O questionário aplicado em 507 moradores não tem valor estatístico porque não foi realizado conforme uma distribuição populacional necessária, nem um *n* requerido. Porém, indicou que a maioria dos habitantes (65%) referiram que sua situação era melhor ou igual que antes do desastre, e para a minoria (35%) estava pior que antes.

Os exames no sangue para metais foram coletados de apenas 11 indivíduos voluntários, um número insuficiente até para uma avaliação científica minimamente adequada do seu conteúdo científico e das suas implicações e aplicações à saúde pública. A distribuição das coletas para as amostras não foi sequer feita atendendo às mínimas normas e regras exigidas para análises estatísticas. Entretanto, o relatório tece conclusões e propõe soluções muito além do escopo e severas limitações que possam ser tiradas dos resultados obtidos, muitos daquelas totalmente inadequadas, e até perigosas, do ponto de vista científico, toxicológico e clínico. O fato de que todos os onze voluntários, ou seja,

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

a totalidade deles apresentaram os níveis de níquel muito acima do normal, causa estranheza do ponto de vista científico e probabilístico. Se lembrarmos que estes voluntários se apresentaram espontaneamente e aleatoriamente, e não por que apresentavam sinais suspeitos de intoxicação, como explicar esta estranha coincidência? Se estes achados fossem realmente corretos, poderia se concluir “logicamente” que todos os habitantes de Barra Longa teriam seus níveis sanguíneos de níquel também tão elevados? Uma ocorrência desta natureza seria possível, porém pouco provável, e jamais foi publicada na literatura científica e médica. Qualquer investigador comprometido com a veracidade e o rigor da ciência teria colocado dúvidas dos resultados e teria procurado quais as razões de tamanha discrepância, se houve inadequação na cadeia de custódia das amostras e teria examinado clinicamente os doadores das amostras para verificar seus estados de saúde, se o níquel elevado no seu sangue estaria causando algum sintoma e/ou danos! Pelo que sabemos pelo relatório, isto não foi realizado embora nos quadros do ISS incluam diversos médicos de renome e possuidores de currículos impressionantes. No entanto, os autores do Relatório do ISS optaram pela sua divulgação sem as cautelas necessárias e até alardearam das “seríssimas consequências” à população de Barra Longa, em especial dos riscos oncológicos.

4. A divulgação dos seus resultados levou a enormes incertezas e angústia, e possivelmente pânico, à população de Barra Longa. Provocou e instigou a produção de diversas publicações na mídia, nacional e internacional, baseada nestas premissas inadequadas e até inverídicas, disseminando notícias alarmantes e atitudes reativas, que podem prejudicar ações necessárias de remediação e recuperação das áreas atingidas pelo desastre, desviando o foco dos problemas verdadeiros.
5. As análises dos rejeitos, demonstraram que as concentrações de níquel são muito baixas, sobretudo na região de Barra Longa. Alguns estudos de potabilidade da água fornecida aos seus habitantes demonstraram que os níveis de níquel eram rigorosamente dentro dos limites legais. Não há informações dos hábitos das pessoas que apresentaram níveis elevados de níquel. Portanto, não se sabe a origem e causa destes.
6. Publicações anteriores ao desastre e estudos geológicos do “Quadrângulo Ferroso” do Estado de Minas Gerais, demonstraram que níveis de arsênio no solo

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

são elevados há milhares de séculos e fazem parte da composição geológica destas regiões. Entretanto, a incidência de câncer e dermatopatias sugestivos de exposição ao arsênio nas regiões do Quadrilátero de Ferro, que inclui o município de Barra Longa, é igual e até menor que a média do resto do Brasil. Novamente, o alarde implícito dos riscos de câncer em Barra Longa, devido aos 3 casos de arsenismo no Relatório do ISS, está claramente exagerado.

7. A deficiência de zinco corpóreo em alguns casos informado no Relatório do ISS foi implicada como possível causa de hipotéticas doenças, com certa dose de exagero. Foi sugerido que esta deficiência do zinco poderia ser causada pela elevação do níquel. Os autores do Relatório demonstram pouco conhecimento de metabologia e de intoxicação pois as evidências são do contrário, ou seja, a deficiência de zinco ocorre quando há deficiência de níquel.
8. Resta saber os motivos reais na divulgação deste Relatório do Instituto de Saúde e Sustentabilidade, visto que os dados dos questionários, os resultados das análises do mineralograma, as tentativas de correlação entre estes e as propaladas doenças inclusive oncológicas, as alarmantes ilações dos riscos de câncer associados ao níquel e arsênio e as insinuações de comprometimento da saúde mental não encontram a necessária fundamentação científica e epidemiológica para suas conclusões.

Em suma, o Relatório o Instituto de Saúde e Sustentabilidade, apresentado os Resultados de Exames Toxicológicos no Município de Barra Longa e tecendo sobre os efeitos da elevação de níquel e arsênio e a deficiência de zinco, é um documento muito deficiente do ponto de vista epidemiológico, científico, toxicológico, bibliográfico, oncológico e sobretudo humano. Peca grosseiramente pela ausência de seriedade epidemiológica ao apresentar dados e números limitadíssimos dos resultados do questionário e dos mineralogramas e extrapola conclusões de grande exagero advindos deles. Falta escandalosamente na abordagem toxicológica dos metais ao imputar doenças graves e elevados riscos de câncer com os resultados dos mineralogramas obtidos, que por sinal, carecem de evidências concretas. A imputação toxicológica é claramente falha pois estudos e resultados de outros autores, sérios e rigorosos nas suas abordagens, que dissertaram sobre geologia, teores dos metais no solo e águas da região e riscos de câncer, contradizem diretamente as afirmações e conclusões do Relatório do ISS. Os erros no

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

levantamento bibliográfico estão claros ao omitir publicações sobre a composição do solo e águas e exagerando os efeitos dos metais na saúde. Exagera grosseiramente ao entrar no assunto dos riscos oncológicos dos metais, sobretudo ao fazer ilações do grande risco, na realidade inexistente, de câncer por níquel em pessoas que não trabalham num ambiente insalubre. E sobretudo, é grave a falha do ponto de vista humano, ao aumentar falsamente e com enorme exagero, os riscos de doenças, sobretudo oncológicas, para uma população já vítima de grande desastre ambiental, bombardeada constantemente sobre hipotéticos problemas. Ao invés de tentar aliviar os sofrimentos, as angústias e as ansiedades, as incertezas e a insegurança advindas delas, de procurar aplacar e assegurar que os riscos e problemas não são tão graves e que têm soluções, os autores do Relatório parecem ter um roteiro mórbido de insistir e aumentar, sem fundamento algum, a possibilidade de doenças graves e potencialmente fatais.

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

Os Próximos Passos de Empenho ao Futuro

Todo planejamento para empreendimentos futuros deve ter como objetivo uma avaliação precisa de como era antes do evento, as sequelas e as consequências decorrentes do acidente, os efeitos na fauna e flora dos locais por onde passou a enxurrada de lama e rejeitos e sobretudo o estado físico e psicológico dos habitantes dos locais por onde estes passaram. É necessário que seja feito um levantamento pontual e cientificamente aceitável das condições ambientais antes e após o evento, e a situação atual. Estes dados devem ser divulgados aos habitantes para que saibam os riscos reais e concretos que se apresentam, sem dar margem a notícias sensacionalistas e alarmantes. Ao mesmo tempo, é importante que os profissionais médicos e da área de saúde estejam instruídos, capacitados e preparados para atender às dúvidas, preocupações, anseios, sintomas e sinais dos habitantes com a devida e necessária credibilidade, transparência e rigor que a situação requer.

Para atender aos quesitos acima, não é aceitável procrastinação nem propostas de longa duração. A população atingida direta ou indiretamente pelo acidente e pela divulgação do Relatório do Instituto Saúde e Sustentabilidade não merece nem suporta maior sofrimento e incertezas. Assim, propomos a seguinte programação:

1. Levantamento e interpretação rápido, imparcial e isento dos estudos ambientais da região, antes, logo após e atuais da situação da região afetada pelo acidente. (Prazo - 30 dias).
2. Estudos da correlação entre estes levantamentos e avaliações do risco real à saúde e de doenças pela exposição, se houver (Prazo – 15 dias)
3. Apresentação e divulgação, para toda a população, dos levantamentos e das avaliações de risco à saúde, permitindo debates livres com os representantes e/ou toda a população. (Duração – 1 semana)
4. Capacitação, treinamento e preparação dos médicos e os profissionais de saúde locais sobre toxicologia ambiental e intoxicações clínicas, com adequação e fornecimento de métodos diagnósticos e das medidas terapêuticas (Duração – 5 dias com horários flexíveis, em face da agenda dos médicos).
5. Realização de exames complementares (laboratoriais) nas pessoas suspeitas de exposição aos elementos constituintes dos rejeitos.

Como complemento, pode se realizar um levantamento de amostras biológicas (matrizes) a ser determinada na população de Barra Longa baseado em determinações e regras estatísticas e epidemiológicas cientificamente aceitáveis e comprovadas.

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

Referências Bibliográficas

1. Arsenic, in Poisonsdex @ 2017 Truven Health Analytics LLC MICROMEDEX(R) Healthcare Series Vol. 174.
2. Nickel, in Poisonsdex @ 2017 Truven Health Analytics LLC MICROMEDEX(R) Healthcare Series Vol. 174.
3. Bailey KA, Smith AH, Tokar EJ et al. (2016) Mechanisms underlying latent disease risk associated with early-life arsenic exposure: Current research trends and scientific gaps. *Enviro Health Perspect* 124:170-175.
4. Capitani EM, Jesus IM, Ferreira AP et al. (2014) Human exposure assessment to arsenic and health indicators in Paracatu, Brazil. In *One Century of the Discovery of Arsenicosis in Latin America (1914-2014)*. Nicolii, Meichtry, Quici, Bundschuh, Bhattacharya & Naidu (Eds) @Taylor & Francis Group, London.
5. De Mello JWV, Roy WR, Talbott JL, Stucki JW. (2005) Mineralogy and Arsenic Mobility in Arsenic-rich Brazilian Soils and Sediments. *J Soils & sediment* (Online First): 1-11.
6. De Mello JWV, Talbott JL, Scott J, Roy WR, Stucki JW. (2007) Arsenic Speciation in Arsenic-Rich Brazilian Soils from Gold Mining Sites under Anaerobic Incubation. *Env Sci Pollut Res* 14 (6): 388–396.
7. Deschamps E, Ciminelli VST, Lange FT et al. (2002) Soil and sediment geochemistry of the Iron Quadrangle, Brazil. The Case of Arsenic. *J Soils & Sediments* (Online First): 1-7.
8. Hess SY, Peerson JM, King JC, Brown KH (2007). Use of serum zinc concentration as an indicator of population zinc status. *Food and Nutrition Bulletin*. **28** (3 Suppl): 403–29.
9. Hill AB. (1965) The environment and disease: association or causation? *Proc R Soc Med*. 58:295-300.
10. Juncá FA, Pavan D, Jesus TB et al. (2017) Girinos como bioindicadores da qualidade de água do Rio Doce. Greenpeace. Universidade Estadual Feira de Santana.
11. Maret W, Sandstead HH (2006). Zinc requirements and the risks and benefits of zinc supplementation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. **20** (1): 3–18.

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

12. Matschullat J, Borba RP, Deschamps E et al. (2000) Human and environmental contamination in the Iron Quadrangle, Brazil. *Applied Geochem* 15:181-190.
13. Prasad AS. (2012). "Discovery of human zinc deficiency: 50 years later". *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. **26** (2-3): 66–9.
14. Schnegg A, Kirchgessner M. (1976). Interaction of nickel with iron, copper and zinc. *Arch Tierernahr.* 26(8):543-9.

ANEXO 1

Pareceres

[Nova Pesquisa](#) | [Voltar](#)

[Enviar por e-mail](#) | [Imprimir apenas a ficha](#) | [Imprimir o parecer com a ficha](#)

PARECER

Órgão: Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo

Número: [173746](#)

Data Emissão: 08-03-2016

Ementa: O diagnóstico de intoxicação crônica por produtos químicos não pode ser estabelecido apenas por mineralogramas sanguíneo e capilar.

[Imprimir apenas a ficha](#)

[Imprimir o parecer com a ficha](#)

Consulta nº 173.746/15

Assunto: Sobre emissão de atestados médicos que são utilizados para obtenção de benefícios previdenciários.

Relatores: Conselheiro Renato Françoso Filho e Dr. Mario Jorge Tsuchiya, Membro da Câmara Técnica de Medicina do Trabalho.

Ementa: O diagnóstico de intoxicação crônica por produtos químicos não pode ser estabelecido apenas por mineralogramas sanguíneo e capilar.

O Consulente encaminha ofício onde solicita parecer do CREMESP, com relação à emissão de atestados médicos que foram utilizados para obtenção de benefícios previdenciários, porém as conclusões foram posteriormente contestadas através de perícia toxicológica. Diante do fato, solicita informações técnicas, dentre outros pontos:

"Validar ou não os mineralogramas sanguíneo e capilar como ferramenta de diagnóstico de intoxicação exógena crônica por produtos químicos."

"Validar ou não o diagnóstico constantes dos atestados."

"Validar ou não as conclusões do Dr. H.V.D.R. e Dr. S.S."

PARECER

Destacamos, do que consta no presente dossiê, para análise e resposta aos quesitos formulados pelo Consultante, o seguinte:

À (Fl. 002) - ofício do Ministério Público Federal requerendo a este Conselho, se possível:

"Validar ou não os mineralogramas sanguíneo e capilar como ferramenta de diagnóstico de intoxicação exógena crônica por produtos químicos;

Validar ou não o diagnóstico constantes dos atestados;

Validar ou não as conclusões do Dr. H.V.D.R. e Dr. S.S."

Às (Fls. 008/017) - atestados do Dr. I.V., encaminhados ao INSS, tendo como essência o seguinte teor:

"... , está sob meus cuidados médicos para tratamento de saúde por quadro de intoxicação crônica por metais pesados e solventes orgânicos, ocorridos em local de trabalho com perda de sua saúde, em tratamento com medicamentos específicos, não tendo condições de trabalhar por tempo indeterminado. Desenvolveu alterações neurológicas, neurovegetativas e neurocomportamentais... - CID 10: X45.2 - X46 - X48 e X49."

Às (Fls. 020/021); (Fls. 023/024); (Fls. 026/027); (Fls. 029/030); (Fls. 032/033); (Fls. 035/036); (Fls. 038/039); (Fls. 041/042); (Fls. 044/045) - relatórios médicos toxicológicos do Dr. I.V., à quem possa se interessar, com descrição de quadro clínico diversificado e CID 10: X45; X46 e X49.

À (Fl. 047) - atestado do Dr. I.V., encaminhados ao INSS, tendo como essência o seguinte teor:

"... , está sob meus cuidados médicos para tratamento de saúde por quadro de intoxicação crônica por metais pesados e solventes orgânicos, ocorridos em local de trabalho com perda de sua saúde, em tratamento com medicamentos específicos, não tendo condições de trabalhar por tempo indeterminado. Desenvolveu alterações neurológicas, neurovegetativas e neurocomportamentais... - CID 10: X45 - X46 - X48 e X49."

Às (Fls. 052/061) - comentários do Dr. S.S, fundamentalmente com o seguinte teor:

"Não há fundamento, clínico e laboratorial, para o diagnóstico de intoxicação crônica por metais pesados e outros produtos químicos. Alterações neurológicas, neurocomportamentais e neurovegetativas abrangem praticamente todas as patologias neurológicas e podem ser encontradas em um número enorme de afecções humanas. Os distúrbios que a(o) paciente apresenta necessitam de acompanhamento especializado."

O relatório informa que as doenças apresentadas pela(o) Sr(a). teriam a seguinte classificação no CID: X 45 (envenenamento acidental por exposição ao álcool); X 46 (envenenamento acidental por solvente orgânico halogenado); X 48 (envenenamento acidental por pesticidas) e X 49 (envenenamento acidental por outras substâncias químicas nocivas)."

Às (Fls. 122/157) - Análise Técnica de exames de minerais no sangue e no cabelo realizado pelo Dr. H.V.D.R. - toxicologista, abordando aspectos gerais da toxicidade dos metais e abordagem sobre carcinogênese, metodologia analítica para elementos químicos e considerações variadas baseadas em literatura, concluindo:

"Quanto a análise do cabelo, tecendo a limitações, questionamento quanto a metodologia das análises realizadas.

Quanto ao diagnóstico de moléstia profissional questionando ser duvidosa por não enquadramento em critérios toxicológicos internacionais e não obedecerem as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego.

Quanto à terapia quelante, sugere que seja analisado por um colegiado médico."

Às (Fls. 161/239) - atestados, relatórios toxicológicos do Dr. I.V., e mineralogramas sanguíneo e capilar.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Intoxicação consiste em um quadro clínico sintomático pela ingestão, aspiração ou introdução no organismo, acidental ou não, de substâncias tóxicas acima dos níveis de segurança para a saúde pelos agentes químicos, entendendo-se como segurança a probabilidade de uma substância não produzir danos ao organismo. Desta forma não basta a simples presença de um agente químico no organismo, quaisquer que sejam os métodos utilizados, para que se defina uma intoxicação, sendo necessária a interação deste agente químico com o organismo e que se apresente um quadro clínico sintomático.

Em medicina, em toxicologia e principalmente na área de saúde ocupacional as dosagens de agentes químicos, por si, pode indicar apenas que o indivíduo entrou em contato com aquele agente, não se podendo estabelecer um quadro clínico de intoxicação crônica pelo agente e muito menos estabelecer-se o diagnóstico de uma doença de origem ocupacional, sendo necessárias investigações complementares para se firmar tais diagnósticos.

Em saúde ocupacional, as questões a respeito dos riscos ocupacionais por agentes químicos estão normatizadas através das Normas Regulamentadoras (NR), da Secretaria de Segurança e saúde no trabalho do Ministério do Trabalho, em especial nas: "NR 6 (Equipamento de Proteção

Individual), NR 7 (Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional), NR 9 (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) e NR 15 (Atividades e Operações Insalubres)." Onde destacamos as metodologias indicadas e reconhecidas para o monitoramento ambiental e biológico envolvendo os riscos de exposição ocupacional aos agentes químicos em geral. Chamamos a atenção que não há nenhum indicador para monitoramento ambiental ou biológico baseado em metodologias com utilização de material capilar.

Ressaltamos ainda que para os diagnósticos das doenças de origem ocupacional, isto é, relacionados ao ambiente de trabalho e às tecnologias de produção são necessários identificar no local do trabalho o agente específico causador da doença, não se podendo inferir a exposição ocupacional apenas pelo resultado de uma análise toxicológica, que pode indicar tão somente o contato com o agente químico. Além da presença do agente, em si, é necessário identificar o mecanismo de contato e o mecanismo de introdução do agente no organismo, estabelecendo-se assim o denominado nexos de causalidade com o trabalho, sem o qual não é possível se estabelecer o diagnóstico de doença ocupacional.

Além disso, o diagnóstico deve ser específico, isto é, no caso de intoxicação crônica pelo chumbo a relação com a doença denominada saturnismo, a intoxicação crônica pelo mercúrio com a doença denominada hidrargirismo, a intoxicação crônica pelo benzeno com a doença denominada benzenismo e assim por diante, isto é, não existe um diagnóstico genérico e inespecífico de intoxicação crônica por metais pesados e/ou por solventes orgânicos.

ANÁLISE DO CASO

No caso apresentado observamos que:

1. Alguns dos mineralogramas sanguíneos e capilar apresentam apenas discretas alterações pontuais para alguns metais, como por exemplo, alumínio e chumbo, que como apontamos acima, por si só, não caracteriza intoxicação crônica por metais pesados e nem podem diagnosticar doença de origem profissional.

2. As doenças apontadas pelos: "CID: X 45 (envenenamento acidental por exposição ao álcool), X 46 (envenenamento acidental por solvente orgânico halogenado), X 48 (envenenamento acidental por pesticidas) e X 49 (envenenamento acidental por outras substâncias químicas nocivas).", constantes nos atestados e relatórios do Dr. I.V., carecem de elementos técnicos relacionados a presença de tais substâncias na empresa e no processo de produção envolvido no

ambiente do trabalho, além da necessária vistoria para indicar se, e de que maneira, tais agentes químicos foram introduzidos no organismo, sem os quais não se pode firmar os diagnósticos.

3. As análises e considerações do Dr. S.S e Dr. H.V.D.R. são pertinentes e de acordo com a literatura especializada, além das Normas Regulamentadoras da SST do MTbE, sobre a matéria em questão, quanto à intoxicação crônica por metais pesados e solventes halogenados e diagnóstico de doenças ocupacionais.

CONCLUSÃO

Do visto, exposto e discutido passamos a responder aos quesitos formulados:

a) Validar ou não os mineralogramas sanguíneo e capilar como ferramenta de diagnóstico de intoxicação exógena crônica por produtos químicos;

Resposta: O diagnóstico de intoxicação crônica por produtos químicos não pode ser estabelecido apenas por mineralogramas sanguíneo e capilar.

b) Validar ou não o diagnóstico constantes dos atestados;

Resposta: Os diagnósticos constantes dos atestados carecem de fundamentos técnicos.

c) Validar ou não as conclusões do Dr. H.V. D.R. e Dr. S.S.;

Resposta: As conclusões estão de acordo com as normas, com a literatura especializada sobre a matéria e a boa prática da Medicina do Trabalho.

Este é o nosso parecer, s.m.j.

Conselheiro Renato França Filho

PARECER APROVADO NA REUNIÃO DA CÂMARA TÉCNICA DE MEDICINA DO
TRABALHO, REALIZADA EM 10/11/2015.
APROVADA NA 4.710ª REUNIÃO PLENÁRIA REALIZADA EM 08/03/2016.

ANEXO 2 – Tabelas com as concentrações de metais nas águas e solos coletados em 14 pontos. Notem que apenas um dos 14 pontos das amostras respectivas contem níquel acima dos limites da CONAMA, contrariando o Relatório do ISS.

Tabela 4. Média e desvio padrão das concentrações de metais (mg/Kg⁻¹) nas águas superficiais dos 14 pontos amostrais que apresentaram girinos. (*) Ponto com contato direto do rejeito. Algarismos em negrito indicam maiores concentrações..

Ponto	Al	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Ti	Zn
1	72,17 ± 3,19	29,33 ± 1,33	7,82 ± 5,29	0,50 ± 0,33	615,30 ± 12,22	6,49 ± 0,15	2,10 ± 1,38	0,97 ± 0,22	0,53 ± 0,01	4,38 ± 0,11
2*	15,34 ± 8,43	9,23 ± 3,44	4,27 ± 1,21	0,25 ± 0,16	48,87 ± 17,85	129,88 ± 66,03	4,71 ± 5,76	0,37 ± 0,17	0,18 ± 0,04	2,49 ± 1,35
3	13,91 ± 0,68	1,56 ± 0,15	1,17 ± 0,12	0,27 ± 0,04	133,21 ± 7,64	7,16 ± 0,77	0,31 ± 0,06	0,40 ± 0,03	0,16 ± 0,00	2,04 ± 0,09
4*	11,40 ± 1,59	3,00 ± 0,53	1,16 ± 0,25	0,46 ± 0,26	20,09 ± 1,94	4,12 ± 0,91	0,32 ± 0,09	0,14 ± 0,02	0,11 ± 0,01	1,40 ± 0,23
5*	28,09 ± 6,85	6,50 ± 0,74	1,70 ± 0,13	0,28 ± 0,02	306,24 ± 53,83	70,59 ± 10,20	0,39 ± 0,01	0,49 ± 0,11	0,70 ± 0,12	3,28 ± 0,64
6	7,35 ± 0,63	1,55 ± 0,35	1,78 ± 0,50	2,76 ± 0,96	19,46 ± 2,63	9,62 ± 0,55	0,40 ± 0,09	0,27 ± 0,02	0,18 ± 0,07	3,29 ± 0,21
7*	9,21 ± 2,10	3,58 ± 0,52	1,60 ± 0,56	0,47 ± 0,18	19,71 ± 2,10	9,00 ± 0,53	0,30 ± 0,14	0,19 ± 0,11	0,14 ± 0,00	4,62 ± 1,24
8*	14,37 ± 1,29	4,11 ± 0,15	1,77 ± 0,06	0,38 ± 0,01	42,42 ± 12,45	13,68 ± 1,01	0,27 ± 0,03	0,46 ± 0,05	0,26 ± 0,03	3,67 ± 0,27
9*	34,43 ± 4,99	4,07 ± 0,07	2,13 ± 0,49	0,46 ± 0,05	35,04 ± 2,18	8,93 ± 0,18	0,43 ± 0,20	0,33 ± 0,03	0,37 ± 0,01	4,79 ± 0,19
10	15,00 ± 0,46	3,63 ± 0,00	2,87 ± 0,15	0,39 ± 0,05	77,80 ± 1,20	8,19 ± 0,06	0,54 ± 0,48	0,32 ± 0,05	0,39 ± 0,05	4,51 ± 0,24
11	13,29 ± 0,85	2,55 ± 0,23	6,42 ± 2,60	0,35 ± 0,04	93,77 ± 11,91	8,30 ± 0,44	0,90 ± 0,79	0,14 ± 0,00	0,23 ± 0,01	4,04 ± 0,19
12	10,19 ± 1,03	2,47 ± 0,16	0,98 ± 0,08	0,37 ± 0,01	95,66 ± 1,15	6,68 ± 0,18	0,37 ± 0,06	0,18 ± 0,08	0,20 ± 0,05	5,33 ± 0,90
13	10,24 ± 0,48	2,65 ± 0,05	2,53 ± 0,09	25,19 ± 0,46	63,73 ± 0,04	8,47 ± 0,16	13,26 ± 0,08	22,31 ± 0,09	0,38 ± 0,01	34,08 ± 0,49
14*	13,06 ± 0,12	5,51 ± 0,61	1,77 ± 0,65	1,37 ± 0,77	141,36 ± 0,05	25,32 ± 1,30	0,61 ± 0,01	0,37 ± 0,23	0,24 ± 0,01	6,71 ± 1,49

Tabela 5. Concentração média de metais na água de acordo com o CONAMA 454/2012, para águas da qualidade classe 3 (águas para abastecimento humano após tratamento convencional ou avançado, entre outros).

	Al	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Ti	Zn	Pb
CONAMA 454/2012 (mg/L)	0,2 ^d	1,0 ^t	0,01 ^t	0,05 ^t	0,013 ^d	5,0 ^d	0,5 ^t	0,025 ^t	NI	5,0 ^t	0,033 ^t

NI= não informado; d=metais dissolvidos; t=metais total

Tabela 6. Média das concentrações de metais em sedimentos dos 14 pontos amostrais. (*) Ponto com contato direto do rejeito. Algarismos em negrito indicam maiores concentrações.

Ponto	Al	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Ti	V	Zn
1	0,33% ± 0,17%	11,27 ± 6,51	2,36 ± 1,35	0,38 ± 0,16	0,16% ± 0,08%	7,94 ± 4,15	2,37 ± 1,62	2,87 ± 1,17	166,27 ± 64,66	8,14 ± 3,84	4,49 ± 2,40
2*	0,05% ± 0,00%	8,98 ± 1,49	6,97 ± 0,76	1,05 ± 0,10	0,48% ± 0,04%	95,22 ± 11,71	2,29 ± 0,23	2,99 ± 0,33	34,80 ± 0,70	4,35 ± 0,69	8,03 ± 1,56
3	0,83% ± 0,35%	7,23 ± 0,70	52,43 ± 19,68	10,50 ± 3,20	0,70% ± 0,70%	47,19 ± 16,01	3,55 ± 1,19	9,02 ± 1,80	277,76 ± 110,04	44,52 ± 11,05	15,58 ± 1,64
4*	0,17% ± 0,02%	20,41 ± 2,41	19,75 ± 2,42	4,87 ± 1,61	12,83% ± 1,59%	517,88 ± 145,38	3,61 ± 0,46	19,78 ± 3,05	65,68 ± 8,11	8,69 ± 1,15	23,03 ± 3,40
5*	0,22% ± 0,02%	26,12 ± 1,92	22,62 ± 8,76	3,97 ± 2,17	1,36% ± 0,31%	84,37 ± 3,48	3,11 ± 0,20	5,73 ± 0,53	228,92 ± 16,48	11,27 ± 0,01	15,26 ± 1,95
6	0,62% ± 0,00%	27,65 ± 0,67	36,53 ± 1,13	7,98 ± 0,11	21,95% ± 1,26%	1161,36 ± 67,67	10,27 ± 0,43	30,32 ± 1,64	160,23 ± 2,51	28,31 ± 0,49	34,06 ± 0,83
7*	2,04% ± 0,17%	43,09 ± 17,61	100,70 ± 2,29	13,12 ± 1,68	21,26% ± 0,29%	1805,40 ± 995,92	12,69 ± 1,48	36,24 ± 1,70	175,25 ± 32,19	31,03 ± 0,89	35,06 ± 2,35
8*	0,34% ± 0,05%	25,17 ± 0,143	23,64 ± 0,60	3,08 ± 0,25	22,74% ± 1,47%	502,15 ± 12,51	4,75 ± 0,25	30,69 ± 2,43	112,90 ± 12,33	12,55 ± 0,87	32,77 ± 0,55
9*	0,15% ± 0%	13,63 ± 0	15,47 ± 0	2,01 ± 0	8,14% ± 0%	276,38 ± 0	3,19 ± 0	14,08 ± 0	60,40 ± 0	6,21 ± 0	14,81 ± 0
10	1,27% ± 0,10%	37,37 ± 1,80	49,26 ± 1,75	8,00 ± 0,26	3,77% ± 0,40%	145,49 ± 11,97	4,84 ± 0,16	30,32 ± 2,86	800,59 ± 45,01	75,86 ± 6,38	27,76 ± 2,02
11	5,90% ± 0,47%	23,89 ± 0,08	627,98 ± 48,83	54,84 ± 0,41	9,03% ± 0,72%	235,95 ± 3,49	113,89 ± 1,39	27,94 ± 0,51	1121,73 ± 13,51	147,00 ± 0,11	36,04 ± 0,64
12	0,72% ± 0,30%	13,48 ± 3,17	110,84 ± 28,57	10,00 ± 2,37	1,50% ± 0,49%	45,66 ± 10,62	12,25 ± 3,03	7,54 ± 1,27	126,00 ± 32,64	25,87 ± 6,46	14,16 ± 3,75
13	3,06% ± 0,36%	39,62 ± 6,61	105,15 ± 3,11	8,13 ± 0,02	5,24% ± 0,48%	252,25 ± 8,16	9,85 ± 0,44	24,48 ± 0,51	244,21 ± 40,42	37,47 ± 0,29	31,77 ± 2,01
14*	4,09% ± 0%	126,26 ± 0	126,19 ± 0	34,96 ± 0	9,34% ± 0%	921,04 ± 0	35,77 ± 0	42,26 ± 0	1209,80 ± 0	101,74 ± 0	83,62 ± 0

Algarismos em negrito indicam maiores concentrações

Tabela 7. Concentração média permitida de metais em sedimentos de acordo com o CONAMA 454/2012.

	Al	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Ti	Zn	Pb
CONAMA 454/2012 (mg/Kg)	NI	NI	0,6- 3,5	37,3- 90	35,7- 197	NI	NI	18- 35,9	NI	123- 315	35- 91,3

NI= Não informado; Nível 1- limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; b, Nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

ANEXO 3 – Caracterização do rejeito na Barragem do Fundão e as concentrações de níquel em 2016 e 2018. Notem que o níquel não consta da composição do rejeito.

CARACTERIZAÇÃO do REJEITO

ESTUDO GEOQUÍMICO – BARRAGEM DE FUNDÃO - GOLDER

Parâmetros	Unidade	VRQ COPAM 166	VP COPAM 166	VI Agrícola COPAM 166	VI Industrial COPAM 166	Barragem de Germano				Barragem de Fundão					
						Rejeito				Solo					
						Composta AE	Composta B3	Composta CT	Composta DA	T143	T144	T145	T146	T147	T148
Fósforo	mg/kg	-	-	-	-	59,7	174,3	138,3	93,5	25	31,2	27,1	70,2	28,4	136,6
Lítio	mg/kg	-	-	-	-	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,3	< 11,8	< 10,7	< 11,7	< 10,6	< 15,3
Magnésio	mg/kg	-	-	-	-	110	113	106	92,2	46,6	45,6	44,8	75,8	57,6	76,8
Manganês	mg/kg	-	-	-	-	141	553	242	265	136	112	130	192	127	274
Mercurio	mg/kg	0,05	0,5	12	36	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,103	< 0,118	< 0,107	< 0,117	< 0,106	< 0,153
Molibdênio	mg/kg	0,9	30	50	100	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Níquel	mg/kg	21,5	30	70	100	3,2	< 3	< 3	< 3	< 3	8,22	< 3	6,78	< 3	8,78
Nitrogênio	mg/kg	-	-	-	-	46	71,9	44,3	39,5	16,9	28,2	18,9	115,5	18,8	307,6
Potássio	mg/kg	-	-	-	-	63,9	95,9	81,9	100	< 20	32,7	27,9	547	39,7	570
Prata	mg/kg	0,45	2	25	50	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio	mg/kg	0,5	5	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Sódio	mg/kg	-	-	-	-	137	185	207	90,2	64,4	62,4	41,8	76,8	61,6	75,8
Tálio	mg/kg	-	-	-	-	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Titânio	mg/kg	-	-	-	-	34	71,9	42	47,6	< 20	< 20	23,9	58,8	20,9	67,9
Úrânio	mg/kg	-	-	-	-	< 5,01	< 5,02	< 5,02	< 5,01	< 5,16	< 5,89	< 5,35	< 5,84	< 5,32	< 7,67
Vanádio	mg/kg	129	-	-	-	< 8	10	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	24,9	< 8	38,9
Zinco	mg/kg	46,5	300	450	1000	13	20	17	14,9	5,95	4,95	7,96	14	6,95	17

Obs: amostras coletadas em 2016. Após acidente. Ni abaixo dos valores naturais (VRQ)

10 | FUNDAÇÃO RENOVA | fundacaorenova.org



CARACTERIZAÇÃO do REJEITO

AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA – GRUPO EPA - 2018

Nº do Laudo	1721161/2018	1721162/2018	1721163/2018	1721164/2018	1721165/2018	1721166/2018	1721167/2018				
Amostra do Laboratório	23064/2018 - 1.0	23065/2018 - 1.0	23066/2018 - 1.0	23067/2018 - 1.0	23068/2018 - 1.0	23069/2018 - 1.0	23070/2018 - 1.0				
Nº interno EPA Unid.	ST-01-FUNDAO/EPA/18/0838	ST-01-L-FUNDAO/EPA/18/0839	ST-02-FUNDAO/EPA/18/0840	ST-03-FUNDAO/EPA/18/0841	ST-04-FUNDAO/EPA/18/0842	ST-05-FUNDAO/EPA/18/0843	ST-06-FUNDAO/EPA/18/0844				
Parâmetros Físico-Químicos	VRQ - COPAM 166/2011 ⁽²⁾	VP - COPAM 166/2011 ⁽²⁾	VI Agrícola - COPAM 166/2011 ⁽²⁾	VI Residencial - COPAM 166/2011 ⁽²⁾							
Metais											
Fósforo Total mg/kg	-	-	-	-	19,9	11,7	15,4	15,4	215,8	262,8	205,1
Lítio Total mg/kg	-	-	-	-	< 11,8	< 10,9	< 11,5	< 12,7	< 11,7	< 12,2	< 11,2
Magnésio Total mg/kg	-	-	-	-	< 3,53	< 3,26	< 3,44	< 3,81	< 3,52	4,12	< 3,37
Manganês Total mg/kg	-	-	-	-	80,7	30,2	43,1	49,6	672,3	555,7	598
Mercurio Total mg/kg	0,05	0,5	12,0	36,0	< 0,012	< 0,011	< 0,011	< 0,013	0,095	0,084	0,053
Molibdênio Total mg/kg	< 0,9	30,0	50,0	100,0	< 2,35	< 2,18	< 2,29	< 2,54	< 2,35	< 2,44	< 2,25
Níquel Total mg/kg	21,5	30,0	70,0	100,0	< 2,35	< 2,18	< 2,29	< 2,54	< 2,35	< 2,44	< 2,25
Potássio Total mg/kg	-	-	-	-	32,1	15,1	19,4	12,9	23,6	21,2	17,3
Prata Total mg/kg	< 0,45	2,0	25,0	50,0	< 1,76	< 1,63	< 1,72	< 1,91	< 1,76	< 1,83	< 1,69
Selênio Total mg/kg	0,5	5,0	-	-	< 1,76	< 1,63	< 1,72	< 1,91	< 1,76	< 1,83	< 1,69
Sódio Total mg/kg	-	-	-	-	30	22,1	53,9	30,4	66,9	48,4	44,6
Titânio Total mg/kg	-	-	-	-	10,6	8,77	8,23	10,3	124,9	74,8	65,5
Vanádio Total mg/kg	129	-	-	-	< 4,71	< 4,35	< 4,59	< 5,08	13,3	8,11	7,57
Zinco Total mg/kg	46,5	300,0	450,0	1000,0	< 5,88	< 5,44	< 5,73	< 6,35	15,3	19	13,1

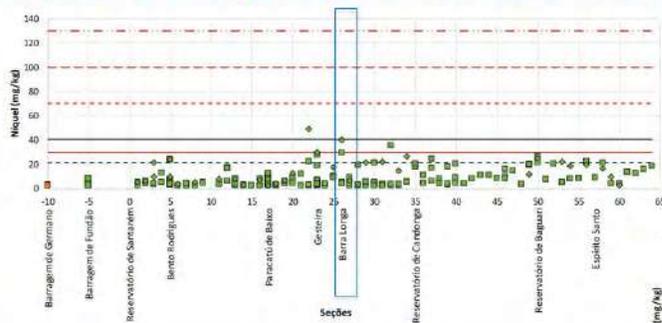
14 | FUNDAÇÃO RENOVA | fundacaorenova.org

ANEXO 4 – Resultados das concentrações de NIQUEL e ARSÊNIO nas amostragens de solo, sedimento, águas superficiais e subterrâneas na região de Barra Longa em 2016 e 2018. Notem que as concentrações em TODAS as amostras estão abaixo dos valores regulatórios.

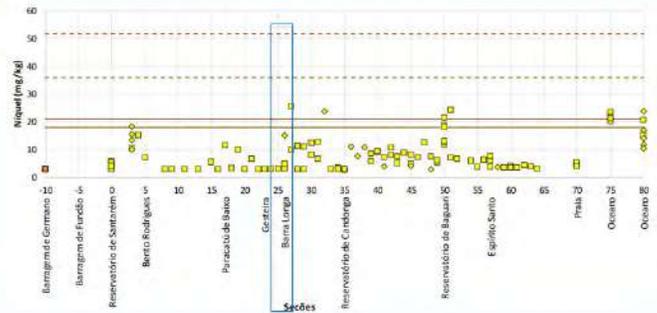
RESULTADOS PÓS ACIDENTE

A seguir estudos que apresentam valores de amostragens de solo, sedimento, águas superficiais e subterrâneas na região de Barra Longa, após o acidente.

ESTUDO GEOQUÍMICO – GOLDER - 2016



SOLO – Níquel
Valores abaixo dos valores regulatórios

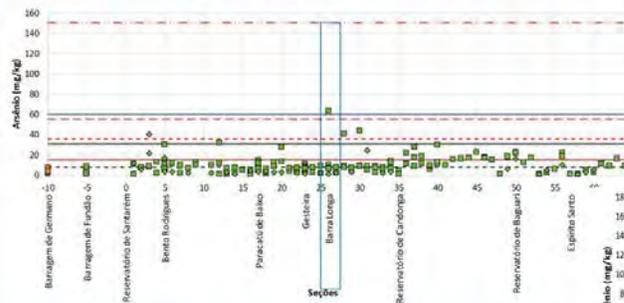


SEDIMENTO – Níquel
Valores abaixo dos valores regulatório

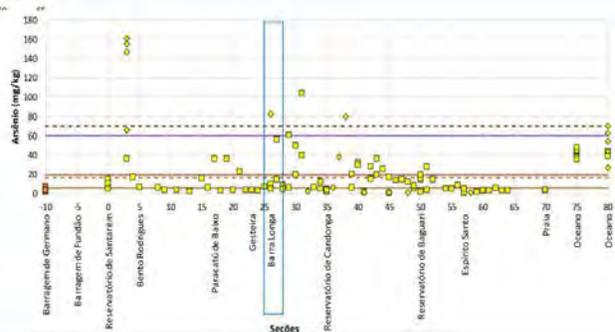
RESULTADOS PÓS ACIDENTE

A seguir estudos que apresentam valores de amostragens de solo, sedimento, águas superficiais e subterrâneas na região de Barra Longa, após o acidente.

ESTUDO GEOQUÍMICO – GOLDER - 2016



SOLO – Arsênio



SEDIMENTO – Arsênio

Anexo II-d



Relatório de Consolidação dos Resultados das
Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas
pela Fundação Renova para a região de Mariana e
Barra Longa (MG)



FUNDAÇÃO
renova

Parecer Técnico
Novembro/2019

Sumário

1	Introdução	5
1.1	Embasamento técnico	6
1.2	Exclusões	7
1.3	Equipe Técnica	7
2	Critérios de avaliação e definições	9
2.1	Levantamento e Avaliação das Informações do local	9
2.2	Levantamento das Preocupações da Comunidade	11
2.3	Validação dos dados	12
2.4	Comparabilidade dos dados validados	14
2.5	Suficiência dos Dados	14
2.6	Conclusões com base no conjunto de dados validados	15
2.7	Correlação com o rompimento	15
3	Validação dos dados	16
3.1	Procedimentos de Coleta de Amostras	17
3.2	Procedimentos de Preservação e Envio de Amostras	25
3.3	Laboratórios	25
3.4	Procedimentos Laboratoriais	26
3.5	Conclusão da Etapa	28
4	Comparabilidade dos dados validados	30
4.1	Design de Amostragem	30
4.2	Temporalidade	31
4.3	Filtração e Preservação das Amostras	31
4.4	Laboratórios, Metodologias de Análise e Limites de Quantificação ...	32
4.5	Compostos Analisados	33
4.6	Estatística	33
4.7	Conclusão da Etapa	36
5	Suficiência dos dados validados	37
5.1	Determinação Estatística da Malha Amostral	37
5.2	Determinação Geoestatística de Malha Amostral	39
6	Conclusões com base no conjunto de dados validados	42
6.1	Compostos de Interesse Validados	42
6.2	Rotas de Exposição Validadas	43
6.3	Doses de Exposição	44
6.4	Valores de Referência de Saúde	45
6.5	Comparação entre as doses de exposição e valores de referência ...	46
6.6	Implicações à Saúde - ANÁLISE TOXICOLÓGICA	58
7	Correlação com o Rompimento	64
7.1	Sedimentos	65
7.2	Solo superficial	67
7.3	Poeira Domiciliar	72
7.4	Alimentos Vegetais	74
7.5	Alimentos de Origem Animal	76
7.6	Conclusão da Etapa	76
8	Recomendações	77
8.1	Complementação da malha amostral	77
8.2	Ações ambientais	80

8.3	Ações de saúde	80
9	Conclusão do Parecer Técnico	82
	Referências.....	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1:	Áreas estudadas nas ARSHs e divisão de AA.	9
Figura 3-1:	AA que serão avaliadas no restante do documento.....	29
Figura 5-1:	Localização proposta - Amostras adicionais - Água Subterrânea (Nascentes).....	40
Figura 5-2:	Localização proposta - Amostras adicionais – Solo superficial.	41
Figura 6-1:	Quantificação de risco para Ferro em sedimento.	48
Figura 6-2:	Quantificação de risco para Manganês em sedimento.	49
Figura 6-3:	Quantificação de risco para Alumínio em solo superficial.	50
Figura 6-4:	Quantificação de risco para Cobalto em solo superficial.....	51
Figura 6-5:	Quantificação de risco para Ferro em solo superficial.	52
Figura 6-6:	Quantificação de risco para Manganês em solo superficial.	53
Figura 6-7:	Quantificação de risco para Cobre em poeira domiciliar.	54
Figura 6-8:	Quantificação de risco para Ferro em poeira domiciliar.	55
Figura 6-9:	Quantificação de risco para Arsênio em frutas.	56
Figura 6-10:	Quantificação de risco para Arsênio em tubérculos.	56
Figura 6-11:	Quantificação de risco para Selênio em ovo.....	57
Figura 7-1:	Concentração de manganês em sedimento.	66
Figura 7-2:	Concentração de ferro em sedimento.	66
Figura 7-3:	Concentração de alumínio em solo superficial.....	68
Figura 7-4:	Concentração de cobalto em solo superficial.	69
Figura 7-5:	Concentração de ferro em solo superficial.	70
Figura 7-6:	Concentração de manganês em solo superficial.	71
Figura 7-7:	Concentração de cobre em poeira.....	72
Figura 7-8:	Concentração de ferro em poeira.....	73
Figura 7-9:	Concentração de arsênio em tubérculos.	75
Figura 7-10:	Concentração de arsênio em fruta.	75
Figura 7-11:	Concentração de selênio em ovo.	76
Figura 8-1:	Cronograma GAISMA.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1:	Atendimento dos requisitos mínimos das Diretrizes do Ministério da Saúde – Levantamento e Avaliação das Informações dos Locais.	11
Tabela 3-1:	Conjunto de dados iniciais.	16
Tabela 3-2:	Quantitativo de amostras coletadas na Área Alvo 1 por matriz.	18
Tabela 3-3:	Laboratórios utilizados.	26
Tabela 3-4:	Conclusão da etapa de validação dos dados.....	28
Tabela 3-5:	Conjunto de dados utilizados.....	28
Tabela 4-1:	Métodos analíticos utilizados pelos laboratórios.....	32
Tabela 4-2:	Conclusão da etapa de comparabilidade dos conjuntos amostrais. .	36
Tabela 5-1:	Malha amostral adequada.	38
Tabela 5-2:	Números adicionais de amostras por matriz - Estatística.	38
Tabela 5-3:	Números adicionais de amostras por matriz - Geoestatística.	40

Tabela 6-1: Lista de compostos de interesse para diferentes componentes ambientais	43
Tabela 6-2: Rotas de exposição consolidadas.	44
Tabela 6-3: Compostos de interesse para as matrizes de água.....	47
Tabela 6-4: Compostos de interesse para sedimento.	47
Tabela 6-5: Compostos de interesse para solo.	49
Tabela 6-6: Compostos de interesse para poeira domiciliar.....	53
Tabela 6-7: Compostos de interesse para alimentos vegetais.....	55
Tabela 6-8: Compostos de interesse para alimentos de origem animal.	57
Tabela 7-1: Resumo estatístico dos resultados de ferro e manganês em sedimento.	67
Tabela 7-2: Resumo estatístico dos resultados de alumínio em solo superficial.	68
Tabela 7-3: Concentrações basais e percentil 95% nas áreas alvo para alumínio no solo superficial.	68
Tabela 7-4: Resumo estatístico dos resultados de cobalto em solo superficial. ...	69
Tabela 7-5: Concentrações basais e percentil 95% nas áreas alvo para cobalto no solo superficial.	69
Tabela 7-6: Resumo estatístico dos resultados de ferro no solo superficial.	70
Tabela 7-7: Concentrações basais e percentil 95% nas áreas alvo para ferro no solo superficial.	70
Tabela 7-8: Resumo estatístico dos resultados de manganês no solo superficial.	71
Tabela 7-9: Concentrações basais e percentil 95% nas áreas alvo para manganês no solo superficial.	72
Tabela 7-10: Resumo estatístico dos resultados de cobre e ferro em poeira.	73
Tabela 8-1: Quantitativo de amostras complementares por matriz.....	77
Tabela 8-2: Cronograma das ações de complementação de informações.	78
Tabela 9-1: Resumo das excedências aos valores de referência em saúde.	82

ANEXOS

Anexo 1: Parecer Técnico - **Avaliação do "Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão - MG" executada pela Ambios Engenharia e Processos.**

Anexo 2: Parecer Técnico - **Avaliação do "Relatório Técnico - Avaliação de Risco à Saúde Humana Metodologia Ministério Da Saúde - Mariana - MG" executado pela Tecnohidro.**

Anexo 3: Análises Estatísticas

1 INTRODUÇÃO

Este parecer técnico apresenta a consolidação dos resultados dos estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH) contratados pela Fundação Renova (Fundação) para a região dos municípios de Mariana e Barra Longa, ambos no estado de Minas Gerais. Os estudos avaliados neste parecer técnico são:

- (1) **"Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG" e seus anexos**, elaborado pela empresa Ambios Engenharia e Processos (Ambios), entregue à Fundação em versão revisada em 17 de abril de 2019 e neste parecer referido como **"Relatório Ambios"**;
- (2) **"Relatório técnico - Avaliação de Risco à Saúde Humana Metodologia Ministério da Saúde - Mariana - MG" e seus anexos**, elaborado pela empresa Tecnohidro Engenharia São Paulo (Tecnohidro), entregue à Fundação em versão revisada em 1º de outubro de 2019 e neste parecer referido como **"Relatório Tecnohidro"**, em conjunto ao **"Relatório final de investigação ambiental complementar (fase 2) - Mariana - MG"**, desenvolvido pela empresa EPA Engenharia de Proteção Ambiental Ltda., entregue à Fundação em versão revisada em 9 de outubro de 2019 e neste parecer referido como **"Relatório EPA"**, que apresenta os dados base e os resultados utilizados do Relatório Tecnohidro.

Este documento inclui considerações e avaliações realizadas por especialistas em meio ambiente e toxicologia, visando prover suporte técnico ao Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada e ao Programa de Manejo de Rejeitos, ambos da Fundação Renova.

O objetivo deste parecer é analisar as técnicas, metodologias e dados utilizadas em ambos os estudos, de maneira a fornecer argumentos técnicos e científicos para concluir-se a respeito de:

- (1) Validação dos dados;
- (2) Comparabilidade e suficiência dos dados validados;
- (3) Conclusões com base no conjunto de dados validados;
- (4) Correlação com o rompimento;
- (5) Recomendações.

1.1 EMBASAMENTO TÉCNICO

Conforme determinado na Nota Técnica SUBVPS/SES-MG nº 11/2017 (aprovada com ressalvas pela Deliberação nº 106 do Conselho Interfederativo - CIF), o estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH) deve ser elaborado **utilizando a metodologia do Ministério da Saúde (MS) denominada "Diretrizes para a Elaboração de um Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana por Exposição a Contaminantes Químicos" (Diretrizes), publicada em 2010.** Dessa forma, este parecer técnico prioriza as determinações e sugestões estabelecidas nestas Diretrizes em relação às demais metodologias mencionadas a seguir.

É importante salientar que a metodologia das Diretrizes se baseia nas experiências adquiridas pelo MS na elaboração de avaliações de risco utilizando a metodologia descrita no Guia de Avaliação de Saúde Pública (*Public Health Assessment Guidance Manual*)¹ de 1992 desenvolvida pela *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR) e adequação desta metodologia à realidade brasileira. Como consequência disto, a ATSDR é constantemente mencionada e referenciada nas Diretrizes do MS. Portanto, sua versão mais atual, datada de 2005, foi consultada para fins de referência quando não são detalhados procedimentos específicos nas Diretrizes do MS.

Além disto, as Diretrizes do MS não mencionam métodos e procedimentos de coleta de amostras, porém, mencionam a necessidade de procedimentos de garantia de qualidade para coletas e análise de resultados laboratoriais. Desta maneira, além dos requisitos apresentados nas Diretrizes, essa análise foi baseada em:

- (1) Para procedimentos de coleta: Normas ABNT pertinentes, Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011), Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (MS, 2016);
- (2) Para análise dos laboratórios: Requisitos do Inmetro, ABNT NBR ISO/IEC 17.025: 2017;
- (3) Para análise geral e integral dos dados coletados: US EPA² Guidance for Data Usability in Risk Assessment – Part A (1991); US EPA Guidance on Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection (2002); ProUCL (US EPA 2015); ABNT NBR 16.209: 2013 sobre ARSH para gerenciamento de áreas contaminadas e a série

¹ Todos os conteúdos citados neste documento e provenientes de normativas escritas originalmente em língua inglesa estão sendo apresentados em versão traduzida livremente pelos autores deste documento.

² United States Environmental Protection Agency (US EPA).

ABNT NBR 15.515 sobre passivos ambientais em solo e água subterrânea.

São parte integrante desta avaliação todas as considerações apresentadas nos pareceres técnicos (Peer Review) elaborados previamente pela empresa NewFields para os relatórios em análise neste documento. A saber: "Parecer Técnico - Avaliação do 'Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG' executada pela Ambios Engenharia e Processos" (Anexo 1); e "Parecer Técnico - Avaliação do 'Relatório Técnico - Avaliação de Risco à Saúde Humana Metodologia Ministério Da Saúde - Mariana – MG' executado pela Tecnohidro" (Anexo 2). Salienta-se que, conforme descrito nos pareceres técnicos, estes foram elaborados a partir da análise dos relatórios Ambios e Tecnohidro em suas versões originais, não as versões revisadas consideradas neste Relatório de Consolidação.

1.2 EXCLUSÕES

Apesar de os relatórios parciais emitidos pela Ambios e pela Tecnohidro terem sido revisados, este parecer técnico considera apenas as informações apresentadas nos relatórios finais (versões revisadas) e seus anexos, conforme mencionado anteriormente.

A Fundação desenvolveu uma estratégia de Gestão Ambiental Integrada para Saúde e Meio Ambiente (GAISMA), no âmbito do Programa de Manejo de Rejeitos, que é baseada no desenvolvimento integrado de estudos de avaliação de risco à saúde humana, ambiental e ecológico. Este documento não avaliará a abordagem da GAISMA.

1.3 EQUIPE TÉCNICA

Contribuíram para o desenvolvimento deste documento os seguintes especialistas:

Validação, comparabilidade e suficiência dos dados, conclusões e correlação com o rompimento:

- Dr. Gary Krieger, médico (MD), mestre em saúde pública (MPH), toxicologista certificado pelo Conselho Americano de Toxicologia (DABT), diploma em medicina e higiene tropical (DTM&H);
- Dr. Shahrokh Rouhani, PhD, PE.

Ações de saúde:

- Dr. Gary Krieger;

- Dr. Flávio Zambrone, médico (MD), especialização em Saúde Pública, aperfeiçoamento em Toxicologia, doutor em Saúde Coletiva.

Ações ambientais:

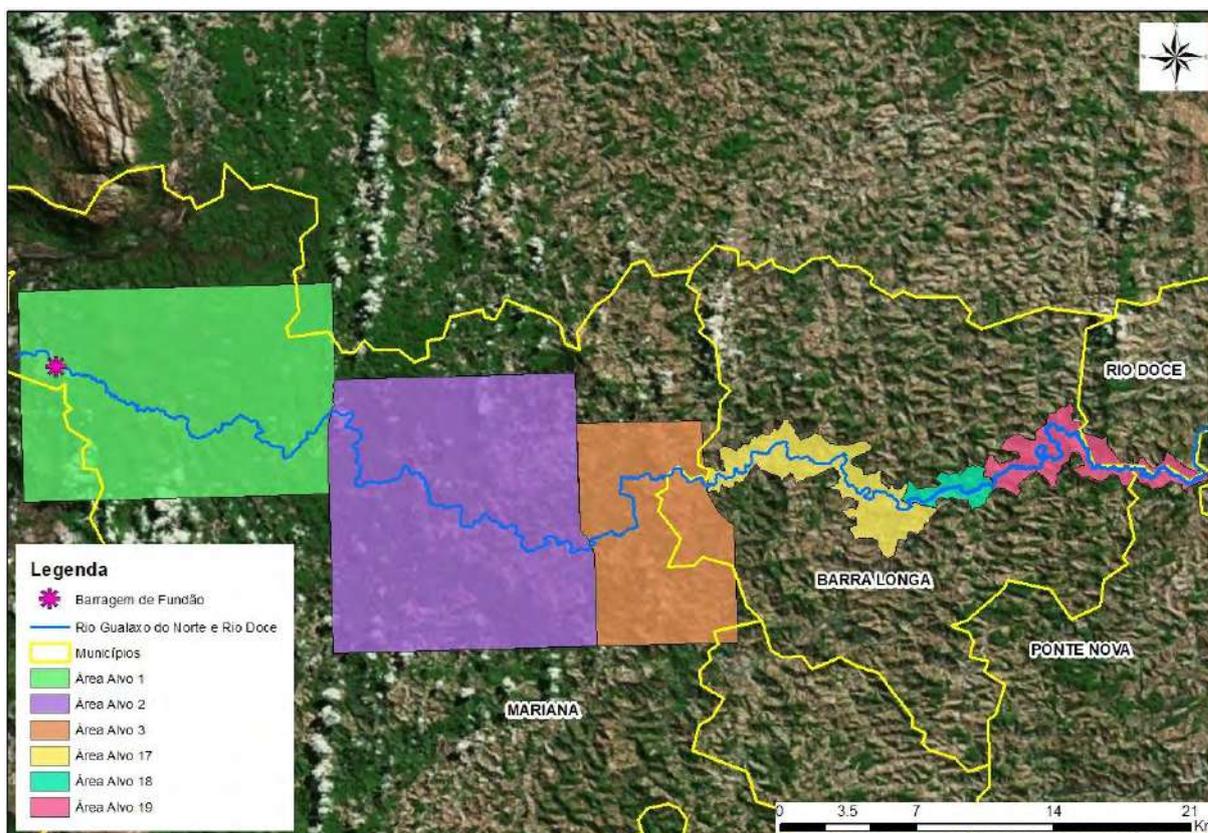
- Alexandre Maximiano, MSc, Engenheiro Geólogo.

2 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E DEFINIÇÕES

2.1 LEVANTAMENTO E AVALIAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DO LOCAL

A Figura 2-1 apresenta a localização das regiões dos municípios de Mariana e Barra Longa que são contempladas pelos Relatórios Ambios e Tecnohidro, assim como a divisão de áreas alvo proposta para esses municípios no âmbito do GAISMA, a qual será utilizada neste Relatório de Consolidação.

Figura 2-1: Áreas estudadas nas ARSHs e divisão de AA.



O Relatório Tecnohidro segmentou as áreas estudadas por áreas alvo (AAs), denominadas AA 1, AA 2 e AA 3, como segue:

- Área Alvo 1 (AA 1) contempla a região de Bento Rodrigues (Mariana), localizada próximo ao local de rompimento da Barragem de Fundão;
- Área Alvo 2 (AA 2) contemplou duas sub-bacias no município de Mariana próximos aos distritos de Paracatu, Monsenhor Horta e Cláudio Manoel;
- Área Alvo 3 (AA 3) contempla duas sub-bacias próximas ao limite municipal de Mariana e Barra Longa, próximas ao distrito de Barretos.

Essa segmentação foi feita, de acordo com o Relatório Tecnohidro, para possibilitar a comparação, análise e tratamento estatístico de dados e resultados

analíticos que foram utilizados para a avaliação de risco à saúde humana. A Área Alvo 1 difere das outras por sua proximidade à barragem de Fundão e, portanto, impacto ambiental decorrente do rompimento mais evidente.

A metodologia de segmentação de áreas alvo utilizada pela Tecnohidro avalia o histórico ambiental e características do meio físico, como fisiologia, geologia e pedologia, além do uso e ocupação do solo e impacto ambiental. Essa metodologia é a mesma que é empregada no âmbito do GAISMA e para os municípios de Mariana e Barra Longa contempla:

- Mariana: as AAs 1, AA 2 e AA 3;
- Barra Longa: as AAs 3, 17 (entre o distrito de Gesteira e a zona urbana do município), 18 (zona urbana do município) e 19 (a jusante da zona urbana do município, seguindo o Rio Gualaxo do Norte).

A Ambios não aborda uma metodologia de segmentação das regiões de estudo, porém, conforme a abordagem de pior cenário descrita no Relatório Ambios, foca seus estudos nas áreas que considera diretamente afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão nos municípios de Mariana e Barra Longa. As áreas diretamente afetadas são caracterizadas como as áreas na qual houve extravasamento da pluma de rejeitos da calha principal do Rio Gualaxo do Norte. Além das AA 1, AA 2 e AA 3, o Relatório Ambios também contempla as AA 17, AA 18 e AA 19.

As informações apresentadas nos relatórios Ambios e Tecnohidro para cumprir com as determinações da seção 3 (Levantamento e avaliação das informações do local) das Diretrizes do MS não abordaram todos os requisitos mínimos, conforme descrito nos Pareceres Técnicos (Anexos 1 e 2). A Tabela 2-1 apresenta os requisitos mínimos que foram apresentados satisfatoriamente e insatisfatoriamente pelos Relatórios Ambios e Tecnohidro. Tais informações são consideradas neste documento com as devidas ressalvas e complementações, quando necessário.

Tabela 2-1: Atendimento dos requisitos mínimos das Diretrizes do Ministério da Saúde – Levantamento e Avaliação das Informações dos Locais.

Relatório	Satisfatório	Insatisfatório
Ambios	<ul style="list-style-type: none"> Dados sobre potenciais efeitos na saúde; Aspectos demográficos de Mariana. 	<ul style="list-style-type: none"> Antecedentes; Aspectos demográficos de Barra Longa; Uso do solo e recursos naturais; Rotas ambientais.
Tecnohidro	<ul style="list-style-type: none"> Antecedentes; Uso do solo e recursos naturais; Rotas ambientais; Dados sobre potenciais efeitos na saúde (mesmos utilizados pela Ambios). 	<ul style="list-style-type: none"> Aspectos demográficos de Mariana e Barra Longa.

Para auxiliar na identificação dos compartimentos que podem caracterizar uma via de exposição, a norma brasileira ABNT NBR 16.209: 2013 sobre ARSH para gerenciamento de áreas contaminadas e a série ABNT NBR 15.515 sobre passivos ambientais em solo e água subterrânea definem que o plano de amostragem deve ser elaborado com base em um modelo conceitual da área de estudo. O modelo conceitual utilizado neste relatório de consolidação é o apresentado no Relatório Tecnohidro. A Ambios não apresenta modelo conceitual da área de estudo.

2.2 LEVANTAMENTO DAS PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE

A etapa de levantamento das preocupações da comunidade (seção 4 das Diretrizes do MS) apresentada no Relatório Ambios foi realizada de maneira satisfatória. Desta maneira, as preocupações levantadas pela Ambios para Mariana e Barra Longa são utilizadas para subsidiar a avaliação de possíveis implicações à saúde pública e nortear a comunicação de risco neste relatório de consolidação.

Conforme descrito nos Pareceres Técnicos:

A Ambios organizou as preocupações da comunidade de Mariana em quatro categorias, sumarizadas a seguir, e deu atenção maior aos moradores de Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo e Paracatu de Cima.

- Saúde da população atingida: predominantemente relacionadas à saúde mental, dengue e febre amarela;
- Consumo de água e alimentos: predominantemente relacionadas ao consumo de água, frutas, legumes, verduras, ovos e leite;
- Meio ambiente e saúde: predominantemente relacionadas à exposição a poeira (intensificada pelo aumento no fluxo de

veículos) e a problemas dermatológicos, respiratórios, alérgicos, sinusites, coceiras e câncer;

- Condições e qualidade de vida: predominantemente relacionadas à saúde mental.

Em Barra Longa a Ambios deu atenção maior aos moradores de dezesseis (16) áreas (Barreto, Gesteira, Mandioca, Jurumirim, Nova Barra, Tanque, São Gonçalo, Volta da Capela, Rua Primeiro de Janeiro, Rua Capitão Manoel Carneiro, Morro Batalha, Bairro do Rosário, Praça Manoel Lino Mol, Rua Matias Barbosa, Morro Vermelho e Morro Cemitério). As preocupações da comunidade de Barra Longa podem ser sumarizadas da seguinte forma:

- Saúde da população atingida: predominantemente relacionadas à saúde mental e labirintite, reações alérgicas dermatológicas e respiratórias, dengue, febre amarela, diarreia e Alzheimer;
- Consumo de água e alimentos: predominantemente relacionadas ao consumo de água, frutas, legumes, verduras, ovos, leite e carne;
- Peixes do rio e saúde: relacionada ao consumo de pescados do rio;
- Meio ambiente e saúde: predominantemente relacionadas à exposição a lama, a poeira (intensificada pelo aumento no fluxo de veículos) e a problemas dermatológicos, respiratórios, alérgicos, oftalmológicos, coceiras e câncer;
- Condições e qualidade de vida: predominantemente **relacionadas à saúde mental.**

As Diretrizes afirmam, em sua Seção 7.3 - Resposta às Preocupações da **Comunidade, que o objetivo desta seção é "tentar esclarecer algumas dúvidas da população, dentro do escopo de ação deste relatório e do que é possível para a equipe."** Como o estudo de ARSH tem por objetivo analisar possíveis implicações à saúde com base na definição dos compostos de interesse, rotas de exposição e populações expostas e potencialmente expostas aos compostos químicos, ele não pode concluir sobre doenças zoonóticas e implicações à saúde mental, já que os compostos de interesse não estão relacionados à ocorrência destes agravos.

2.3 VALIDAÇÃO DOS DADOS

De acordo com a Seção 5.3 das Diretrizes,

"Antes de usar os dados ambientais que permitam chegar a conclusões na avaliação de saúde, deve-se revisar a falta de adequação, insuficiências e discrepâncias nos dados ou nas técnicas analíticas e de amostragem utilizadas para obter a informação. Isto se faz para obter o resumo GQ/CQ (Garantia da Qualidade/Controle de Qualidade). Uma vez obtido, verifica-se a aceitabilidade dos

seguintes critérios: qualidade dos dados de campo, qualidade dos **dados de laboratórios e suficiência dos dados.**” (Diretrizes MS, página 23)

Nessa etapa, o objetivo foi avaliar a qualidade dos dados de campo e dos dados de laboratório, garantindo o atendimento dos requisitos das Diretrizes do MS. A análise foi baseada nas normas brasileiras de coleta, preservação, envio e análise de amostras, respondendo as seguintes perguntas:

- (1) As amostras foram coletadas seguindo os procedimentos padronizados? (Seção 3.1);
- (2) Os procedimentos de preservação e envio das amostras foram seguidos? (Seção 3.2);
- (3) O laboratório possui acreditação para a realização das análises específicas? (Seção 3.3);
- (4) Os procedimentos laboratoriais evidenciados nos laudos laboratoriais atendem aos requisitos das normativas brasileiras? (Seção 3.4).

A conclusão desta análise define quais dados podem ser utilizados para tomada de decisão das ações voltadas ao setor de saúde e à reabilitação ambiental das áreas estudadas.

Normas e procedimentos nacionais para coleta de amostras ambientais e análise laboratorial foram utilizadas como referência prioritária para a validação dos dados. As referências utilizadas são apresentadas a seguir:

- Para procedimentos de coleta: Normas ABNT pertinentes, Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011), Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (MS, 2016);
- Para análise dos laboratórios: Requisitos do Inmetro, ABNT NBR ISO/IEC 17.025:2017.

Na ausência de normas e procedimentos nacionais foram utilizadas referências internacionais sobre os mesmos assuntos, tendo como prioridade as normas e procedimentos da US EPA. Conforme destacado na Seção 1.1, a ATSDR é constantemente mencionada e referenciada nas Diretrizes do MS e, no que diz respeito à procedimentos de coleta de amostras e análises laboratoriais, as diretrizes para Avaliação de Risco à Saúde Pública da agência americana (ATSDR, 2005) referenciam os procedimentos da US EPA.

2.4 COMPARABILIDADE DOS DADOS VALIDADOS

Utilizando apenas os dados validados, incluindo suas ressalvas, e baseando-se nos procedimentos descritos nas Diretrizes do MS em sua Seção 5.3 (Avaliação dos Dados e Técnicas de Amostragem), foi realizada a avaliação da comparabilidade dos conjuntos de dados utilizados pelos Relatórios Ambios e Tecnohidro. Essa avaliação teve como objetivo analisar se os conjuntos de dados utilizados por ambos os estudos podem ser agrupados em um conjunto de dados único, permitindo melhor entendimento das concentrações dos compostos de interesse nas áreas estudadas.

Esta análise, além de basear-se no descrito nas Diretrizes, foi baseada nos critérios definidos pela US EPA para usabilidade dos dados (*Guidance for Data Useability in Risk Assessment – Part A*, 1991), que podem ser resumidos com as seguintes perguntas:

- (1) Qual a comparabilidade dos dois designs de amostragem? (Seção 4.1)
- (2) Qual a comparabilidade temporal das amostras? (Seção 4.2)
- (3) Em termos de métodos de filtração e preservação das amostras, os conjuntos são comparáveis? (Seção 4.3)
- (4) Em termos de laboratórios, metodologias de análise e limites de quantificação, os conjuntos são comparáveis? (Seção 4.4)
- (5) As campanhas de amostragem analisaram a mesma lista de compostos? (Seção 4.5)
- (6) Os dados são estatisticamente comparáveis? (Seção 0)

2.5 SUFICIÊNCIA DOS DADOS

Conforme a US EPA (1991), em estudos de ARSH, a representatividade ou a suficiência dos dados reflete o nível de precisão com o qual o conjunto de dados ambientais é capaz de caracterizar as concentrações de compostos de interesse que ocorrem na área de estudo. Um conjunto de dados representativo permite descrever com maior precisão o nível de exposição e de risco potencial estimado para a área estudada.

A suficiência dos dados validados foi avaliada utilizando métodos estatísticos e geoestatísticos, conforme aplicável para cada matriz analisada. Tendo como base apenas o conjunto de dados validados, incluindo suas ressalvas, esses métodos foram utilizados para avaliar se a quantidade de dados disponíveis (estatística) e a distribuição desses dados (geoestatística, quando aplicável) é suficiente para caracterizar adequadamente os riscos potenciais existentes nas áreas de estudo.

2.6 CONCLUSÕES COM BASE NO CONJUNTO DE DADOS VALIDADOS

Utilizando as informações da validação dos dados e resultados (conforme descrito nos itens anteriores - 2.1 a 2.4), incluindo suas ressalvas, e com base nos procedimentos descritos nas Diretrizes do MS, foram analisadas quais conclusões podem consideradas completas e quais necessitam de adequação e/ou complementação. Esta análise foi realizada em 3 etapas, conforme descrito a seguir:

- (1) Identificação dos compostos de interesse validados;
- (2) Identificação das rotas de exposição validadas;
- (3) Validação dos cálculos das doses de exposição e da comparação do nível de exposição com valores de referência de saúde.

Esta etapa tem o objetivo de analisar se há rotas de exposição que apresentam níveis de exposições acima dos valores de referência de saúde para os compostos de interesse validados. Estas informações foram utilizadas para a discussão apresentada na Seção 6.6 e serviram de base para a determinação das ações de saúde e ações ambientais propostas na Seção 7.

Adicionalmente, os resultados dessa etapa foram utilizados para abordar as preocupações da comunidade, conforme discutido na Seção 2.2.

2.7 CORRELAÇÃO COM O ROMPIMENTO

Na análise de quais resultados indicam correlação com o rompimento da barragem de Fundão e quais indicam uma ocorrência regional, foi realizada uma análise em três etapas, utilizando compostos que apresentaram doses de exposição acima dos valores de referência de saúde, buscando responder as perguntas descritas a seguir:

- (1) Existência de localidades de referência:
 - Este compartimento possui resultados validados em áreas atingidas e não atingidas?
 - Qual a distribuição espacial destes dados?
- (2) Consistência da distribuição espacial:
 - Qual a distribuição espacial das concentrações encontradas?
 - Qual a porcentagem de detecções dos compostos nas amostras coletadas?
- (3) Níveis de concentrações basais:
 - Qual a relação entre as concentrações encontradas e as concentrações basais?

O resultado desta análise demonstrou quais compostos possuem correlação com o rompimento.

3 VALIDAÇÃO DOS DADOS

Conforme descrito na seção anterior, essa etapa tem o objetivo de avaliar a qualidade dos dados de campo e dos dados de laboratório, garantindo o atendimento dos requisitos das Diretrizes do MS.

Os dados utilizados no Relatório Tecnohidro foram coletados no âmbito do **estudo apresentado no documento “Relatório final de investigação ambiental complementar (fase 2) – Mariana - MG”** de outubro de 2019, desenvolvido pela empresa EPA Engenharia de Proteção Ambiental Ltda. (Grupo EPA). Esse documento é a base para as considerações sobre os procedimentos de amostragem apresentadas a seguir.

Os dados utilizados no Relatório Ambios foram coletados pela própria empresa responsável pela elaboração do estudo de ARSH, seguindo os procedimentos descritos nos Planos de Amostragem de Mariana e Barra Longa, Anexos 4 e 5 do Relatório Ambios, respectivamente.

A Tabela 3-1 identifica todas as matrizes analisadas e indica, para cada área alvo, a disponibilidade de dados por empresa.

Tabela 3-1: Conjunto de dados iniciais.

Compartimento	AA 1	AA 2	AA 3	AA 17	AA 18	AA 19
Sedimento	Ambios Tecnohidro	Ambios Tecnohidro	Ambios Tecnohidro	Ambios	Ambios	Ambios Tecnohidro
Água superficial	Ambios Tecnohidro	Ambios Tecnohidro	Ambios Tecnohidro	Ambios	Ambios	Ambios
Água para consumo humano	Tecnohidro	Ambios Tecnohidro	Ambios Tecnohidro	Ambios	Ambios	Ambios
Solo	Ambios Tecnohidro	Ambios Tecnohidro	Ambios Tecnohidro	Ambios	Ambios	Ambios
Poeira	Ambios Tecnohidro	Ambios Tecnohidro	Ambios Tecnohidro	Ambios	Ambios	Ambios
Alimentos vegetais	Ambios Tecnohidro	Ambios Tecnohidro	Ambios Tecnohidro	Ambios	Ambios	Ambios
Alimentos de origem animal	Tecnohidro	Ambios Tecnohidro	Ambios Tecnohidro	Ambios	Ambios	Ambios

3.1 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE AMOSTRAS

As seções a seguir apresentam a discussão dos procedimentos de coleta de amostras utilizados em relação às normativas nacionais e internacionais sobre esses procedimentos.

3.1.1 PONTOS DE COLETAS DE AMOSTRAS

Os pontos de coleta de amostras do Grupo EPA foram apresentados com as coordenadas em notação UTM, zona 23K e datum WGS 1984. Adicionalmente, o Relatório Grupo EPA e o Relatório Tecnohidro apresentam mapas com as localizações dos pontos de coleta de amostras. Portanto, é possível fazer o georreferenciamento correto desses pontos, permitindo sua utilização na avaliação da distribuição espacial das concentrações detectadas.

As coordenadas apresentadas no Relatório Ambios para os pontos de coleta de amostras não permitem a identificação da notação utilizada para reportar latitude e longitude, gerando incertezas para o georreferenciamento e confirmação dos pontos de coleta. O Relatório Ambios afirma apenas que o datum utilizado para referências das coordenadas é o WGS 1984, e não apresenta mapas com as localizações dos pontos de coleta de amostras. Desde o primeiro documento fornecido pela Ambios (datado de 21 de setembro de 2018) a Fundação solicitou, recorrentemente, esclarecimentos quanto aos pontos de amostragem, os quais não foram satisfatoriamente respondidos.

A localização dos pontos de coleta é considerada um requisito mínimo para análise das informações e, de acordo com a US EPA (1991), se um resultado da amostra não puder ser relacionado a um ponto de coleta, os resultados não devem ser utilizados para a avaliação quantitativa dos riscos. Apesar dessa determinação da US EPA (1991), a Fundação Renova optou por não descartar os resultados analíticos detectados pela Ambios. Essa decisão foi tomada com o objetivo de dar prosseguimento ao processo de validação dos dados coletados pela Ambios e, portanto, a utilização dos resultados analíticos validados na quantificação do risco. Entretanto, salienta-se que a localização pontual das amostras e a distribuição espacial dos resultados apresentados no Relatório Ambios não será considerada. Dessa forma, os resultados validados no Relatório Ambios foram utilizados apenas para a definição de ações para o setor de saúde, adequadamente aplicáveis. Os riscos potenciais identificados em decorrência das concentrações detectadas pela Ambois necessitarão de confirmação das coordenadas dos pontos de coleta para avaliação das ações ambientais pertinentes.

Devido a incerteza sobre a localização dos pontos de coleta da Ambios, considera-se apenas as áreas alvo que possuem o conjunto de amostras coletados

por ambas as empresas. Desta maneira, as AA 18 e 19 não são consideradas no restante da análise realizada neste documento. A AA 17 possui um conjunto de amostras coletadas por ambas as empresas apenas para sedimento, à vista disso, esta AA também será desconsiderada no restante da análise. A AA 1 possui um quantitativo de amostras substancialmente pequeno para cada uma das matrizes (Tabela 3-2) e, devido a isto, também será desconsiderada nas análises subsequentes.

Tabela 3-2: Quantitativo de amostras coletadas na Área Alvo 1 por matriz.

Compartimento	Ambios	Tecnohidro
Sedimento	2	4
Água superficial	2	3
Água para consumo humano	-	2
Solo	3	3
Poeira	5	2
Alimentos vegetais	2	6
Alimentos de origem animal	-	3

Conclusão: a localização geográfica dos pontos de coleta do Grupo EPA foi validada; a localização geográfica dos pontos de coleta da Ambios não foi validada. Devido a isto, as AA 1, 17, 18 e 19 não seguem para as análises subsequentes.

3.1.2 AMOSTRAGEM DE SOLO

Para a coleta de amostras de solo superficial, a Ambios realizou uma amostragem composta. A amostragem composta de solo superficial foi feita a partir da delimitação de uma circunferência de 2 metros de diâmetro, dividida em 8 partes iguais. Em cada uma dessas partes foi feita a coleta de uma amostra de solo com profundidade de até 10 cm, através do uso de um trado holandês. Essas 8 amostras foram misturadas, homogeneizadas e quarteadas. Após quarteamento foi feita a composição da amostra para envio ao laboratório. Os procedimentos descritos no Relatório Ambios estão de acordo com o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB (2001) e com os procedimentos descritos pela US EPA (US EPA, 2014).

Para a coleta de amostras de solo o Grupo EPA utilizou dois procedimentos distintos: amostragem composta de solo superficial (profundidade até 10 cm); amostragem estratificada, para obtenção de amostras de solo subsuperficial. A amostragem composta de solo superficial feita pelo Grupo EPA seguiu os mesmos procedimentos executados pela empresa Ambios, com a diferença de ter sido

utilizado amostrador manual confeccionado em tubo do tipo PVC para a coleta das 8 amostras da circunferência. Portanto, os procedimentos utilizados pelo Grupo EPA seguem normas nacionais e internacionais aplicáveis.

Após a coleta da amostra composta, o Grupo EPA prosseguiu com a coleta de amostra de solo subsuperficial, no ponto central da circunferência feita para a coleta da amostra composta de solo superficial. Para coleta de amostras de solo subsuperficial o Grupo EPA utilizou a técnica de cravação contínua (*Direct-push*) para sondagem, conforme descrito na Norma ABNT NBR 15.492:2011, com amostrador tubular. As sondagens foram feitas com o uso de *liners* descartáveis, que garantem maior integridade da amostra em relação à suas características físicas e químicas. As amostras foram coletadas do *liner* em diferentes profundidades. Dessa forma, os procedimentos utilizados aderem às normas brasileiras relacionadas a sondagem para investigações de fins ambientais.

Conclusão: os procedimentos de coleta das amostras de solo de ambas as empresas foram validados.

3.1.3 AMOSTRAGEM DE SEDIMENTO

Para coleta de amostras de sedimento superficial e subsuperficial o Grupo EPA utilizou a técnica de cravação contínua (*Direct-push*) para sondagem, conforme descrito na Norma ABNT NBR 15.492:2007, com amostrador tubular. As sondagens foram feitas com o uso de *liners* descartáveis, que garantem maior integridade da amostra em relação à suas características físicas e químicas. As amostras foram coletadas do *liner* em diferentes profundidades. Os procedimentos **utilizados também estão de acordo com o estabelecido no "Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras" elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em 2011.** Dessa forma, os procedimentos utilizados aderem às normas brasileiras relacionadas a sondagem para investigações de fins ambientais.

Para coleta de amostras de sedimento superficial a Ambios não referencia técnicas de sondagem e coleta de amostras de normas nacionais ou internacionais. Entretanto, o procedimento descrito nos planos de amostragem de Mariana e Barra Longa no Relatório Ambios permitem a conclusão de que a técnica utilizada adere **ao estabelecido pelo "Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras" da ANA (2011).** Conforme descrito no Relatório Ambios, foram utilizados amostradores manuais feitos de tubos PVC devidamente descontaminados antes da coleta.

Conclusão: os procedimentos de coleta das amostras de sedimento de ambas as empresas foram validados.

3.1.4 AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUPERFICIAL

A coleta de amostras de água superficial realizada pelo Grupo EPA seguiu **os procedimentos descritos no "Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras" da ANA (2011) e as normas ABNT NBR 9.897:1987 e ABNT NBR 9.898:1987**. Dessa forma, os procedimentos utilizados aderem às normas brasileiras relacionadas a coleta de amostras de água superficial. Adicionalmente, o Grupo EPA possui acreditação da Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro (CGCRE) para esse tipo de procedimento, conforme escopo de acreditação CRL 1153³.

A Ambios não referencia técnicas de coleta de amostra de normas nacionais ou internacionais. Entretanto, o procedimento descrito nos planos de amostragem de Mariana e Barra Longa no Relatório Ambios permitem a conclusão de que a técnica utilizada adere ao estabelecido nas mesmas normas nacionais de coleta de amostras de água superficial citadas no parágrafo anterior.

Conclusão: os procedimentos de coleta das amostras de água superficial de ambas as empresas foram validados.

3.1.5 AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Todas as amostras classificadas como água subterrânea na amostragem realizada pelo Grupo EPA e pela Ambios foram provenientes de nascentes. Nesse sentido, ambas as empresas coletaram amostras diretamente das nascentes ou dos pontos de saída de tubulações que conduzem a água da nascente até a residência. Os procedimentos de coleta utilizados são semelhantes aos procedimentos utilizados para a coleta de água superficial citados no item 3.1.4, tendo as amostras sido coletadas diretamente nos frascos a serem encaminhados para o laboratório. Portanto, ambas campanhas de amostragem seguiram as normas nacionais aplicáveis. Adicionalmente, todas as amostras classificadas como água subterrânea em ambos os relatórios foram tratadas como amostras de água para consumo humano.

Conclusão: os procedimentos de coleta das amostras de água subterrânea (nascentes) de ambas as empresas foram validados.

³ Disponível em: http://autodiscoverredirect.inmetro.gov.br/laboratorios/rble/docs/CRL_1153.pdf

3.1.6 AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

A coleta de amostras de água para consumo humano realizadas pelo Grupo EPA seguiu os procedimentos descritos no **"Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras"** da ANA (2011), que estão alinhados com a Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (MS, 2016). Sempre que viável, as amostras foram coletadas em pontos na entrada da rede residencial, antes do contato com sistemas de reservação da residência. Dessa forma, os procedimentos utilizados aderem às normas brasileiras relacionadas a coleta de amostras de água para consumo humano. Adicionalmente, o Grupo EPA possui acreditação da CGRE para esse tipo de procedimento, conforme escopo de acreditação CRL 1153.

A Ambios não referencia técnicas de coleta de amostra de normas nacionais ou internacionais. Entretanto, o procedimento descrito nos planos de amostragem de Mariana e Barra Longa no Relatório Ambios indica que a técnica utilizada adere ao estabelecido nas normas nacionais de coleta de amostras de água para consumo humano.

Conclusão: os procedimentos de coleta das amostras de água para consumo humano de ambas as empresas foram validados.

3.1.7 AMOSTRAGEM DE POEIRA DOMICILIAR

O Brasil não possui normativa específica de amostragem de poeira domiciliar. Desta maneira, ao avaliar os procedimentos de coleta de amostras desta matriz, este documento utiliza a normativa definida pela *American Society for Testing and Materials International* (ASTM International) em seu procedimento D7144.

Ambos os relatórios (Ambios e Grupo EPA) descrevem que as coletas das amostras de poeira domiciliar seguem o procedimento descrito por Silva (1996). Este procedimento não é uma normativa brasileira e não adere ao descrito pela ASTM International.

Apesar do Relatório Grupo EPA mencionar Silva (1996), o procedimento descrito para a coleta das amostras de poeira adere ao descrito no procedimento da ASTM International e não adere ao procedimento descrito por Silva (1996): (1) foram feitas coletas em diferentes locais da residência amostrada, com o objetivo de obter uma amostra representativa da poeira presente na residência; (2) o equipamento utilizado para a coleta foi um micro-aspirador de pó com filtro, que foi trocado a cada residência amostrada; (3) a poeira coletada foi transferida diretamente para o frasco fornecido pelo laboratório, após confirmação da massa mínima para análise química (2 gramas).

O procedimento descrito no Relatório Ambios não adere ao procedimento da ASTM International e, também, não adere ao procedimento descrito por Silva (1996). A Ambios não descreve como foi utilizado o filtro de amostragem mencionado nos Planos de Amostragem de Mariana e Barra Longa. Adicionalmente, a Ambios menciona fazer a transferência da poeira coletada para **sacos plásticos com vedação do tipo “zip-loc”, o que não adere aos procedimentos** mencionados. Além disso, as referências de normativas internacionais de coleta de amostras de poeira domiciliar não mencionam a utilização de pincéis e folha A4 para esse tipo de coleta. Destaca-se também que, em algumas localidades, a Ambios realizou amostras de poeira em edificações desocupadas.

Conclusão: os procedimentos de coleta das amostras de poeira do Grupo EPA foram validados; os procedimentos de coleta das amostras de poeira da Ambios foram validados com ressalvas.

3.1.8 AMOSTRAGEM DE LEITE

A coleta de amostras de leite realizada pelo Grupo EPA foi feita junto aos produtores de leite das regiões estudadas, tendo sido coletadas, em grande maioria, amostras de leite compostas da ordenha de diversas vacas existentes nas propriedades. Após a coleta, as amostras de leite foram encaminhadas para a unidade do laboratório mais próxima da região de amostragem, garantindo-se que as amostras tenham sido entregues no laboratório, para posterior congelamento em até 12 horas do momento da coleta. Os procedimentos utilizados aderem ao **“Manual de Procedimentos para Laboratórios – Área de microbiologia e físico-química de produtos de origem animal” do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) de 2017.**

A coleta de amostras da Ambios seguiu os mesmos procedimentos que foram utilizados pelo Grupo EPA e, portanto, adere ao procedimento de coleta do MAPA. Entretanto, não foi especificado o tempo entre a coleta das amostras e o congelamento das mesmas, não garantindo que este procedimento foi realizado em até 12 horas (requisito do manual MAPA).

Conclusão: os procedimentos de coleta das amostras de leite do Grupo EPA foram validados; os procedimentos de coleta das amostras de leite da Ambios foram validados com ressalvas.

3.1.9 AMOSTRAGEM DE OVOS

A coleta de amostras de ovos realizada pelo Grupo EPA e pela Ambios foram feitas juntos aos produtores locais e seguiram procedimentos semelhantes e **aderentes ao “Manual de Procedimentos para Laboratórios – Área de microbiologia**

e físico-química de produtos de origem animal” do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) de 2017.

Conclusão: os procedimentos de coleta das amostras de ovo de ambas as empresas foram validados.

3.1.10 AMOSTRAGEM DE VEGETAIS, TUBÉRCULOS, HORTALIÇAS E FRUTAS

Não existem procedimentos nacionais e internacionais padrões para a coleta de amostras de vegetais, tubérculos, hortaliças e frutas. De modo geral, o Grupo EPA e a Ambios utilizaram procedimentos de coleta semelhantes, garantindo que as amostras coletadas fossem encaminhadas ao laboratório de análise no menor período de tempo possível.

Conclusão: os procedimentos de coleta das amostras de alimentos de origem vegetal de ambas as empresas foram validados.

3.1.11 CONTROLE DE QUALIDADE DE AMOSTRAGEM

O Relatório Ambios não faz menção de terem sido executadas coletas de amostras de brancos como procedimento de controle de qualidade da amostragem (brancos de campo, brancos de amostragem e brancos de temperatura). Os Planos de Amostragem de Mariana e Barra Longa (Anexos 4 e 5 do Relatório Ambios) citam a realização de coleta de amostras duplicatas para todas as matrizes amostradas. Entretanto, não foram apresentados os resultados analíticos dessas amostras nos Anexos 6 e 7 do Relatório Ambios, que apresentam os laudos laboratoriais das campanhas de amostragem executadas em Mariana e Barra Longa, respectivamente. Dessa forma, a Ambios não apresenta procedimentos adequados de controle de qualidade da amostragem executada.

O Relatório do Grupo EPA reporta a coleta de amostras duplicatas, brancos de campo e brancos de equipamento. Os laudos analíticos das amostras duplicatas e brancos coletados pelo Grupo EPA são devidamente apresentados no Anexo V do relatório. Adicionalmente, tanto o relatório do Grupo EPA quanto o Relatório Tecnológico apresentam a discussão dos resultados analíticos das amostras duplicatas e brancos, trazendo informações relevantes e transparentes para avaliação da qualidade dos procedimentos de amostragem.

O Relatório do Grupo EPA traz uma seção dedicada para discutir a qualidade dos dados, a partir dos resultados de duplicatas e brancos. Considerando que as amostras duplicatas são usadas para medir a precisão e repetitividade dos procedimentos de coleta, a análise realizada para este parecer técnico indica que 72,54% das amostras duplicatas coletadas para esse relatório apresentaram

variação superior a 20% para pelo menos um parâmetro de interesse. Isso indica que os resultados analíticos devem ser avaliados com cautela devido à alta variação. Já as amostras de branco de campo e equipamento são usadas para verificar contaminação ambiental que pode ocorrer durante o procedimento de coleta. Todos os brancos coletados para o Relatório do Grupo EPA tiveram resultados analíticos não detectados.

Adicionalmente, alguns parâmetros precisam ser medidos em campo para garantir que o meio está em suas condições normais e, portanto, as amostragens são representativas, como explicitado nos procedimentos de coleta do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras, de 2011. Os certificados de calibração garantem que instrumentos utilizados no campo estão em seu pleno funcionamento e acusando valores condizentes com a realidade. O Relatório Ambios não menciona em seus procedimentos de coleta a medição de parâmetros de campo e não apresentou certificados de calibração para equipamentos destinados a este fim. O Relatório EPA apresenta as medições de campo e apresentou certificados de calibração de medidor multiparâmetro Hanna para temperatura, condutividade, pH, oxigênio dissolvido e potencial de oxi-redução.

Conclusão: os procedimentos de controle de qualidade de amostragem do Grupo EPA foram validados; não foram apresentados procedimentos de controle de qualidade de amostragem no Relatório Ambios.

3.1.12 CONCLUSÃO DA ETAPA

Os dados do Relatório Ambios não foram utilizados nesse documento para avaliação da distribuição espacial dos resultados, uma vez que a notação das coordenadas dos pontos de coleta apresentadas não permite o georreferenciamento. Entende-se que esta informação é de extrema importância, porém os resultados das amostras coletadas pela Ambios não foram descartados com base nesta informação, sendo utilizados em todas as etapas seguintes desta análise que não exigem a localização espacial. As informações fornecidas pelo Grupo EPA permitem o georreferenciamento dos pontos de coleta e, por isso, foram utilizadas de forma integral. Desta maneira, devido à incerteza da localização das amostras, as AA 1, 17, 18 e 19 não seguem para as análises subsequentes.

Considerou-se que os procedimentos de coleta de amostras utilizados tanto pela Ambios quanto pelo Grupo EPA aderem, em sua maioria, às normas nacionais e internacionais pertinentes. Além disso, os procedimentos utilizados por ambas as empresas são semelhantes, diferindo apenas a nível de equipamentos utilizados, na maioria das matrizes. As exceções de validação dos procedimentos

de coleta se referem as amostras de poeira e leite coletadas pela Ambios, as quais foram validadas com ressalvas.

A Ambios não apresenta procedimentos adequados de controle de qualidade da amostragem executada, enquanto tais informações são apresentadas pelo Grupo EPA. Os resultados de ambas campanhas de amostragem serão analisados com as devidas ressalvas relativas à precisão dos resultados.

3.2 PROCEDIMENTOS DE PRESERVAÇÃO E ENVIO DE AMOSTRAS

A coleta de dados e os procedimentos de análise devem ser precisamente documentados para subsidiar a análise da amostra, conclusões derivadas dos dados e a confiabilidade dos dados analíticos reportados. Essa documentação pode ser usada para avaliar completude, comparabilidade, representatividade, precisão e exatidão de dados analíticos (US EPA, 1991). Essa documentação inclui cadeias de custódia, que são documentos que referenciam a habilidade de garantir a identidade e integridade da amostra desde o ponto de coleta até a produção dos relatórios finais.

O Relatório Ambios apresentou tais documentos apenas para as matrizes de alimento (leite, ovos, frutas e tubérculos). As cadeias de custódia do Relatório EPA foram apresentadas em suas versões digitalizadas, e possuem registro de recebimento pelo laboratório através de e-mail. Considera-se que esse procedimento não é o ideal para garantir a integridade da amostra, e recomenda-se que o processo envolva a apresentação física dos documentos mencionados.

Apesar de ambos relatórios não apresentarem cadeias de custódia ou apresentarem cadeias de custódia incompletas, optou-se por não descartar as amostras coletadas pelas empresas, uma vez que os laboratórios utilizados para as análises laboratoriais possuem acreditação junto ao Inmetro (conforme descrito na Seção 3.3). Dessa forma, entende-se que as amostras recebidas pelos laboratórios foram devidamente validadas de acordo com os requisitos dos seus escopos de acreditação.

Entretanto, reconhece-se a importância da cadeia de custódia como um documento que garante a qualidade dos procedimentos de preservação e envio das amostras coletadas e, portanto, irá avaliar os dados com as devidas ressalvas relacionadas à falta dessa documentação, quando necessário.

3.3 LABORATÓRIOS

A Tabela 3-3 apresenta os laboratórios utilizados pelas empresas para as análises laboratoriais das amostras coletadas.

Tabela 3-3: Laboratórios utilizados.

Compartimento	Ambios	Tecnohidro
Água	Ecosystem Análises Ambientais	Bioagri Ambiental
Alimentos vegetais	Tommasi Ambiental	Bioagri Ambiental
Alimentos de origem animal (Leite e Ovos)	Tommasi Ambiental	Bioagri Ambiental
Poeira	Ecosystem Análises Ambientais	Bioagri Ambiental
Solo e sedimento	Ecosystem Análises Ambientais ⁴	Bioagri Ambiental

Os laboratórios Ecosystem Análises Ambientais (Ecosystem) e Bioagri Ambiental (Bioagri) possuem escopos de acreditação conforme os requisitos do Inmetro e da norma brasileira ABNT NBR ISO/IEC 17.025:2017 para todos os compartimentos ambientais amostrados e todos os compostos químicos analisados.

O laboratório Tommasi Ambiental (Tommasi), de acordo com a acreditação CRL 0442⁵, não possui em seu escopo a acreditação para a análise de metais em amostras de leite e ovo. Contudo, este laboratório possui escopo de acreditação (conforme Inmetro e ABNT NBR ISO/IEC 17.025:2017) para as demais análises realizadas em alimentos vegetais.

Desta maneira, os resultados das amostras de leite e ovo coletadas pela Ambios e analisadas pelo laboratório Tommasi não são válidos e não serão consideradas neste parecer técnico. Os demais compartimentos analisados pelo laboratório Tommasi e as análises realizadas pelos laboratórios Ecosystem e Bioagri são considerados válidos em termos de acreditação laboratorial.

3.4 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

Para validação dos dados a partir de procedimentos laboratoriais, foram avaliados: *holding time* e limites de quantificação.

Avaliar o *holding time* das amostras significa avaliar por quanto tempo elas ficaram armazenadas antes da análise acontecer e, portanto, se elas ainda são

⁴ Uma (1) amostra de solo superficial de Barra Longa foi analisada pelo laboratório Tommasi Ambiental.

⁵ Disponível no website da Tommasi: <http://tommasiambiental.com.br/wp-content/uploads/2018/11/1-Abriir-Escopo-CRL-0442.pdf>. Acessado em Outubro de 2019.

representativas do meio de onde vieram (USEPA, 1991). O *holding time* varia dependendo do procedimento de campo, da metodologia de análise e da conservação da amostra. Para avaliar *holding time* das amostragens dos Relatório Ambios e Relatório EPA, foi considerado um valor máximo de 180 dias para metais e 90 dias para Mercúrio (*Code of Federal Regulations*, 2018). Nenhuma amostra excedeu esse período, sendo que todas as amostras do Relatório EPA ficaram abaixo dos 65 dias e todas as amostras do Relatório Ambios ficaram abaixo dos 41 dias.

Os limites de quantificação utilizados pelos laboratórios precisam ser avaliados para garantir que esses estão abaixo dos limites regulatórios para cada composto dentro da legislação vigente. Ao realizar-se esta avaliação, verificou-se que os limites de detecção de alguns compostos analisados em determinadas matrizes estão acima dos valores regulamentadores aplicáveis.

No Relatório do Grupo EPA, os compostos arsênio, chumbo, cromo e selênio nas matrizes ovo e tubérculos estavam com os limites de quantificação acima dos valores de referência utilizados. O mesmo ocorreu na análise desses compostos, com adição de cádmionas coletas de leite, hortaliças e frutas. Para sedimento, ocorreu com bário e selênio.

Já no Relatório da Ambios, os compostos chumbo e mercúrio tiveram seus limites de quantificação mais altos que os valores de referência para frutas, hortaliças e tubérculos.

A identificação desses problemas é especialmente relevante, pois todos esses casos, com exceção de bário no sedimento, tiveram resultados não-detectados, o que não traz a certeza de que estes compostos estão abaixo do valor de referência legal. Dessa forma, os resultados reportados como não-detectados para esses compostos nas matrizes citadas acima deverão ser confirmados através de complementação da amostragem, garantindo-se que os limites de quantificação são adequados.

Considera-se que os procedimentos laboratoriais analisados foram suficientes para a validação dos dados das matrizes e compostos que não foram destacados acima. Além disso, consideram-se válidos os resultados com detecção para tais compostos em destaque.

3.5 CONCLUSÃO DA ETAPA

Tabela 3-4: Conclusão da etapa de validação dos dados.

	Avaliação US EPA	Seção do relatório	Ambios	Tecnohidro
Pontos de coleta	Crítico	3.1.1	Não validado	Validado
Procedimentos de coleta	Crítico	3.1.2 a 3.1.10	Validado com ressalvas: poeira e leite Validado: demais matrizes	Validado
Controle de qualidade da amostragem	Alto	3.1.11	Não validado	Validado
Preservação e envio das amostras	Crítico	3.2	Validado com ressalvas	Validado com ressalvas
Laboratório	Crítico	3.3	Não validado: matriz leite e ovo Validado: demais matrizes	Validado
Procedimentos laboratoriais	Crítico	3.4	Validado com ressalvas: alimentos Validado: demais matrizes	Validado com ressalvas: alimentos e sedimento Validado: demais matrizes

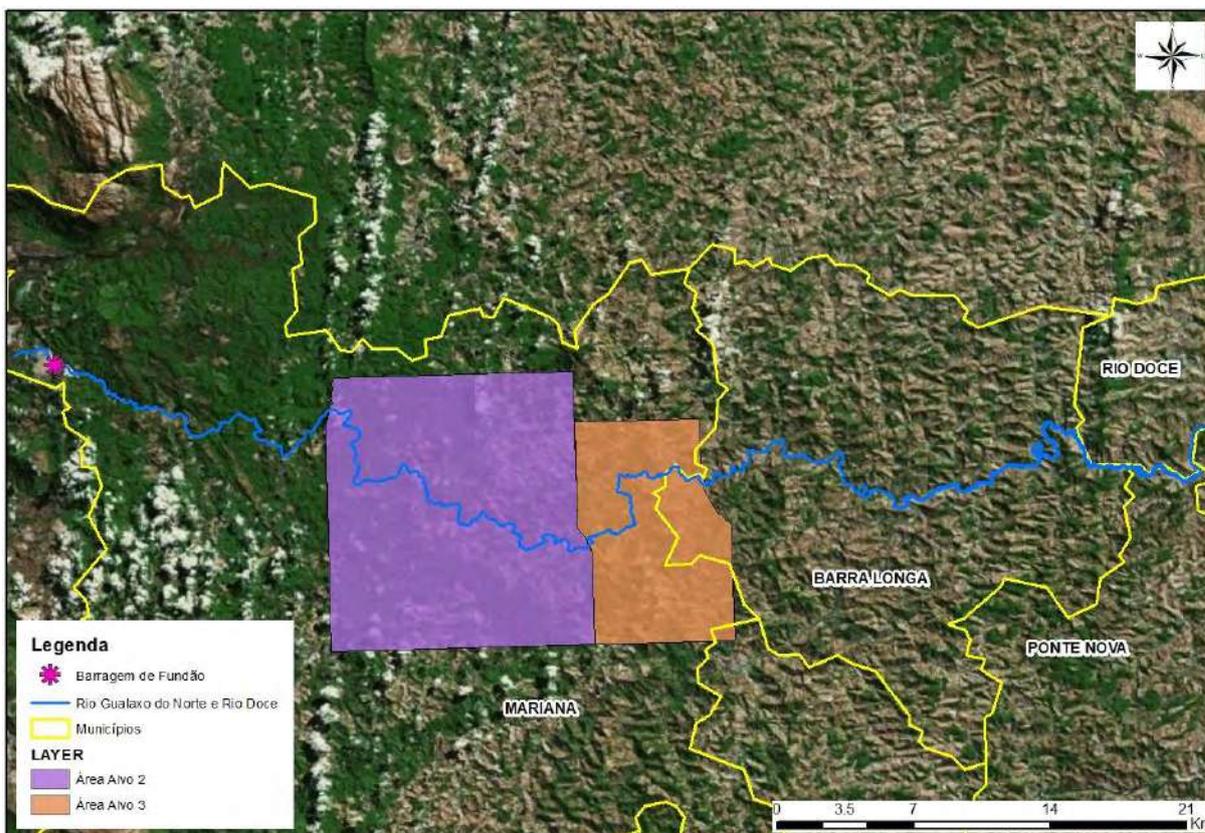
Desta maneira, partindo do conjunto inicial de dados disponibilizados pelas empresas (Figura 2-1), a Tabela 3-5, a seguir, identifica para cada área alvo quais matrizes foram validadas. A Figura 3-1 apresenta a localização das AA no mapa.

Tabela 3-5: Conjunto de dados utilizados.

Compartimento	AA 1	AA 2*	AA 3*	AA 17	AA 18	AA 19
Sedimento	Ambios	<i>Ambios</i>	<i>Ambios</i>	Ambios	Ambios	Ambios
	Tecnohidro	<i>Tecnohidro</i>	<i>Tecnohidro</i>	Tecnohidro		
Água superficial	Ambios	<i>Ambios</i>	<i>Ambios</i>	Ambios	Ambios	Ambios
	Tecnohidro	<i>Tecnohidro</i>	<i>Tecnohidro</i>			
Água para consumo humano		<i>Ambios</i>	<i>Ambios</i>	Ambios	Ambios	Ambios
	Tecnohidro	<i>Tecnohidro</i>	<i>Tecnohidro</i>			
Solo	Ambios	<i>Ambios</i>	<i>Ambios</i>	Ambios	Ambios	Ambios
	Tecnohidro	<i>Tecnohidro</i>	<i>Tecnohidro</i>			
Poeira	Ambios	<i>Ambios</i>	<i>Ambios</i>	Ambios	Ambios	Ambios
	Tecnohidro	<i>Tecnohidro</i>	<i>Tecnohidro</i>			
Alimentos vegetais	Ambios	<i>Ambios</i>	<i>Ambios</i>	Ambios	Ambios	Ambios
	Tecnohidro	<i>Tecnohidro</i>	<i>Tecnohidro</i>			
Alimentos de origem animal		Ambios	Ambios	Ambios	Ambios	Ambios
	Tecnohidro	<i>Tecnohidro</i>	<i>Tecnohidro</i>			

*Conjunto de dados *utilizados* destacados em *verde e itálico*.

Figura 3-1: AA que serão avaliadas no restante do documento.



4 COMPARABILIDADE DOS DADOS VALIDADOS

De acordo com a US EPA, a comparabilidade expressa a confiança com a qual os dados são considerados equivalentes quando se utilizam conjuntos de dados coletados por equipes diferentes e analisados por laboratórios diferentes (US EPA, 1991, p. 33). Objetivando combinar os conjuntos de dados utilizados pelas empresas Ambios e Tecnohidro, foram analisados os parâmetros de comparabilidade sugeridos pela US EPA, conforme descrito a seguir.

4.1 DESIGN DE AMOSTRAGEM

A Ambios e a Tecnohidro realizaram amostragens com design semelhantes, sendo ambas as malhas amostrais definidas com viés, isto é, baseadas no conhecimento das características ou condições sob investigação e no julgamento profissional.

O *Guidance on Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection* (guia para escolha de design amostral para coleta de dados ambientais), publicado em 2002 pela US EPA, diz que designs amostrais com viés podem ser utilizados em conjunto com outros designs amostrais, visando produzir um conjunto de dados robusto para a tomada de decisões. Ainda de acordo com este documento, outros designs amostrais podem ser usados em conjunto com a amostragem com viés quando os critérios de escolha dos pontos com viés são excedidos. Isso ocorre quando a área de abrangência dos compostos de interesse não é claramente definida através da amostragem com viés e, sendo necessária a realização de uma investigação mais aprofundada, esta pode ser realizada com outros critérios de design amostral. Dependendo da quantidade de informações históricas disponíveis e da quantidade de informações obtidas na fase de amostragem com viés, as fases de investigação complementar podem envolver qualquer um dos modelos de amostragem estatística descritos no guia.

Em vista disto, entende-se que – em termos de design amostral – os conjuntos de dados podem ser utilizados de maneira agregada, desde que feitas as devidas ressalvas relacionadas a análise estatística de dados coletados com viés (US EPA, 1991).

Tendo em vista a segmentação das áreas de estudo nos municípios de Mariana e Barra Longa (Seção 2.1) e as conclusões da etapa de validação de dados (Seção 3), na Seção 0 a seguir é apresentada a análise estatística dos conjuntos de dados utilizados pelo Relatório Ambios e Tecnohidro. Cabe ressaltar que as análises subsequentes são focadas nos dados disponíveis para as áreas alvo 2 e 3.

4.2 TEMPORALIDADE

A Ambios e a Tecnohidro realizaram amostragens em momentos diferentes. A Ambios realizou a campanha de amostragem entre 3 de agosto e 23 de outubro de 2018; enquanto as amostras utilizadas pela Tecnohidro foram coletadas em sua maior parte entre 30 de outubro e 30 de novembro de 2018. Algumas amostras de leite e ovos utilizadas pela Tecnohidro tiveram que ser reamostradas, sendo a reamostragem feita entre 17 e 19 janeiro de 2019.

Segundo o Inmet⁶, em Minas Gerais, **durante o ano de 2018, "a transição da estação seca para a chuvosa ocorreu no decorrer do mês de outubro com a persistência das chuvas no Centro-Sul e Oeste. (...) No início de novembro, todo o Estado já estava com o período chuvoso estabelecido". Assim**, podemos concluir que os conjuntos de amostras não foram coletados sob as mesmas condições meteorológicas.

Conforme descrito no Guia Nacional de Coletas e Preservação da ANA (2011), o período chuvoso impacta a coleta de amostras de água bruta e sedimento, pois **"em rios, ocorre deposição de sedimentos finos no período da seca e lavagem desse material nas chuvas"**. Segundo a Embrapa, a chuva também pode impactar os resultados das amostras de solo e água subterrânea, devido a possível lixiviação. Não foi possível localizar informações sobre o impacto do período chuvoso em amostras de alimentos e poeira domiciliar.

Desta maneira, entende-se que – em termos de temporalidade – os conjuntos de dados de alimentos e poeira domiciliar podem ser utilizados de maneira agregada; porém, os conjuntos de dados de água, solo e sedimento só podem ser utilizados com as devidas ressalvas relacionadas ao período chuvoso.

4.3 FILTRAÇÃO E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

Entende-se que, em termos de filtração, os conjuntos de dados podem ser utilizados conjuntamente, desde que sejam indicados quais resultados provêm de amostras filtradas e quais provêm de amostras não filtradas. A Ambios não realizou filtração em campo para a coleta de amostras de água superficial, subterrânea e de consumo humano. Por outro lado, a Tecnohidro realizou a filtração em campo das amostras desses compartimentos ambientais. Dessa forma, a interpretação dos dados levará em conta a diferença entre as amostras que foram filtradas (cujos resultados foram classificados como "dissolvidos") e não filtradas (cujos resultados foram classificados como "totais").

⁶ Informações disponíveis no website do Inmet: <http://www.inmet.gov.br/portal/notas_tecnicas/2018/DEZEMBRO/boletim_5dis_201811_30.pdf>. Acesso em: 25 de setembro de 2019.

Em termos de preservação das amostras, conforme indicado na subseção 3.2, concluiu-se que as amostras recebidas pelos laboratórios foram devidamente validadas em termos de procedimentos de preservação durante transporte, em função dos requisitos dos escopos de acreditação dos laboratórios utilizados.

4.4 LABORATÓRIOS, METODOLOGIAS DE ANÁLISE E LIMITES DE QUANTIFICAÇÃO

A Ambios e a Tecnohidro utilizaram laboratórios diferentes para as análises químicas de suas amostras, conforme descrito na subseção 3.3 deste documento. A Tabela 4-1, a seguir, apresenta os métodos de análise utilizados por estes laboratórios⁷.

Tabela 4-1: Métodos analíticos utilizados pelos laboratórios.

Compartimento	Ambios		Tecnohidro
	Ecosystem	Tommasi	Bioagri
Água	EPA 200.7	-	Metais: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B Arsênio: POP PA.235 - Rev.00
Vegetais	-	POP-FQ-081 Rev. 07	Metais: POP PA 035 - Rev. 07 Especiação Arsênio: POP PA.234 - Rev.00 Mercúrio: POP PA 037 - Rev. 06
Fruta	-	POP-FQ-081 Rev. 07	Metais: POP PA 035 - Rev. 07 Arsênio: POP PA.235 - Rev.00 Mercúrio: POP PA 037 - Rev. 06
Leite	-	-*	Metais: POP PA 035 - Rev. 07 Especiação Arsênio: POP PA.235 - Rev.00 Mercúrio: POP PA 037 - Rev. 06
Ovos	-	-*	Metais: POP PA 035 - Rev. 07 Especiação Arsênio: POP PA.235 - Rev.00 Mercúrio: POP PA 037 - Rev. 06
Poeira	EPA 200.7	-	Metais: EPA 6010 D: 2014 Especiação Arsênio: POP PA.234 - Rev.00 Mercúrio: EPA 245.7: 2005
Solo e sedimento	EPA 200.7 ⁸ Nitrogênio total: SMEWW 4500-NH3 B/F ⁹	-	Metais: EPA 6010 D: 2014 Especiação Arsênio: POP PA.234 - Rev.00 Mercúrio: EPA 245.7: 2005

*As amostras de leite e ovo analisadas pela Tommasi foram desconsideradas nesta avaliação, conforme exposto na subseção 3.3 deste documento.

⁷ Apresenta-se nesta tabela apenas os métodos analíticos para as matrizes que os laboratórios possuem escopo de acreditação para os compostos analisados.

⁸ Resultados de Fósforo e Potássio total são apresentados nos laudos analíticos do Relatório Ambios (Anexo 6), porém, não são apresentados e discutidos no relatório.

⁹ Resultados de Nitrogênio Total em amostras de solo são apresentados nos laudos analíticos do Relatório Ambios (Anexo 6), porém, não são apresentados e discutidos no relatório.

A avaliação dos métodos analíticos utilizados pelos laboratórios permite concluir que os métodos aplicados são comparáveis, havendo apenas uma diferença dos limites de detecção de cada laboratório (ver subseção 3.3).

4.5 COMPOSTOS ANALISADOS

Estudo da Golder (2017a) indica que metais são os principais compostos de interesse potenciais para as áreas de estudo e, portanto, as campanhas de amostragem a serem realizadas com objetivo de fornecer resultados para estudos de ARSH devem permitir a caracterização adequada da ocorrência de metais nas áreas estudadas.

Considera-se que a representatividade de compostos analisados está garantida para o conjunto de dados da Tecnohidro, uma vez que considera todos os metais disponíveis na Deliberação Normativa COPAM nº 166 de 2011. A Ambios analisa uma lista de metais menor do que a existente nessa deliberação, porém, todos os metais analisados pela Ambios são contemplados na deliberação e pela amostragem da Tecnohidro.

Entretanto, considerando a gama de metais identificados pela Golder (2017a) em solo afetado e em solo não afetado pelo rejeito, não se considera a lista de compostos analisados pela Ambios representativa dos possíveis compostos de interesse nas áreas em estudo.

Desta maneira, considera-se que apenas as áreas de estudo que possuem o conjunto de amostras utilizadas por ambos os Relatórios Ambios e Tecnohidro possuem representatividade para os compostos de interesse potenciais.

4.6 ESTATÍSTICA

A estimativa de concentrações de exposição específicas do meio é um componente importante de qualquer ARSH que objetiva a quantificação do risco. Estas estimativas são frequentemente iniciadas por uma análise exploratória dos dados disponíveis, incluindo a revisão de sumários estatísticos, assim como uma comparação de dados coletados em várias áreas por equipes de amostragem diferentes. Combinar conjuntos de dados é desejável, pois conjuntos de dados maiores tendem a produzir estimativas de concentrações de exposição mais confiáveis. Estas combinações, no entanto, são dependentes da similaridade estatística dos subconjuntos originais. Portanto, questões exploratórias importantes incluem:

- Os dados coletados por equipes de amostragem diferentes são estatisticamente similares? Se sim, os subconjuntos podem ser combinados para formar conjuntos maiores de dados;

- Os dados coletados em áreas diferentes/adjacentes são estatisticamente similares? Se sim, os dados das áreas podem ser combinados para formar conjuntos maiores de dados.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) desenvolveu ferramentas estatísticas específicas para a análise de dados ambientais, incluindo o software ProUCL (EPA 2015). ProUCL é um programa baseado em Excel que é designado para a análise de conjuntos de dados ambientais com e sem não-deteções. Foi desenvolvido para calcular concentrações basais, limiares defensíveis e concentrações em pontos de exposição. No entanto, foi expandido para realizar outras análises estatísticas e técnicas incluindo, mas não limitadas a: análise exploratória, análise comparativa, análise de correlação e estimativa de tamanho da malha amostral. Procedimentos similares são fornecidos em softwares estatísticos mais avançados, como o SPSS¹⁰. A base de dados desse software pode analisar estatisticamente grandes números de conjuntos de dados simultaneamente. Para essa análise foi utilizado o software SPSS.

A lista de compostos avaliada nessa análise exploratória seguiu a lista de compostos analisada no Relatório Tecnohidro, uma vez que essa é uma lista mais abrangente e contempla os metais analisados pelo Relatório Ambios. Nesta análise exploratória, os dados investigados incluem concentrações medidas de 22 analitos (alumínio, antimônio, arsênio, arsênio III, arsênio V, arsênio III+V, bário, boro, cádmio, cromo, cobalto, cobre, ferro, chumbo, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, selênio, prata, vanádio e zinco) em 7 matrizes diferentes (solo, sedimento, poeira, água superficial, água potável, água subterrânea (nascentes) e alimentos). Apesar de terem sido analisados tipos diferentes de alimentos, todos foram analisados em conjunto, considerando que um mesmo local produz mais do que um tipo de alimento. Existem 3 analitos adicionais que são investigados apenas em alimentos: arsenobetaína, dimetil arsênio e monometil arsênio. Amostras de água subterrânea se referem a amostras de água obtidas de pontos alimentados por poços subterrâneos ou nascentes próximas, sendo que as amostras de água subterrânea avaliadas no Relatório Tecnohidro são todas provenientes de nascentes.

Como mencionado anteriormente, na seção 2.1, o Relatório Tecnohidro dividiu o local de estudo em áreas alvo. Com base na conclusão da etapa de validação de dados (Seção 3), todos os dados avaliados nessa etapa estão localizados nas AA 2 e 3, e foram coletados tanto pela Ambios quanto pelo Grupo EPA.

¹⁰ Disponível em: <https://www.ibm.com/analytics/spss-statistics-software>

Questões específicas a considerar incluem:

- Os dados coletados pelas duas empresas podem ser combinados? Essa combinação é aceitável se as concentrações relatadas da maioria dos analitos pelas duas empresas no compartimento ambiental de interesse exibirem similaridade estatística;
- Os dados coletados nas AA 2 e 3 podem ser combinados? Essa combinação é aceitável se as concentrações relatadas da maioria dos analitos nas duas áreas alvo dentro do compartimento ambiental de interesse exibirem similaridade estatística.

Consistente com os procedimentos recomendados pela US EPA (2006, 2015), a diferença estatística entre dois conjuntos de dados é avaliada com base em testes paramétricos e não paramétricos, incluindo teste t de duas amostras e teste U de Mann-Whitney, respectivamente. Testes paramétricos são métodos estatísticos nos quais se supõe que a distribuição do constituinte na população seja conhecida como sendo distribuição normal, log-normal ou gama. Já os testes não paramétricos se referem a técnicas estatísticas nas quais a distribuição do constituinte na população é desconhecida e não está restrita a ter uma forma especificada. Ambos os testes geram seus próprios valores-p que correspondem à probabilidade de que a diferença entre os dois conjuntos de dados possa ser atribuída ao acaso. Em ambos os casos, se o valor-p for menor que 0,05, a diferença entre os dois conjuntos de dados é considerada significativa, ou seja, a probabilidade de a diferença ser causada por aleatoriedade é muito pequena.

Os resultados das análises exploratórias dos conjuntos de dados gerados pela Ambios e pelo Grupo EPA, incluindo estatísticas sumárias, bem como testes paramétricos e não paramétricos de duas amostras (variáveis) são fornecidos no Anexo 3, nas Tabelas 1, 2 e 3. Esses resultados indicam que os dados da Ambios e do Grupo EPA são dominados por concentrações de analitos estatisticamente diferentes em todos os meios investigados. Tais resultados impedem a combinação dos conjuntos de dados gerados por essas duas empresas. Tendo em vista o discutido nas Seções 3.1 e 3.1.11 sobre, respectivamente, as incertezas para o georreferenciamento e confirmação dos pontos de coleta, e ausência de procedimentos de controle de qualidade da amostragem no Relatório Ambios, o conjunto de dados da Ambios não foi considerado nas análises estatísticas subsequentes.

Os resultados associados às análises exploratórias dos conjuntos de dados do Grupo EPA nas Áreas Alvo 2 e 3, incluindo estatísticas sumárias, bem como testes paramétricos e não paramétricos de duas amostras são fornecidos no Anexo 3, nas Tabelas 4, 5 e 6. Esses resultados indicam que a combinação das Áreas Alvo 2 e 3 do Grupo EPA é recomendada para todos os compartimentos ambientais investigados - uma vez que nenhum ou apenas uma minoria de analitos exibe

diferenças estatisticamente significativas entre as duas áreas. Adicionalmente às evidências estatísticas de possibilidade de se unir as AA 2 e 3 para algumas matrizes, as semelhanças físicas e proximidade entre ambas as áreas permitem que esse agrupamento ocorra.

4.7 CONCLUSÃO DA ETAPA

Tabela 4-2: Conclusão da etapa de comparabilidade dos conjuntos amostrais.

	Avaliação EPA	Seção do relatório	Comparabilidade
Design de amostragem	Requisito mínimo	4.1	Sim
Temporalidade	Não é requisito mínimo	4.2	Não
Filtração e preservação das amostras	Requisito mínimo	4.3	Sim
Laboratórios, metodologias de análise e limites de detecção	Requisito mínimo	4.4	Sim
Compostos analisados	Não é requisito mínimo	4.5	Não
Estatística	Requisito mínimo	0	Não

5 SUFICIÊNCIA DOS DADOS VALIDADOS

Conforme a US EPA (1991), em estudos de ARSH, a representatividade ou a suficiência dos dados reflete o nível de precisão com o qual o conjunto de dados ambientais é capaz de caracterizar as concentrações de compostos de interesse que ocorrem na área de estudo. Tendo em vista as incertezas sobre o georreferenciamento e confirmação dos pontos de coleta da Ambios (Seções 3.1), a ausência de procedimentos de controle de qualidade da amostragem no Relatório Ambios (Seção 3.1.11), as diferenças nos compostos analisados (Seção 4.5) e a não comparabilidade dos conjuntos amostrais (Seção 0), o conjunto de dados da Ambios não foi considerado nas análises geoestatísticas.

A suficiência dos dados validados foi avaliada utilizando métodos estatísticos e geoestatísticos. Esses métodos foram utilizados para avaliar se a quantidade de dados disponíveis (estatística) e a distribuição desses dados (geoestatística, quando aplicável) é suficiente para caracterizar adequadamente os riscos potenciais existentes nas áreas de estudo.

5.1 DETERMINAÇÃO ESTATÍSTICA DA MALHA AMOSTRAL

Em muitos casos, são realizadas amostragens para estimar concentrações confiáveis de pontos de exposição para comparação com limites regulatórios fixos. Para tais objetivos de amostragem, o tamanho adequado da amostra pode ser determinado com base na seguinte fórmula paramétrica (Visual Sample Plan ou VSP 7.12, <https://vsp.pnnl.gov/>):

$$n = \frac{S^2}{\Delta^2} (Z_{1-\alpha} + Z_{1-\beta})^2 + 0.5Z_{1-\alpha}^2$$

Onde:

- n é o número de amostras;
- S é o desvio padrão estimado dos valores medidos, incluindo erros analíticos;
- Δ é a resolução de detecção desejada, ou seja, a diferença entre o limite regulatório fixo e a média representativa de uma população não-exposta;
- α é a probabilidade aceitável ou tolerável de concluir incorretamente que a média é menor que o limite regulatório (Erro Tipo I);
- β é a probabilidade aceitável ou tolerável de concluir incorretamente que a média excede o limite regulatório (Erro Tipo II);
- $Z_{1-\alpha}$ é o valor da distribuição normal padrão tal que a proporção da distribuição menor que $Z_{1-\alpha}$ é $1-\alpha$;
- $Z_{1-\beta}$ é o valor da distribuição normal padrão tal que a proporção da distribuição menor que $Z_{1-\beta}$ é $1-\beta$.

Os parâmetros principais de design de amostragem incluem α , β e Δ , o qual é frequentemente uma fração do desvio padrão ou S . Por exemplo, para um Δ igual à metade de S , a variação de malhas amostrais adequadas é tal qual exibida na Tabela 5-1.

Tabela 5-1: Malha amostral adequada.

		Erro Tolerável Tipo I				
		0.2	0.1	0.05	0.01	0.001
Erro Tolerável Tipo II	0.3	8	14	21	36	58
	0.2	12	19	27	43	67
	0.1	19	28	36	55	82
	0.05	26	36	45	66	95
	0.01	41	53	65	90	123
	0.001	63	78	92	121	158

Nesta análise, a fórmula acima é aplicada aos compartimentos ambientais mais adequados para amostragem sistemática ou aleatória. Isso inclui sedimento, água superficial, água para consumo humano e alimentos. Para esse fim, os dados disponíveis são analisados para identificar compostos indicadores, específicos do meio. O composto indicador para cada meio é o composto com o maior número de amostras em excedência ao valor de referência, e a menor razão entre o limite regulatório e o desvio padrão, conforme listado no Anexo 3, na Tabela 7.

Para os compostos indicadores selecionados, o número de amostras adequado para cada compartimento ambiental está listado na Tabela 5-2. Os números de amostras adicionais listados são provisórios e estão sujeitos a alterações caso sejam adicionados resultados de pontos de coleta pré-existentes ou se forem desejados parâmetros estatísticos menos conservadores.

Tabela 5-2: Números adicionais de amostras por matriz - Estatística.

Matriz	Indicador	Número de Amostras		Limite/S	Parâmetros de Projeto Selecionados			Amostras Adicionais	
		AA2	AA3		Δ/S	α	β	AA2	AA3
Água Superficial	Manganês (Total)	12	6	0.11	0.2	0.05	0.20	66	72
Água Potável	Ferro (Total e Dissolvido)	16	6	0.81	0.4	0.05	0.05	19	29
Sedimento	Bário (Total)	13	10	0.18	0.2	0.05	0.20	65	68
Ovo	Selênio (Total)	7	9	0.28	0.4	0.05	0.20	13	11
Fruta	Arsênio (Total)	8	4	3.33	1.0	0.05	0.05	0	3
Hortaliça	Selênio (Total)	8	9	0.81	1.0	0.05	0.05	0	0
Tubérculo	Arsênio (Total)	6	2	0.45	0.5	0.05	0.20	8	12

Para complementação do conjunto de dados disponíveis para ARSH nos municípios de Mariana e Barra Longa, visando o atendimento do número de amostras indicado na Tabela 5-2, será avaliado se outros programas da Fundação Renova (ex.: PMQOS, PMQACH, Uso Sustentável da Terra, dentro outros) possuem dados coletados dentro dos limites das áreas alvo AA 2 e AA 3 e se os mesmos satisfazem os requisitos mínimos para um estudo de ARSH. Caso identificados dados em outros programas da Fundação Renova que possam ser utilizados para ARSH, os mesmos passarão pelos mesmos procedimentos de validação de dados (Seção 3) e análise de comparabilidade (Seção 4) aplicados nesse documento. Caso não seja atingido o número de amostras indicado na Tabela 5-2, a complementação do conjunto de dados será feita através de amostragem complementar.

5.2 DETERMINAÇÃO GEOESTATÍSTICA DE MALHA AMOSTRAL

Procedimentos geoestatísticos são aplicados a meios onde amostragens adicionais são necessárias para preencher lacunas de dados espaciais. Esses meios incluem solo superficial, poeira e água subterrânea (nascentes). Para esse fim, os dados disponíveis são analisados para identificar analitos indicadores específicos do meio. Um analito indicador requer o maior número de amostras adicionais em cada meio, ou seja, o analito exibindo a maior excedência, conforme listado no Anexo 3, na Tabela 8.

Para cada analito indicador, as seguintes etapas são executadas usando o ArcGIS® *Geostatistical Analyst* (<https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/geostatistical-analyst/overview>):

- (1) Realizar análise exploratória de dados para determinar os histogramas dos dados originais e dados transformados;
- (2) Modelar o variograma direcional, incluindo a determinação de intervalos (correlação) em torno de cada local de amostragem existente;
- (3) Gerar o mapa de concentração de 95%, ou seja, o mapa que exhibe em área uma certeza de 95% de se encontrar valores acima ou abaixo da concentração do limite regulatório;
- (4) Sobrepor os locais de amostragem existentes nos mapas de 95% com *buffers* de correlação em torno de cada local de amostragem existente;
- (5) Identificar áreas de lacunas de dados, ou seja, partes do mapa de 95% que excedem o limite regulamentar que está fora dos *buffers* de correlação;
- (6) Inserir pontos de amostragem adicionais dentro das áreas de lacunas de dados para fornecer cobertura dentro do possível.

As etapas acima são conduzidas usando os dados brutos (não transformados) a menos que os dados transformados em log exibam distribuições simétricas com variogramas melhor definidos do que aqueles gerados com base nos dados brutos. Nesta análise, os dados investigados exibiram tendências log-normais, portanto, as etapas 2 e 3 são conduzidas com base nos dados transformados em log.

Os resultados das análises exploratórias de dados e os variogramas dos compostos indicadores são fornecidos no Anexo 3, sendo que o número total de amostras adicionais é apresentado na Tabela 5-3 e os locais de amostragem adicionais propostos para os compostos indicadores específicos do meio são exibidos na Figura 5-1 e na Figura 5-2. Os locais de amostragem adicionais exibidos são provisórios e estão sujeitos a alterações se resultados de pontos de coleta pré-existentes forem adicionados ou se forem utilizados intervalos de correlação menos conservadores.

Tabela 5-3: Números adicionais de amostras por matriz - Geoestatística.

Matriz	Amostras Adicionais
Água Subterrânea (Nascentes)	3
Poeira domiciliar	0
Solo	13

Figura 5-1: Localização proposta - Amostras adicionais - Água Subterrânea (Nascentes).

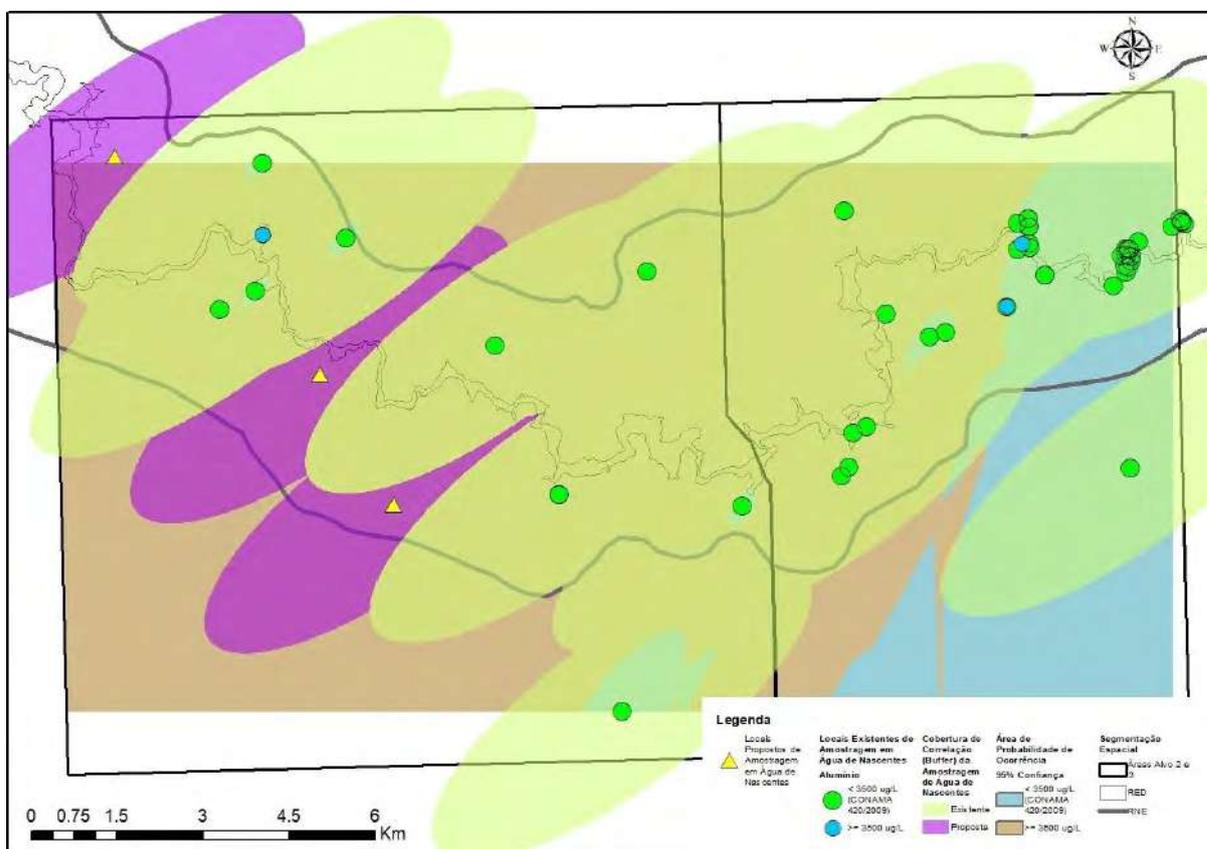
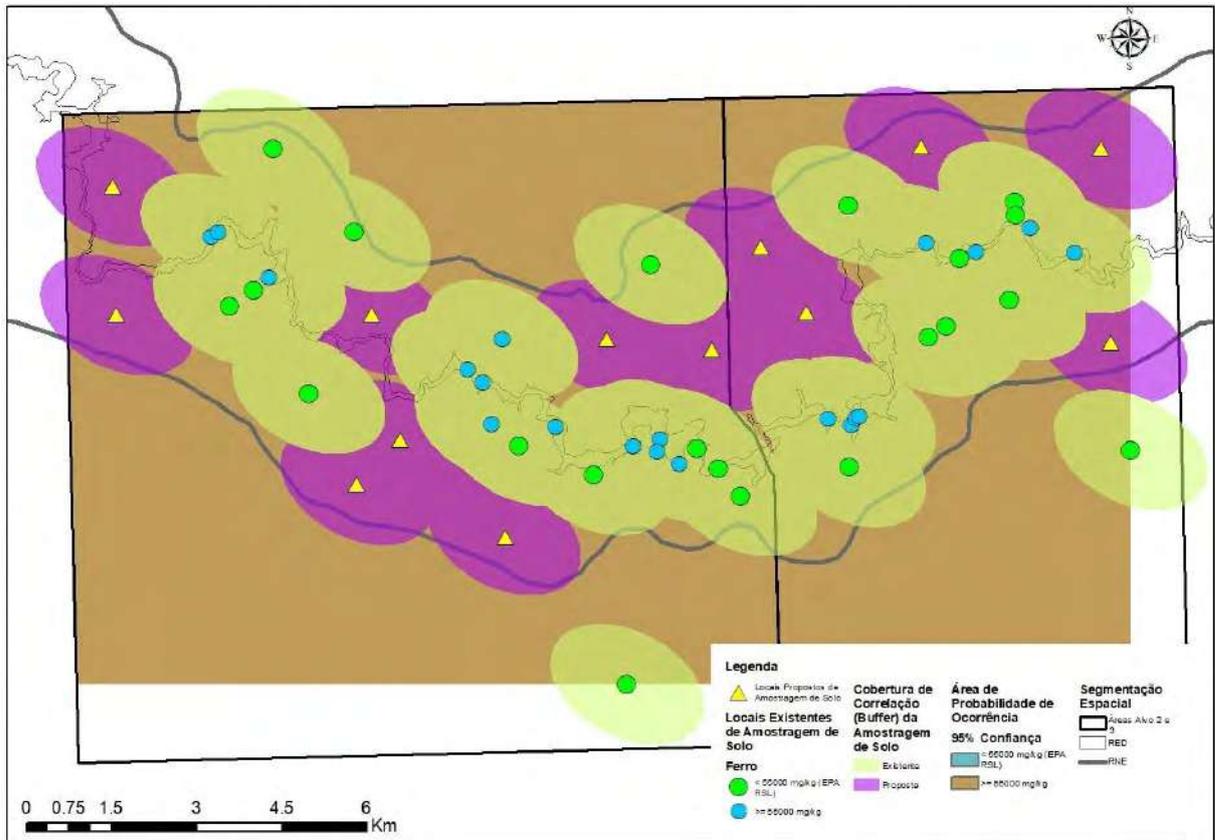


Figura 5-2: Localização proposta - Amostras adicionais – Solo superficial.



6 CONCLUSÕES COM BASE NO CONJUNTO DE DADOS VALIDADOS

6.1 COMPOSTOS DE INTERESSE VALIDADOS

A seleção de compostos de interesse foi feita comparando os resultados analíticos aos valores de referência adotados para cada compartimento ambiental. Os valores de referência utilizados foram:

- Água superficial: Conama nº 357/2005;
- Água para consumo humano: Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (Padrão de Potabilidade Brasileiro);
- Alimentos: ANVISA RDC nº 42/2013 e FAO Codex Alimentarius;
- Sedimentos: Resolução CONAMA nº 454/2012 – Nível 1 e US EPA *Region 4 Ecological Risk Assessment Supplemental Guidance* (março de 2018);
- Solo: Resolução CONAMA nº 420/2009 – Valores de Intervenção em Solo e US EPA *Region Screening Levels* – Solo Residencial (maio de 2019);
- Poeira: Resolução CONAMA nº 420/2009 – Valores de Intervenção em Solo e US EPA *Region Screening Levels* – Solo Residencial (maio de 2019).

A Tabela 6-1 sumariza os compostos químicos com pelo menos um resultado acima das referências legais (compostos de interesse) para cada compartimento ambiental. Salienta-se que, conforme descrito em ambos os *Peer Reviews*, as seleções dos SQIs foram realizadas corretamente pelas empresas.

Tabela 6-1: Lista de compostos de interesse para diferentes componentes ambientais

Compartimento	Ambios	Tecnohidro
Solo superficial	Cádmio	Alumínio Antimônio Bário Cromo Cobalto Ferro Manganês
Poeira	Cádmio Chumbo Cobre Zinco	Antimônio Arsênio Bário Cádmio Chumbo Cobre Ferro Zinco
Sedimento	Cádmio Ferro Manganês Níquel	Alumínio Antimônio Arsênio Bário Cromo Ferro Manganês Mercúrio Níquel
Água superficial	Cádmio Ferro Manganês	Alumínio Ferro Manganês
Água para consumo	Ferro Manganês	Alumínio Ferro
Água subterrânea (nascentes)	-	Alumínio Ferro Manganês
Ovo	-	Selênio
Frutas	-	Arsênio
Hortaliças	-	Selênio
Tubérculos	-	Arsênio

6.2 ROTAS DE EXPOSIÇÃO VALIDADAS

A Tabela 6-2 sintetiza as rotas de exposição consolidadas para os compostos de interesse em cada compartimento ambiental.

Tabela 6-2: Rotas de exposição consolidadas.¹¹

Compartimento	Ponto de Exposição	Via de Exposição	População Receptora	Tempo
Sedimento	Nos trechos do rio e das margens com valores acima dos padrões de referência	Ingestão Contato Dérmico	Residentes urbanos e rurais (crianças e adultos); Trabalhadores rurais, comerciais e de obras civis	Presente e Futuro
Solo superficial	Áreas de produção agrícola ou próximas a residências e áreas habitadas com valores acima dos padrões de referência	Ingestão Contato Dérmico Inalação	Residentes urbanos e rurais (crianças e adultos); Trabalhadores rurais, comerciais e de obras civis	Presente e Futuro
Poeira	Residências habitadas e com valores acima dos padrões de referência	Ingestão Contato Dérmico Inalação	Residentes urbanos e rurais (crianças e adultos); Trabalhadores rurais, comerciais e de obras civis	Presente e Futuro
Água superficial	Trechos de água superficial em contato com a lama com valores acima dos padrões de referência	Ingestão Contato Dérmico	Residentes urbanos e rurais (crianças e adultos); Trabalhadores rurais, comerciais e de obras civis	Presente e Futuro
Água para consumo	Pontos de consumo com valores acima dos padrões de referência	Ingestão Contato Dérmico	Residentes urbanos e rurais (crianças e adultos); Trabalhadores rurais, comerciais e de obras civis	Presente e Futuro
Alimentos	Locais com cultivo em contato com solo e água contaminados com valores acima dos padrões de referência, pontos de distribuição do alimento contaminado com valores acima dos padrões de referência	Ingestão	Residentes urbanos e rurais (crianças e adultos); Trabalhadores rurais, comerciais e de obras civis	Presente e Futuro

6.3 DOSES DE EXPOSIÇÃO

Conforme descrito no *Peer Review* do Relatório Ambios (Anexo 1), os cálculos de doses de exposição não foram validados. Desta maneira, este documento utiliza as doses de exposição que foram recalculadas e apresentadas no documento de *Peer Review*.

¹¹ Conforme descrito nas Diretrizes, a identificação da fonte de contaminação depende da "origem da contaminação ambiental" (MS, 2010). Este tema é parcialmente discutido na seção 7, já que nem todas as fontes de contaminação foram mapeadas nos estudos.

Conforme descrito no *Peer Review* do Relatório Tecnohidro (Anexo 2), os cálculos de doses de exposição não foram validados. Entretanto, a versão revisada do relatório, datada de 1º de outubro de 2019, contempla todas as recomendações do *Peer Review* e, desta maneira, este documento utiliza as doses de exposição apresentadas no Relatório Tecnohidro revisado.

6.4 VALORES DE REFERÊNCIA DE SAÚDE

As Diretrizes do MS para ARSH definem, em sua seção 7.1.6 (Comparação do Nível de Exposição com “Valores de Referência”):

“Para avaliar se os contaminantes de interesse têm a possibilidade de comprometer a saúde, nas condições específicas de exposição existentes no local, deve-se comparar as estimativas da dose de exposição com os valores de referência de saúde. Para definir o nível do risco à saúde, para ocorrência de efeitos lesivos não-carcinogênicos, podem ser utilizados como indicadores os Níveis de Risco Mínimo (MRL) da ATSDR e a Dose de Referência (RfD) da EPA ou outros valores de referência de outros países.” (Página 65)

É importante destacar que, uma vez tomados como referência valores estabelecidos por órgãos de saúde internacionais, devem ser consideradas todas as premissas e instruções de utilização de valores de referência de saúde definidas por esses órgãos.

O fluxograma de comparação das doses de exposição com valores de referência (ambientais e de saúde) estruturado pela ATSDR (2005a) recomenda a avaliação em duas etapas principais, sendo: (1) comparação das concentrações das substâncias químicas de interesse com valores de referência ambientais; e (2) comparação das doses de exposição estimadas com valores de referência de saúde.

Dentre os valores de referência ambientais criados pela ATSDR, encontram-se os parâmetros denominados EMEGs (Environmental Media Evaluation Guidelines – Guias de Avaliação dos Compartimentos Ambientais), mencionados na seção 5 (Seleção de Contaminantes de Interesse) das Diretrizes do MS para ARSH, e que são calculados com base nos MRLs desenvolvidos pela ATSDR. Além dos EMEGs, a ATSDR desenvolveu também valores de referência ambientais denominados RMEGs (Reference Dose Media Evaluation Guides – Guias de Avaliação de Compartimentos Ambientais a partir de Doses de Referência), que são calculados com base nas doses de referência de exposição oral crônica da USEPA.

Com relação à comparação das doses de exposição com valores de referência de saúde, de acordo com a ATSDR:

“os MRLs servem apenas como uma ferramenta de triagem para ajudar o avaliador a decidir se deve ou não proceder a uma análise

mais detalhada das substâncias encontradas no local de interesse. O objetivo dos MRLs não é definir níveis de descontaminação ou de ação. As doses de exposição superiores aos MRLs não pressupõem, **necessariamente, a ocorrência de efeitos à saúde adversos.**" (Página F-3)

Além disso, também de acordo com a ATSDR (2005),

"a comparação com valores de referência de saúde permitirá identificar (1) substâncias que se encontram abaixo de valores de referência conservadores e que não possuem potencial de representar perigo à saúde; (2) substâncias que se encontram acima de valores de referência e requerem avaliações mais detalhadas." (Página 7-9)

Conforme a ATSDR (2005), na ausência de MRLs, "RfDs ou RfCs da USEPA devem ser utilizados". O conceito e a utilização das RfDs ou RfCs da US EPA seguem o mesmo racional dos MRLs da ATSDR.

Conforme a ATSDR (2005), quando observadas excedências aos valores de referência de saúde, é necessária uma avaliação detalhada, que proporcione melhor entendimento do que essas excedências significam em termos de saúde pública. Essa avaliação detalhada consiste em avaliar informações sobre os aspectos toxicológicos de cada composto químico avaliado, incluindo as premissas utilizadas pelos estudos científicos que definem o valor de referência de saúde e a forma química desse composto que possui relevância toxicológica.

6.5 COMPARAÇÃO ENTRE AS DOSES DE EXPOSIÇÃO E VALORES DE REFERÊNCIA

As seções a seguir apresentam os compostos de interesse identificados para cada matriz (Seção 6.1), os resultados das comparações entre as doses de exposição (Seção 6.3) e os valores de referência de saúde (Seção 6.4). Os detalhes destas comparações são apresentados no Peer Review Ambios (para os compostos de interesse identificados pela amostragem realizada pela Ambios) e no Relatório Tecnohidro (para os compostos de interesse identificados pela amostragem realizada pela Tecnohidro).

Para auxiliar na avaliação espacial das excedências identificadas, também são apresentados mapas com a localização dos pontos de amostragem de cada matriz e identificação dos pontos de excedência. Salienta-se que este documento considera apenas a distribuição espacial dos resultados apresentados no Relatório Tecnohidro, devido as ressalvas apresentadas na Seção 3.1.1.

As possíveis implicações à saúde relacionadas a essas excedências são discutidas na Seção 6.6.

As figuras apresentadas nesta seção incluem a identificação do limite da Região de Exposição Direta (RED) demonstrada por uma linha rosa, do limite da

Região de Exposição Indireta (REI) demonstrada por uma linha preta, do limite da Região de Não Exposição (RNE) demonstrada por uma linha amarela e dos limites geográficos das Áreas Alvo 2 e 3.

6.5.1 ÁGUA SUPERFICIAL E ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

A Tabela 6-3 apresenta os compostos de interesse específicos para as matrizes de água. Para estes compostos não foram observadas excedências ao comparar-se as doses de exposição calculadas aos valores de referência em saúde, não sendo identificados potenciais riscos à saúde a partir da ingestão de água superficial, subterrânea (nascentes) e água para consumo humano.

Tabela 6-3: Compostos de interesse para as matrizes de água.

Compartimento	Ambios	Tecnohidro
Água Superficial	Cádmio Ferro Manganês	Alumínio Ferro Manganês
Água para Consumo	Ferro Manganês	Alumínio Ferro
Água Subterrânea (nascentes)	-	Alumínio Ferro Manganês

6.5.2 SEDIMENTO

A Tabela 6-4 apresenta os compostos de interesse específicos para sedimento. Os metais destacados em laranja apresentam doses de exposição acima dos valores de referência de saúde.

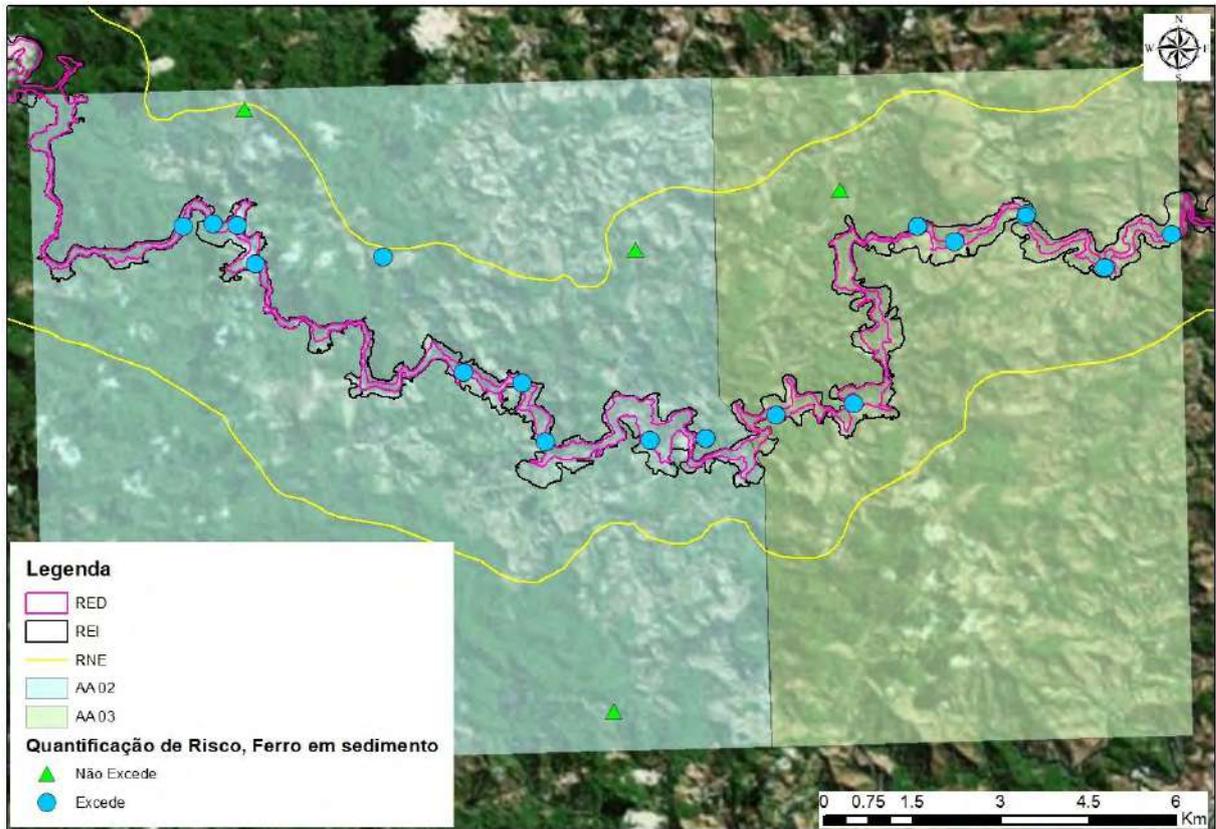
Tabela 6-4: Compostos de interesse para sedimento.

Compartimento	Ambios	Tecnohidro
Sedimento	Cádmio Ferro Manganês Níquel	Alumínio Antimônio Arsênio Bário Cromo Ferro Manganês Mercúrio Níquel

A Figura 6-1 apresenta os pontos de amostragem de sedimento com excedências para ferro. É possível observar que as excedências de ferro aos valores de saúde abrangem todos os pontos amostrados na calha do rio Gualaxo do Norte. Para ferro as doses de exposição acima dos valores de referência de saúde foram para o cenário hipotético de ingestão de partículas (risco não

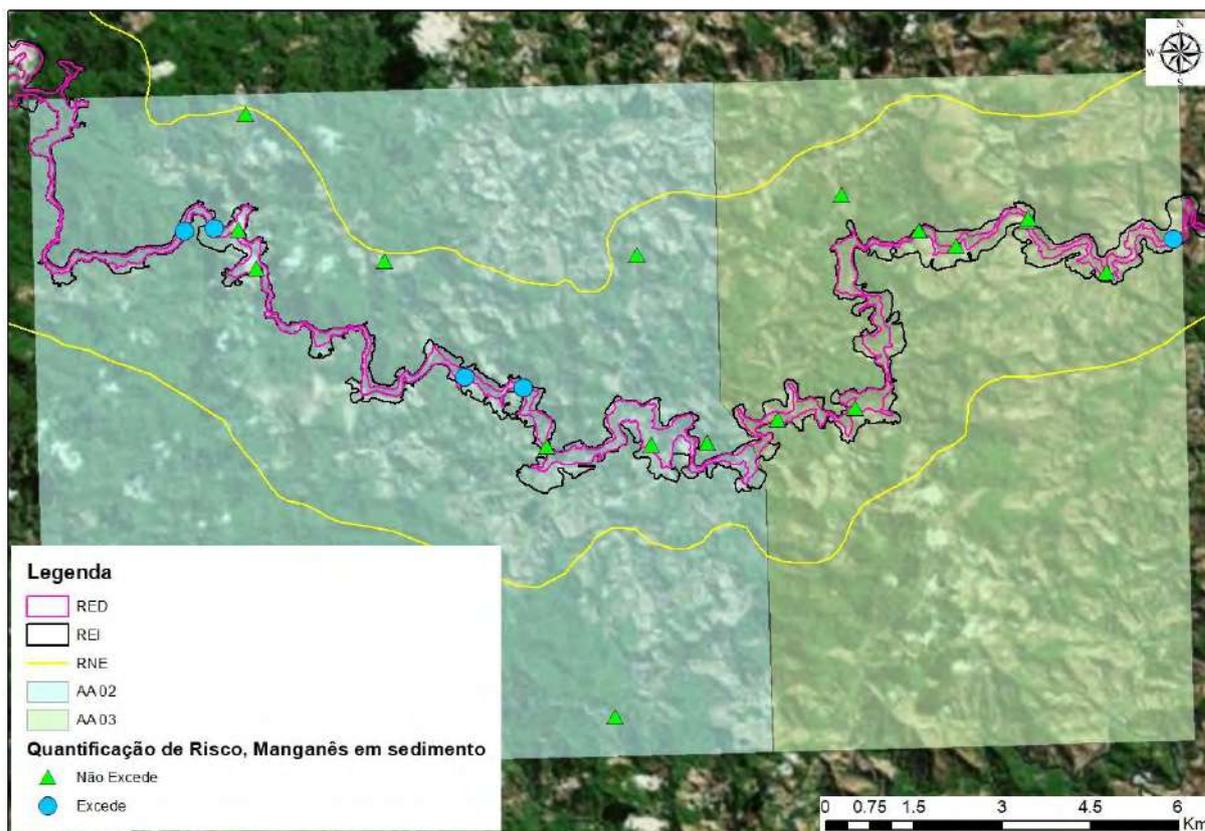
carcinogênico) para crianças, residencial urbano e rural, e trabalhadores de obras civis.

Figura 6-1: Quantificação de risco para Ferro em sedimento.



A Figura 6-2 apresenta os pontos de amostragem de sedimento com excedências para manganês. Diferentemente das excedências de ferro, as excedências de manganês são apenas em 5 dos 22 pontos amostrados, porém, também é possível observar as excedências apenas na calha do Rio Gualaxo do Norte. Para manganês as doses de exposição acima dos valores de referência de saúde foram para o cenário hipotético de ingestão de partículas (risco não carcinogênico) para crianças, residencial urbano e rural.

Figura 6-2: Quantificação de risco para Manganês em sedimento.



6.5.3 SOLO SUPERFICIAL

A Tabela 6-5 apresenta os compostos de interesse específicos para solo superficial. Os metais destacados em laranja apresentam doses de exposição acima dos valores de referência de saúde.

Tabela 6-5: Compostos de interesse para solo.

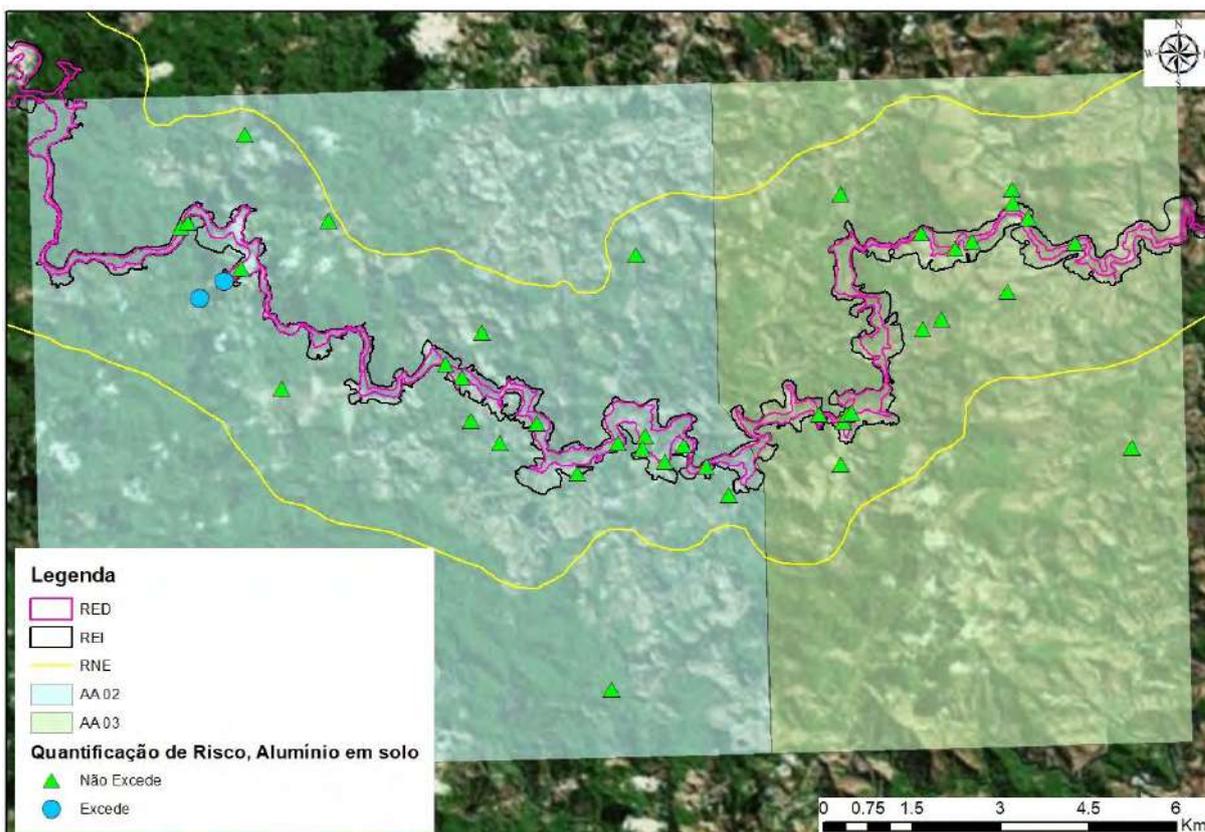
Compartimento	Ambios	Tecnohidro
Solo superficial	Cádmio	Alumínio Antimônio Bário Cobalto Cromo Ferro Manganês

As excedências do valor de referência de saúde para cádmio no solo superficial observadas para o conjunto de dados da Ambios não foram apresentadas em mapas uma vez que, conforme discutido na Seção 3.1.1, não foi possível realizar o georreferenciamento dos pontos de coleta do Relatório Ambios. Foram observadas duas excedências do valor de referência de saúde para cádmio no solo superficial, sendo uma possivelmente na AA 2 e outra possivelmente na AA 3. Para cádmio as doses de exposição acima dos valores de referência de saúde

foram para o cenário hipotético de ingestão de partículas (risco não carcinogênico) para crianças menores de 1 ano.

A Figura 6-3 apresenta os pontos de amostragem de solo superficial com excedências para alumínio. Apenas 2 amostras apresentaram excedências às referências de saúde, sendo que apenas 1 destas amostras havia apresentado excedência ao valor legal. Conforme apresentado na figura, essas duas amostras são isoladas e não representam excedências generalizadas aos valores de referência de saúde nas áreas de estudo (AA 2 e 3). Essas excedências isoladas podem ser descartadas como pontos de maiores concentrações com pouca significância em termos de saúde pública. A inclusão desses resultados demonstra a natureza conservadora dos cálculos de avaliação de risco propostos. Para alumínio as doses de exposição acima dos valores de referência de saúde foram para o cenário hipotético de ingestão de partículas (risco não carcinogênico) para crianças, residencial urbano e rural.

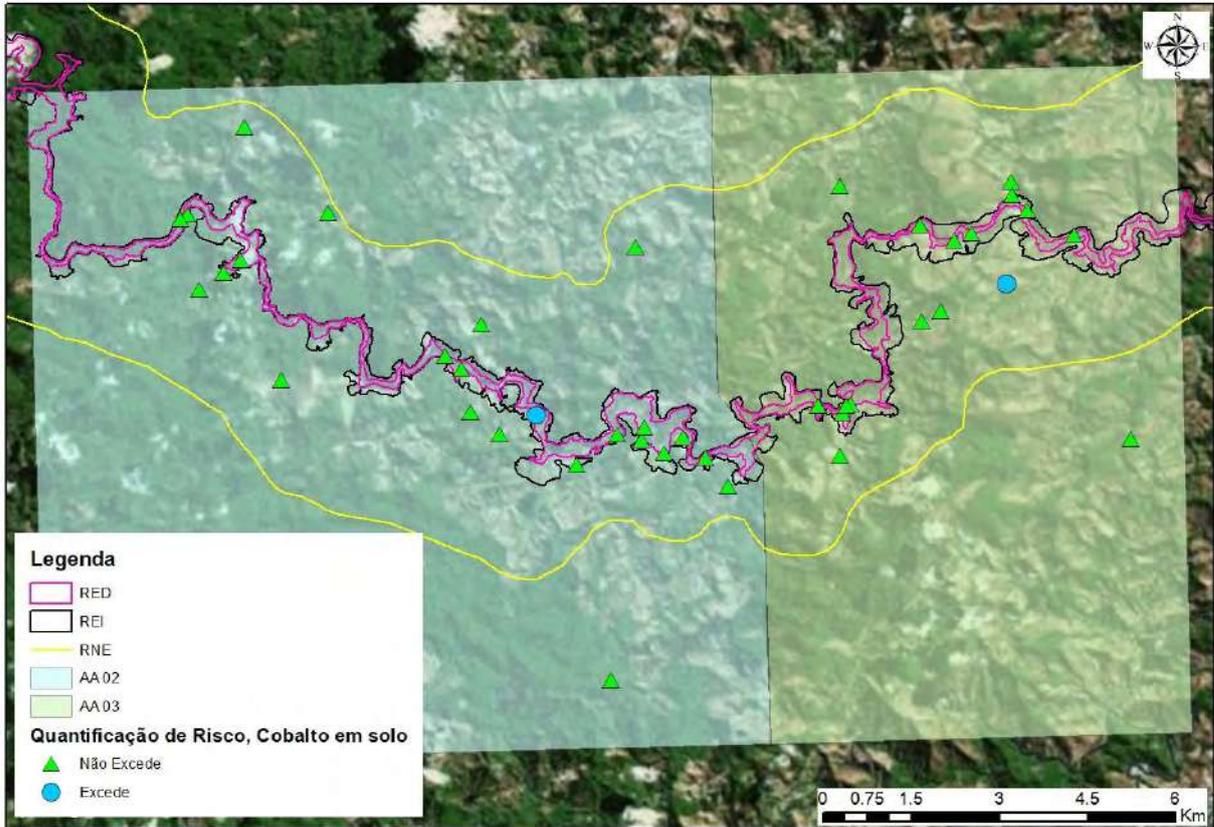
Figura 6-3: Quantificação de risco para Alumínio em solo superficial.



A Figura 6-4 apresenta os pontos de amostragem de solo superficial com excedências para cobalto. Apenas 2 pontos apresentaram excedências aos valores de referência de saúde. Analogamente o que foi discutido para alumínio no solo superficial, essas duas amostras são isoladas e não representam excedências generalizadas aos valores de referência de saúde nas áreas de estudo (AA 2 e 3). A inclusão desses resultados demonstra a natureza conservadora dos cálculos de avaliação de risco propostos. Para cobalto as doses de exposição acima dos valores

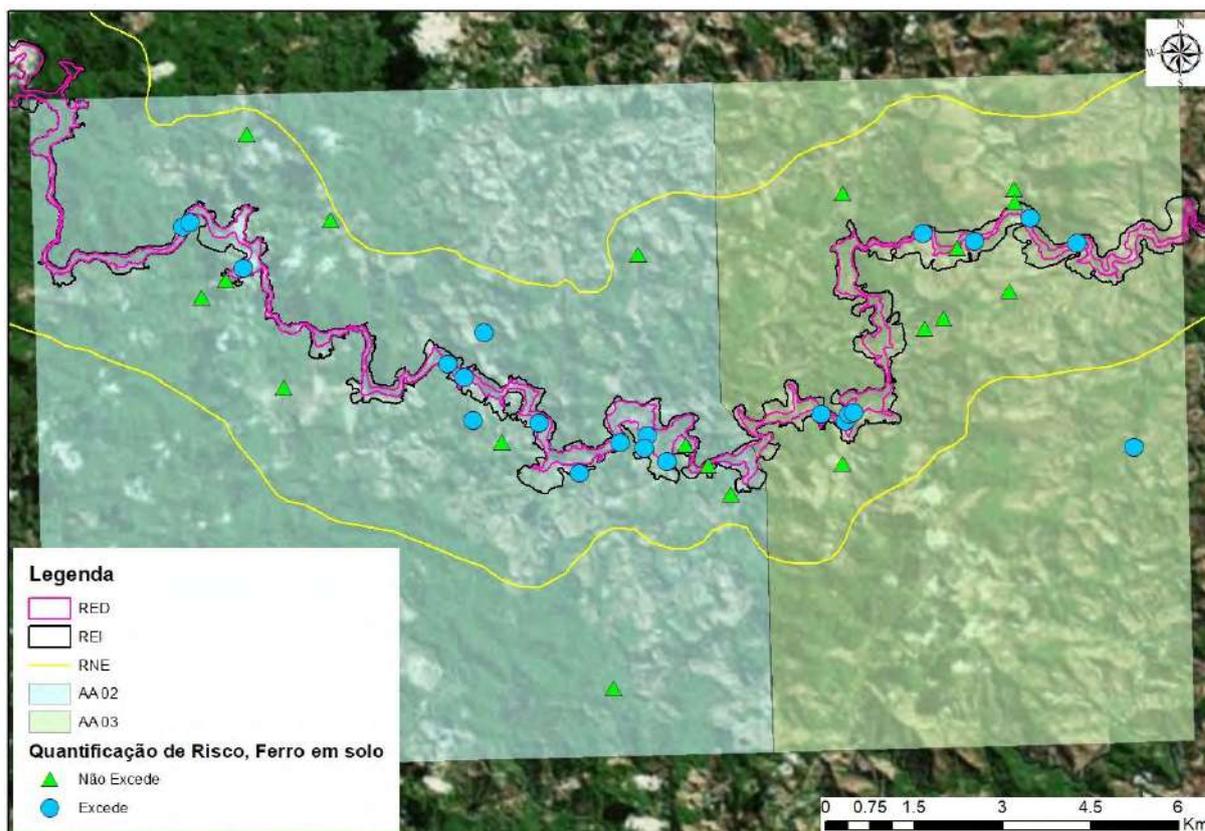
de referência de saúde foram para o cenário hipotético de ingestão de partículas (risco não carcinogênico) para crianças, residencial urbano e rural, e trabalhador de obras civis.

Figura 6-4: Quantificação de risco para Cobalto em solo superficial.



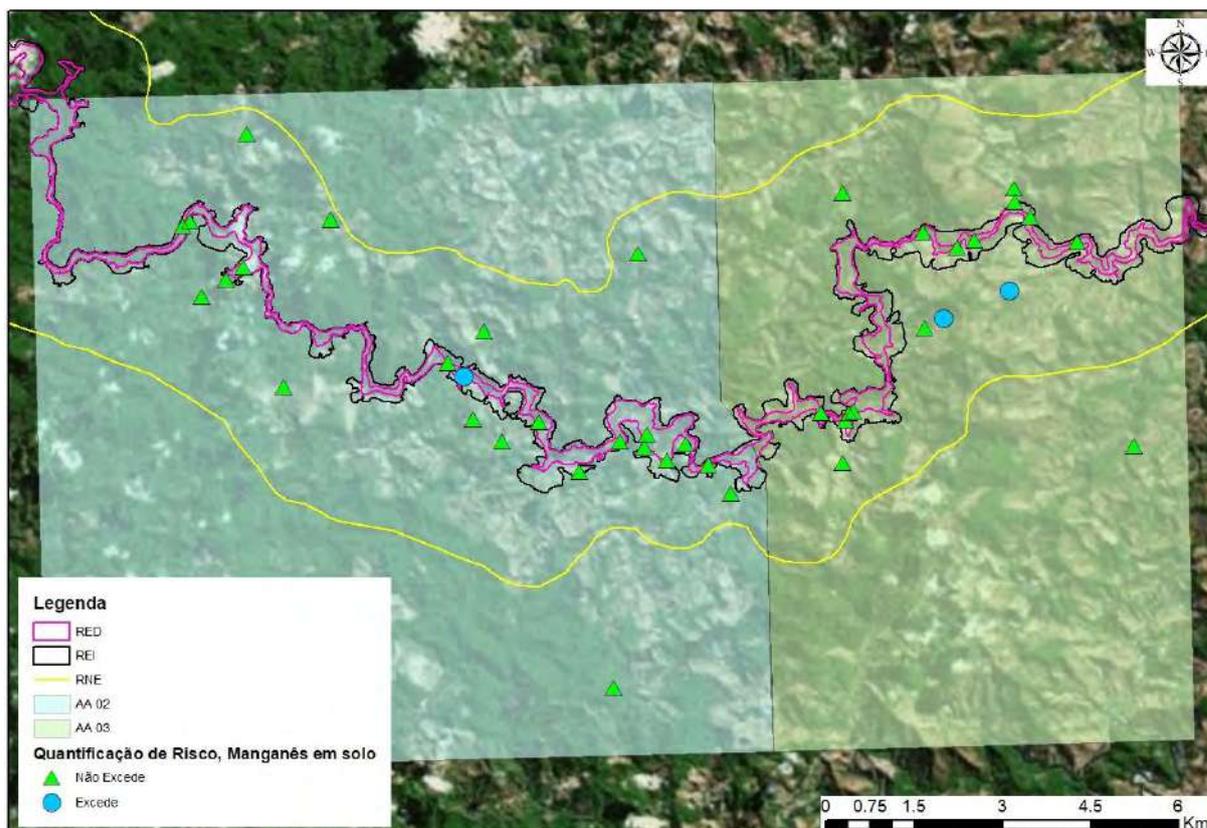
A Figura 6-5 apresenta os pontos de amostragem de solo superficial com excedências para ferro. Apesar das concentrações de ferro no solo superficial apresentarem menos excedências que as amostras de sedimento, nesta matriz também é possível observar que essas excedências são encontradas em maior número na calha do rio Gualaxo do Norte. Para ferro as doses de exposição acima dos valores de referência de saúde foram para o cenário hipotético de ingestão de partículas (risco não carcinogênico) para crianças, residencial urbano e rural.

Figura 6-5: Quantificação de risco para Ferro em solo superficial.



A Figura 6-6 apresenta os pontos de amostragem de solo superficial com excedências para manganês. Assim como foi observada uma menor abrangência das excedências de ferro em solo superficial quando compara-se às excedências de ferro no sedimento, também é possível observar esta redução de excedências para os resultados de manganês no solo superficial. No solo superficial, houve excedência de manganês em relação aos valores de referência de saúde em 3 dos 41 pontos amostrados. Para manganês as doses de exposição acima dos valores de referência de saúde foram para o cenário hipotético de ingestão de partículas (risco não carcinogênico) para crianças, residencial urbano e rural, e trabalhador de obras civis.

Figura 6-6: Quantificação de risco para Manganês em solo superficial.



6.5.4 POEIRA DOMICILIAR

A Tabela 6-6 apresenta os compostos de interesse específicos para poeira domiciliar. Os metais destacados em laranja apresentam doses de exposição acima dos valores de referência de saúde.

Tabela 6-6: Compostos de interesse para poeira domiciliar.

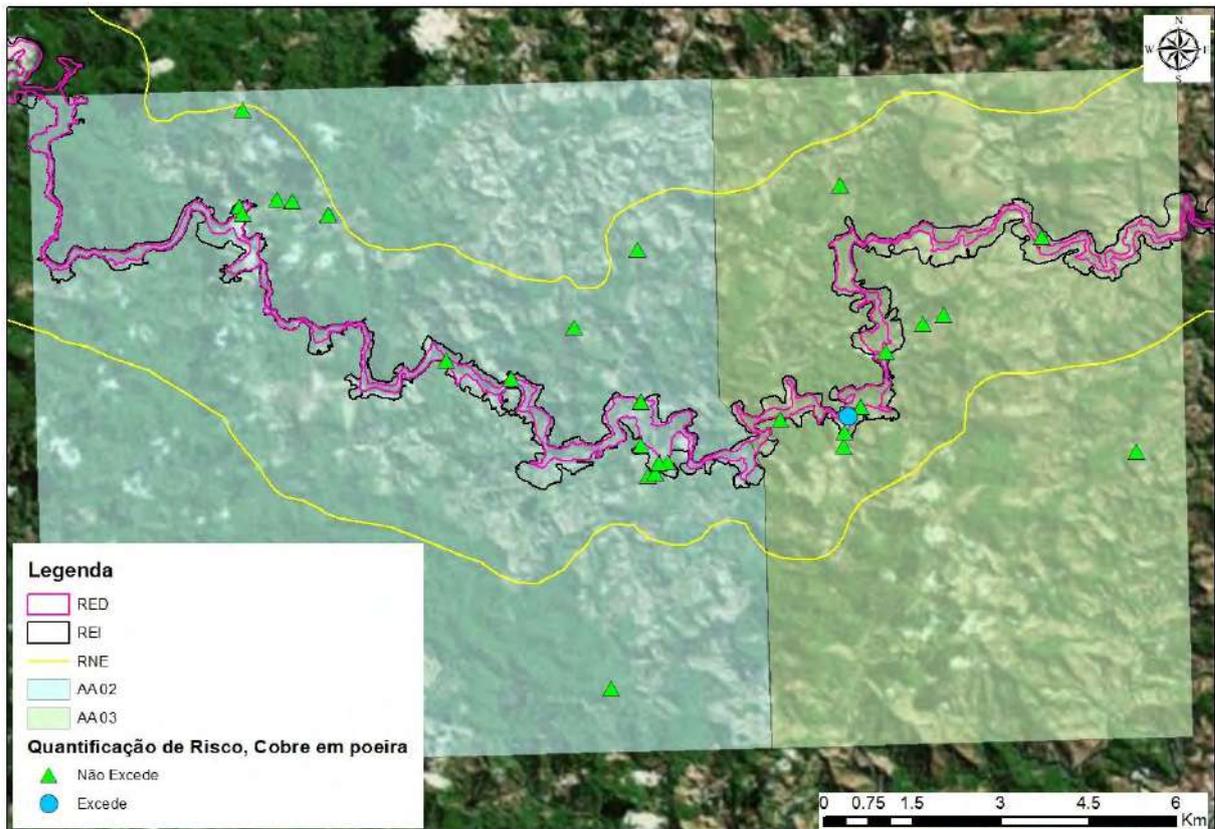
Compartimento	Ambios	Tecnohidro
Poeira	Cádmio Chumbo Cobre Zinco	Antimônio Arsênio Bário Cádmio Chumbo Cobre Ferro Zinco

As excedências do valor de referência de saúde para cádmio na poeira domiciliar observadas para o conjunto de dados da Ambios não foram apresentadas em mapas uma vez que, conforme discutido na Seção 3.1.1, não foi possível realizar o georreferenciamento dos pontos de coleta do Relatório Ambios. Foi observada uma excedência do valor de referência de saúde para cádmio na poeira domiciliar, possivelmente na AA 3. Para cádmio a dose de exposição acima

dos valores de referência de saúde foi para o cenário hipotético de ingestão de partículas (risco não carcinogênico) para crianças menores de 1 ano.

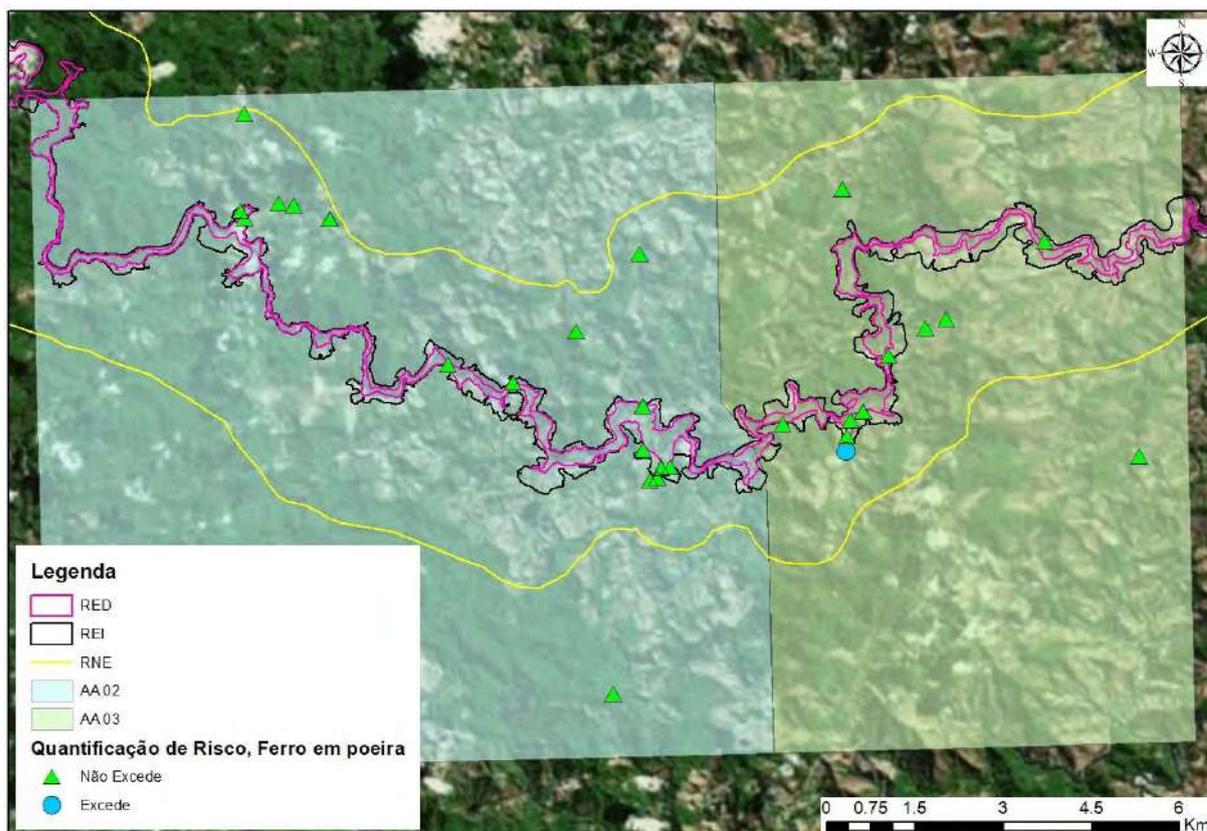
A Figura 6-7 apresenta o ponto de amostragem de poeira domiciliar com excedência para cobre. Como é possível observar, apenas 1 das 33 amostras de poeira domiciliar apresentou excedência ao valor de referência de saúde. Para cobre a dose de exposição acima dos valores de referência de saúde foi para o cenário hipotético de ingestão de partículas (risco não carcinogênico) para crianças, residencial urbano e rural.

Figura 6-7: Quantificação de risco para Cobre em poeira domiciliar.



A Figura 6-8 apresenta os pontos de amostragem de poeira domiciliar com excedências para ferro. Contrário ao observado nas excedências de ferro nas matrizes de sedimento e solo superficial, as concentrações de ferro na poeira domiciliar apenas excederam o valor de referência de saúde em uma amostra. Para ferro a dose de exposição acima dos valores de referência de saúde foi para o cenário hipotético de ingestão de partículas (risco não carcinogênico) para crianças, residencial urbano e rural.

Figura 6-8: Quantificação de risco para Ferro em poeira domiciliar.



6.5.5 ALIMENTOS VEGETAIS

A Tabela 6-7 apresenta os compostos de interesse específicos para alimentos vegetais. Os metais destacados em laranja apresentam doses de exposição acima dos valores de referência de saúde.

Tabela 6-7: Compostos de interesse para alimentos vegetais.

Compartimento	Ambios	Tecnohidro
Frutas	-	Arsênio
Hortaliças	-	Selênio
Tubérculos	-	Arsênio

A Figura 6-9 apresenta os pontos de amostragem com excedências para arsênio em frutas e a Figura 6-10 em tubérculos. Em ambos os casos, é possível observar apenas uma excedência ao valor de referência de saúde (amostras distintas). Adicionalmente, para frutas não foram detectadas as formas de arsênio inorgânicas (Arsênio III e V, de maior relevância do ponto de vista toxicológico) em nenhuma das amostras coletadas nas AA 2 e 3. Para tubérculos, no ponto de coleta onde foi detectada a excedência de arsênio total, não foram detectadas as formas inorgânicas de arsênio (Arsênio III e V).

Para ambos os casos as doses de exposição acima dos valores de referência de saúde foram para o cenário hipotético de ingestão de partículas (risco não carcinogênico e carcinogênico) para crianças e adultos, residencial urbano e rural, e trabalhadores rurais, comerciais e de obras civis.

Figura 6-9: Quantificação de risco para Arsênio em frutas.

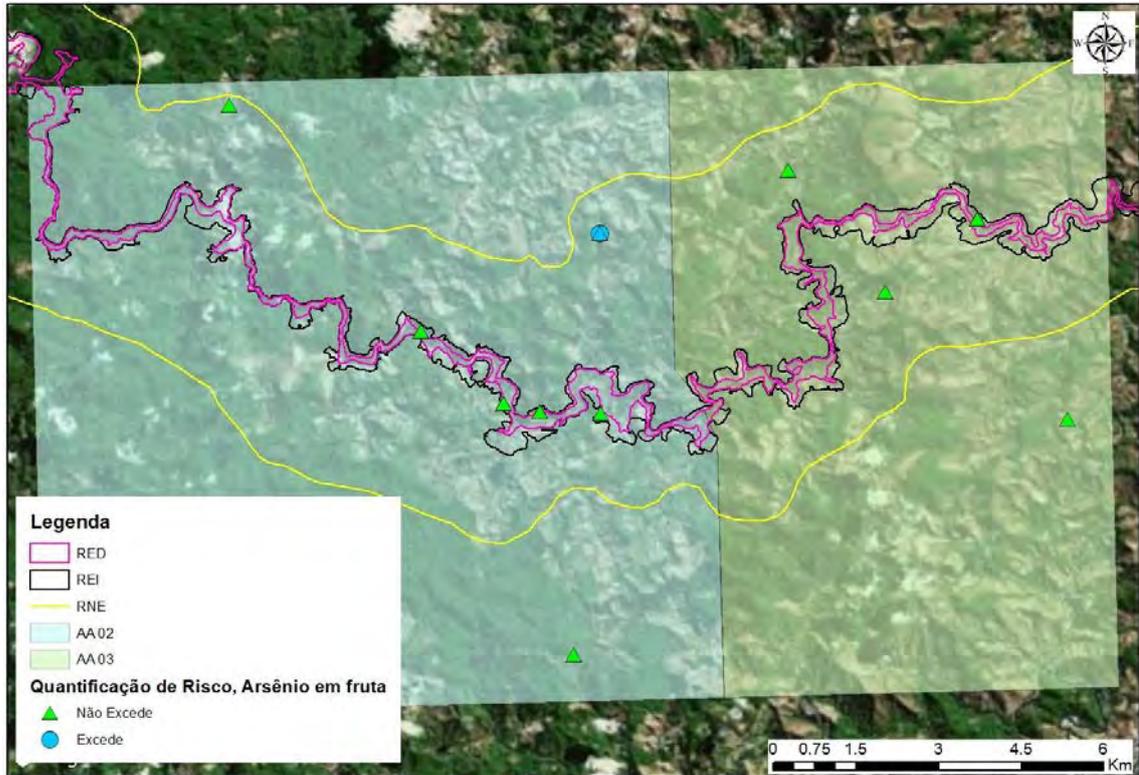
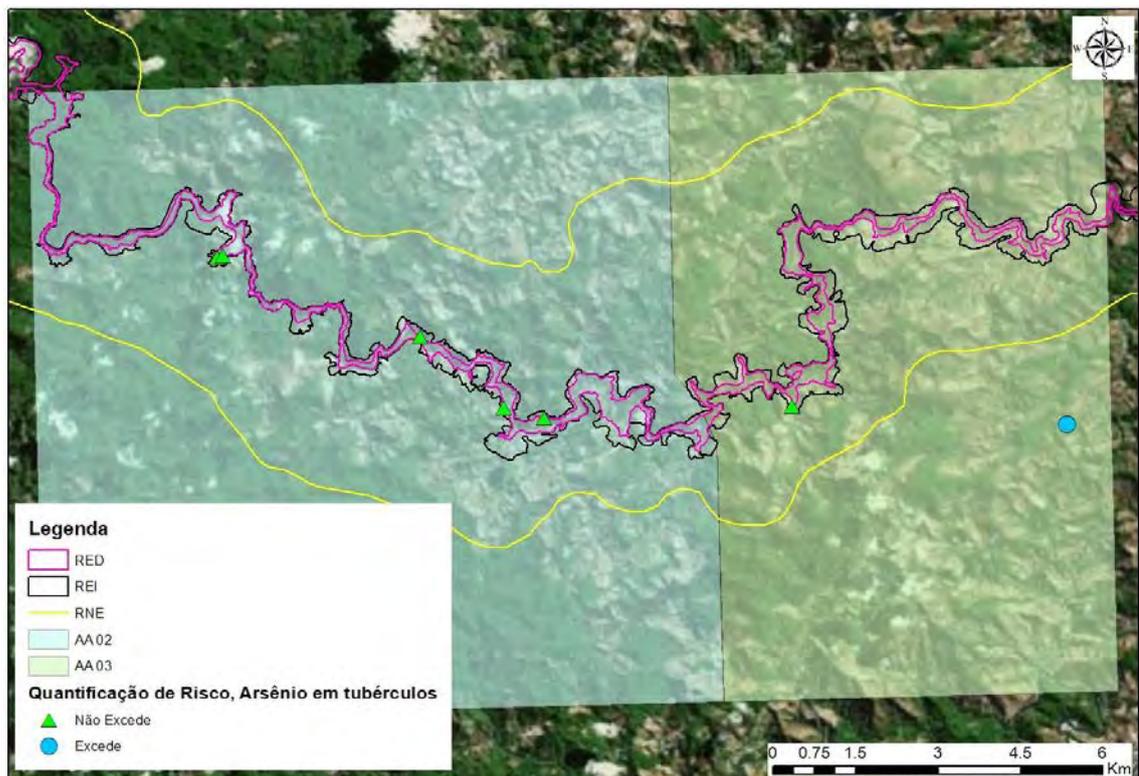


Figura 6-10: Quantificação de risco para Arsênio em tubérculos.



6.5.6 ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL

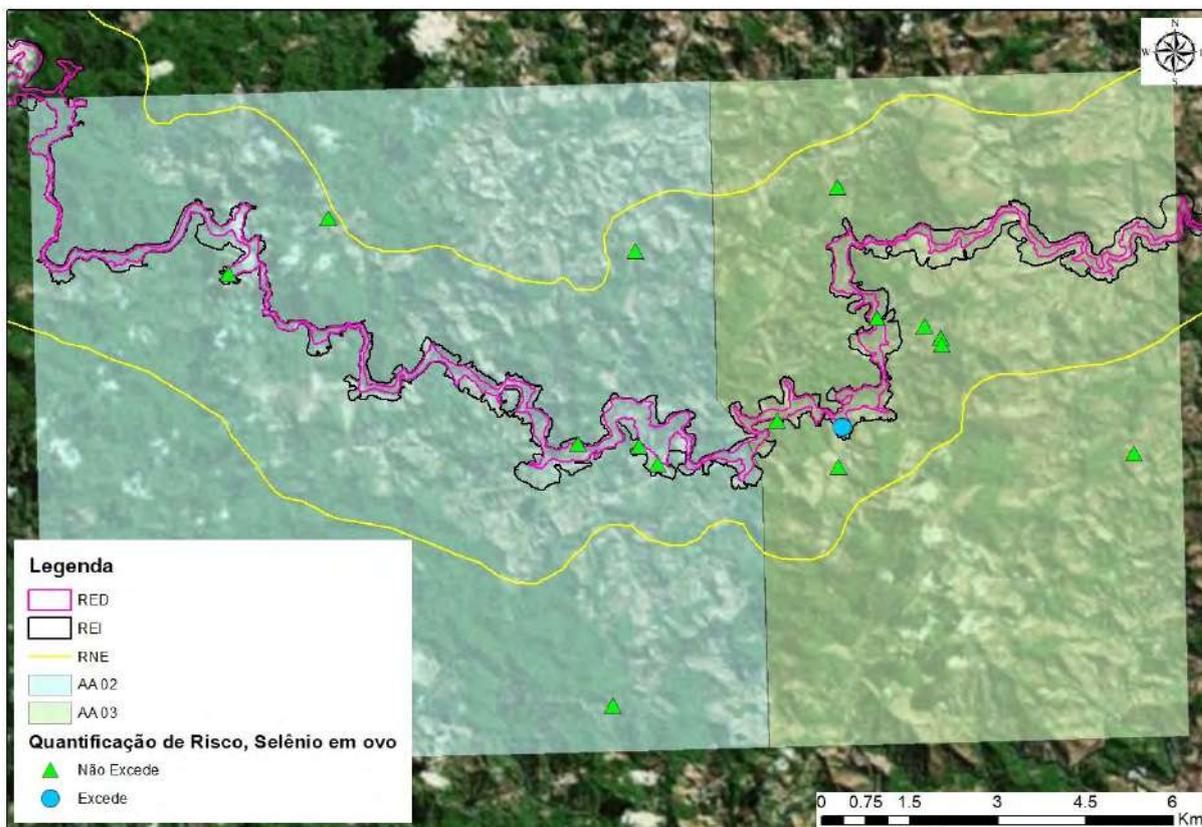
A Tabela 6-8 apresenta os compostos de interesse específicos para alimentos de origem animal. Os metais destacados em laranja apresentam doses de exposição acima dos valores de referência de saúde.

Tabela 6-8: Compostos de interesse para alimentos de origem animal.

Compartimento	Ambios	Tecnohidro
Ovo	-	Selênio

A Figura 6-11 apresenta os pontos de amostragem com excedências para selênio em ovos. Foi observada excedência do valor de referência de saúde para selênio em apenas uma amostra. Cabe salientar que não houve detecções de selênio em nenhuma das amostras de solo superficial das regiões estudadas. Para selênio a dose de exposição acima dos valores de referência de saúde foi para o cenário hipotético de ingestão de partículas (risco não carcinogênico) para crianças, residencial urbano e rural.

Figura 6-11: Quantificação de risco para Selênio em ovo.



6.6 IMPLICAÇÕES À SAÚDE - ANÁLISE TOXICOLÓGICA

6.6.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE ESPECIAÇÃO E BIODISPONIBILIDADE

Conforme descrito pela US EPA (2007), a química ambiental dos metais influencia diretamente seu destino ambiental e seus potenciais efeitos em receptores humanos e ecológicos. A forma do metal (espécie química, composto, matriz e tamanho das partículas) afeta os mecanismos de transporte, a bioacessibilidade, a biodisponibilidade e os efeitos de um metal em um organismo (US EPA, 2007).

A bioacessibilidade corresponde à fração de um composto químico presente em um compartimento ambiental (ex.: solo, água, alimentos) que de fato interage com a superfície de contato de um organismo (ex.: pele, parede do trato gastrointestinal) e, portanto, tem potencial de ser absorvida. A biodisponibilidade corresponde à fração de um composto químico em um compartimento ambiental que, após processo de absorção, se encontra disponível para participação nos processos fisiológicos de um organismo (US EPA, 2007).

A forma na qual um metal é encontrado no meio ambiente, na água e nos alimentos é importante para avaliar, do ponto de vista toxicológico, quais os riscos potenciais decorrentes da exposição à esse metal (Klaassen, 2019). A forma química de um metal afeta diretamente seu potencial toxicológico, uma vez que os mecanismos de interação do metal com as células do organismo humano dependem de seu estado de oxidação e a valência. Dessa forma, em termos de ARSH, a especiação tem grande importância na definição de possíveis implicações à saúde decorrente da exposição a esses metais.

Do ponto de vista toxicológico, a biodisponibilidade descreve a fração de um composto químico que se encontra disponível para causar um efeito adverso à saúde humana ou a um organismo. De modo geral, quanto menor a biodisponibilidade de um composto químico em um compartimento ambiental, menor a dose de exposição estimada para uma rota de exposição específica e, portanto, menor o risco potencial calculado. A US EPA recomenda que, para uma determinada área em estudo na qual os compostos de interesse potenciais são metais, seja considerada a biodisponibilidade específica desse metal no compartimento ambiental de interesse (US EPA, 2007).

Nos últimos 30 anos, um grande número de trabalhos científicos, incluindo publicações em jornais acadêmicos e de órgãos regulatórios como a US EPA, desenvolveram métodos adequados para a determinação e estimativa da biodisponibilidade de um composto químico em uma área específica (Bradham, 2018; USEPA, 2017; Juhasz, 2014). Tanto a bioacessibilidade quanto a

biodisponibilidade podem ser estimadas em testes laboratoriais *in vitro*, devidamente consolidados e validados pela US EPA (2017).

Os testes laboratoriais validados pela US EPA (2017) permitem a determinação biodisponibilidade relativa (RBA), variável que pode ser aplicada na etapa de cálculo de risco. A biodisponibilidade relativa corresponde à razão entre a biodisponibilidade de um metal em um contexto específico (i.e. a matriz ou forma física química do metal) e a biodisponibilidade desse metal em um estudo toxicológico de referência (US EPA, 2017).

6.6.2 ESSENCIALIDADE E TOXICIDADE DE METAIS

Alguns metais são essenciais para o funcionamento do organismo humano e possuem função fundamental em processos fisiológicos e bioquímicos (NAS/IOM, 2003; IPCS, 2002). São metais considerados como essenciais para o organismo humano: cobalto, cromo trivalente, cobre, ferro, manganês, magnésio, molibdênio, selênio e zinco, dentro outros. Para esses metais, efeitos adversos à saúde podem também ocorrer quando há deficiência nutricional dos mesmos. Essa deficiência também pode potencializar a vulnerabilidade do organismo humano à outros estressores, inclusive outros metais (US EPA, 2007). A curva dose-resposta **para metais essenciais possui formato em "U", que indica a ocorrência de efeitos adversos em baixas doses (deficiência) e em altas doses.**

Por outro lado, existem metais que são considerados potencialmente tóxicos ao organismo humano, podendo produzir efeitos adversos classificados como não-carcinogênicos e carcinogênicos. São metais considerados potencialmente tóxicos ao organismo humano: chumbo, cádmio, arsênio, mercúrio, dentro outros. Para esses metais, em termos de potenciais efeitos adversos à saúde, em especial carcinogenicidade, a via de exposição é relevante. Como exemplo, um metal pode ser considerado carcinogênico quando se avalia a via de exposição por inalação, mas não ser considerado carcinogênico quando se avalia a via de exposição por ingestão (US EPA, 2007).

Existem também metais que não são essenciais, não são comprovadamente benéficos e que possuem baixa toxicidade para o organismo humano, caso em que se enquadra o alumínio.

6.6.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PERFIS TOXICOLÓGICOS DOS METAIS QUE APRESENTARAM EXCEDÊNCIAS AOS VALORES DE REFERÊNCIA DE SAÚDE

Metais Essenciais: Cobalto, Cobre, Ferro, Manganês e Selênio

Foram obtidas doses de exposição acima dos valores de referência para os seguintes metais essenciais, por compartimento ambiental:

- Sedimento: ferro e manganês;
- Solo superficial: cobalto, ferro e manganês;
- Poeira domiciliar: cobre e ferro;
- Alimentos animais: selênio (ovo).

O valor de referência de saúde utilizado para quantificação do risco de exposição ao ferro em solo superficial, poeira domiciliar e sedimento corresponde ao valor utilizado pela US EPA (2019) como RfD, que corresponde ao PPRTV (*Provisional Peer-Reviewed Toxicity Value*) de 0,7 mg/kgPC.dia (US EPA, 2006b). Conforme discutido pela US EPA (2006b), esse valor de referência de saúde foi derivado de estudos que avaliaram a exposição a suplementos de ferro, que são constituídos de ferro em sua espécie Fe^{2+} , íon ferroso. Adicionalmente, a US EPA (2006) destaca que a absorção oral do íon ferroso é aproximadamente três vezes maior que a absorção oral do íon férrico (Fe^{3+}). Nesse sentido, para adequada interpretação dos resultados da quantificação de risco observados para ferro, devem ser obtidas informações sobre a especiação de ferro nas amostras coletadas, com o objetivo de identificar a proporção de íon ferroso e íon férrico. Conforme destacado por Golder (2017a), o ferro presente nas amostras de rejeitos, solos e sedimentos afetados e não afetados ocorre predominantemente na forma de (hidr)óxidos de ferro. Nos rejeitos, a fração de ferro redutível (ferrihidrita) é menor que 1%, enquanto que nos solos não afetados pode atingir 10%. Dessa forma, é esperado que o íon férrico (Fe^{3+}) seja predominante nas amostras de solo e sedimentos das áreas de estudo (AA 2 e 3). Essa especiação será abordada nas ações de complementação do conjunto de dados para as áreas de estudo e será feita com o objetivo de atender ao preconizado pela ATSDR (2005) para a utilização dos valores de referência de saúde. Conforme destacado na Seção 6.4, quando observadas excedências aos valores de referência de saúde, as investigações devem ser complementadas para adequada caracterização do risco.

O valor de referência de saúde utilizado para a quantificação de risco de manganês nas amostras de solo superficial corresponde à dose de referência (RfD) da US EPA, de 0,024 mg/kgPC.dia. Conforme destacado pela US EPA (1995) e corroborado pela ATSDR (2012), existem poucos dados que sugerem toxicidade relacionada à exposição oral ao manganês. Adicionalmente, a US EPA (1995) afirma que doses de exposição maiores que a RfD para manganês não implicam necessariamente em toxicidade relacionada a esse metal, sendo que muitos indivíduos consomem regularmente em sua dieta doses maiores que esse valor de referência de saúde sem apresentar efeitos adversos. Conforme discutido acima

(Seção 6.6.1 e 6.6.2) a forma química do metal influencia diretamente sua biodisponibilidade e, portanto, sua capacidade de ser absorvido pelo organismo. A absorção no trato gastrointestinal é considerada a principal via de absorção de manganês, sendo que a absorção desse metal é dependente da solubilidade da forma química em que ele se encontra (ATSDR, 2012). Cloreto e sulfeto de manganês são consideradas as formas mais solúveis desse metal e, portanto, as formas mais facilmente absorvidas no trato gastrointestinal. Estudos demonstram que a biodisponibilidade relativa dos óxidos de manganês MnO , MnO_2 e $MnCO_3$ é, em média, 57,7, 32,9 e 27,8, respectivamente, enquanto que a biodisponibilidade relativa de $MnSO_4$ se aproxima de 100% (WONG-VALLE, 1989). Nesse sentido, para adequada interpretação dos resultados da quantificação de risco observados para manganês, devem ser obtidas informações sobre a especiação desse metal nas amostras coletadas, com o objetivo de identificar a forma química predominante nessas amostras. Essa especiação será abordada nas ações de complementação do conjunto de dados para as áreas de estudo e será feita com o objetivo atender ao preconizado pela ATSDR (2005) para a utilização dos valores de referência de saúde. Conforme destacado na Seção 6.4, quando observadas excedências aos valores de referência de saúde, as investigações devem ser complementadas para adequada caracterização do risco.

O valor de referência de saúde utilizado para a quantificação de risco de cobalto nas amostras de solo superficial corresponde ao PPRTV da US EPA de 0,0003 mg/kgPC.dia. Esse valor de PPRTV foi derivado de um LOAEL de 1 mg/kgPC.dia (US EPA, 2008), aplicando-se um fator de incerteza de 10 (fator para contabilizar a extrapolação de um estudo de exposição subcrônica para exposição crônica). A maior dose de exposição calculada pelo Relatório Tecnohidro foi da ordem de 0,003 mg/kgPC.dia, significativamente menor que o valor de LOAEL utilizado pela US EPA (2008). Dessa forma, entende-se que a excedência de risco observada para cobalto no solo superficial não reflete perigo à saúde pública das áreas estudadas. Adicionalmente, os estudos utilizados para a determinação do LOAEL para definição do PPRTV de cobalto foram baseados em experimentos que avaliaram a exposição ao cloreto de cobalto. Conforme destacado por Klaasen (2019), cloreto de cobalto apresenta porcentagem de absorção oral de 30%, enquanto óxidos de cobalto apresentam porcentagem de absorção oral de 5%. Nesse sentido, para adequada interpretação dos resultados da quantificação de risco observados para cobalto, devem ser obtidas informações sobre a especiação desse metal nas amostras coletadas, com o objetivo de identificar a forma química predominante nessas amostras. Essa especiação será abordada nas ações de complementação do conjunto de dados para as áreas de estudo.

O valor de referência de saúde utilizado para a quantificação de risco de selênio nas amostras de ovo corresponde ao nível de risco mínimo (MRL) para exposição crônica de 0,005 mg/kgPC.dia. Esse valor de MRL foi derivado de um

NOAEL de 0,015 mg/kgPC.dia (ATSDR, 2003), aplicando-se um fator de incerteza de 3 (para contabilizar a variabilidade de sensibilidade em humanos). A maior dose de exposição calculada pelo Relatório Tecnohidro foi da ordem de 0,0056 mg/kgPC.dia, significativamente menor que o valor de NOAEL utilizado pela ATSDR (2003). Dessa forma, entende-se que a excedência de risco observada para selênio em ovo não reflete perigo à saúde pública das áreas estudadas.

O valor de referência de saúde utilizado para a quantificação de risco de cobre nas amostras de poeira domiciliar corresponde à dose de referência (RfD) da US EPA, de 0,04 mg/kgPC.dia. Esse valor foi calculado a partir da concentração de uma concentração de cobre em água de consumo humano de 1,3 mg/L, na qual foram observadas irritações do sistema gastrointestinal. Similarmente, Klaasen (2019) reporta que os efeitos adversos à saúde relacionados à exposição oral (ingestão) ao cobre em excesso são relacionados a irritações gastrointestinais, observadas após exposição aguda à água de consumo humano com altas concentrações de cobre. Não existem estudos reportando efeitos de exposição crônica ao cobre através da ingestão (ATSDR, 2004). Uma vez que a concentração de cobre que excedeu o valor de referência de saúde somente foi detectada em uma única amostra de poeira domiciliar (Ver Seção 6.5.4), em uma residência específica, será feito um mapeamento das possíveis fontes de metais na poeira domiciliar nesse local.

Metais não essenciais, não comprovadamente benéficos e de baixa toxicidade: Alumínio

Conforme apresentado na Seção 6.5.3, alumínio apresentou excedências ao valor de referência de saúde para ingestão de partículas de solo superficial. As excedências ocorreram em dois pontos localizados na área alvo 2, um localizado na região de exposição indireta e outro na região de não exposição.

O valor de referência de saúde utilizado para a quantificação de risco de alumínio corresponde ao nível de risco mínimo (MRL) para exposição crônica de 1 mg/kgPC.dia. Esse valor de MRL foi derivado de um LOAEL de 100 mg/kgPC.dia (ATSDR, 2008), aplicando-se um fator de incerteza de 300 (fator de 3 pela utilização de LOAEL mínimo, 10 para a extrapolação de estudos feitos em animais, 10 para contabilizar a variabilidade em humanos) e um fator de ajuste de 0,3 (para contabilizar potenciais diferenças de biodisponibilidade do lactato de alumínio, utilizado pelo estudo do qual o LOAEL foi obtido). A maior dose de exposição calculada pelo Relatório Tecnohidro foi da ordem de 2,5 mg/kgPC.dia, significativamente menor que o valor de LOAEL utilizado pela ATSDR (2008).

Em termos de toxicocinética, a quantidade de alumínio que é absorvida pelo organismo humano através da ingestão e inalação é extremamente baixa, sendo que menos que 1% do alumínio presente na dieta é absorvido (Klaassen, 2019). Alumínio não é absorvido através da pele.

A toxicidade aguda do alumínio em humanos é rara. A grande maioria dos casos de intoxicação por alumínio em humanos estão relacionados à exposição ocupacional ou a pacientes com falência renal crônica.

Tendo como base o exposto acima, entende-se que as excedências de risco observadas para alumínio no solo superficial não refletem perigo à saúde pública das áreas estudadas.

Metais potencialmente tóxicos: Arsênio e Cádmio

Conforme apresentado na Seção 6.5.5, arsênio apresentou excedências ao valor de referência de saúde para ingestão de frutas e tubérculos, respectivamente. A excedência ao valor de referência de saúde para ingestão de frutas ocorreu na área alvo 2, enquanto a excedência ao valor de referência de saúde para a ingestão de tubérculos ocorreu na área alvo 3, sendo que ambas excedências foram observadas na região de não exposição. O valor de referência de saúde utilizado para a quantificação de risco de arsênio corresponde ao nível de risco mínimo (MRL) para exposição crônica ao arsênio inorgânico de 0,0003 mg/kgPC.dia. Entretanto, as excedências de risco observadas foram calculadas com base nas concentrações de arsênio total.

Não foram detectadas concentrações de arsênio inorgânico (Arsênio III e Arsênio V) na amostra de fruta da área alvo 2 que apresentou excedência de risco, assim como na amostra de tubérculos da área alvo 3 que apresentou excedência de risco. Dessa forma, as excedências observadas não refletem em perigo à saúde pública das áreas estudadas.

Conforme discutido acima, a biodisponibilidade tem papel importante na avaliação de potenciais implicações à saúde decorrentes da exposição a metais. Especificamente para o arsênio, a US EPA (2017) possui testes laboratoriais in vitro para estimativa de sua bioacessibilidade. Amostras de frutas e tubérculos a serem coletadas para a complementação do conjunto de dados serão encaminhadas para a realização de testes in vitro.

De acordo com ATSDR (2012), a absorção pela via oral (ingestão) de cádmio varia entre 1 e 10%, podendo exceder ligeiramente essa faixa quando ocorre deficiência de ferro. Não existem estudos que indicam efeitos carcinogênicos relacionados ao cádmio pela via de ingestão. Cádmio não foi detectado nas áreas alvo 2 e 3 nas amostras de solo superficial coletadas pela Tecnohidro. As ações de complementação da malha amostral dessas áreas permitirá concluir sobre a ocorrência de cádmio no solo superficial e sua exata localização.

7 CORRELAÇÃO COM O ROMPIMENTO

De acordo com a Nota Técnica SUBVPS/SES-MG N°11/2017, aprovada pela Deliberação 106 do Conselho Interfederativo, a ARSH deve estabelecer os compostos de interesse, rotas de exposição e populações expostas e potencialmente expostas aos compostos químicos decorrentes do rompimento. Em adicional, a Cláusula 108 do TTAC diz que **“o programa [de saúde] deverá prever medidas e ações necessárias à mitigação dos danos causados à saúde da população diretamente atingida pelo EVENTO”**. Portanto, a correlação com o evento é uma premissa básica para o desenvolvimento dos estudos de ARSH relacionados ao rompimento da barragem de Fundão. Como ferramentas para avaliar possível correlação dos compostos de interesse identificados em uma área de estudo e revisar os níveis de concentração encontrados, as Diretrizes do MS citam a determinação dos níveis basais, a amostragem em localidades de referência e a distribuição espacial desses contaminantes.

O Relatório Ambios não permite conclusões sobre a correlação entre as detecções encontradas e o rompimento da barragem de Fundão, por não apresentar uma discussão sobre as concentrações basais da região estudada, não ter realizado amostragens em locais de referência e por não permitir o georreferenciamento de seus pontos de coleta. Apesar disso, o relatório da Ambios traz conclusões sobre a correlação com o rompimento sem o embasamento técnico necessário.

O Relatório Tecnohidro dividiu suas amostras ambientais em três áreas de impacto: Região de Exposição Direta (RED); Região de Exposição Indireta (REI); e Região de Não Exposição (RNE). Além disso, o relatório traz uma discussão adequada sobre os níveis de concentrações basais, que o relatório trata como concentrações de *background*. Essa discussão apresenta valores trazidos no estudo de Souza *et al* (2015), coletados anteriormente ao rompimento da barragem. Juntamente a esses valores são trazidos os percentis 95% dos valores encontrados em cada região de exposição e em cada área alvo. A comparação desses valores fomenta a discussão de correlação entre os valores encontrados para cada composto e o evento de rompimento da barragem de Fundão.

Os itens a seguir apresentam a discussão sobre a distribuição espacial das concentrações detectadas para todos os compostos que apresentaram doses de exposição acima dos valores de referência de saúde, por compartimento ambiental.

Em adicional, para as amostras de sedimento, solo superficial e poeira domiciliar são apresentadas análises estatísticas da distribuição espacial nas áreas de exposição (RED, REI e RNE). Esta análise inclui:

- Resumos estatísticos específicos para cada composto que apresentou excedências ao valor de referência de saúde, em cada região de exposição;
- Comparação entre RED e RNE: para identificar os analitos que possuem concentrações médias mais altas na RED do que as medidas na RNE;
- Resumo da análise ANOVA: a região de exposição é considerada um fator significativo por essa análise se sua significância for menor que 0,05;
- O detalhamento deste cálculo é apresentado no Anexo 6.

O objetivo principal dessas análises exploratórias é identificar os compostos que podem ser relacionados aos impactos provenientes do rompimento da barragem. Para que um composto seja considerado relacionado ele deve exibir duas características estatísticas: (1) sua concentração média na RED deve exceder sua concentração média na RNE; e (2) suas concentrações em várias regiões devem exibir diferenças estatisticamente significativas, ou seja, a região de exposição é considerada um fator significativo.

7.1 SEDIMENTOS

A seguir são apresentadas duas figuras (Figura 7-1 e Figura 7-2) para elucidar a discussão de correlação com o rompimento da barragem de Fundão. Tais figuras trazem os pontos nos quais houve excedência aos valores de referência legais para sedimento.

Figura 7-1: Concentração de manganês em sedimento.

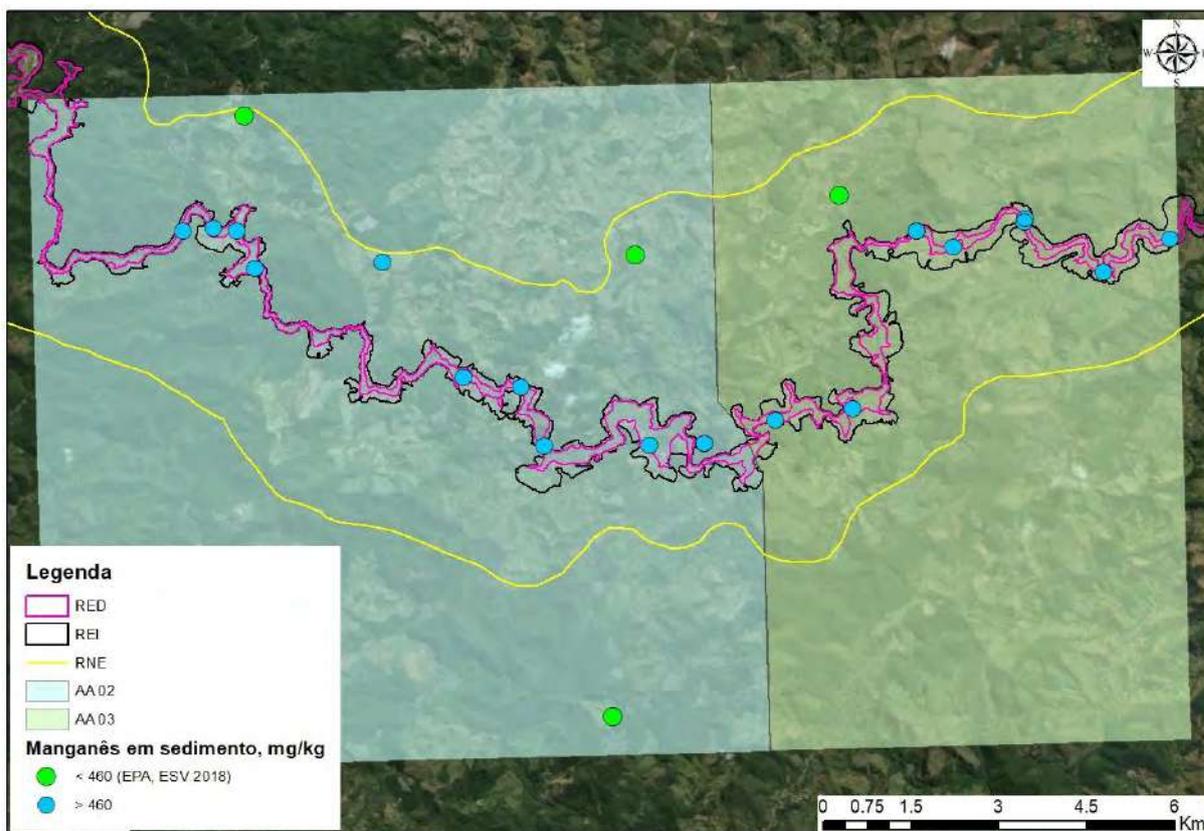
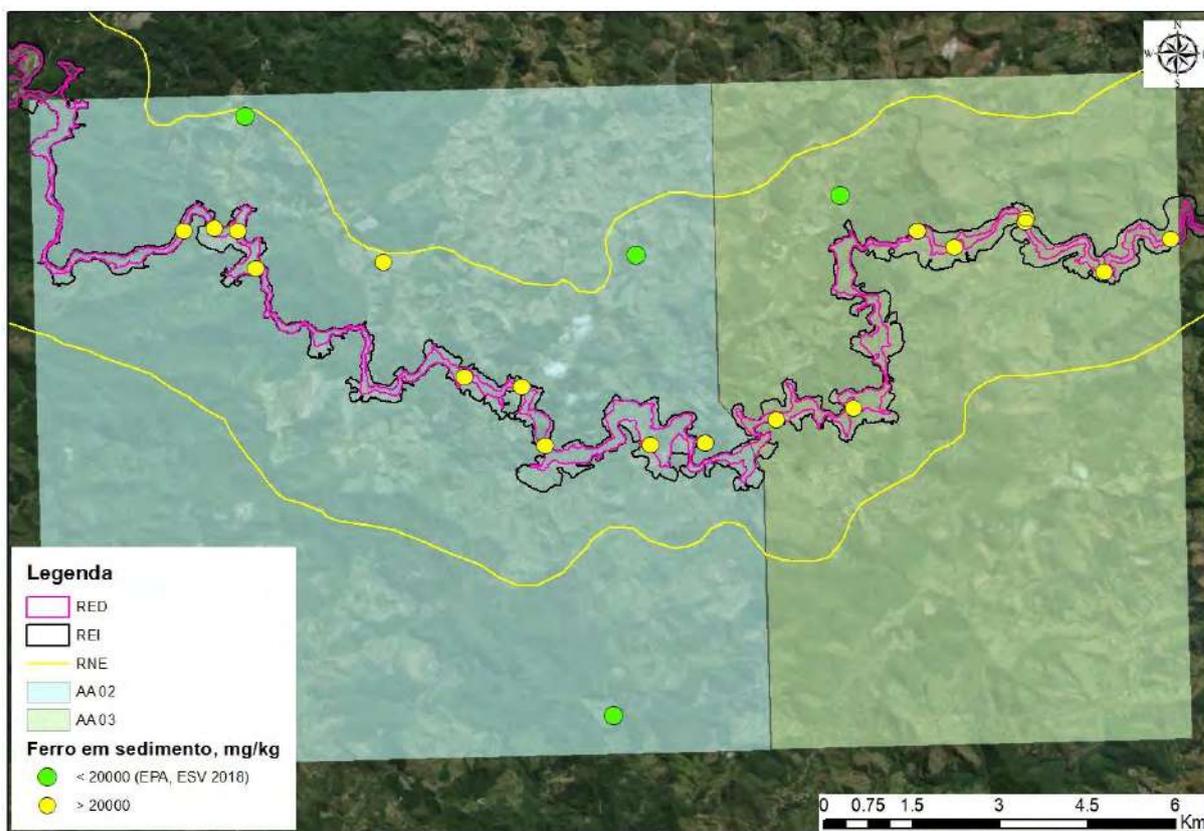


Figura 7-2: Concentração de ferro em sedimento.



A Tabela 7-1 apresenta os resumos estatísticos para ferro e manganês, juntamente com a comparação entre RED e RNE e a significância (análise ANOVA).

Tabela 7-1: Resumo estatístico dos resultados de ferro e manganês em sedimento.

Composto	Região de exposição	Nº*	Valor Mínimo**	Valor máximo**	Média**	Desvio Padrão**	RED > RNE	Significância
Ferro	RED	23	116000	417000	179913	70936	Sim	Sim
	RNE	8	8150	175000	81619	74306		
Manganês	RED	23	191	6030	1350	1454	Sim	Não
	RNE	8	100	839	399	304		

* Número de amostras ** Valores em mg/kg

Tanto para ferro quanto para manganês, os pontos de amostragem que apresentaram resultados acima dos valores de referência legais estão predominantemente na RED e REI. Para manganês, ocorre excedência ao valor de referência legal em apenas um ponto localizado na RNE. Para ferro, também ocorre apenas uma excedência pontual ao valor de referência, localizada na RNE. Todos os outros pontos localizados na RNE apresentaram concentrações próximas ao valor de referência para ferro em sedimentos.

Com base nos dados de ferro e manganês disponíveis e os resultados das análises ANOVA, conforme apresentado na Tabela 7-1, podemos concluir que apenas os valores de ferro na RED podem ser vistos como relacionados ao rompimento da barragem.

7.2 SOLO SUPERFICIAL

A seguir são apresentadas figuras (Figura 7-3 a Figura 7-6) para elucidar a discussão de correlação com o rompimento da barragem de Fundão. Tais figuras trazem os pontos nos quais houve excedência dos padrões legais de solo superficial para alumínio, cobalto, ferro e manganês. Cada figura é acompanhada de duas tabelas: (1) uma apresenta os resumos estatísticos, juntamente com a comparação entre RED e RNE e a significância (análise ANOVA); (2) outra apresenta a comparação das concentrações basais observadas no estudo de Souza et al (2015) aos percentis 95% dos valores encontrados nas AA 2 e 3.

Figura 7-3: Concentração de alumínio em solo superficial.

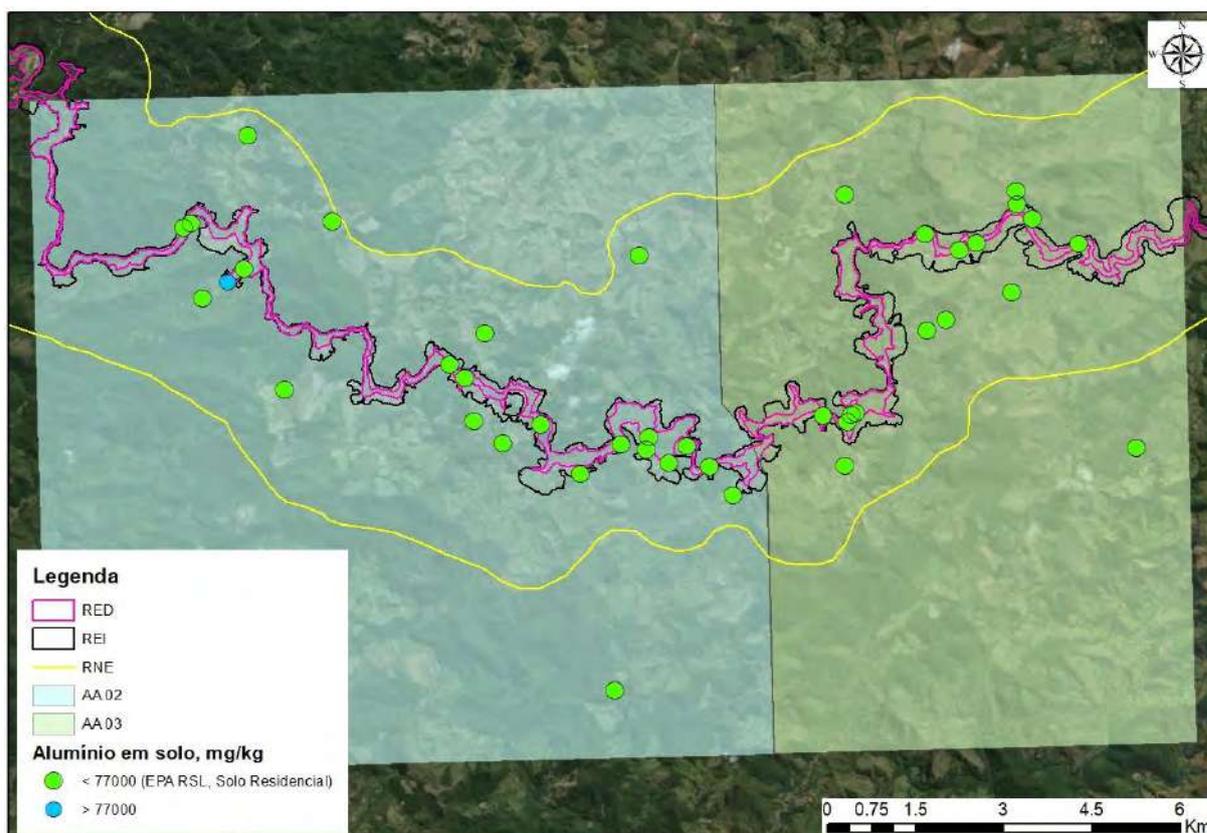


Tabela 7-2: Resumo estatístico dos resultados de alumínio em solo superficial.

Composto	Região de exposição	Nº*	Valor Mínimo**	Valor máximo**	Média**	Desvio Padrão**	RED > RNE	Signifi-cância
Alumínio	RED	17	2970	39300	15609	13288	Não	Sim
	REI	7	4040	79400	39191	24188		
	RNE	20	15900	70700	45765	14182		

* Número de amostras ** Valores em mg/kg

Tabela 7-3: Concentrações basais e percentil 95% nas áreas alvo para alumínio no solo superficial.

Valores em mg/kg	Souza et al (2015)		AA 2			AA 3		
	Mínimo	Máximo	RNE	REI	RED	RNE	REI	RED
Alumínio	104.500	156.430	60.266	79.400	31.964	52.436	46.100	27.166

Para o alumínio existe apenas um ponto onde ocorre excedência ao valor de referência da US EPA (77.000 mg/kg), sendo detectada concentração de 79.400 mg/kg. Conforme demonstrado na Tabela 7-2, o alumínio apresentou valores mais baixos para as áreas estudadas do que as concentrações basais. Em adicional, conforme demonstrado na Tabela 7-3, as concentrações detectadas na RED são menores que as concentrações detectadas na RNE quando se comparam os valores máximos, mínimos e as médias, sendo inclusive a média de valores na RED menor que o valor mínimo detectado na RNE.

Além disso, corroborando esta análise, a análise ANOVA indica que há uma diferença significativa entre os resultados da RED e da RNE. Dessa forma, não é

possível correlacionar a ocorrência de alumínio no solo superficial com o rompimento da barragem de Fundão.

Figura 7-4: Concentração de cobalto em solo superficial.

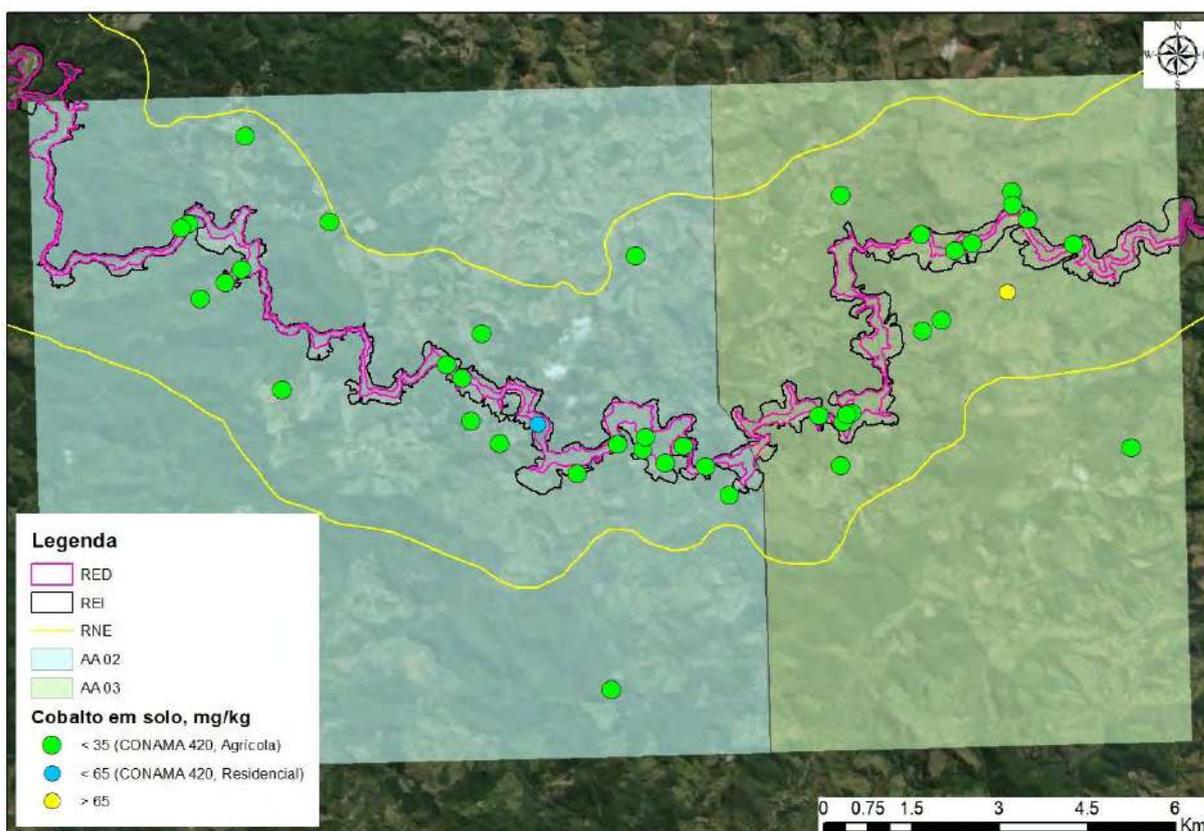


Tabela 7-4: Resumo estatístico dos resultados de cobalto em solo superficial.

Composto	Região de exposição	Nº*	Valor Mínimo**	Valor máximo**	Média**	Desvio Padrão**	RED > RNE	Significância
Cobalto	RED	17	3	46	7	10	Não	Não
	REI	7	2	10	4	3		
	RNE	20	2	188	14	41		

* Número de amostras ** Valores em mg/kg

Tabela 7-5: Concentrações basais e percentil 95% nas áreas alvo para cobalto no solo superficial.

Valores em mg/kg	Souza et al (2015)		AA 2			AA 3		
	Mínimo	Máximo	RNE	REI	RED	RNE	REI	RED
Cobalto	3,66	8,39	7,31	3,04	22,73	188	10	4,28

Para o cobalto ocorreram duas excedências ao valor de referência da CONAMA 420/2009 para solo de uso agrícola (35 mg/kg), sendo uma dessas excedências acima também do valor de referência para solo residencial (65 mg/kg). Cabe ressaltar que uma excedência foi detectada na RED (46,1 mg/kg) e outra detectada na RNE (188 mg/kg). Cobalto foi detectado abaixo do valor de referência legal em todas as amostras de solo superficial coletadas ao longo de todas as regiões de exposição das AA 2 e 3, com resultados variando entre 12,2 (localizado na RNE) e 1,57 (também localizado na RNE) mg/kg, com exceção das excedências. A Tabela 7-5 mostra que os percentis 95% de cobalto – com exceção

dos valores na RED da AA 2 e na RNE da AA 3 - são menores que as concentrações basais. É importante salientar que os percentis 95% que estão superiores as concentrações basais são influenciados pelas duas excedências.

Conforme a Tabela 7-4, o valor médio de cobalto na RED é menor que o valor médio na RNE, e a análise ANOVA indica que as diferenças entre as regiões de exposição não são significativas, indicando que os valores de cobalto estão distribuídos nas regiões de exposição. Dessa forma, não é possível correlacionar a ocorrência de cobalto no solo superficial com o rompimento da barragem de Fundão.

Figura 7-5: Concentração de ferro em solo superficial.

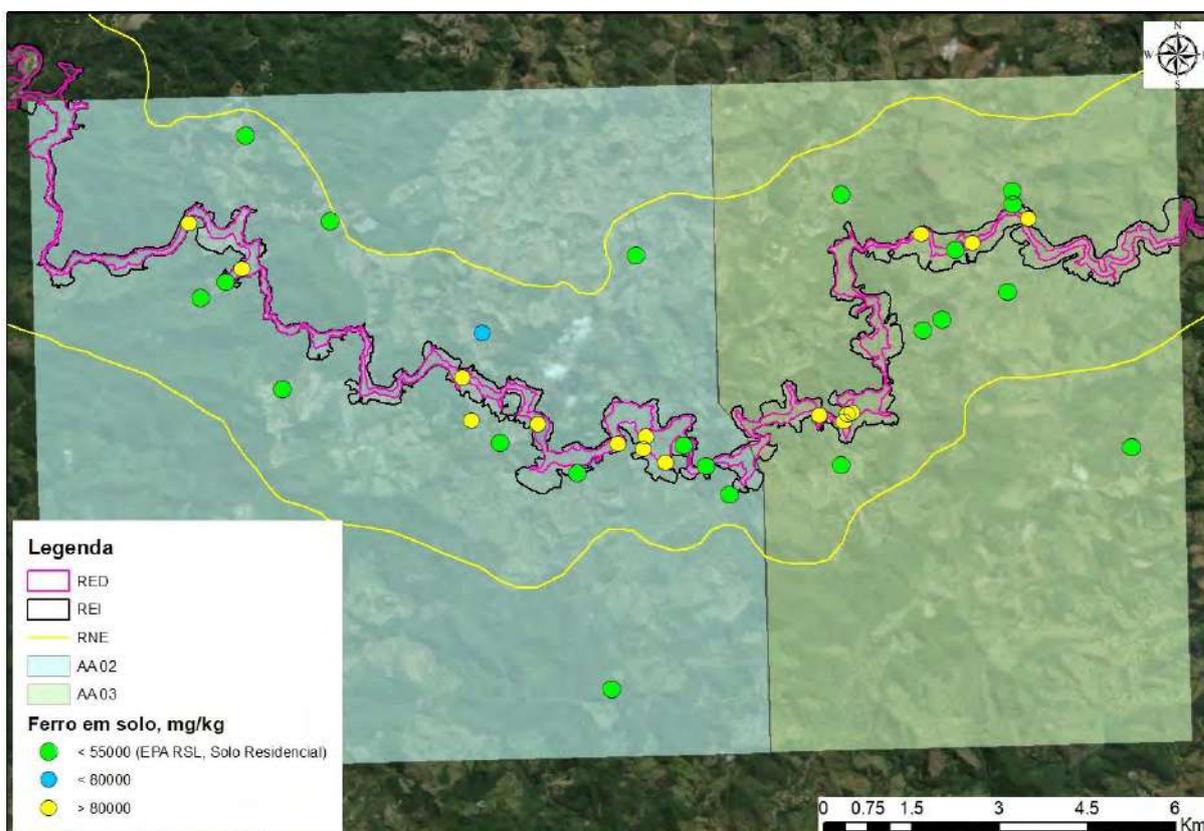


Tabela 7-6: Resumo estatístico dos resultados de ferro no solo superficial.

Composto	Região de exposição	Nº*	Valor Mínimo**	Valor máximo**	Média**	Desvio Padrão**	RED > RNE	Significância
Ferro	RED	17	80100	247000	159853	52355	Sim	Sim
	REI	7	17300	199000	68114	68660		
	RNE	20	10600	119000	35725	26568		

* Número de amostras ** Valores em mg/kg

Tabela 7-7: Concentrações basais e percentil 95% nas áreas alvo para ferro no solo superficial.

Valores em mg/kg	Souza et al (2015)		AA 2			AA 3		
	Mínimo	Máximo	RNE	REI	RED	RNE	REI	RED
Ferro	18.760	69.110	33.430	25.900	186.288	42.215	126.000	177.004

Ferro apresenta evidências tanto visuais quanto estatísticas de que há correlação com o rompimento da barragem, já que os valores em RNE são

semelhantes aos valores basais encontrados, e que há um enriquecimento do composto na RED. Além disso, analogamente aos resultados de sedimentos, observa-se que as excedências ao valor de referência da US EPA (55.000 mg/kg) ocorrem predominantemente na RED.

O resumo estatístico apresentado na Tabela 7-6 indica que os valores máximos, mínimos e médios da RED são superiores aos valores na REI e RNE; e as análises ANOVA demonstram que a região de exposição é considerada um fator significativo, indicando a correlação. Dessa forma, é possível correlacionar as concentrações de ferro no solo superficial detectadas na RED com o rompimento da barragem de Fundão.

Figura 7-6: Concentração de manganês em solo superficial.

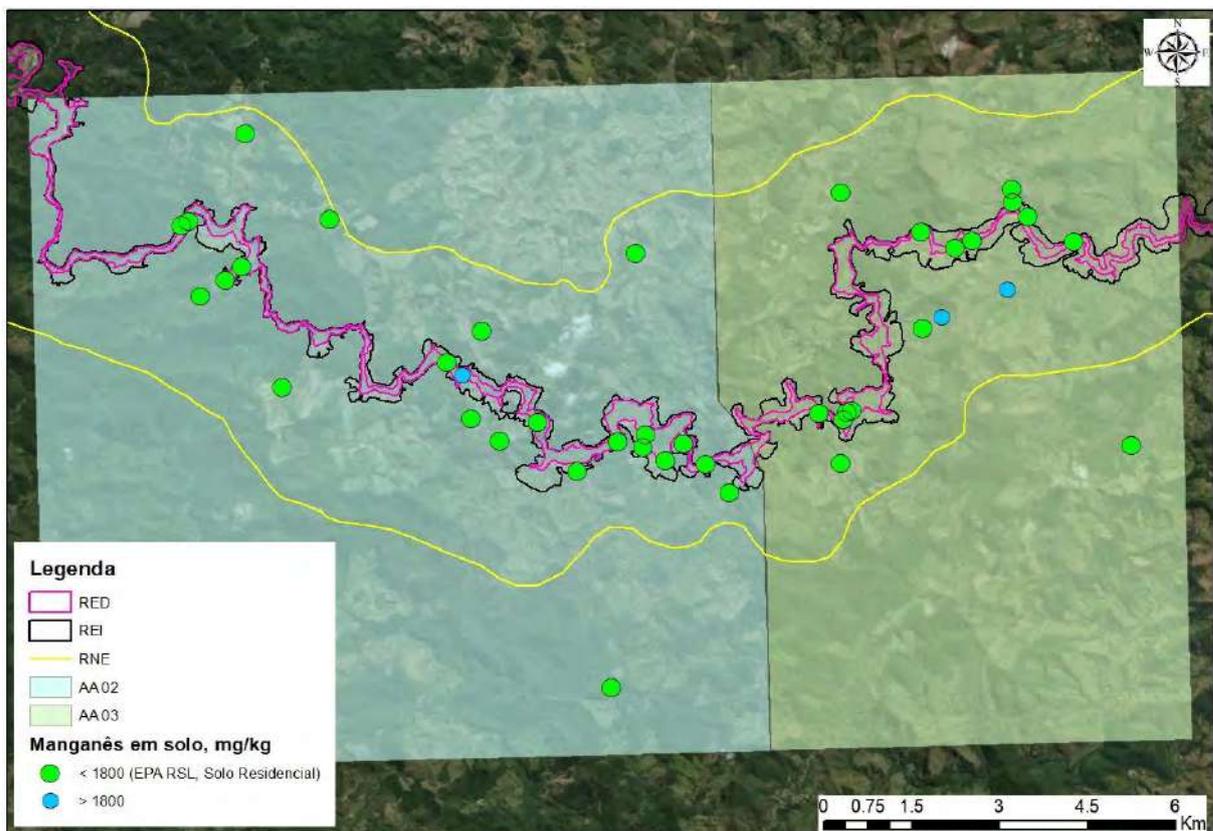


Tabela 7-8: Resumo estatístico dos resultados de manganês no solo superficial.

Composto	Região de exposição	Nº*	Valor Mínimo**	Valor máximo**	Média**	Desvio Padrão**	RED > RNE	Signifi-cância
Manganês	RED	17	204	6080	909	1431	Não	Não
	REI	7	17	460	220	178		
	RNE	20	40	10000	1176	2532		

* Número de amostras

** Valores em mg/kg

Tabela 7-9: Concentrações basais e percentil 95% nas áreas alvo para manganês no solo superficial.

Valores em mg/kg	Souza et al (2015)		AA 2			AA 3		
	Mínimo	Máximo	RNE	REI	RED	RNE	REI	RED
Manganês	134,03	235,31	334,30	109	1.418	10.000	460	520,20

Para manganês, diferentemente do observado para os resultados do mesmo composto nos sedimentos, observa-se que as excedências ao valor de referência da US EPA (1.800 mg/kg) não se concentram na RED. O maior e o segundo maior resultado observado para manganês no solo superficial das AA 2 e 3 foram detectados na RNE.

Apesar da Tabela 7-9 indicar que os percentil 95% de manganês encontram-se acima das concentrações basais, as análises estatísticas (Tabela 7-8) mostram que a média da RED é inferior à média da RNE e que a região de exposição não é considerada um fator significativo. Dessa forma, não é possível correlacionar a ocorrência de manganês no solo superficial com o rompimento da barragem de Fundão.

7.3 POEIRA DOMICILIAR

A seguir são apresentadas figuras (Figura 7-7 e Figura 7-8) para elucidar a discussão de correlação com o rompimento da barragem de Fundão. Tais figuras trazem os pontos nos quais houve excedência dos padrões legais para poeira.

Figura 7-7: Concentração de cobre em poeira.

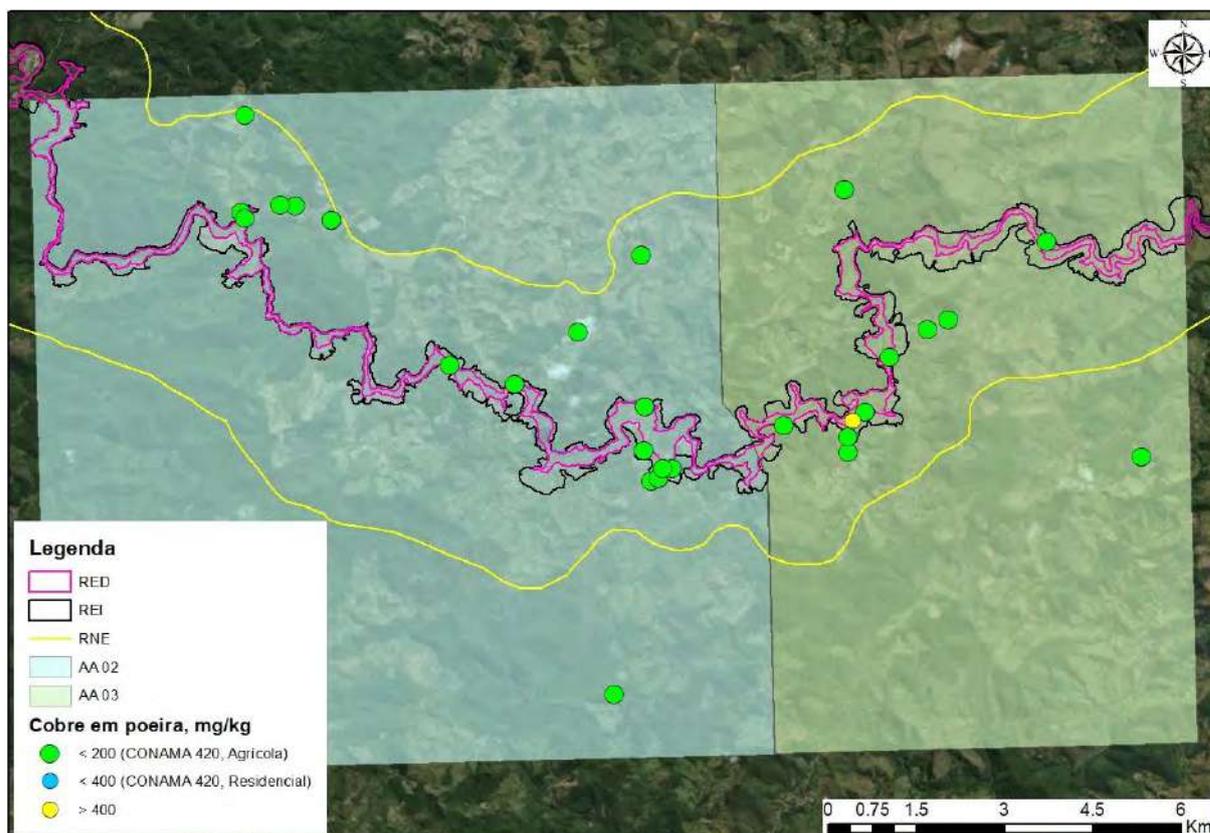


Figura 7-8: Concentração de ferro em poeira.

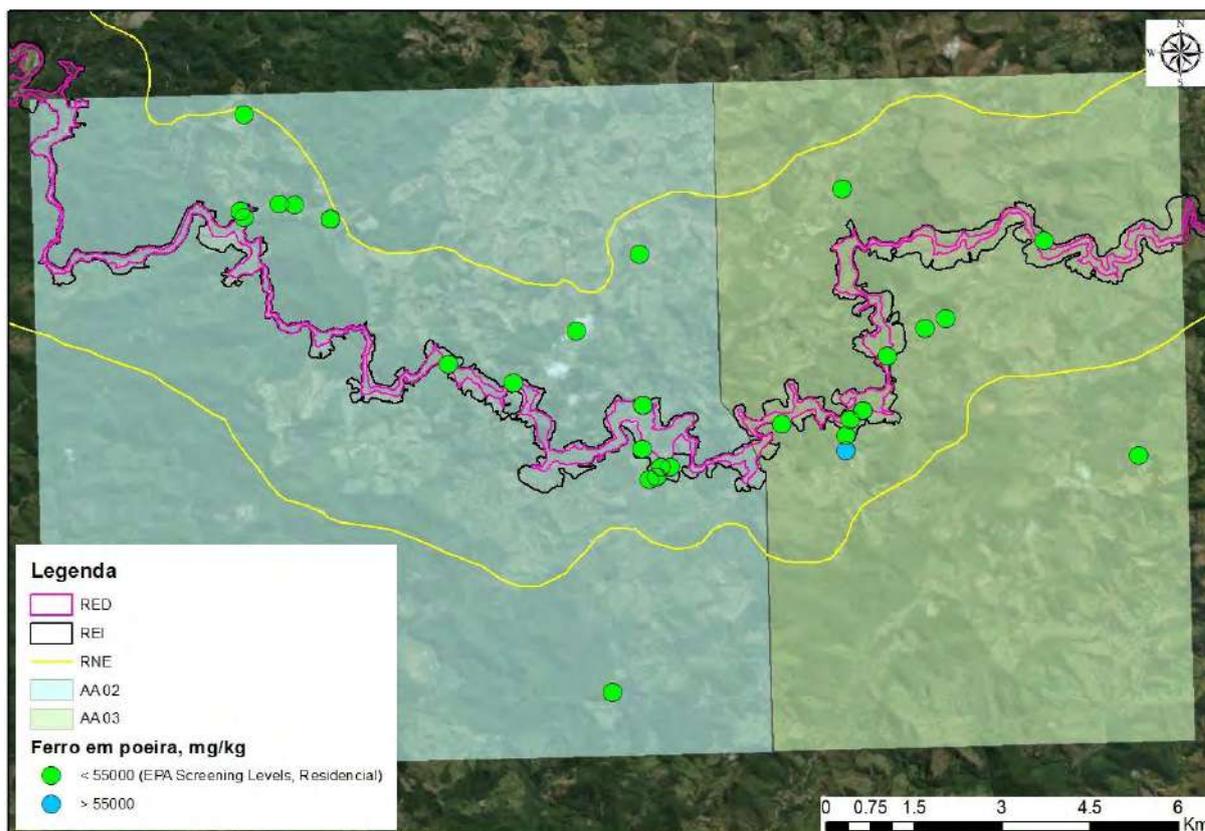


Tabela 7-10: Resumo estatístico dos resultados de cobre e ferro em poeira.

Composto	Região de exposição	Nº*	Valor Mínimo**	Valor máximo**	Média**	Desvio Padrão**	RED > RNE	Significância
Cobre	RED	6	8	23700	3963	9669	Sim	Não
	REI	13	9	154	35	37		
	RNE	16	8	200	45	45		
Ferro	RED	6	3020	41300	16295	17549	Não	Não
	REI	13	4460	30300	13558	8720		
	RNE	16	4480	118000	21276	27208		

* Número de amostras

** Valores em mg/kg

Cobre foi detectado acima do valor de referência da CONAMA 420/2009 para solo de uso agrícola (200 mg/kg) em apenas um ponto de coleta de amostra de poeira domiciliar, sendo detectada concentração de 23.700 mg/kg na RED. Salienta-se que o segundo valor mais alto encontrado na RED foi de 27,3 mg/kg. Uma possível fonte de metais na poeira domiciliar seria o solo superficial no entorno da residência amostrada e o sedimento próximo à essa residência. Entretanto, todos resultados de cobre das amostras de solo superficial e sedimento da área alvo 2 e 3 estão abaixo dos valores de referência legais. Todas as amostras de solo superficial coletadas para a região no entorno dessa detecção variam entre 6,98 e 5 mg/kg, valores significativamente menores do que o valor reportado. Analogamente, no ponto de coleta de sedimento mais próximo dessa residência foi detectada concentração de cobre de foi 3,98 mg/kg.

Além disso, o resumo estatístico (Tabela 7-10) indica que, apesar da média de cobre na RED ser superior à da RNE, ela é altamente influenciada pelo valor máximo de 23.700 mg/kg, já que a segunda maior concentração (27,3 mg/kg) é significativamente menor e abaixo da média da RNE. A análise ANOVA indica que a região de exposição não é considerada um fator significativo na análise deste composto. Dessa forma, não é possível correlacionar a ocorrência de cobre na poeira domiciliar com o rompimento da barragem de Fundão. Como ação ambiental (Ver Seção 8.2) foi proposto coleta de novas amostras na residência para o mapeamento da possível fonte de cobre na poeira domiciliar dessa residência específica.

Ferro foi detectado acima do valor de referência da US EPA (55.000 mg/kg) em apenas um ponto de coleta de amostra de poeira domiciliar, sendo detectada concentração de 118.000 mg/kg na RNE. Apesar de as concentrações de ferro no solo superficial e sedimento apresentarem excedências ao longo das AA 2 e 3, sendo essas excedências observadas em maior quantidade na RED, a mesma distribuição espacial não é observada para a poeira domiciliar. O resumo estatístico apresentado na Tabela 7-10 indica que a média de ferro na RED é inferior à média e a análise ANOVA indica que a região de exposição não é considerada um fator significativo na análise deste composto. Dessa forma, não é possível correlacionar a ocorrência de ferro na poeira domiciliar com o rompimento da barragem de Fundão. Como ação ambiental (Ver Seção 8.2) também foi proposto coleta de novas amostras na residência para o mapeamento da possível fonte de cobre na poeira domiciliar dessa residência específica.

7.4 ALIMENTOS VEGETAIS

A seguir são apresetadas figuras (Figura 7-9 e Figura 7-10) para elucidar a discussão de correlação com o rompimento da barragem de Fundão. Tais figuras trazem os pontos nos quais houve excedência dos padrões legais para alimentos vegetais (tubérculos e frutas).

Tanto para tubérculos quanto para frutas, houve apenas uma excedência ao valor de referência da RDC nº 42/2013 da Anvisa (0,5 mg/kg), sendo detectadas concentrações de 1,35 mg/kg e 1,13 mg/kg, respectivamente, ambas na RNE. É importante ressaltar que para as ambas as matrizes, arsênio total foi detectado apenas nesses pontos com excedência localizados na RNE. Dessa forma, não é possível correlacionar a ocorrência de arsênio em tubérculos e frutas com o rompimento da barragem de Fundão.

Figura 7-9: Concentração de arsênio em tubérculos.

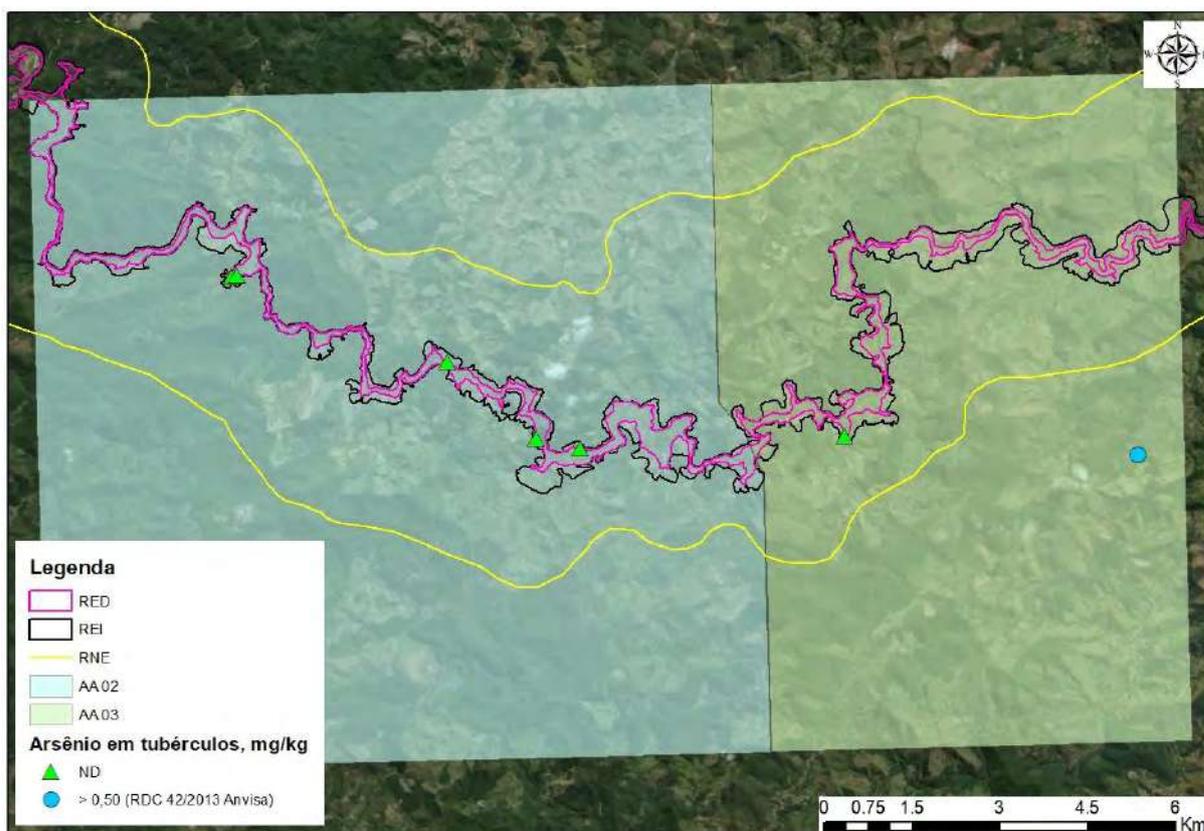
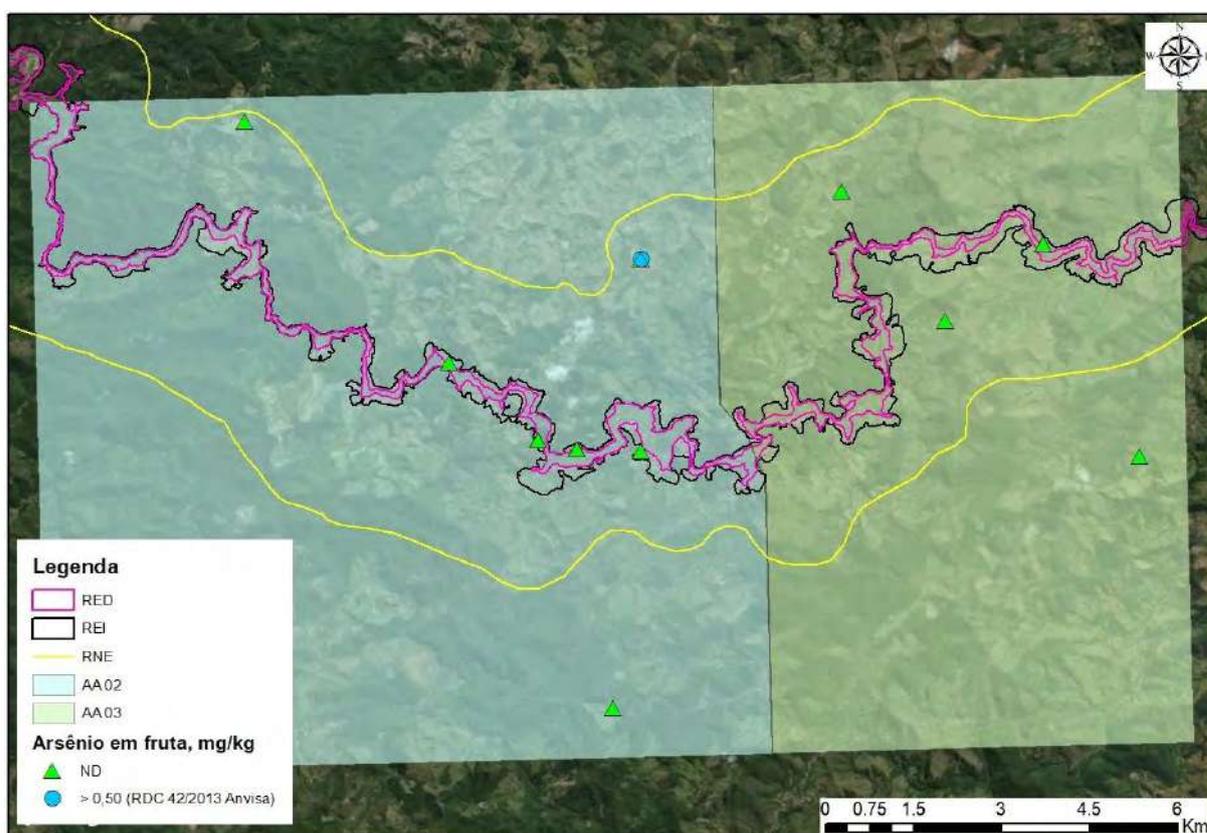


Figura 7-10: Concentração de arsênio em fruta.

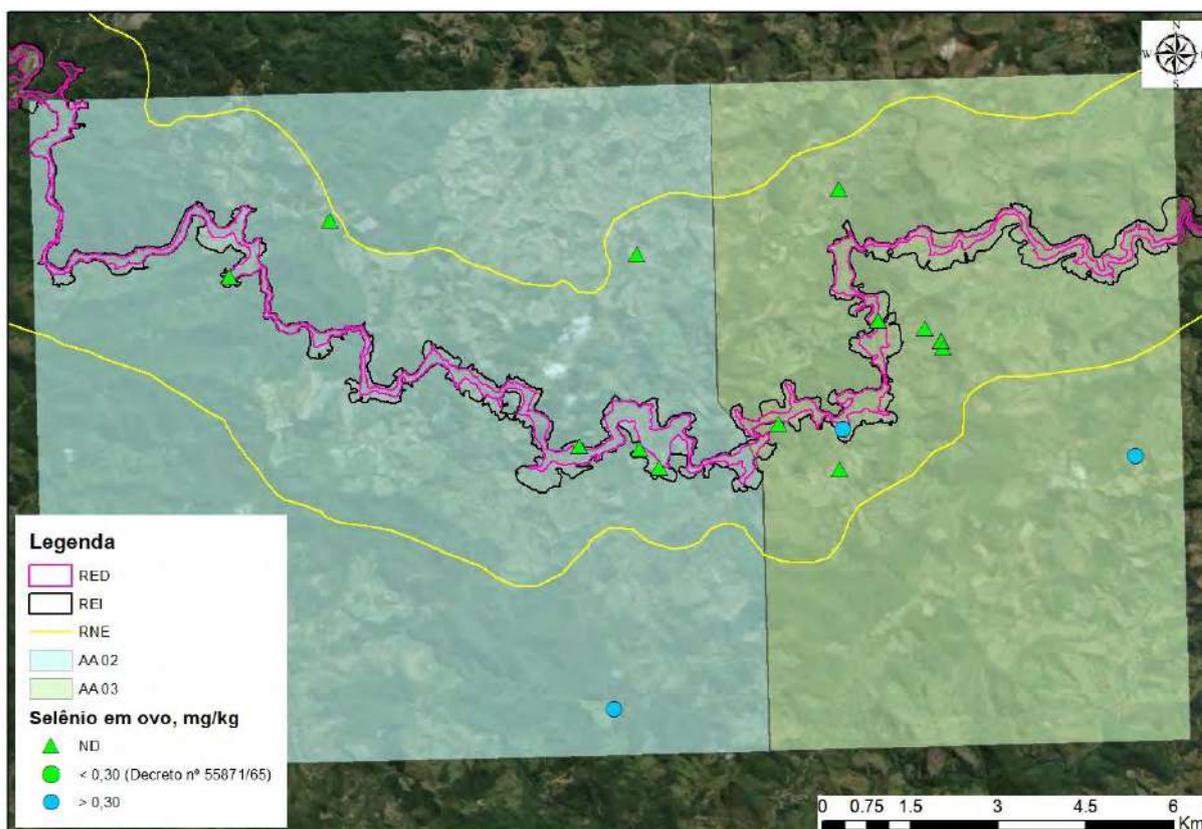


7.5 ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL

A Figura 7-11 é apresentada abaixo para elucidar a discussão de correlação com o rompimento da barragem de Fundão. Essa figura traz os pontos nos quais houve excedência dos padrões legais para alimentos de origem animal (ovo).

Selênio foi detectado em três amostras de ovo acima do valor de referência do Decreto nº 55.871/65, uma localizada na RED (3,13 mg/kg) e duas localizadas na RNE (2,37 mg/kg, AA 3; 2,04, AA 2). Selênio não foi detectado em nenhuma das outras amostras de ovo coletadas nas AA 2 e 3. Dessa forma, não é possível correlacionar a ocorrência de selênio em ovos com o rompimento da barragem de Fundão.

Figura 7-11: Concentração de selênio em ovo.



7.6 CONCLUSÃO DA ETAPA

Com base nos itens acima, os compostos de interesse cujas concentrações na RED apresentam correlação com o rompimento da barragem de Fundão são:

- No sedimento: ferro;
- No solo superficial: ferro.

Para os outros compartimentos ambientais, a ocorrência dos compostos que apresentaram excedência aos valores de referência de saúde não pode ser correlacionada com o rompimento da barragem de Fundão.

8 RECOMENDAÇÕES

8.1 COMPLEMENTAÇÃO DA MALHA AMOSTRAL

8.1.1 QUANTIDADE E LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

A atividade de complementação da malha amostral será dividida em três etapas: 1) busca de dados em programas da Fundação Renova; 2) análise da representatividade do novo conjunto de dados; 3) realização de amostragem complementar, se necessário. O objetivo desta complementação é atender ao quantitativo demonstrado na Tabela 8-1.

Tabela 8-1: Quantitativo de amostras complementares por matriz.

Matriz	Quantidade de Novas Amostras
Sedimento	AA 2: 65 AA 3: 68
Água superficial	AA 2: 66 AA 3: 72
Água para consumo humano	AA 2: 19 AA 3: 29
Água subterrânea (nascentes)	AA 2 e 3: 3
Solo superficial	AA 2 e 3: 13
Alimentos	AA 2: 21 AA 3: 26

Caso sejam identificados dados coletados por outros programas da Fundação Renova nas áreas em estudo, estes deverão passar pela mesma análise de validação e comparabilidade executada nas seções 3 e 4 deste relatório. Desta maneira será garantida a aplicabilidade destes dados a uma ARSH.

Após a identificação de dados que possam ser utilizados na ARSH, uma análise de representatividade do novo conjunto de dados será realizada. A amostragem complementar será realizada apenas caso as amostras identificadas nos programas da Fundação Renova não sejam suficientes para garantir a representatividade (estatística e geoestatística) da malha amostral.

As novas amostragens devem seguir as recomendações da seção 5 sobre suas localizações e distribuição entre as áreas alvo. Para as matrizes de água para consumo humano e alimentos, os locais de amostragem devem ser definidos junto à comunidade, para que se possa garantir que existe rota de exposição.

8.1.2 PROCEDIMENTOS AMOSTRAIS

Para que as amostras sejam comparáveis com as já realizadas, é necessário que os procedimentos de amostragem, compostos a serem analisados e valores de referência sigam os procedimentos reconhecidos nacionalmente e/ou internacionalmente. É necessário prever a realização de análises especiais e testes de biodisponibilidade.

8.1.3 PROCEDIMENTOS DE CONTROLE DA QUALIDADE

Os procedimentos de qualidade para as novas amostragens devem seguir os padrões da ABNT NBR 16.435:2015 para duplicatas, brancos de equipamento e de campo. Além disso, destaca-se a importância da apresentação da documentação de preparação e envio original, em forma de cadeias de custódia.

8.1.4 LABORATÓRIOS

Os laboratórios escolhidos para desenvolver as análises devem possuir certificação pela NBR ISO-IEC 17.025 para as matrizes e analitos selecionados e os limites de quantificação devem atender aos requisitos das legislações aplicáveis.

8.1.5 CRONOGRAMA DAS AÇÕES DE COMPLEMENTAÇÃO DE INFORMAÇÕES

Tabela 8-2: Cronograma das ações de complementação de informações.

Ações	Período (dias)																							
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210			
Análise dos dados da FR: Validação, comparabilidade e suficiência	■																							
Amostragem complementar e recebimento dos resultados analíticos*						■																		
Análise dos dados da amostragem complementar										■														
Apresentação dos resultados da amostragem complementar													■											
Mapeamento das fontes de poeira domiciliar*	■																							
Análise dos dados do mapeamento de poeira domiciliar**											■													
Apresentação dos resultados do mapeamento de poeira domiciliar																		■						

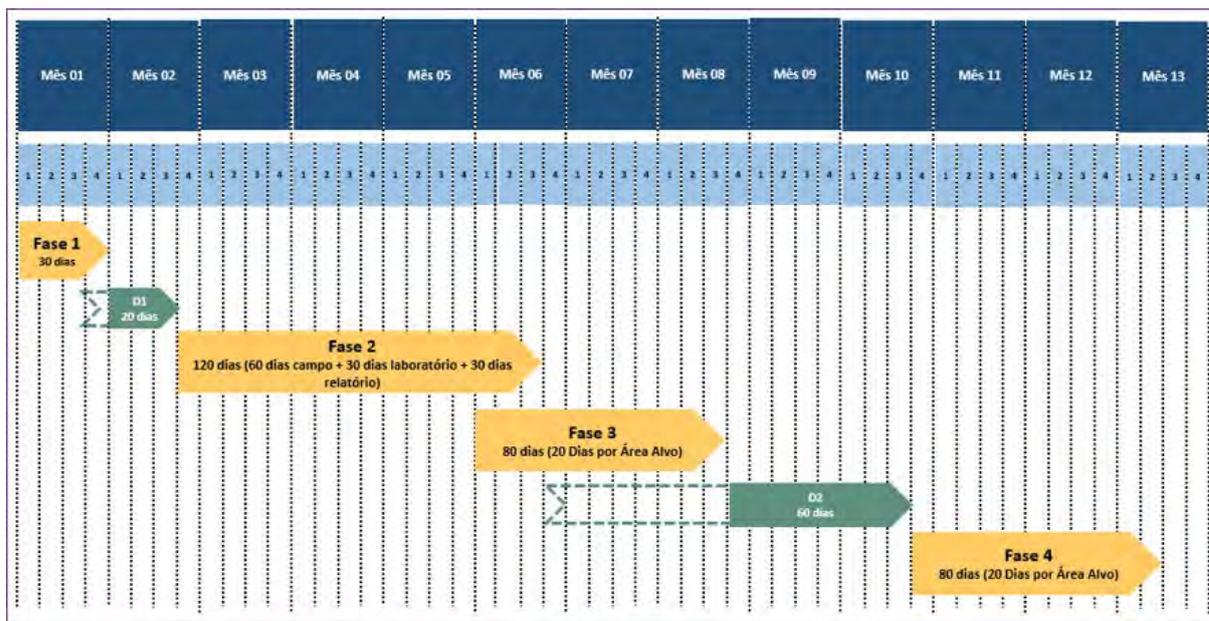
* Depende da liberação da área pela comunidade: Necessário apoio das secretarias municipais

** São necessários 3 meses para acúmulo de massa (poeira em suspensão) em um ponto de controle

8.1.6 CRONOGRAMA DE APLICAÇÃO DO GAISMA NAS AA 1, 17, 18 E 19

Conforme discutido na Seção 3, as AA 1, 17, 18 e 19 precisam de complementação de dados ambientais para adequada caracterização de potenciais riscos à saúde humana. Neste sentido, nestas áreas serão implementadas as fases I a IV da GAISMA. A Figura 8-1 apresenta o cronograma de implantação da GAISMA.

Figura 8-1: Cronograma GAISMA.



Legenda

- Ações Renova
- Devolutivas e Aprovações dos Órgãos de Controle
- D1 Devolutiva FASE I – Secretaria de Saúde
- D2 Devolutiva FASE II e III – Secretaria de Meio Ambiente e de Saúde

8.2 AÇÕES AMBIENTAIS

As ações ambientais apresentadas a seguir serão executadas após a etapa de complementação da malha amostral para as áreas alvo 2 e 3 ser concluída. As subseções a seguir descrevem as ações ambientais recomendadas considerando-se a separação da área alvo por contexto de exposição, incluindo um plano de monitoramento ambiental continuado e medidas de reabilitação ambiental.

8.2.1 PLANO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL CONTINUADO

O Plano de Monitoramento Ambiental Continuado será implementado após a etapa de finalização da Amostragem Complementar para suficiência dos dados, durante e após a implantação das medidas de Reabilitação Ambiental.

8.2.2 PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS DE REABILITAÇÃO AMBIENTAL

Após a etapa de finalização da Amostragem Complementar para suficiência dos dados nas áreas alvo 2 e 3, são propostas medidas de reabilitação fundamentadas no contexto de exposição:

- Contexto A - Margens sem cobertura vegetal:

Soluções de estabilização de taludes (com e sem presença de talvegues), com o objetivo de redução dos processos erosivos e eliminação do cenário de exposição direta ao sedimento.

- Contexto B e C - Áreas próximas ou afastadas das margens sem vegetação, com ou sem ocupação:

Solução de Fitorremediação com o objetivo de eliminação do cenário de exposição direta à lama e redução das concentrações e disponibilidade de metais pela vegetação. Necessariamente antes da implantação, deverá ser realizados um Projeto Piloto para seleção das espécies a serem utilizadas, validação da eficiência de extração e definição dos custos finais.

Cabe ressaltar que algumas destas medidas de reabilitação ambiental, como a revegetação de áreas expostas, já vem sendo implementadas desde o período emergencial.

8.3 AÇÕES DE SAÚDE

Esta seção apresenta as recomendações para as ações de saúde divididas em dois eixos principais: 1) implementação de programa de capacitação e

reciclagem dos profissionais de saúde; e 2) otimização da rede regional de referência toxicológica. O objetivo das ações de saúde é apoiar os municípios e os profissionais de saúde na identificação de casos que possam ser relacionados à intoxicação por metais.

8.3.1 IMPLEMENTAÇÃO DE PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO E RECICLAGEM DOS PROFISSIONAIS DE SAÚDE

Propõe-se que o programa de capacitação e reciclagem seja segmentado em três níveis: básico, médio e avançado (de referência).

Recomenda-se que o conteúdo do treinamento inclua:

- Gestão da Informação de Saúde;
- Princípios e conceitos de ARSH e toxicologia de metais;
- Sinais e sintomas relacionados à exposição aos metais;
- Levantamento do histórico completo de exposição – identificação de hábitos alimentares, ocupacionais e recreacionais relacionados à exposição aos metais;
- Exames físicos para identificação de sintomas relacionados à exposição aos metais;
- Direcionamento e interpretação de testes de laboratório para avaliação da intoxicação por metais;
- Direcionamento de diagnóstico e acompanhamento de intoxicação por metais.

8.3.2 OTIMIZAÇÃO DA REDE REGIONAL DE REFERÊNCIA TOXICOLÓGICA

As medidas propostas para otimização da rede de referência toxicológica incluem:

- Elaboração/revisão do protocolo de avaliação toxicológica para metais (fluxos e serviços);
- Identificação e otimização dos laboratórios de referência estadual para exames clínicos (toxicologia de metais);
- Otimização dos laboratórios regionais do Vigiaágua para execução do PMQACH.

9 CONCLUSÃO DO PARECER TÉCNICO

O objetivo deste parecer foi analisar as técnicas e metodologias utilizadas nos estudos de ARSH realizados pela Ambios e Tecnohidro, de maneira a fornecer argumentos técnicos e científicos para concluir-se a respeito de: validação dos dados; comparabilidade e suficiência dos dados validados; conclusões com base no conjunto de dados validados; correlação com o rompimento; e recomendações de ações futuras.

As análises realizadas para validação, comparabilidade e suficiência dos dados foram a base científica das conclusões e recomendações descritas neste documento.

Foram identificados compostos químicos acima dos valores de referência legais nas matrizes avaliadas. Entretanto, não existem excedências aos valores de referência de saúde para as matrizes de água superficial e água para consumo humano. As excedências de valores de referência de saúde para as demais matrizes são demonstradas na Tabela 9-1. Conforme exposto na Seção 6.4, **excedências aos valores de referência de saúde “não pressupõem, necessariamente, a ocorrência de efeitos à saúde adversos.” (ATSDR, 2005, Página F-3).** Conforme a ATSDR (2005), quando observadas excedências aos valores de referência de saúde, é necessária uma avaliação detalhada, que proporcione melhor entendimento do que essas excedências significam em termos de saúde pública. Essa avaliação detalhada consiste em avaliar informações sobre os aspectos toxicológicos de cada composto químico avaliado, incluindo as premissas utilizadas pelos estudos científicos que definem o valor de referência de saúde e a forma química desse composto que possui relevância toxicológica.

Tabela 9-1: Resumo das excedências aos valores de referência em saúde.

Compartimento e compostos com valores acima das referências de saúde	Ponto de Exposição	Via de Exposição	População Receptora	Tempo
<u>Sedimento:</u> - Ferro - Manganês	Nos trechos do rio e das margens com valores acima dos padrões de referência	Ingestão	Residentes urbanos e rurais (crianças); Trabalhadores de obras civis	Presente e Futuro
<u>Solo superficial:</u> - Alumínio - Cádmio - Cobalto - Ferro - Manganês	Áreas de produção agrícola ou próximas a residências e áreas habitadas com valores acima dos padrões de referência	Ingestão	Residentes urbanos e rurais (crianças); Trabalhadores de obras civis	Presente e Futuro
<u>Poeira:</u> - Cádmio - Cobre - Ferro	Residências habitadas e com valores acima dos padrões de referência	Ingestão	Residentes urbanos e rurais (crianças);	Presente e Futuro

Compartimento e compostos com valores acima das referências de saúde	Ponto de Exposição	Via de Exposição	População Receptora	Tempo
<u>Alimentos:</u> - Arsênio - Selênio	Locais com cultivo em contato com solo e água contaminados com valores acima dos padrões de referência, pontos de distribuição do alimento contaminado com valores acima dos padrões de referência	Ingestão	Residentes urbanos e rurais (crianças e adultos); Trabalhadores rurais, comerciais e de obras civis	Presente e Futuro

As excedências aos valores de referência de saúde dos metais apresentados acima foram avaliadas detalhadamente (Ver Seção 6.6). Essa avaliação incluiu aspectos relevantes relacionados à exposição a metais: especiação, biodisponibilidade e essencialidade. Adicionalmente, foram revisados os estudos utilizados para a definição dos valores de referência de saúde dos compostos apresentados na Tabela 9-1 para interpretação detalhada das excedências observadas. As conclusões da avaliação detalhada são apresentadas a seguir:

- Metais Essenciais: Cobalto, Cobre, Ferro, Manganês e Selênio

Para ferro, o valor de referência de saúde utilizado foi derivado de estudos que avaliaram a exposição a suplementos de ferro, que são constituídos de ferro em sua espécie Fe^{2+} , íon ferroso. Destacando que a absorção oral do íon ferroso é aproximadamente três vezes maior que a absorção oral do íon férrico - Fe^{3+} (US EPA, 2006). Nesse sentido, para adequada interpretação dos resultados da quantificação de risco observados para ferro, devem ser obtidas informações sobre a especiação de ferro nas amostras coletadas, com o objetivo de identificar a proporção de íon ferroso e íon férrico. Essa especiação será abordada nas ações de complementação do conjunto de dados para as áreas de estudo e será feita com o objetivo atender ao preconizado pela ATSDR (2005) para a utilização dos valores de referência de saúde. Tendo como base as observações de Golder (2017a), é esperado que o íon férrico seja predominante nas amostras de solo superficial e sedimentos das áreas de estudo (AA 2 e 3), o que influenciaria diretamente na absorção por meio da ingestão.

Para manganês, a absorção no trato gastrointestinal é considerada sua principal via de absorção, sendo dependente da solubilidade da forma química em que o metal se encontra (ATSDR, 2012). Cloreto e sulfeto de manganês são consideradas as formas mais solúveis desse metal e, portanto, as formas mais facilmente absorvidas no trato gastrointestinal. Estudos demonstram que a biodisponibilidade relativa

dos óxidos de manganês MnO, MnO₂ e MnCO₃ é, em média, 57,7, 32,9 e 27,8, respectivamente, enquanto que a biodisponibilidade relativa de MnSO₄ se aproxima de 100% (Valle, 1989). Nesse sentido, para adequada interpretação dos resultados da quantificação de risco observados para manganês, devem ser obtidas informações sobre a especiação desse metal nas amostras coletadas, com o objetivo de identificar a forma química predominante nessas amostras. Essa especiação será abordada nas ações de complementação do conjunto de dados para as áreas de estudo e será feita com o objetivo atender ao preconizado pela ATSDR (2005) para a utilização dos valores de referência de saúde. Conforme destacado pela US EPA (1995) e corroborado pela ATSDR (2012), existem poucos dados que sugerem toxicidade relacionada à exposição oral ao manganês. Adicionalmente, a US EPA (1995) afirma que doses de exposição maiores que a RfD para manganês não implicam necessariamente em toxicidade relacionada a esse metal, sendo que muitos indivíduos consomem regularmente em sua dieta doses maiores que esse valor de referência de saúde sem apresentar efeitos adversos.

Para cobalto, o valor de referência de saúde utilizado para a quantificação de risco foi baseado em experimentos que avaliaram a exposição ao cloreto de cobalto. Conforme destacado por Klaasen (2019), cloreto de cobalto apresenta porcentagem de absorção oral de 30%, enquanto óxidos de cobalto apresentam porcentagem de absorção oral de 5%. Nesse sentido, para adequada interpretação dos resultados da quantificação de risco observados para cobalto, devem ser obtidas informações sobre a especiação desse metal nas amostras coletadas, com o objetivo de identificar a forma química predominante nessas amostras. Essa especiação será abordada nas ações de complementação do conjunto de dados para as áreas de estudo. A maior dose de exposição calculada pelo Relatório Tecnohidro foi da ordem de 0,003 mg/kgPC.dia, significativamente menor que o valor de LOAEL utilizado pela US EPA (2008) para a definição do valor de referência de saúde. Dessa forma, entende-se que a excedência de risco observada para cobalto no solo superficial não reflete perigo à saúde pública das áreas estudadas.

Para selênio, a maior dose de exposição calculada pelo Relatório Tecnohidro foi da ordem de 0,0056 mg/kgPC.dia, significativamente menor que o valor de NOAEL utilizado pela ATSDR (2003) para a definição do valor de referência de saúde. Dessa forma, entende-se que

a excedência de risco observada para selênio em ovo não reflete perigo à saúde pública das áreas estudadas.

Para cobre, não existem estudos reportando efeitos de exposição crônica ao cobre através da ingestão (ATSDR, 2004). Uma vez que a concentração de cobre que excedeu o valor de referência de saúde somente foi detectada em uma única amostra de poeira domiciliar, em uma residência específica, será feito um mapeamento das possíveis fontes de metais na poeira domiciliar nesse local.

- Metais não essenciais, não comprovadamente benéficos e de baixa toxicidade: Alumínio

A maior dose de exposição calculada pelo Relatório Tecnohidro foi da ordem de 2,5 mg/kgPC.dia, significativamente menor que o valor de LOAEL utilizado pela ATSDR (2008) para a definição do valor de referência de saúde. Em termos de toxicocinética, a quantidade de alumínio que é absorvida pelo organismo humano através da ingestão e inalação é extremamente baixa, sendo que menos que 1% do alumínio presente na dieta é absorvido (Klaassen, 2019). A toxicidade aguda do alumínio em humanos é rara. A grande maioria dos casos de intoxicação por alumínio em humanos estão relacionados à exposição ocupacional ou à pacientes com falência renal crônica. Portanto, entende-se que as excedências de risco observadas para alumínio no solo superficial não refletem perigo à saúde pública das áreas estudadas.

- Metais potencialmente tóxicos: Arsênio

A excedência ao valor de referência de saúde para ingestão de frutas ocorreu na área alvo 2, enquanto a excedência ao valor de referência de saúde para a ingestão de tubérculos ocorreu na área alvo 3, sendo que ambas excedências foram observadas na região de não exposição. O valor de referência de saúde utilizado para a quantificação de risco de arsênio corresponde ao nível de risco mínimo (MRL) para exposição crônica ao arsênio inorgânico. Entretanto, as excedências de risco observadas foram calculadas com base nas concentrações de arsênio total. Não foram detectadas concentrações de arsênio inorgânico (Arsênio III e Arsênio V) na amostra de fruta da área alvo 2 que apresentou excedência de risco, assim como na amostra de tubérculos da área alvo 3 que apresentou excedência de risco. Dessa forma, as excedências observadas não refletem em perigo à saúde pública das áreas estudadas. A biodisponibilidade tem papel importante na avaliação de potência implicações à saúde decorrentes da exposição à metais.

Especificamente para o arsênio, a US EPA (2017) possui testes laboratoriais in vitro para estimativa da bioacessibilidade relativa de arsênio. Amostras de frutas e tubérculos a serem coletadas para a complementação do conjunto de dados também serão encaminhadas para a realização de testes in vitro.

Conforme discutido na Seção 7, apenas as concentrações do composto ferro no sedimento e no solo superficial observadas na região de exposição direta (RED) possuem correlação com o rompimento da barragem. Para os outros compartimentos ambientais, a ocorrência dos compostos que apresentaram excedência aos valores de referência de saúde não pode ser correlacionada com o rompimento da barragem de Fundão.

Conforme a avaliação detalhada das excedências de saúde, apesar dos resultados validados serem conclusivos, eles não representam por completo as áreas em estudos (AA 2 e 3), sendo necessário preencher algumas lacunas de informação, conforme recomendação da ATSDR (2005). Adicionalmente, as AA 1, 17, 18 e 19 não possuem informações conclusivas, já que a malha amostral válida é substancialmente pequena. Desta maneira, as ações de complementação da malha amostral (Seção 8.1) devem ser implantadas para que a representatividade seja garantida e para que as ações ambientais descritas neste relatório sejam implantadas. As ações ambientais descritas na Seção 8.2 somente serão executadas após a finalização da complementação da malha amostral nas áreas alvo 2 e 3.

As ações de saúde (Seção 8.3) serão implantadas considerando os resultados dos estudos, conforme acordado com o setor de saúde responsável.

Importante destacar que ARSH analisam dados ambientais empíricos e, a partir destas informações e com base em modelagens matemáticas, concluem sobre possíveis riscos à saúde pública. Sendo assim, não é objetivo de ARSH abordar análises epidemiológicas e/ou possíveis doenças da população que reside nas áreas de estudo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). "Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras. Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos". Brasília, DF, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). "Resolução da diretoria colegiada – RDC nº 42". Brasília, 29 de agosto de 2013. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/rdc0042_29_08_2013.pdf/c5a17d2d-a415-4330-90db-66b3f35d9fbd.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). "Public Health Assessment Guidance Manual (Update)". Atlanta, USA, 2005a.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). "Toxicological profile for Manganese". Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Setembro de 2012.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). "Toxicological profile for Copper". Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Setembro de 2004.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). "Toxicological profile for Aluminum". Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Setembro de 2008.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). "Toxicological profile for Selenium". Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Setembro de 2003.

AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS (AMBIOS). "Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG". Abril de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.004:2004 "Resíduos Sólidos - Classificação". Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.005:2004. "Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos". Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.006:2004 "Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos". Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.007:2004 "Amostragem de resíduos sólidos". Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.492:2007 "Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental - Procedimento". Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.515-1:2007 Versão Corrigida:2011 "Passivo ambiental em solo e água subterrânea- Parte 1: Avaliação preliminar". **Rio de Janeiro, 2007.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.515-2:2011 "Passivo ambiental em solo e água subterrânea- Parte 2: Investigação confirmatória". **Rio de Janeiro, 2011.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.515-3:2013 "Passivo ambiental em solo e água subterrânea- Parte 3: Investigação detalhada". Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16.209:2013 "Avaliação de risco a saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas". **Rio de Janeiro, 2013.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16.435:2015 "Controle da qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas – Procedimento". Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9.897:1987 "Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento". 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9.898:1987 "Preservação e técnicas de amostragem de afluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento". 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO/IEC **17025:2017 "Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração"**. Rio de Janeiro, 2017

BRADHAM KD et al. 2018. In vivo and in vitro methods for evaluating soil arsenic bioavailability: relevant to human health risk assessment. JOURNAL OF TOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL HEALTH, PART B, VOL. 21, NO. 2, 83–1142018. 2018.

BRASIL. "Decreto Nº 55.871". Brasília, 26 de março de 1965.

CALABRESE EJ, et al. "How much soil do young children ingest: an epidemiologic study". Regulatory Toxicology and Pharmacology 1989; 10: 123-37.

CALABRESE EJ, et al. "Preliminary adult soil ingestion estimates: results of a pilot study". Regulatory Toxicology and Pharmacology 1990; 12: 88-95.

CODE OF FEDERAL REGULATIONS. "Title 40. Protection of Environment. Parts 136 to 149". Governo Federal dos Estados Unidos da América. Julho de 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (**CETESB**). "Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas". São Paulo, 2001.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM). "Deliberação Normativa COPAM nº 166". **Minas Gerais**, 29 de junho de 2011. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=18414>.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). "Resolução Nº 357". Brasil, 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). "Resolução Nº 420". Brasil, 28 de dezembro de 2009. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). "Resolução Nº 454". Brasil, 01 de novembro de 2012. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693>

DA ROCHA SILVA, J. P. da; SALLES, F. J.; LEROUX, I. N.; FERREIRA, A. P. S. S.; DA SILVA, A. S.; ASSUNÇÃO, N. A.; CARDOSO, M. R. A.; OLYMPIO, K. P. K. "High blood lead levels are associated with lead concentrations in households and day care centers attended by Brazilian preschool children". *Environmental Pollution* 239 (2018), 681- 688.

DAVIS S et. Al. "Quantitative estimative of soil ingestion in normal children between the ages of 2 and 7 years". *Archives of Environmental Health* 1990; 45: 112-22.

DE SOUZA, José João Lelis Leal et al. Geochemistry and spatial variability of metal (loid) concentrations in soils of the state of Minas Gerais, Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 505, p. 338-349, 2015.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATION (FAO). "Joint FAO/WHO Food Standards Programme - CODEX Committee on Contaminants in Foods - Fifth Session. The Hague, The Netherlands, Março de 2011.

GOLÇAVES A. C; NACKE, H.; SCHWANTES, D.; COELHO, G. F. "Heavy Metal Contamination in Brazilian Agricultural Soils due to Application of Fertilizers". Outubro de 2016. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/environmental-risk-assessment-of-soil-contamination/heavy-metal-contamination-in-brazilian-agricultural-soils-due-to-application-of-fertilizers>>, acessado em Outubro de 2018.

GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA. "Avaliação dos resultados de qualidade de água e sedimento do Rio Doce – Relatório RT-046_159-515-2282_00-B". 2017b.

GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA. "Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos – Relatório RT-015_159-515-2282_03-J". 2017a.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Comitê Interfederativo – CIF. Deliberação nº 106, 2017. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/deliberacoes/2017/cif-2017-09-14-deliberacao-106.pdf>>.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). 5º Distrito de Meteorologia - Seção de Análise e Previsão do Tempo (SEPRE). "Boletim mensal para minas gerais - Diagnóstico climático de Minas Gerais: Início do período chuvoso 2018/2019". Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/notas_tecnicas/2018/DEZEMBRO/boletim_5dis_20181130.pdf.

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE (ISS). "Avaliação dos riscos em saúde da população de Barra longa / MG afetada pelo desastre". Pesquisa Avaliação de Saúde da População de Barra Longa afetada pelo Desastre de Mariana, Brasil. São Paulo, 2017.

INSTITUTO SAUDE E SUSTENTABILIDADE (ISS). "Estudo bibliográfico e dos dados do DATASUS sobre a saúde mental nos municípios afetados pelo rompimento da barragem de fundão em Mariana", Minas Gerais, p 445, Abril de 2018.

IPCS (International Programme on Chemical Safety). Environmental health criteria 228, principles and methods for the assessment of risk from essential trace elements, United Nations Environment Programme, International Labour Organization, World Health Organization. 2002.

JUHASZ AL et al. 2014 Validation of the Predictive Capabilities of the Sbrc-G in Vitro Assay for Estimating Arsenic Relative Bioavallability in Contaminated Soils. Environ. Sci. Technol, 48, 21,12962-12969. 2014,

KLAASEN, C. D. Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons. McGraw-Hill Education. Nova Iorque, 2019.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). "Manual de Procedimentos para Laboratórios – Área de microbiologia e físico-química de produtos de origem animal". 2ª Edição. Brasília, DF, 2017. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/arquivos-publicacoes-laboratorio/manual-finalizado-com-foto-dipoa-cgal-14_09_16.pdf.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. "Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano". Brasília, 2016. Disponível em:

http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_plano_amostragem_agua.pdf. Acessado em Outubro de 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. "Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos". Brasília, 2010. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2015/janeiro/06/Avaliacao-de-Risco---Diretrizes-MS.pdf>.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. "Portaria de consolidação nº 5". Brasília, 28 de setembro de 2017. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>.

NAS/IOM (National Academy of Sciences/Institute of Medicine). Dietary reference intakes: guiding principles for nutrition labeling and fortification. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, Washington, DC. 2003.

NEWFIELDS. "Parecer Técnico - Avaliação do 'Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG' executada pela Ambios Engenharia e Processos". Minas Gerais, 2019.

NEWFIELDS. "Parecer Técnico - Avaliação do 'Relatório Técnico - Avaliação de Risco à Saúde Humana Metodologia Ministério Da Saúde - Mariana – MG' executado pela Tecnohidro". Minas Gerais, 2019.

PROGRAMA DE TREINAMENTO EM EPIDEMIOLOGIA APLICADA AOS SERVIÇOS SUS (EPISUS). "Dois anos pós-desastre da barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG". Relatório Final. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. Documento restrito. 2018.

PROGRAMA DE TREINAMENTO EM EPIDEMIOLOGIA APLICADA AOS SERVIÇOS SUS (EPISUS). Estudo sobre o Perfil Epidemiológico da População de Barra Longa – MG, Pós-Desastre, 2016. Relatório Final. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. Documento restrito. 2016.

SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE DE MINAS GERAIS (SES-MG). Subsecretaria de Vigilância de Proteção à Saúde. Nota Técnica SUBVPS/SES-MG nº 11/2017, 2017. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/notas-tecnicas/CT-SAUDE/2017/CIF-NT-11-2017-CT-SAUDE.pdf>>.

SILVA, A.P. Emissões de Mercúrio na Queima de Amálgama: Estudo da contaminação de ar, solos e poeira em domicílios em Poconé, MT. Sério Tecnologia Ambiental, 13, 40p. Rio de Janeiro: CETEMICNPq, 1996.

TECNOHIDRO ENGENHARIA SÃO PAULO (TECNOHIDRO). "Relatório técnico - Avaliação de Risco à Saúde Humana Metodologia Ministério da Saúde - Mariana - MG". Outubro de 2019.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **"Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners"**. EPA/240/B-06/003 Washington, DC. Fevereiro 2006. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/900B0D00.PDF?Dockey=900B0D00.PDF>

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **"Guidance for Data Useability in Risk Assessment (Part A)"**. Washington, DC. Dezembro de 1991.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **"Guidance on Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection"**. Washington, DC. 2002.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **"Manganese; CASRN 7439-96-5"**. 11 de janeiro de 1995. Disponível em: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0373_summary.pdf

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **"Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values for Cobalt"**. EPA/690/R-08/008F. Washington, DC. 2008. Disponível em: <https://cfpub.epa.gov/ncea/pprtv/documents/Cobalt.pdf>

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **"Region 4 Ecological Risk Assessment Supplemental Guidance"**. Washington, DC. Março de 2018. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-03/documents/era_regional_supplemental_guidance_report-march-2018_update.pdf.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **"Regional Screening Levels (RSLs) - Generic Tables"**. Washington, DC. Maio de 2019. Disponível em: <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables>.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **"Validation Assessment of In Vitro Arsenic Bioaccessibility Assay for Predicting Relative Bioavailability of Arsenic in Soils and Soil-like Materials at Superfund Sites"**. OLEM 9355.4-29. Washington, DC. 20 de abril de 2017. Disponível em: <https://semspub.epa.gov/work/HQ/196751.pdf>

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **Framework for Metals Risk Assessment**, EPA 120/R-07/001. Washington, DC, EUA. Março, 2007.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **Operating Procedure - Soil Sampling**, SESDPROC-300-R3. Athens, Georgia, EUA. 21 de agosto, 2014.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **ProUCL Version 5.1.002, Technical Guide, Statistical Software for Environmental Applications for Data Sets with and without Nondetect Observations**. Prepared by

the Office of Research and Development. Publication No. EPA/600/R-07/041. Washington, DC. 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). Provisional Peer Reviewed Toxicity Values for Iron and Compounds (CASRN 7439-89-6) Derivation of Subchronic and Chronic Oral RfDs, EPA/690/R-06/020F. Cincinnati, OH, EUA. 2006b.

WONG-VALLE, J. "Estimation of Relative bioavailability of Manganese Sources for Sheep". 1989. J. Anim. Sci. 1989. 67: 2409-2414.



PARECER TÉCNICO

Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG” executada pela Ambios Engenharia e Processos



15 de abril de 2019





Parecer Técnico

Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG” executada pela Ambios Engenharia e Processos

34 páginas, 1 anexo, 2 apêndices

15 de abril de 2019

Coordenação da Avaliação: Gary Krieger, Vice-Presidente, MD, MPH, DABT, DTM&H



ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADES

O presente relatório foi preparado por profissionais qualificados e não poderá ser alterado sem o prévio e expresso consentimento da NewFields e da empresa contratante. Este documento foi elaborado respeitando os termos do pedido e/ou contrato firmado com a empresa contratante e em conformidade com as normas técnicas vigentes e recomendadas pelos órgãos especializados.

As recomendações e conclusões expressas neste relatório são limitadas às condições físicas da área no momento da elaboração deste documento e na veracidade das informações e documentos disponibilizados pela empresa contratante e por terceiros. A NewFields não se responsabiliza pelas recomendações e conclusões expressas neste relatório em caso de mudanças das condições físicas da área e/ou inclusão de informações novas ou complementares posteriores a sua elaboração.

Este relatório é confidencial e destina-se ao uso exclusivo da empresa contratante. Não é permitida a divulgação, reprodução ou utilização parcial das informações e/ou resultados deste documento.



Índice

1.	INTRODUÇÃO	7
2.	AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA	7
3.	INFORMAÇÕES DO LOCAL	8
3.1	Antecedentes	8
3.2	Aspectos demográficos	8
3.3	Uso do solo e recursos naturais	9
3.4	Contaminação ambiental	9
3.4.1	Considerações sobre a inércia da lama de rejeitos	9
3.4.2	Amostragem ambiental realizada pela Ambios	11
3.5	Rotas ambientais	12
3.6	Dados sobre efeitos na saúde	12
4.	PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE	13
4.1	Mariana	14
4.2	Barra Longa	14
5.	DETERMINAÇÃO DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE	15
6.	ROTAS DE EXPOSIÇÃO	16
6.1	Alimentos	16
6.2	Solo Superficial	17
6.3	Sedimentos	17
6.4	Poeira	18
6.5	Considerações Adicionais	18
7.	IMPLICAÇÕES À SAÚDE PÚBLICA	19
7.1	Cálculo da Dose de Exposição	19
7.1.1	Vias de Exposição Avaliadas	19
7.1.2	Taxas de Ingresso de Substâncias Químicas no Organismo Humano	20
7.2	Comparação do Nível de Exposição com “Valores de Referência”	23
7.2.1	Considerações Adicionais	24
7.3	Estabelecimento das Implicações sobre a Saúde das Populações Expostas das Localidades de Mariana e Barra Longa	25
7.3.1	Cádmio	26
7.3.2	Cobre	26
7.3.3	Chumbo	27
7.3.4	Níquel	28
7.3.5	Zinco	29
7.4	Respostas às preocupações da comunidade	30
7.4.1	Poeira	30



7.4.2	Dengue, Febre Amarela e Saúde Mental	31
8.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	32
9.	CONCLUSÃO DO PARECER TÉCNICO	32



LISTA DE TABELAS

Tabela 7-1: Valores recomendados pela USEPA para ingestão de solo, poeira e a combinação de ambas as matrizes.....	21
Tabela 7-2: Doses de exposição ao Cádmio para ingestão de solo, mg/kg PC.dia - Mariana – Comparação entre cálculos da Ambios e do MS, usando taxas de ingestão da USEPA.	22
Tabela 7-3: Doses de exposição ao Cádmio para ingestão de poeira, mg/kg PC.dia - Mariana - Comparação entre cálculos da Ambios e do MS, usando taxas de ingestão da USEPA.	22
Tabela 7-4: Dose de exposição calculadas para exposição ao Cádmio usando taxas de ingestão de solo + poeira da USEPA.	23



APÊNDICES

Apêndice I – Resumo da avaliação do Relatório EPISUS 2016

Apêndice II – Resumo da avaliação do Relatório EPISUS 2018

ANEXOS

Anexo I – Contestação Crítica ao Relatório do Instituto Saúde e Sustentabilidade de Autoria da Dra. Evangelina Vormittag, acerca do Município de Barra Longa, Estado de Minas Gerais



1. INTRODUÇÃO

Este parecer técnico apresenta a avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG” (Relatório Final), elaborado pela empresa Ambios Engenharia e Processos (Ambios) e entregue à Fundação Renova (Fundação) em 21 de março de 2019. Conforme determinado na Nota Técnica SUBVPS/SES-MG nº 11/2017 (aprovada com ressalvas pela Deliberação nº 106 do Conselho Interfederativo - CIF), o estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH) deve ser elaborado utilizando a metodologia do Ministério da Saúde (MS) denominada “Diretrizes para a Elaboração de um Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana por Exposição a Contaminantes Químicos” (Diretrizes), publicada em 2010.

Esta avaliação visa prover suporte técnico para a equipe do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada (Programa de Saúde) da Fundação, fornecendo argumentos técnicos para garantir que a avaliação de risco contratada esteja em conformidade com a metodologia do Ministério da Saúde.

Este documento inclui considerações e avaliações realizadas por especialistas em meio ambiente e toxicologia. Apesar da equipe da NewFields ter avaliado os relatórios parciais emitidos pela Ambios (Relatórios Parciais 1, 2 e 3), este parecer técnico considera apenas as informações apresentadas no Relatório Final e seus anexos.

Como será discutido neste parecer técnico, o Relatório Final apresenta a consolidação de todas as informações apresentadas nos relatórios parciais e está estruturado em 8 tópicos principais, os quais são listados a seguir, juntamente com o respectivo capítulo do relatório, e seguem a estruturação proposta pelas Diretrizes:

- Antecedentes;
- Capítulo I: Avaliação dos dados existentes;
- Capítulo II: Preocupações da comunidade;
- Capítulo III: Contaminantes de interesse;
- Capítulo IV: Mecanismos de transporte;
- Capítulo V: Rotas de exposição;
- Capítulo VI: Implicações para a saúde pública;
- Capítulo VII: Conclusões e recomendações.

2. AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA

A metodologia de avaliação de risco à saúde humana foi estabelecida no Brasil pelo Ministério da Saúde, no ano de 2010. Tais Diretrizes se baseiam nas experiências adquiridas pelo MS na aplicação de avaliações de risco utilizando a metodologia desenvolvida pela *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR) e adequação desta metodologia à realidade brasileira. Como consequência, a ATSDR é constantemente mencionada e referenciada nas Diretrizes do MS. Dessa forma, a metodologia de ARSH da ATSDR deve ser consultada quando não são detalhados



procedimentos específicos para componentes de um estudo de avaliação de risco nas Diretrizes do MS.

3. INFORMAÇÕES DO LOCAL

Para esta etapa da ARSH, as Diretrizes do MS exigem, em sua Seção 3: avaliação inicial da área; visita a área com acompanhamento dos órgãos de saúde e meio ambiente; estratégia de comunicação; e análise de antecedentes, de aspectos demográficos, do uso do solo, do uso dos recursos naturais, de contaminações ambientais, de rotas ambientais e de dados sobre efeitos na saúde.

Sobre a visita a área, as Diretrizes salientam que “um discurso comum deve fazer parte da retórica de todos que irão ao local, buscando evitar pânico ou informações desajustadas sobre a área de risco.” As Diretrizes requerem que as informações do local sejam validadas quanto as metodologias utilizadas e validade estatística.

3.1 ANTECEDENTES

As Diretrizes requerem que esta análise inclua: histórico da região; dados geográficos; organização político administrativa; e descrição do local contaminado, salientando que “dependendo das dimensões da contaminação, pode-se partir da situação estadual, até o sítio contaminado”.

A Ambios discorre sobre o empreendimento da Samarco e o rejeito produzido, a caracterização do rompimento, descrição dos danos causados pelo rompimento, o histórico da mineração no Brasil e o histórico de barragens de rejeito em Minas Gerais. Entretanto, o Relatório Final não faz uma análise do histórico do uso e ocupação do solo da região. Analisar apenas os impactos do rompimento da barragem de Fundão nas áreas em estudo, não incorporando acontecimentos prévios ao rompimento e o contexto econômico regional, está em discordância com as Diretrizes.

3.2 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

Seguindo a metodologia do MS, as populações dos locais de interesse e suas imediações devem ser caracterizadas quanto a distribuição etária, sexo, condições socioeconômicas, culturais, étnicas, e atividades comuns nas comunidades (residenciais, recreativas e ocupacionais).

A Ambios descreve de maneira satisfatória as informações sociodemográficas do município de Mariana, incluindo história do município, localização geográfica, caracterização da população, bases salariais, economia, escolaridade e expectativa de anos de estudo. Além disso, descreve individualmente nove distritos de Mariana, incluindo informações como: história, economia, população local, festejos e locais de interesse da comunidade.

Entretanto, a Ambios descreve de maneira rasa as informações sociodemográficas de Barra Longa, incluindo apenas uma breve descrição da localização, população e escolaridade do município. Desta maneira, o Relatório Final traz informações insuficientes para a compreensão dos aspectos demográficos de Barra Longa.



3.3 USO DO SOLO E RECURSOS NATURAIS

Como o uso do solo influencia diretamente o contato da população com as possíveis fontes de contaminação, as Diretrizes do MS recomendam as seguintes avaliações: acessibilidade aos locais; uso e ocupação do solo para fins residenciais, agrícolas, comerciais e industriais; presença de escolas, hospitais, creches e asilos; locais de disposição de resíduos e descartes; usos recreativos; usos futuros planejados; localização de fontes públicas e privadas de abastecimento de água; localização de sistemas de drenagem; áreas agropecuárias circunvizinhas e biota.

O Relatório Final não apresenta uma descrição do uso do solo e dos recursos naturais dos municípios estudados, apenas descreve os impactos do rompimento à vegetação, biota, recursos hídricos e infraestruturas físicas. Sendo assim, a análise dos compartimentos ambientais possivelmente impactados fica prejudicada e desprovida de informações importantes para contextualização das condições das áreas estudadas.

3.4 CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

As Diretrizes do MS para ARSH requerem que este item contemple um “levantamento das substâncias químicas e suas concentrações” em cada compartimento ambiental das áreas em estudo.

O Relatório Final apresenta a discussão de que dados ambientais coletados em estudos de investigação ambiental raramente serão considerados adequados para a ARSH. Não há discussão detalhada para embasar esta afirmação e é incorreto afirmar que os conjuntos de dados coletados pela Fundação não podem ser utilizados na avaliação de risco à saúde humana.

Além disso, a Ambios afirma que dados ambientais existentes coletados por terceiros deveriam ser validados em termos de técnicas de amostragem e procedimentos analíticos laboratoriais usados. Os procedimentos de garantia e controle da qualidade (GQ/CQ) dos dados são exigidos pela metodologia do MS, porém, não são apresentados no Relatório Final.

De acordo com o 1º relatório parcial da Ambios, quatro estudos desenvolvidos pela Fundação Renova foram analisados e validados em relação aos dados ambientais coletados em Mariana e Barra Longa. A Ambios concluiu em seu primeiro relatório parcial que os dados ambientais desses estudos seriam usados para avaliar qualitativamente as tendências dos dados coletados durante suas campanhas de amostragem. No entanto, no Relatório Final, nenhuma análise de tendências de dados é apresentada e os quatro estudos validados pela Ambios não estão sendo referenciados para consideração das concentrações basais das áreas de estudo. É fundamental que tanto a distribuição espacial quanto o sequenciamento temporal dos dados sejam considerados. Esta é uma prática padrão e consistente com a orientação das Diretrizes do MS.

3.4.1 Considerações sobre a inércia da lama de rejeitos

A Ambios afirma que a classificação dos rejeitos como inerte quanto a liberação de substâncias tóxicas, conforme apresentado pela Golder (2017a), está equivocada.

A norma brasileira vigente que versa sobre a classificação de resíduos é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 10.004/2004. Conforme essa norma, os resíduos são classificados como:

- **Classe I – Perigosos:** são aqueles cujas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas podem acarretar em riscos à saúde pública e/ou riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada. Uma das



características que podem levar o resíduo à sua classificação como perigoso é a sua toxicidade. A norma ABNT 10.004, em conjunto com ABNT 10.005 e 10.006 definem procedimentos e parâmetros para classificação do resíduo quanto à sua toxicidade;

- Classe II – Não perigosos:
 - A – Não inertes: podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
 - B – Inertes: quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10.007/2004, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10.006/2004, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G, da NBR 10.004.

A Golder (2017a) conduziu testes para classificação de resíduos conforme a metodologia da ABNT em 52 amostras, sendo quatro amostras de rejeitos (oriundos de Germano) e as demais amostras de solos e sedimentos afetados e não afetados pela deposição de rejeitos. Considerando o conjunto total de 52 amostras coletadas pela Golder (2017a), nenhuma amostra excedeu os limites máximos em extrato obtido a partir de ensaios de lixiviação estabelecidos pelo Anexo G da ABNT NBR 10.005/2004. Portanto, nenhuma amostra coletada no âmbito do Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos foi classificada como tóxica.

A Ambios também faz questionamentos quanto à remobilização e biodisponibilização de contaminantes a partir dos solos e sedimentos.

O Programa de Caracterização Geoquímica (Golder, 2017a) realizou vários testes para avaliar a reatividade/mobilidade dos metais traço nos rejeitos, solos e sedimentos. Foram feitos testes de lixiviação de curto prazo (testes padronizadas da ABNT, testes de elutriação, pH dependente e extração sequencial) e testes cinéticos de longo prazo (colunas e células húmidas). Todos estes testes permitem entender o comportamento do material e medir a sua reatividade e a mobilidade de metais traço. Portanto, o que a Ambios discute em teoria, foi testado na prática pela Golder (2017a) e os resultados indicam que o potencial de mobilização de metais dos rejeitos, solos e sedimentos é baixo. Isto inclui resultados de uma variedade de testes de lixiviação em laboratório, bem como dados de monitoramento da qualidade da água dos rios. Os rejeitos apresentam alguns dos mais baixos potenciais de mobilização de metais observados neste estudo, enquanto os sedimentos e solos não afetados podem apresentar um potencial de mobilização de metais significativamente maior.

Os testes geoquímicos demonstram que a mobilidade de metais é baixa porque a maior parte dos metais-traço é efetivamente sequestrada na forma de (hidr)óxidos de ferro e/ou alumínio cristalinos insolúveis. A mobilidade de metais-traço é controlada pelas reações de sorção em ferrihidrita. Os testes geoquímicos confirmaram a presença deste sorvente, sendo as tendências de concentração no lixiviado consistentes com o comportamento de sorção conhecido desta fase mineral.

Ao citar a observação, referente ao estudo da Golder (2017b), de que:

“Dados desses estudos sobre os sedimentos indicam que após a avalanche da lama de rejeitos, o contaminante cádmio, por exemplo, apresentou picos de alteração de maior magnitude onde as concentrações chegam a atingir valores até cerca de



uma ordem de grandeza mais elevados que os máximos históricos e/ou o nível regulatório (...).”

A Ambios não leva em consideração que, após o pico observado, a concentração de cádmio voltou a apresentar concentrações dentro da faixa histórica.

Dessa forma, considera-se que as observações da Ambios em sua seção “Considerações Sobre a Inércia Ambiental da Lama de Rejeitos” não levam em consideração todo o conteúdo discutido nos estudos de caracterização geoquímica dos rejeitos, solos e sedimentos afetados e não afetados, apesar destes estudos serem citados no Relatório Final. Da mesma forma, as observações da Ambios não consideram as tendências observadas pelos dados de monitoramento ambiental da Fundação coletados até o presente momento.

3.4.2 Amostragem ambiental realizada pela Ambios

A Ambios não apresentou procedimentos padronizados para as campanhas de amostragem realizadas em Mariana e Barra Longa. As Diretrizes do MS para ARSH especificam no item 5.3 os requisitos mínimos para avaliação de dados ambientais e técnicas de amostragem, e no item 5.8 como determinar se os dados ambientais são representativos e confiáveis. Embora estabeleça o que precisa ser verificado, as Diretrizes não descrevem quais parâmetros específicos são necessários para validar cada requisito de avaliação dos dados ambientais. No entanto, a ATSDR - constantemente mencionada nas Diretrizes do Ministério da Saúde - estabeleceu explicitamente os parâmetros para validação de cada um desses requisitos no Capítulo 5 do seu manual de avaliação de risco à saúde pública “*Public Health Assessment Guidance Manual (Update)*” (ATSDR, 2005a), mencionando as técnicas de amostragem padronizadas da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e os procedimentos laboratoriais necessários.

Como o Brasil possui seus próprios procedimentos padronizados de amostragem e análises laboratoriais, eles devem ser usados para verificar os requisitos de validação dos dados ambientais mencionados nas seções 5.3 e 5.8 das Diretrizes do MS para ARSH.

As localizações dos pontos de coleta de amostras da Ambios são apresentadas nas tabelas de resultados analíticos da seção sobre seleção de contaminantes de interesse do Relatório Final. Entretanto, as coordenadas apresentadas nessas tabelas não permitem a identificação da notação utilizada para reportar latitude e longitude, gerando incertezas para o georreferenciamento e confirmação dos pontos de coleta. A notação utilizada para apresentação das coordenadas deve ser ajustada pela Ambios, trazendo transparência à localização dos pontos de coleta. Além disso, para facilitar o entendimento da localização espacial das amostras, é sugerido a inclusão de mapas identificando as amostras coletadas para cada compartimento ambiental.

Ainda sobre a localização dos pontos de coleta, o Relatório Final precisa descrever claramente e de forma consistente os locais de amostragem. De acordo com o Anexo 4 e 5, algumas das amostras de poeira foram coletadas em casas onde não há moradores; entretanto, esta informação não é apresentada para todas as amostras. A aplicabilidade dos dados coletados em casas inabitadas deve ser discutida, a fim de definir se esses dados podem ser considerados relevantes e representativos de uma exposição domiciliar real. Além disso, deve ser realizada uma análise de como esses resultados podem ser utilizados para o estabelecimento de uma rota de exposição completa. A mesma clareza e consistência deve ser aplicada na descrição das amostras dos demais compartimentos ambientais.

Com relação aos laboratórios utilizados para realização das análises laboratoriais, devem ser apresentados os escopos de acreditação conforme os requisitos do Inmetro e da norma brasileira



ABNT NBR ISO/IEC 17.025:2017, para todos os compartimentos ambientais amostrados e todos os compostos químicos analisados. De acordo com o escopo de acreditação CRL 0442, o laboratório Tommasi Ambiental não possui em seu escopo a análise de metais em amostras de leite e ovo.

As Diretrizes do MS para ARSH salientam que os dados ambientais devem ser avaliados para validação antes de serem utilizados no estudo de avaliação de risco. Em sua seção 5.3.2, é citado como parte integrante da avaliação dos dados e técnicas de amostragem:

“A Revisão Resumida de Dados é elaborada pela equipe de campo. Este resumo documenta a validade dos tempos de conservação das amostras, o desempenho dos instrumentos, calibração, brancos, recuperação substituta, recuperação das adições de padrões a uma matriz e identificação do composto.”

Essa revisão resumida dos dados não é apresentada no Relatório Final da Ambios e deve ser parte integrante do documento, garantindo a validação dos resultados analíticos das amostras coletadas.

É importante ressaltar que os planos de amostragem apresentados pela Ambios (Anexo 4 e 5 do Relatório Final) não fazem menção à coleta e uso de brancos (brancos de equipamento, de campo, de viagem e de temperatura) durante as campanhas de amostragem. Essas amostras são parte integrante de campanhas de amostragem de compartimentos ambientais e visam garantir o controle de qualidade da amostragem e das análises laboratoriais.

3.5 ROTAS AMBIENTAIS

Seguindo o exposto nas Diretrizes do MS para ARSH, as características ambientais da área podem interferir nas rotas de exposição. Dessa forma, as Diretrizes definem que algumas informações são:

“essenciais, tais como: topografia; tipo e localização de solo na maior escala possível; cobertura dos solos - que influenciará na infiltração e, conseqüentemente na velocidade de escoamento superficial; precipitação anual; temperatura; e hidrogeologia e a localização dos corpos superficiais em relação à área contaminada.”

Para Mariana são apresentados apenas informações relacionadas à geologia, clima, geomorfologia, pedologia e vegetação; enquanto que para Barra Longa este tipo de informação não é apresentado. O Relatório final não apresenta informações para a realização de uma análise completa das rotas ambientais, faltando informações consideradas essenciais pelas Diretrizes do MS, como por exemplo topografia, cobertura do solo e hidrogeologia.

3.6 DADOS SOBRE EFEITOS NA SAÚDE

Em relação as informações sobre os efeitos na saúde, a metodologia do MS para ARSH afirma que:

“A equipe de avaliadores deverá estar familiarizada com a informação do local disponível e a utilidade que esta tem para conduzir a avaliação de saúde. Até onde seja possível, devem-se investigar as preocupações da comunidade com sua saúde e buscar dados sobre efeitos na saúde provocados pelas condições ambientais.”

O Anexo I das Diretrizes apresenta possíveis fontes para a verificação destas informações.

A Ambios apresenta dados de saúde de Mariana relativos à saúde mental e perfil geral dos agravos em saúde notificados. Para Barra Longa, são apresentados: dados relativos à infraestrutura



de saúde; cobertura da Estratégia de Saúde da Família (ESF); percentual de uso do SUS e planos privados; principais agravos e doenças; e ações de saúde realizadas desde o rompimento da barragem.

O Relatório Final avalia 4 estudos de saúde relacionados às áreas estudadas:

- 1) EPISUS, 2016: “*Estudo sobre o Perfil Epidemiológico da População de Barra Longa – MG, Pós-Desastre, 2016*”. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS (análise apresentada no Apêndice I);
- 2) EPISUS, 2018: “*Dois anos pós-desastre da barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG, 2018*”. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS (análise apresentada no Apêndice II);
- 3) ISS e Greenpeace, 2017: “*Avaliação dos riscos em saúde da população de Barra Longa/MG afetada pelo desastre*” (análise apresentada no Anexo I);
- 4) ISS, 2018: “*Resultados de Exames Toxicológicos - Proposta de Novos Estudos - Contextualização sobre os Metais encontrados*” (análise apresentada no Anexo I).

Considerando os dados de saúde e relatórios de saúde apresentados no Relatório Final, a NewFields considera satisfatório o levantamento de informações sobre os efeitos na saúde da população das áreas em estudo.

4. PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE

As Diretrizes do MS para ARSH, em sua Seção 4, determinam que o levantamento das preocupações da comunidade deverá ser realizado em três fases distintas: preparatória (antes de visitar a área); visita à área; e socialização das informações da ARSH. As preocupações da comunidade com a sua saúde subsidiam as implicações à saúde pública e norteiam a comunicação do risco às populações expostas.

As Diretrizes do MS descrevem que a fase preparatória serve para mapear os diferentes atores da comunidade, “definir a estratégia de comunicação, antes de visitar o local, assim como a metodologia que será aplicada para levantar as preocupações da comunidade”, estabelecer canais de comunicação, e explorar técnicas e métodos para validar as informações da população. Apesar desta fase não estar descrita no Relatório Final da Ambios, a NewFields entende que ela foi realizada, pois ela é evidenciada nos relatos de visita às áreas. Entretanto, mesmo considerando as evidências de realização, sugere-se que esta fase seja descrita no relatório, trazendo mais robustez às conclusões em relação as preocupações das comunidades.

Sobre as visitas as áreas, as Diretrizes afirmam que:

“Durante a realização das visitas à área, pode-se perceber a necessidade de levantar informações junto à população, utilizando-se de instrumentos de investigação, tais como, formulários, questionários e entrevistas. A necessidade de uso desses instrumentos precisa ser bem avaliada, pois implica no desenho de um estudo de investigação que, para ser construído e validado, necessita da seleção da área, bem como da amostra da população e realização de um teste piloto.”

A Ambios realizou a articulação com as comunidades com o auxílio dos Agentes Comunitários de Saúde e visitou as áreas com o acompanhamento de profissionais das Secretarias Estaduais e/ou Municipais de Saúde. Conforme sugerido pelas Diretrizes do MS, que salientam que



cada área de estudo possui características próprias, a Ambios tratou das preocupações de Mariana e Barra Longa de forma distinta. Novamente, apesar de não estar descrito no Relatório Final o processo de construção e validação da seleção da área e da amostra da população, a NewFields conclui – com base na descrição das visitas às áreas de estudo – que esta etapa foi realizada. Sugere-se trazer estas informações em mais detalhes para o Relatório Final, não deixando dúvidas de sua execução.

Em ambas as comunidades a Ambios realizou entrevistas e rodas de conversa com os moradores, e analisou os dados por meio da metodologia de Análise de Conteúdo (CAREGNATO & MUTTI, 2006). Não fica evidenciado no relatório a execução do teste piloto dos questionários aplicados nas entrevistas (conforme recomendado pelas Diretrizes e descrito anteriormente). Entretanto, a NewFields entende que os questionários foram aplicados como guias das conversas, não em um formato fixo de perguntas e respostas, o que dispensaria a aplicação do teste piloto.

Desta maneira, a NewFields entende que a etapa de levantamento das preocupações da comunidade foi realizada de maneira satisfatória, sendo recomendado, apenas, um maior detalhamento das fases descritas nas Diretrizes.

As preocupações levantadas para Mariana e Barra Longa são descritas nos subitens a seguir.

4.1 MARIANA

A Ambios organizou as preocupações da comunidade de Mariana em quatro categorias, sumarizadas a seguir, e deu atenção maior aos moradores de Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo e Paracatu de Cima.

- Saúde da população atingida: predominantemente relacionadas à saúde mental, dengue e febre amarela;
- Consumo de água e alimentos: predominantemente relacionadas ao consumo de água, frutas, legumes, verduras, ovos e leite;
- Meio ambiente e saúde: predominantemente relacionadas à exposição a poeira (intensificada pelo aumento no fluxo de veículos) e a problemas dermatológicos, respiratórios, alérgicos, sinusites, coceiras e câncer;
- Condições e qualidade de vida: predominantemente relacionadas à saúde mental.

4.2 BARRA LONGA

Em Barra Longa a Ambios deu atenção maior aos moradores de dezesseis (16) áreas (Barreto, Gesteira, Mandioca, Jurumirim, Nova Barra, Tanque, São Gonçalo, Volta da Capela, Rua Primeiro de Janeiro, Rua Capitão Manoel Carneiro, Morro Batalha, Bairro do Rosário, Praça Manoel Lino Mol, Rua Matias Barbosa, Morro Vermelho e Morro Cemitério). As preocupações da comunidade de Barra Longa podem ser sumarizadas da seguinte forma:

- Saúde da população atingida: predominantemente relacionadas à saúde mental e labirintite, reações alérgicas dermatológicas e respiratórias, dengue, febre amarela, diarreia e Alzheimer;
- Consumo de água e alimentos: predominantemente relacionadas ao consumo de água, frutas, legumes, verduras, ovos, leite e carne;
- Peixes do rio e saúde: relacionada ao consumo de pescados do rio;



- Meio ambiente e saúde: predominantemente relacionadas à exposição a lama, a poeira (intensificada pelo aumento no fluxo de veículos) e a problemas dermatológicos, respiratórios, alérgicos, oftalmológicos, coceiras e câncer;
- Condições e qualidade de vida: predominantemente relacionadas à saúde mental.

Além disso, a Ambios salientou a preocupação da comunidade de Barra Longa com os diversos estudos em desenvolvimento na região, os resultados contraditórios e a falta de respostas concretas à população. Diferentemente dos entrevistados de Mariana, os entrevistados de Barra Longa consideram que todos os moradores do município são impactados.

5. DETERMINAÇÃO DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE

A seleção de contaminantes de interesse foi feita comparando os resultados analíticos obtidos a valores de referência adotados para cada compartimento ambiental. A seleção foi baseada na concentração máxima detectada para cada elemento químico em todos os compartimentos amostrados nas campanhas de amostragem da Ambios. As concentrações dos metais analisados nas amostras coletadas são apresentadas em tabelas, conforme recomendação das Diretrizes do MS para ARSH.

Os valores de referência utilizados foram:

- Água para consumo humano, água superficial e água subterrânea: Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (Padrão de Potabilidade Brasileiro);
- Alimentos: ANVISA RDC nº 42/2013 e FAO Codex Alimentarius;
- Sedimentos: Resolução CONAMA nº 454/2012 – Nível 1;
- Solo: Resolução CONAMA nº 420/2009 – Valores de Prevenção em Solo;
- Poeira: Resolução CONAMA nº 420/2009 – Valores de Prevenção em Solo.

A Ambios conclui adequadamente a seleção de contaminantes de interesse após a comparação com os valores de referência. Entretanto, existem inconsistências nos valores de referência apresentados nas tabelas de resultados da seção de Determinação dos Contaminantes de Interesse (página 206). Essas inconsistências devem ser corrigidas, para que os valores de referência dos padrões legais utilizados sejam apresentados corretamente e não gerem erros de interpretação.

Os valores de referência para alimentos, advindos da FAO - Codex Alimentarius (FAO, 2011), apresentados no Relatório Final nas Tabelas 2 (página 207), Tabela 4 (página 209), Tabela 9 (página 217) e Tabela 11 (página 219) não estão corretos. Os valores do Codex são tipicamente baseados em consumo diário, semanal e mensal por peso corporal. Para oligoelementos, que são nutrientes essenciais e constituintes inevitáveis dos alimentos, é expressa uma faixa de ingestão diária, sendo que o valor mais baixo representa o nível de essencialidade e o valor superior representa a dose diária tolerável máxima admissível (PMTDI). Por exemplo, o cobre tem uma ingestão diária variando entre 0,05 (essencialidade) e 0,5 (PMTDI) mg/kg de peso corporal (PC). A Ambios apresenta o valor do Codex como uma concentração simples de mg/kg, que é incorreta, pois o valor é mg/kg de peso corporal e ao longo de um período de tempo definido (dia, semana ou mês). A Ambios está utilizando o valor de essencialidade de 0,05 mg/kgPC de cobre como valor de referência, enquanto



o correto é o valor PMTDI de 0,5 mg/kg de peso corporal por dia, o que significa que um adulto pesando 70 kg tem um PMTDI de 3,5 mg de cobre. Para cádmio, os valores de referência apresentados para frutas e leite não são compatíveis com a documentação mais atual disponível (FAO, 2011).

Os valores de referência para solo, valores de prevenção advindos da Resolução CONAMA nº 420/2009, apresentados no Relatório Final nas Tabelas 6 (página 213) e Tabela 8 (página 215) não estão corretos.

Os valores de referência para sedimentos, valores para água doce - Nível 1 advindos da Resolução CONAMA nº 454/2012, apresentados no Relatório Final nas Tabelas 7 (página 214) e Tabela 16 (página 224) não estão corretos.

Na página 221 do relatório final, para a seleção de contaminantes de interesse de Barra Longa, a Ambios cita valores de concentrações de cobre, níquel e chumbo que foram detectados nas amostras de poeira domiciliar no seu parágrafo sobre discussão das concentrações detectadas nos sedimentos. Essa citação deve ser removida, para evitar interpretações errôneas.

Inicialmente, a seleção de contaminantes de interesse foi feita separadamente para Mariana e Barra Longa. Subsequentemente, a Ambios combinou as excedências para ambos os municípios e elaborou uma lista única de contaminantes de interesse. Esse tipo de combinação para duas áreas distintas não é recomendado pelas Diretrizes do MS para ARSH, conforme sua Seção 5.7.

É importante salientar que, independente da adoção da premissa de pior cenário, as Diretrizes do Ministério da Saúde especificam em sua Seção 5 que, para a seleção de contaminantes de interesse: “deve ser realizada uma revisão dos níveis de concentração natural dos contaminantes nos compartimentos ambientais locais”. O Relatório Final da Ambios não apresenta discussão relacionada a essas concentrações basais.

Também não foi apresentada avaliação espacial e temporal dos dados ambientais disponíveis para Mariana e Barra Longa, conforme especificado pelas Diretrizes do MS em sua Seção 5.1.1, que afirma que na etapa de seleção de contaminantes de interesse, “o avaliador deve assinalar as tendências ao discutir os dados (...) Considerando, de forma específica, a distribuição espacial, os ‘pontos críticos’, as mudanças de concentração no tempo e as diferenças de contaminação entre os compartimentos ambientais.”

6. ROTAS DE EXPOSIÇÃO

6.1 ALIMENTOS

De acordo com a Ambios, metais não aparentam estar atualmente disponíveis para serem absorvidos por vegetais e gramíneas. Entretanto, a Ambios sugere que devido a eventos naturais, mecanismos de transporte e transformação – incluindo participação microbiana, metais podem se tornar biodisponíveis e serem absorvidos por vegetais e gramíneas no futuro.

Além disso, a Ambios também sugere que o material particulado suspenso (poeira) gerado a partir de solo superficial contaminado e mobilizado pela ação dos ventos, pode se acumular em solos onde vegetais folhosos são cultivados, e subsequentemente, os metais presentes nesse particulados podem ser absorvidos por tais organismos, levando a uma nova rota de exposição.



No entanto, embora os metais não estejam sendo absorvidos pelos vegetais e não terem sido apresentados argumentos baseados em estudos técnicos que discutem o potencial dos metais se tornarem biodisponíveis, a Ambios conclui que a ingestão de vegetais, tubérculos e raízes é uma via de exposição potencial futura.

A Ambios deve basear suas suposições sobre a biodisponibilidade de metais em solos impactados e absorção de metais por vegetais e gramíneas em referências bibliográficas e, quando possível, em estudos conduzidos na Bacia do Rio Doce. Além disso, a Ambios deve apresentar uma discussão detalhada sobre quais seriam as condições que poderiam alterar a mobilização de metais no futuro. Conforme descrito na seção 3.4.1 deste Parecer Técnico, segundo a Golder (2017a), os solos e sedimentos afetados e não afetados têm baixo potencial para mobilização de metais na área estudada.

A Ambios também conclui que as áreas impactadas pela lama de rejeitos e áreas no entorno, que podem vir a se tornar impactadas pela poeira, deveriam ser monitoradas e que a produção de alimentos deveria ser evitada nessas localidades. Essa recomendação não é corroborada pelos dados ambientais disponíveis e é capaz de gerar uma percepção de risco equivocada na população dos municípios estudados.

6.2 SOLO SUPERFICIAL

Exposição à cádmio através de contato direto (ingestão acidental e contato dérmico) e ingestão de partículas de solo contaminado presentes na poeira domiciliar é considerada pela Ambios uma rota de exposição completa, no presente e passado. Essas rotas de exposição também são consideradas como rotas potenciais futuras para os locais onde partículas de solo contaminado mobilizadas pela ação dos ventos serão depositadas.

Nas discussões relativas à rota de exposição relacionada ao solo superficial, a Ambios faz diversas considerações que não são adequadamente embasadas por estudos realizados no local ou por bibliografia científica específica. Tal embasamento deve ser apresentado pela Ambios.

A discussão apresentada pela Ambios indica que não foi feita nenhuma consideração sobre concentrações basais e locais de referência – a discussão de ambos os tópicos são recomendações importantes das Diretrizes do MS para ARSH. Além disso, a Ambios não faz qualquer consideração em relação a outras fontes potenciais dos contaminantes de interesse selecionados, conforme indicado na seção 6.3 das Diretrizes. O cádmio é um contaminante muito comum em fertilizantes usados no Brasil e isso é bem documentado por cientistas brasileiros em publicações recentes como Gonçalves et al. (2014).

6.3 SEDIMENTOS

Exposição a cádmio presente em sedimentos através da ingestão de biota aquática é considerada pela Ambios uma rota de exposição completa futura.

A rota de exposição para sedimentos não foi considerada pela Ambios uma rota completa no presente e passado em função da ausência de fauna aquática. A Ambios considera que em algum ponto haverá a revitalização natural da biota aquática, que potencialmente será consumida por humanos.

As Diretrizes do MS para ARSH descrevem as condições necessárias para uma rota de exposição ser considerada completa no futuro devendo, obrigatoriamente, apresentar a “existência de uma contaminação atual em um ponto de exposição ou em um compartimento ambiental que poderia chegar a ser um ponto de exposição em dias, semanas ou meses (áreas em via de



urbanização em local contaminado).” Sendo assim, como não há evidências da contaminação atual da biota aquática, esta rota de exposição não pode ser considerada completa, mesmo que futuramente.

Todas as considerações da Ambios relacionadas a como a concentração de cádmio encontrada nos sedimentos seria bioacumulada nos organismos aquáticos não permitem conclusões sobre a possibilidade desses organismos serem contaminados. São citados fatores de bioacumulação em organismos de água doce variando de 3 a 4.190, faixa extremamente ampla para concluir assertivamente sobre a bioacumulação.

Dessa forma, por existirem poucas evidências técnicas que embasem a conclusão dessa rota de exposição aos sedimentos como completa, essa rota de exposição deve ser considerada potencial.

6.4 POEIRA

Exposição a cádmio, cobre, níquel e zinco através da ingestão e inalação de poeira domiciliar é considerada pela Ambios uma rota de exposição completa, no presente e passado.

Essa rota de exposição também é considerada pela Ambios como uma rota futura completa, com base na consideração de que não serão tomadas ações de mitigação para geração de poeira. O relatório não menciona: (1) as ações em curso, executadas pela Fundação, para o controle de poeira; (2) as ações de recuperação sendo executadas pela Fundação.

A Ambios afirma que, pela localização da coleta de amostras, é razoável assumir que a poeira é proveniente principalmente do “novo solo superficial” gerado pelos rejeitos. Entretanto, como não são consideradas localidades de referência e o Relatório Final não apresenta uma discussão sobre as concentrações basais da região estudada, essa ARSH não permite conclusões sobre a correlação entre as detecções encontradas pela Ambios e o rompimento da barragem.

Adicionalmente, o Relatório Final não apresenta discussão com relação à topografia e padrões de direção dos ventos nas áreas estudadas, fatores importantes para embasar a suposição de que a poeira domiciliar coletada é predominantemente formada pelo material particulado de áreas afetadas pela lama de rejeitos.

Além disso, a amostragem de poeira domiciliar ocorreu em locais de difícil acesso e raramente limpos. Isso pode significar que os contaminantes estavam presentes antes do rompimento. Isso também implica que, se os contaminantes vieram dos rejeitos, então a concentração encontrada pode ser acumulada dos 3 anos que se passaram após o rompimento. Dessa forma, as concentrações detectadas na poeira não seriam concentrações às quais a população estaria exposta constantemente durante sua rotina diária e, portanto, essas concentrações não representariam condições passadas, atuais ou futuras de exposição.

Alguns locais de amostragem de poeira para Mariana e Barra Longa estavam dentro de casas e edificações atualmente abandonadas. A Ambios não apresenta uma discussão sobre como os dados de poeira coletados para esses locais serão interpretados, uma vez que não há receptores. Isso deve ser esclarecido pela Ambios.

6.5 CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS

O resumo das rotas de exposição apresentado no Quadro 10 do Relatório Final deve conter os compostos relacionados às rotas de exposição apresentadas e a classificação de rota completa ou potencial.



Adicionalmente, o Quadro 10 não é totalmente consistente com o discutido na seção sobre rotas de exposição do Relatório Final. A rota de exposição relacionada à água para consumo é discutida como uma rota de exposição futura, e no Quadro 10 é apresentada como uma rota de exposição no presente e passado. Estas informações devem ser corrigidas, evitando interpretações errôneas dos resultados apresentados.

Na seção 6.5. - Identificação de Populações Receptoras, as Diretrizes do MS salientam que:

“O último elemento de uma rota de exposição é a população que está potencialmente ou de fato exposta, por meio das vias de exposição, aos contaminantes presentes na área. Cada rota deve ser considerada com relação às populações (trabalhadores, residentes, populações de passagem, pescadores) que devem ser identificadas com a maior precisão possível. Por exemplo, se a única rota de exposição for via solo contaminado em uma área residencial ao longo do limite norte de uma zona de estudo, os residentes de dita área seriam a população de interesse para a rota e não toda comunidade que habitasse em um raio de 1 Km da área de estudo. Entretanto, todos os usuários de um abastecimento de água municipal deveriam ser a população exposta de interesse, caso seja observado a contaminação deste abastecimento. Caso a contaminação tenha sido constatada em um poço privado, a população exposta seria somente a de usuários deste poço.”

O Relatório Final não apresenta uma discussão em relação a identificação das populações receptoras em Mariana e Barra Longa, deixando de fora um elemento fundamental do estabelecimento das rotas de exposição.

7. IMPLICAÇÕES À SAÚDE PÚBLICA

7.1 CÁLCULO DA DOSE DE EXPOSIÇÃO

7.1.1 Vias de Exposição Avaliadas

As Diretrizes do MS para ARSH indicam, em sua seção 7.1.5 (Cálculo da Dose de Exposição), que “Quando calculamos a dose de exposição de cada grupo químico, levamos em conta todas as vias pelas quais o agente químico penetra no organismo humano para cada um dos subgrupos populacionais definidos, crianças, adultos, idosos”.

No entanto, a discussão apresentada na seção “Cálculo da Dose de Exposição aos Contaminantes de Interesse Definidos” do Relatório Final se baseia apenas nos resultados calculados para a ingestão de solo e poeira. Inalação ou contato dérmico com solo e poeira não foram mencionados nessa seção do relatório. De acordo com a seção “Rotas de Exposição em Mariana e Barra Longa” do Relatório Final, inalação foi considerada uma via de exposição na rota de exposição completa para solo e poeira, enquanto contato dérmico foi considerado uma via de exposição na rota de exposição completa para solo.

A Ambios deve discutir em seu documento o motivo pelo qual essas vias de exposição não foram avaliadas - na seção de cálculo da dose de exposição - com adequado embasamento técnico e descrição de quais fatores impossibilitam a avaliação dessas doses.



7.1.2 Taxas de Ingresso de Substâncias Químicas no Organismo Humano

Em sua seção 7.1.5 (Cálculo da Dose de Exposição), as Diretrizes do MS para ARSH indicam que, na determinação das taxas de ingresso a serem utilizadas para o cálculo das doses de exposição:

“Podem ser usadas estimativas pré-definidas como valores básicos de inalação diária de ar ($\text{m}^3.\text{dia}^{-1}$), ingestão de solo ($\text{mg}.\text{dia}^{-1}$) e de água ($\text{L}.\text{dia}^{-1}$) e do consumo de alimentos. No entanto, o ideal é que pelo menos em relação à taxa de ingestão de alimentos, o cálculo seja baseado em informações locais específicas da população exposta.”

O estudo realizado pela Ambios não contemplou o levantamento de informações específicas a respeito das taxas de ingresso no organismo humano. Nesse sentido, a Ambios utilizou valores de taxa de ingresso pré-definidos.

Cabe ressaltar que somente foram calculadas pela Ambios as doses de exposição via ingestão de solo e poeira. Dessa forma, as taxas de ingresso consideradas no cálculo da dose de exposição realizado pela Ambios referem-se a taxas de ingestão pré-definidas.

Para o cálculo da dose de exposição por ingestão de solo, as Diretrizes do MS para ARSH não especificam taxas de ingestão pré-definidas a serem utilizadas. No Anexo II das Diretrizes do MS são citados os resultados de pesquisas que indicam uma taxa de ingestão de solo entre 50 e 200 mg/dia (Calabrese et al, 1989; Davis et al, 1990) para crianças, sem faixa etária especificada, enquanto para adultos é indicada uma taxa de ingestão de 50 mg/dia (Calabrese et al, 1990).

Apesar das taxas citadas pelas Diretrizes do MS para ARSH, as doses de exposição calculadas pela Ambios foram obtidas com o uso de taxas de ingestão recomendados no Apêndice G do documento “*Public Health Assessment Guidance Manual (Update)*” da ATSDR (2005a).

Para o cálculo da dose de exposição, conforme especificado pela ATSDR (2005a), na ausência de fatores de exposição específicos da área de estudo, devem ser utilizados fatores de exposição derivados de estudos populacionais, como os apresentados no documento “*Exposure Factors Handbook*” da USEPA, que está em constante atualização.

Em 2017, a USEPA atualizou o Capítulo 5 do “*Exposure Factors Handbook*”, que está relacionado aos fatores de exposição de ingestão de solo e poeira. A Tabela 7-1 apresenta os valores recomendados para ingestão de solo, poeira e a combinação de ambas as fontes conforme atualização supracitada da USEPA (2017).



Tabela 7-1: Valores recomendados pela USEPA para ingestão de solo, poeira e a combinação de ambas as matrizes

Tabela 5-1. Valores Diários Recomendados para Ingestão de Solo, Poeira e Solo + Poeira (mg/dia) ^a								
Faixa Etária	Solo + Poeira		Solo ^b				Poeira ^c	
	Tendência Central da População Geral ^d	Percentil Superior da População Geral ^e	Tendência Central da População Geral ^f	Percentil Superior da População Geral ^f	Alotriofagia por solo ^g	Geofagia ^h	Tendência Central da População Geral ^f	Percentil Superior da População Geral ^f
	< 6 meses	40	100	20	50	-	-	20	60
6 meses a <1 ano	70 (60-80)	200	30	90	-	-	40	100
1 até <2 anos	90	200	40	90	1.000	50.000	50	100
2 até <6 anos	60	200	30	90	1.000	50.000	30	100
1 até <6 anos	80 (60-100)	200	40	90	1.000	50.000	40	100
6 até <12 anos	60 (60-60)	200	30	90	1.000	50.000	30	100
12 anos até idade adulta	30 (4-50)	100	10	50	-	50.000	20	60

Fonte: U.S. Environmental Protection Agency. Update for Chapter 5 of the Exposure Factors Handbook – Soil and Dust Ingestion. Setembro 2017.

A Ambios assume a mesma taxa de ingestão tanto para ingestão de solo quanto para ingestão de poeira, sendo: 200 mg/dia para crianças de todas as idades abaixo de 17 anos; e 100 mg/dia para adultos.

Para ambas as taxas de ingestão, a Ambios não justifica o uso desses valores, os quais não são consistentes com as orientações mais atuais de exposição a solo e poeira publicadas pela USEPA em 2017.

Adicionalmente, por ter aplicado a mesma taxa de ingestão tanto para a ingestão de solo quanto para de ingestão de poeira, o cálculo realizado pela Ambios superestima as taxas totais de ingestão. Conforme apresentado na Tabela 7-1, a USEPA claramente define que a ingestão diária de 200 mg inclui ambas as exposições (solo e poeira). Os cálculos da Ambios resultam em um total de 400 mg de solo e poeira que poderia ser ingerido por crianças menores de 17 anos em um dia, sendo 200 mg/dia relacionados à ingestão de solo e 200 mg/dia à ingestão de poeira.

Ao comparar a suposição da Ambios com o sugerido pela USEPA (2017), o uso incorreto das taxas de ingestão pela Ambios se torna evidente. Para crianças abaixo de 17 anos, a Ambios aplica uma taxa de ingestão de solo que é equivalente à taxa máxima de ingestão de solo e poeira (solo + poeira) sugerida pela USEPA (2017). A taxa de ingestão sugerida pela USEPA para a ingestão de solo + poeira considera (i) o solo, seja de fontes internas ou externas, (ii) a poeira como uma combinação de poeira acumulada ao ar livre, poeira acumulada no interior e material particulado suspenso que é inalado, posteriormente aprisionado em muco e movido do sistema respiratório para o trato gastrointestinal, e (iii) material originário do solo e localizado em superfícies de piso interno que foi levado para dentro pelos ocupantes da edificação. Sendo assim, é evidente que a USEPA não está subestimando as exposições a solo e poeira. A ATSDR não considera a ressuspensão de poeira, e subsequente inalação, como uma rota de exposição.



As Tabela 7-2 e Tabela 7-3 apresentam as doses de exposição calculadas para Mariana, aplicando as taxas de ingestão de solo e poeira sugeridas pela USEPA à equação das Diretrizes do MS para o cálculo da dose de exposição de ingestão de solo. Essas tabelas apresentam também os resultados da dose de exposição considerando como concentração de entrada a média das concentrações detectadas que excedem os valores de referência para cada compartimento ambiental (média das excedências). A médias das excedências é sugerida pelas Diretrizes do MS para uso nos cálculos das doses de exposição.

Tabela 7-2: Doses de exposição ao Cádmio para ingestão de solo, mg/kg PC.dia - Mariana – Comparação entre cálculos da Ambios e do MS, usando taxas de ingestão da USEPA.

Faixa Etária	Ambios		Ministério da Saúde	
	Baseada na concentração máx.	Baseada na média das excedências	Baseada na concentração máx.	Baseada na média das excedências
Criança (< 1 ano)	0,0003174	0,0002036	0,0001428	0,0000916
Criança (1 - 11 anos)	0,0001058	0,0000679	0,0000476	0,0000305
Criança (12 - 17 anos)	0,0000635	0,0000407	0,0000159	0,0000102
Adulto (> 17 anos)	0,0000227	0,0000145	0,0000113	0,0000073

Observação: mg/kg PC.dia: miligramas por kg de peso corporal (PC) por dia. Os resultados em laranja representam doses acima do MRL de cádmio para ingestão, considerando a exposição crônica.

Tabela 7-3: Doses de exposição ao Cádmio para ingestão de poeira, mg/kg PC.dia - Mariana - Comparação entre cálculos da Ambios e do MS, usando taxas de ingestão da USEPA.

Faixa Etária	Ambios		Ministério da Saúde	
	Baseada na concentração máx.	Baseada na média das excedências	Baseada na concentração máx.	Baseada na média das excedências
Criança (< 1 ano)	0,0002864	0,0000986	0,0001432	0,0000493
Criança (1 - 11 anos)	0,0000955	0,0000329	0,0000477	0,0000164
Criança (12 - 17 anos)	0,0000573	0,0000197	0,0000172	0,0000059
Adulto (> 17 anos)	0,0000205	0,0000070	0,0000123	0,0000042

Observação: mg/kg PC.dia: miligramas por kg de peso corporal (PC) por dia. Os resultados em laranja representam doses acima do MRL de cádmio para ingestão, considerando a exposição crônica.

Ao aplicar as taxas de ingestão sugeridas pela USEPA (que são baseadas nos mais recentes estudos científicos relacionados aos fatores de exposição ao solo e à ingestão de poeira) na equação citada pelas Diretrizes do MS, as doses de exposição são reduzidas em cerca de 50% quando comparadas aos resultados da Ambios. Como pode ser visto nas Tabela 7-2 e Tabela 7-3, a taxa de ingestão desempenha um papel significativo no cálculo da dose de exposição. Portanto, a seleção dos fatores de exposição deve ser adequadamente referenciada pela Ambios e com base nos estudos mais recentes disponíveis.

A Tabela 7-4 apresenta os resultados para o cálculo da dose de exposição ao cádmio em Mariana considerando as taxas de ingestão de solo e poeira sugeridas pela USEPA. Esses resultados incluem ingestão de solo e poeira ao mesmo tempo. Ao aplicar essas taxas de ingestão, conforme recomendado pela USEPA, deve-se considerar que 45% das ingestões diárias estão relacionadas ao solo, enquanto 55% da ingestão está relacionada à poeira. Os resultados apresentados na Tabela 7-4 foram calculados aplicando as porcentagens de ingestão sugeridas pela USEPA e duas concentrações: a máxima concentração detectada e a média das excedências observadas para solo e poeira em Mariana.



Tabela 7-4: Dose de exposição calculadas para exposição ao Cádmiio usando taxas de ingestão de solo + poeira da USEPA.

Faixa Etária	Dose de Exposição (mg/kg PC.dia)	
	Baseada na concentração máx.	Baseada na média das excedências
Criança (< 1 ano)	0,0003004	0,0002428
Criança (1 - 11 anos)	0,0001001	0,0000809
Criança (12 - 17 anos)	0,0000300	0,0000242
Adulto (> 17 anos)	0,0000215	0,0000173

Observação: mg/kg PC.dia: miligramas por kg de peso corporal (PC) por dia. Os resultados em laranja representam doses acima do MRL de cádmio para ingestão, considerando a exposição crônica.

É importante destacar que as doses de exposição apresentadas na Tabela 7-4 representam doses de exposição para ingestão tanto de solo quanto de poeira, baseados nos fatores de exposição mais atuais para essa via de exposição. Ao comparar os resultados da Tabela 7-4 com a soma das doses de exposição calculadas pela Ambios para ingestão de solo e poeira, os resultados da Ambios são duas vezes mais altos, corroborando a superestimativa da dose de exposição.

Os resultados na Tabela 7-4 também permitem avaliar como a concentração utilizada para o cálculo impacta o resultado da dose de exposição.

Mesmo simulando o pior cenário, premissa também sugerida pelas Diretrizes do MS para o cálculo da dose de exposição, a Ambios deve discutir em seu relatório a distribuição espacial das concentrações detectadas e o quanto a dose de exposição obtida é representativa da exposição dos receptores considerados pela Ambios.

7.2 COMPARAÇÃO DO NÍVEL DE EXPOSIÇÃO COM “VALORES DE REFERÊNCIA”

As Diretrizes do MS para ARSH definem, em sua seção 7.1.6 (Comparação do Nível de Exposição com “Valores de Referência”):

“Para avaliar se os contaminantes de interesse têm a possibilidade de comprometer a saúde, nas condições específicas de exposição existentes no local, deve-se comparar as estimativas da dose de exposição com os valores de referência de saúde. Para definir o nível do risco à saúde, para ocorrência de efeitos lesivos não-carcinogênicos, podem ser utilizados como indicadores os Níveis de Risco Mínimo (MRL) da ATSDR e a Dose de Referência (RfD) da EPA ou outros valores de referência de outros países.”

É importante destacar que, uma vez tomados como referência valores estabelecidos por órgãos de saúde internacionais, devem ser consideradas todas as premissas e instruções de utilização de valores de referência de saúde definidas por esses órgãos. Todas essas premissas e considerações necessárias para uso desses valores de referência devem ser discutidas pela Ambios em seu relatório final, trazendo adequado embasamento às conclusões apresentadas na seção de implicações à saúde.

O fluxograma de comparação das doses de exposição com valores de referência (ambientais e de saúde) estruturado pela ASTDR (2005) recomenda a avaliação em duas etapas principais, sendo: (1) comparação das concentrações das substâncias químicas de interesse com valores de referência ambientais; e (2) comparação das doses de exposição estimadas com valores de referência de saúde.



Dentre os valores de referência ambientais criados pela ATSDR, encontram-se os parâmetros denominados EMEGs (*Environmental Media Evaluation Guidelines* – Guias de Avaliação dos Compartimentos Ambientais), mencionados na seção 5 (Seleção de Contaminantes de Interesse) das Diretrizes do MS para ARSH, e que são calculados com base nos MRLs desenvolvidos pela ATSDR. Além dos EMEGs, a ATSDR desenvolveu também valores de referência ambientais denominados RMEGs (*Reference Dose Media Evaluation Guides* – Guias de Avaliação de Compartimentos Ambientais a partir de Doses de Referência), que são calculados com base nas doses de referência de exposição oral crônica da USEPA.

O relatório final da Ambios não faz menção a esses valores de referência ambientais, mesmo sendo existentes para exposição crônica aos compostos químicos selecionados como contaminantes de interesse, com exceção de cobre e chumbo.

Com relação à comparação das doses de exposição com valores de referência de saúde, de acordo com a ATSDR:

“os MRLs servem apenas como uma ferramenta de triagem para ajudar o avaliador a decidir se deve ou não proceder a uma análise mais detalhada das substâncias encontradas no local de interesse. O objetivo dos MRLs não é definir níveis de descontaminação ou de ação. As doses de exposição superiores aos MRLs não pressupõem, necessariamente, a ocorrência de efeitos à saúde adversos”.

Além disso, também de acordo com a ATSDR (2005),

“a comparação com valores de referência de saúde permitirá identificar (1) substâncias que se encontram abaixo de valores de referência conservadores e que não possuem potencial de representar perigo à saúde; (2) substâncias que se encontram acima de valores de referência e requerem avaliações mais detalhadas”.

Conforme a ATSDR (2005a), na ausência de MRLs, “RfDs ou RfCs da USEPA devem ser utilizados”. A Ambios não segue essa determinação em seu relatório final, e não discute sobre os valores de dose de referência da USEPA para os compostos selecionados como contaminantes de interesse. Como exemplo, a Ambios afirma que não existem doses de referência estabelecidas para exposição crônica oral ao cobre, mesmo existindo valor de RfD para esse composto, determinado nas tabelas HEAST desenvolvidas pela USEPA (ver Seção 7.3.2 deste Parecer Técnico).

Conforme o exposto acima, conclui-se que a Ambios não utiliza adequadamente os valores de referência ambientais e de saúde citados pelas Diretrizes do MS para ARSH.

7.2.1 Considerações Adicionais

A ATSDR (2005) apresenta em sua seção 7.5 (“*Presenting Screening Analysis Findings in the Public Health Assessment Document*”), considerações importantes quanto a apresentação dos resultados da comparação das doses de exposição com os valores de referência de saúde. Tais considerações, apresentadas a seguir, são importantes para a comunicação acessível e transparente dos resultados obtidos e devem ser adotadas pela Ambios em seu Relatório Final:

- A avaliação de risco à saúde humana deve incluir um resumo do processo de comparação das doses de exposição com os valores de referência de saúde. Esse resumo deve ser escrito em termos não-técnicos e deve incluir uma descrição do uso e das limitações desse tipo de comparação;
- Esse resumo deve salientar que o processo de estimativa das doses de exposição e comparação com os valores de referência é uma etapa de triagem das substâncias



químicas a serem avaliadas detalhadamente, enfatizando que esse processo de triagem não identifica efeitos adversos à saúde;

- O documento de avaliação de risco à saúde humana deve indicar claramente todas as considerações utilizadas para a seleção das concentrações das substâncias químicas de interesse, valores de referência ambientais, variáveis para a estimativa da dose de exposição e valores de referência de saúde;
- Deve também ser indicado claramente quais substâncias foram selecionadas para uma avaliação mais detalhada da exposição e o porquê dessa seleção; assim como quais substâncias foram determinadas como não tendo potencial de representar perigo à saúde e o porquê.

7.3 ESTABELECIMENTO DAS IMPLICAÇÕES SOBRE A SAÚDE DAS POPULAÇÕES EXPOSTAS DAS LOCALIDADES DE MARIANA E BARRA LONGA

A principal conclusão da seção de implicações à saúde humana do relatório final da Ambios é que há perigo para as populações expostas em Mariana e Barra Longa por meio de ingestão, inalação e absorção dérmica de partículas de solo superficial e/ou poeira domiciliar contaminadas.

Absorção dérmica não é considerada uma via de exposição para a rota de exposição de poeira domiciliar apresentada pela Ambios no Capítulo V do relatório final. A seção de implicações à saúde apresentada no relatório final da Ambios deve ser consistente com as rotas de exposição apresentadas no Capítulo V, e o texto deve ser reescrito de forma a deixar claro quais vias de exposição são consideradas para cada compartimento ambiental. Caso a Ambios considere que absorção dérmica é uma via de exposição da rota de exposição de poeira domiciliar, devem ser apresentados argumentos devidamente embasados em estudos científicos disponíveis, que indiquem que esta é uma rota relevante para indivíduos expostos à poeira domiciliar.

Para embasar sua principal conclusão, a Ambios afirma que seus estudos ambientais observaram concentração de cádmio no solo superficial acima dos limites de segurança, estando a população exposta à estas concentrações desde o rompimento da barragem de Fundão. Considerando que esta consideração é baseada no resultado de um único evento de amostragem, a Ambios deve esclarecer qual o seu critério para considerar tal ocorrência temporal (3 anos) da concentração detectada. Além disso, salienta-se novamente que, como a Ambios não considerou localidades de referência e o Relatório Final não apresenta uma discussão sobre as concentrações basais da região estudada, esta ARSH não permite conclusões sobre a correlação entre as detecções encontradas pela Ambios e o rompimento da barragem. Dessa forma, todas as conclusões relacionadas a esta correlação não possuem embasamento técnico.

A Ambios também afirma que não é possível calcular as doses de exposição por inalação de partículas de poeira. Essa afirmação é correta para as áreas avaliadas no município de Mariana. Entretanto, existem estações de monitoramento da qualidade do ar em Barra Longa que fornecem informações relevantes para avaliação da exposição a partículas de poeira relacionadas às atividades de recuperação da área urbana de Barra Longa, incluindo a caracterização química do material particulado em suspensão na atmosfera de Barra Longa, feita pela empresa Ecosoft em 2016 (Ecosoft, 2017). A Ambios teve acesso a essas informações, porém, não discute ou avalia os resultados de monitoramento da qualidade do ar em Barra Longa em nenhum momento em seu relatório final.

A seguir são discutidas as conclusões da Ambios das implicações à saúde relacionadas aos contaminantes de interesse.



7.3.1 Cádmi

A Ambios afirma que as doses de exposição por ingestão de solo e poeira domiciliar estimadas estão acima do MRL para exposição crônica ao cádmio para todas as faixas etárias em Barra Longa e para crianças menores de 11 anos em Mariana. Além disso, afirma que a exposição ao cádmio está subestimada e, pelo uso do princípio da precaução, a população acima de 11 anos em Mariana também deve ser objeto de ações de saúde específicas.

Cabe ressaltar que as doses de exposição da Ambios são superestimadas, conforme discutido na seção 7.1.2 deste documento. Apesar disso, utilizando as taxas de ingestão de solo e poeira atualizadas da USEPA (2017), o MRL de exposição crônica oral ao cádmio também é excedido para crianças com menos de 1 ano para Mariana e para todas as faixas etárias de Barra Longa – considerando as concentrações máximas detectadas nessas localidades.

Dessa forma, conforme recomendação da ATSDR (2005), e conforme o discutido no item 7.2 desse documento, a exposição ao cádmio deve ser avaliada mais detalhadamente. Dentre os fatores a serem avaliados estão, por exemplo: avaliação crítica dos estudos que foram utilizados para o desenvolvimento do valor de referência de saúde utilizado; comparação das doses de exposição estimadas com dados de dose-resposta relevantes para o contaminante estudado para a via de exposição avaliada; avaliação de características específicas do contaminante que possam influenciar a exposição na área de estudo; e, avaliação de dados disponíveis sobre agravos à saúde das áreas estudadas.

Um ponto a ser também levado em consideração na avaliação da exposição ao cádmio diz respeito a comparação com concentrações basais e avaliação de todas as fontes de contaminação existentes nas áreas de estudo. A avaliação de concentrações basais é um requisito das Diretrizes do MS para ARSH que não é apresentado pela Ambios, assim como a discussão da distribuição espacial e temporal dos contaminantes.

A maior concentração de cádmio detectada no solo em Mariana é de 15,87 mg/kg e em Barra Longa é de 22,47 mg/kg. As concentrações basais de cádmio no solo são inferiores a 2 mg/kg, de acordo com a Golder (2017a). Cádmio é um metal associado a atividades antropogênicas como aplicação de fertilizantes e combustão veicular. Sendo assim, as concentrações de cádmio no solo são tipicamente mais altas próximo a rodovias ou onde há atividades agrícolas. Adicionalmente, o rejeito não está associado ao cádmio, de acordo com a Golder (2017a).

7.3.2 Cobre

A Ambios afirma que as doses de exposição por ingestão estão acima do MRL para exposição oral intermediária ao cobre para crianças de até 1 ano de idade em Mariana. Além disso, afirma que o período de exposição de interesse é relativo à exposição crônica, para o qual não existe MRL ou RfD. Dessa forma, de acordo com a Ambios, na ausência de valores de referência de saúde disponíveis, utilizando o princípio da precaução, todas as faixas etárias da população de Mariana devem ser objeto de ações de saúde relacionadas à exposição ao cobre.

Em sua seção sobre cálculo das doses de exposição aos contaminantes de interesse a Ambios afirma que a utilização do MRL definido para exposição intermediária “falha ao dimensionar adequadamente o risco da ocorrência de efeitos à saúde em situações de exposição crônica” e que, em geral, observa-se uma associação positiva entre maior duração de exposição e ocorrência de efeitos adversos à saúde. Essa afirmação não está correta, considerando o processo de desenvolvimento dos MRLs feito pela ATSDR.



Conforme o Apêndice G da ATSDR (2005a), os MRLs são desenvolvidos quando existem dados suficientes e confiáveis para identificar órgãos alvo dos contaminantes e/ou os efeitos a saúde mais sensíveis relacionados à uma determinada duração de exposição para uma via de exposição específica. Dessa forma, a ausência de um MRL definido para exposição crônica não necessariamente implica no fato de que a essa exposição estaria relacionada à maior ocorrência de efeitos adversos à saúde (como exposto pela Ambios), mas sim que não existem estudos conclusivos e confiáveis para permitir a elaboração de MRL para exposição crônica.

Cabe ressaltar que existem casos para metais, tais como alumínio, nos quais o MRL oral para exposição intermediária e crônica são iguais. Tal observação não permite conclusões a respeito da magnitude de ocorrência de efeitos adversos à saúde advindos da exposição intermediária e crônica ao alumínio, uma vez que devem ser avaliados os estudos utilizados para a derivação do MRL selecionado, assim como as premissas utilizadas pela ATSDR para sua elaboração – tais como a aplicação de fatores de segurança.

Adicionalmente, não é correto afirmar que não existe dose de referência oral para cobre. A USEPA desenvolveu as tabelas HEAST (*Health Effects Assessment Summary Tables*), que apresentam dose de referência (RfD) oral para cobre, que inclusive é utilizada para a determinação dos valores de referência da USEPA denominados *Regional Screening Level's*. Conforme exposto anteriormente, o uso dos valores de RfD é recomendado pelas Diretrizes do MS.

Tendo como base o exposto acima, as doses de exposição ao cobre por ingestão de poeira são inferiores ao RfD da USEPA e, portanto, cobre não excede o valor de referência de saúde disponível.

7.3.3 Chumbo

A Ambios conclui que, por terem sido detectadas concentrações de chumbo nas amostras de poeira domiciliar coletadas em Mariana e não existindo parâmetros de segurança estabelecidos para exposição humana ao chumbo, aplicando-se o princípio da precaução, todas as faixas etárias da população exposta em Mariana devem ser objeto de ações específicas de saúde.

É correto afirmar que não existem valores de referência de saúde (MRL e RfD) para exposição crônica ao chumbo. Entretanto, existem metodologias consolidadas e validadas, desenvolvidas pela USEPA, para avaliar a exposição ao chumbo em crianças (de 0 a 7 anos) e/ou adultos através dos compartimentos ambientais solo e poeira: o modelo *Integrated Exposure Uptake BioKinetic* (IEUBK) para avaliação de exposição de crianças ao chumbo; e o *Adult Lead Model* (ALM) para avaliação de exposição de adultos ao chumbo. As crianças são tipicamente consideradas o receptor mais sensível; portanto, se a exposição estimada para crianças não for significativa, é improvável que as exposições de adultos sejam relevantes.

Em particular, o IEUBK é um modelo desenvolvido com base em modelos biocinéticos (PBPK – *Physiologically Based Pharmacokinetic*). Esse modelo é citado pela ATSDR no Perfil Toxicológico de Chumbo (ATSDR, 2007) como sendo uma das formas de avaliar a probabilidade de crianças abaixo de 7 anos expostas ao chumbo apresentarem concentrações desse metal no sangue que excedem um valor de referência.

O IEUBK considera a exposição através de ar, água, solo, poeira e alimentos. A exposição por contato dérmico ao chumbo é considerada de pequena relevância toxicológica. Utilizando dados de entrada específicos de cada local estudado, o IEUBK calcula uma distribuição do nível de chumbo no sangue em uma população de crianças de 0 a 7 anos. A distribuição calculada utiliza uma média



geométrica padrão altamente conservadora, um valor alvo de chumbo no sangue e uma porcentagem de excedência desse valor alvo de 2,5% ou 5%.

O IEUBK é utilizado internacionalmente há décadas, sendo o valor alvo de chumbo no sangue definido por órgãos de saúde. Nos EUA, o valor alvo atual do nível de chumbo no sangue é 5 µg/dL, valor recentemente atualizado. Em 2012, os EUA utilizavam um valor alvo de chumbo no sangue igual a 10 µg/dL. Esse mesmo valor (10 µg/dL) foi selecionado pela OMS em 2010 e não foi revisado posteriormente pela organização.

No Brasil, não existe um valor alvo do nível de chumbo no sangue de crianças. Um estudo de 2018 publicado por da Rocha Silva et al (2018), com dados de mais de 2.000 crianças em São Paulo, obteve um percentil de 97,5% para chumbo no sangue de crianças abaixo de 7 anos de 13,9 µg/dL, um valor significativamente acima do valor alvo de 5 µg/dL da CDC (*Centers of Disease Control and Prevention*) dos EUA e da USEPA.

Os cálculos do IEUBK podem ser facilmente executados para os dados de Mariana e Barra Longa; no entanto, um nível alvo de chumbo no sangue deve ser definido. Cálculos iniciais no modelo IEUBK foram realizados pela NewFields e indicam que, se um nível alvo de chumbo no sangue de 10 µg/dL – valor abaixo dos resultados encontrados na população de estudo de da Rocha Silva et al (2018) – fosse utilizado, uma exposição significativa ao chumbo não ocorreria. Um nível alvo de chumbo no sangue de 10 µg/dL (comparado ao valor de 5 µg/dL utilizado nos EUA) seria um valor apropriado para a realidade brasileira, dado o valor do percentil 97,5% de 13,9 µg/dL observado no estudo de da Rocha Silva et al (2018).

7.3.4 Níquel

A Ambios afirma que não existem parâmetros científicos de segurança conhecidos para exposição ao níquel e que, considerando o princípio da precaução, todas as faixas etárias da população expostas em Barra Longa devem ser objeto de recomendações de saúde específicas.

É incorreto afirmar que não existem parâmetros científicos para avaliar exposição crônica ao níquel. A ATSDR possui RMEGs que devem ser utilizados para avaliação das concentrações de níquel observadas nos compartimentos ambientais amostrados.

O RMEG de níquel no solo para crianças é de 1.000 mg/kg. A maior concentração de níquel no solo em Mariana é de 5,23 mg/kg e em Barra Longa é de 13,49 mg/kg; e a maior concentração de níquel na poeira em Mariana é de 19,65 mg/kg e em Barra Longa é de 142,6 mg/kg. Portanto, níquel não é um composto que representa perigo potencial à saúde da população.

A alergia ao níquel é um problema toxicológico complexo. Nos EUA, o níquel é o alérgeno cutâneo mais comumente detectado em crianças submetidas a testes clínicos (Jacob, 2015). O fator chave nesta sensibilização é a exposição a objetos de metal que liberam quantidades significativas de níquel “livre”, por exemplo, bijuterias/joias – particularmente usadas através de pele perfurada (brincos), moedas e brinquedos. A taxa de sensibilização ao níquel normalmente encontrada em crianças dos EUA é de aproximadamente 7,6% e taxas semelhantes foram encontradas em todo o mundo.

Uma questão fundamental é a exposição ao níquel através da via de exposição oral em crianças já sensibilizadas (alérgicas ao níquel). De acordo com o Perfil Toxicológico para Níquel da ATSDR (2005c),

“embora alguns indivíduos sensíveis possam reagir a doses orais muito baixas de níquel, o limiar para dermatite em indivíduos sensibilizados ao níquel aparenta ser em torno de 0,01 mg Ni/kg de peso corporal; uma dose de aproximadamente 0,06



mg Ni/kg de peso corporal resultará em uma resposta nos indivíduos mais sensibilizados.”

Este limiar é significativamente maior que a maior dose de exposição (0,0017 mg/kgPC, considerando o exposto na seção 7.1.2) associada ao níquel em Barra Longa considerando a ingestão de solo e poeira. Assim, para aquelas crianças que apresentam sensibilização pré-existente ao níquel, a dose potencial de exposição estimada em Barra longa não apresenta risco toxicológico significativo.

Estudos científicos indicam que “a exposição oral antes da exposição sensibilizadora, também pode ajudar a prevenir a sensibilização ao níquel em alguns indivíduos” (ATSDR, 2005c, página 114). Assim, esses estudos indicam que a indução de tolerância oral (exposição ao níquel por indivíduos não sensibilizados) reduz o risco de sensibilização futura ao níquel.

Desta maneira, utilizar o princípio da precaução como justificativa para considerar todas as faixa etárias com exposição significativa ao níquel é incorreto e não justificado por (i) cálculos reais da dose de exposição que compreendam crianças alérgicas ou previamente sensibilizadas ao níquel e limites de novas exposições que possam desencadear um efeito adverso, e (ii) uma consideração do fenômeno de indução de tolerância oral.

7.3.5 Zinco

Embora a Ambios tenha selecionado zinco como um contaminante de interesse para as vias de exposição de ingestão e inalação de poeira no passado, presente e futuro, e terem sido calculadas doses de exposição ao zinco pela ingestão de poeira, a exposição ao zinco não é discutida na seção relacionada às implicações para a saúde humana do Relatório Final.

A ATSDR possui MRL para exposição oral crônica ao zinco (0,3 mg/kgPC.dia). Ao comparar o valor da dose máxima de exposição ao zinco para crianças com menos de 1 ano de idade (levando em consideração o discutido na Seção 7.1.2) ao MRL da ATSDR, não se verifica excedência ao valor de referência de saúde. Portanto, a exposição ao zinco na poeira não representa um perigo potencial à saúde da população.

Apesar disso, a Ambios cita novamente o zinco como um contaminante de interesse na poeira domiciliar em Barra Longa e Mariana no Capítulo VII de seu Relatório Final, que diz respeito às conclusões e recomendações de saúde.

Tendo em vista o exposto acima, zinco não deve ser incluído como um composto de interesse na seção de recomendações de saúde apresentadas pela Ambios.

7.3.6 Considerações Adicionais

O princípio da precaução é usado como mecanismo para gestão de riscos ambientais, objetivando evitar riscos futuros em situações onde não há evidência científica sobre prejuízo potencial para o meio ambiente e/ou a saúde humana. Em casos onde há risco potencial à saúde humana, as cortes Brasileiras têm apoiado a aplicação do princípio da precaução, o usando para fortalecer a necessidade de mais avaliações e estudos técnicos.

O Relatório Final utiliza este princípio para concluir sobre as implicações na saúde, citando a falta de parâmetros conhecidos para a exposição humana e uma subestimativa de exposição para os municípios estudados. A Ambios está utilizando o princípio da precaução até mesmo em situações onde existem dados científicos para estimar a exposição, por exemplo: os cálculos para exposição da Ambios (dados científicos) determinam que concentrações de cobre em Mariana



excedem o limite de risco mínimo a saúde para crianças de até 1 ano em casos de ingestão de poeira; a partir disto, eles consideram que existe exposição crônica (que não pode ser concluída sem a avaliação de dados históricos) e usa o princípio da precaução para extrapolar o risco para todas as faixas etárias, e não apenas para ingestão mas para inalação e absorção dérmica.

A NewFields entende que o princípio da precaução só deve ser invocado quando houver uma significativa ausência de informações toxicológicas. Esta situação não existe para os COCs selecionados pela Ambios.

7.4 RESPOSTAS ÀS PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE

As Diretrizes do MS para ARSH em sua Seção 7.3, afirmam que “deve haver o cuidado de nortear as pesquisas e estudos no sentido de não só estabelecer o risco existente para a população exposta, mas também procurar as respostas às questões apresentadas pela mesma.” As Diretrizes também concluem que:

“Ao término de todo o estudo de avaliação de risco, a equipe de investigadores deve fazer uma reunião com a população, com o objetivo de transmitir todo o conteúdo dos estudos. Dados de análises ambientais e de saúde devem ser transmitidos de modo consolidado, para que não se crie um clima de conflito dentro da comunidade.” (seção 4)

Diferente da abordagem realizada no levantamento das preocupações da comunidade, na qual a Ambios trata as preocupações de Mariana e Barra Longa separadamente, a Ambios responde às preocupações de maneira agrupada. Conforme descrito anteriormente, o agrupamento de áreas distintas não é recomendado pelo MS, tanto pelo fato de as preocupações das comunidades serem distintas, quanto pelo fato de as áreas serem fisicamente diferentes (contaminantes de interesse diferentes). Sendo assim, as preocupações devem ser respondidas em separado para cada área de estudo.

As preocupações da comunidade relacionadas a câncer, labirintite, Alzheimer, problemas oftalmológicos e o consumo de carne não foram respondidas no estudo da Ambios.

Os itens a seguir avaliam as respostas às preocupações das comunidades fornecidas pela Ambios.

7.4.1 Poeira

Quanto às preocupações da comunidade relacionadas à poeira, a Ambios afirma:

“O presente Estudo de avaliação de risco indica que os problemas respiratórios e dermatológicos referidos pela população podem estar associados com a exposição à poeira oriunda da lama da barragem, e seus contaminantes específicos.”

Conforme discutido na Seção 6.4, como a Ambios não considerou localidades de referência e o Relatório Final não apresenta uma discussão sobre as concentrações basais da região estudada, essa ARSH não permite conclusões sobre a correlação entre as detecções encontradas pela Ambios e o rompimento da barragem. Dessa forma, todas as conclusões relacionadas a esta correlação não possuem embasamento técnico.

Em seguida a Ambios afirma que “a poeira domiciliar analisada a partir dos estudos ambientais está contaminada por cádmio, chumbo, níquel, cobre e zinco.” Entretanto, a Ambios não indica para qual município esta afirmação é aplicável. É importante destacar que os dados de poeira de Mariana não apresentam resultados acima do valor de referência para níquel. Da mesma forma,



os dados de poeira para Barra Longa não apresentam resultados acima dos valores de referência para chumbo. Generalizar os resultados detectados para ambos os municípios não é apoiado pelas Diretrizes do MS.

7.4.2 Dengue, Febre Amarela e Saúde Mental

As Diretrizes afirmam, em sua Seção 7.3 - Resposta às Preocupações da Comunidade, que o objetivo desta seção é “tentar esclarecer algumas dúvidas da população, dentro do escopo de ação deste relatório e do que é possível para a equipe.” Como o estudo de ARSH conclui sobre implicações à saúde baseados na definição dos contaminantes de interesse, rotas de exposição e populações expostas e potencialmente expostas aos compostos químicos, ele não pode concluir sobre doenças vetoriais e implicações à saúde mental, já que os contaminantes de interesse não estão relacionados diretamente à ocorrência destes agravos.

É importante salientar que ambos os temas serão estudados nos “Estudos Epidemiológicos” a serem contratados pela Fundação Renova através do acordo Fapes e Fapemig, seguindo o estabelecido nas Deliberações 106 e 197 do Comitê Interfederativo.

Além disso, as conclusões apresentadas no Relatório Final para dengue e febre amarela não são corroboradas pelos dados apresentados pela própria Ambios:

a) Dengue:

Utilizando dados do SINAN, a Ambios realiza uma comparação dos dados de casos dengue em 2015 e 2016 para Mariana e Barra Longa e, também, compara estes dados com dados de municípios de aporte populacional semelhante a estes. A conclusão apresentada pela Ambios para ambos os municípios é que houve aumento nos casos de dengue quando se compara 2015 e 2016, mas que este aumento também é evidenciado nos municípios de referência, o que indica um aumento generalizado de casos no Brasil entre 2015 e 2016.

Entretanto, para ambos os municípios, a Ambios conclui que estudos detalhados deveriam ser conduzidos para realização de uma avaliação adequada. O texto não apresenta argumentos para requerer informações adicionais para avaliação da ocorrência de casos de Dengue nos dois municípios.

b) Febre Amarela:

A Ambios menciona um boletim epidemiológico publicado pelo Ministério da Saúde em 2017, que afirma que em 2017 o Brasil passaria por um dos maiores surtos de febre amarela da história recente. O texto também salienta que houveram casos de febre amarela em municípios vizinhos não atingidos e que muitos casos de Mariana ocorreram em localidades não atingidas.

Para Mariana é concluído que mais estudos são necessários para avaliar a situação e para Barra Longa não é apresentada uma conclusão. O texto não apresenta argumentos para requerer informações adicionais para avaliação da ocorrência de casos de febre amarela nos dois municípios.



8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As Diretrizes do MS para ARSH reportam que o último capítulo da avaliação deve elaborar “conclusões e recomendações para atender aos propósitos da avaliação de risco e discutir as preocupações da comunidade”. Para tanto devem ser levados em consideração “as definições de saúde da Constituição, os princípios e diretrizes do SUS, as limitações do modelo de avaliação de risco e especificidades do processo de adoecimento da população”. A partir dessas premissas e dos resultados dos passos anteriores da ARSH, se categoriza o risco do local, e se elaboram recomendações para a situação atual.

O estudo da Ambios discorre sobre as premissas estabelecidas pelo MS. Como exposto no presente documento, algumas informações e dados coletados foram mal interpretados, e as conclusões do estudo refletem isso.

A NewFields concorda com a categorização dos locais como Categoria A, porém as ações em saúde precisam ser modificadas para englobar as correções necessárias ao estudo da Ambios, considerando que, em análise dos dados ambientais apresentados pela Ambios, o único contaminante que requer estudos complementares para avaliação da exposição é o cádmio, considerando as rotas de exposição ao solo superficial e à poeira domiciliar.

9. CONCLUSÃO DO PARECER TÉCNICO

A avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG” (Relatório Final), elaborado pela empresa Ambios Engenharia e Processos (Ambios), permite concluir que o estudo foi executado seguindo os passos principais recomendados pelas Diretrizes do Ministério da Saúde para avaliação de risco à saúde humana (ARSH).

Entretanto, a avaliação crítica desse estudo observou pontos importantes das Diretrizes do Ministério da Saúde para ARSH que não foram abordados ou não foram abordados adequadamente pela Ambios. Adicionalmente, foram observadas inconsistências técnicas que requerem revisão por parte da equipe técnica da Ambios, antes que o estudo possa ser considerado uma ferramenta adequada para tomada de decisão de ações de saúde nos municípios estudados.

Gary Krieger, Vice-Presidente, MD, MPH, DABT, DTM&H



Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.004:2004 “Resíduos Sólidos - Classificação”. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.005:2004. “Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos”. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.006:2004 “Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos”. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.005:2004 “Amostragem de resíduos sólidos”. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO/IEC 17025:2017 “Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração”. Rio de Janeiro, 2017
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). “Public Health Assessment Guidance Manual (Update)”. Atlanta, USA, 2005a.
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). “Toxicological Profile for Lead”. Atlanta, USA, 2007.
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). “Toxicological Profile for Nickel”. Atlanta, USA, 2005c.
- CALABRESE EJ, et al. “How much soil do young children ingest: an epidemiologic study”. Regulatory Toxicology and Pharmacology 1989; 10: 123-37.
- CALABRESE EJ, et al. “Preliminary adult soil ingestión estimates: results of a pilot study”. Regulatory Toxicology and Pharmacology 1990; 12:88-95.
- DAVIS S et. Al. “Quantitative estimative of soil ingestion in normal children between the ages of 2 and 7 years”. Archives of Environmental Health 1990; 45: 112-22.
- DA ROCHA SILVA, J. P. da; SALLES, F. J.; LEROUX, I. N.; FERREIRA, A. P. S. S.; DA SILVA, A. S.; ASSUNÇÃO, N. A.; CARDOSO, M. R. A.; OLYMPIO, K. P. K. "High blood lead levels are associated with lead concentrations in households and day care centers attended by Brazilian preschool children". Environmental Pollution 239 (2018), 681- 688.
- EPISUS. Dois anos pós-desastre da barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG, 2018. Relatório Final. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. Documento restrito. 2018.
- EPISUS. Estudo sobre o Perfil Epidemiológico da População de Barra Longa – MG, Pós-Desastre, 2016. Relatório Final. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. Documento restrito. 2016.
- GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA. “Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos – Relatório RT-015_159-515-2282_03-J”. 2017a.
- GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA. “Avaliação dos resultados de qualidade de água e sedimento do Rio Doce – Relatório RT-046_159-515-2282_00-B”. 2017b.
- GOLÇAVES A. C; NACKE, H.; SCHWANTES, D.; COELHO, G. F. “Heavy Metal Contamination in Brazilian Agricultural Soils due to Application of Fertilizers”. Outubro de 2016. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/environmental-risk-assessment-of-soil-contamination/heavy-metal-contamination-in-brazilian-agricultural-soils-due-to-application-of-fertilizers>>, acessado em Outubro de 2018.



FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATION (FAO). “Joint FAO/WHO Food Standards Programme - CODEX Committee on Contaminants in Foods - Fifth Session. The Hague, The Netherlands, Março de 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. Comitê Interfederativo – CIF. Deliberação nº 106, 2017. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/deliberacoes/2017/cif-2017-09-14-deliberacao-106.pdf>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. Comitê Interfederativo – CIF. Deliberação nº 197, 2018. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/deliberacoes/2018/Deliberacao%20197.PDF>>.

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE. “Avaliação dos riscos em saúde da população de Barra longa / MG afetada pelo desastre”. Pesquisa Avaliação de Saúde da População de Barra Longa afetada pelo Desastre de Mariana, Brasil. São Paulo, 2017.

INSTITUTO SAUDE E SUSTENTABILIDADE. “Estudo bibliográfico e dos dados do DATASUS sobre a saúde mental nos municípios afetados pelo rompimento da barragem de fundão em Mariana”, Minas Gerais, p 445, Abril de 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2010 “Diretrizes Para Elaboração De Estudo De Avaliação De Risco À Saúde Humana Por Exposição A Contaminantes Químicos”.

SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE DE MINAS GERAIS – SUBSECRETARIA DE VIGILÂNCIA DE PROTEÇÃO À SAUDE. Nota Técnica SUBVPS/SES-MG nº 11/2017, 2017. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/notas-tecnicas/CT-SAUDE/2017/CIF-NT-11-2017-CT-SAUDE.pdf>>.

MEMORANDO

De: NewFields
Para: Kelly Cardoso e Wagner Tonon, Equipe de Saúde da Fundação Renova
Assunto: Resumo da avaliação do Relatório EPISUS 2016
Data: 20 de março, 2019

INTRODUÇÃO

Esse memorando técnico apresenta a avaliação da NewFields do relatório da EPISUS de 2016, intitulado “*Estudo sobre o Perfil Epidemiológico da População de Barra Longa – MG, Pós-Desastre, 2016*”, elaborado pela Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde (MS).

O Perfil Epidemiológico de Barra Longa de 2016 foi baseado em dois estudos diferentes:

- Visitas ambulatoriais de janeiro de 2014 a junho de 2016;
- Estudo transversal da população com 360 pessoas residentes de Barra Longa há pelo menos um ano antes do evento; com os seguintes objetivos:
 - Características demográficas da população;
 - Prevalência das principais doenças e agravos;
 - Divisão da população total em “afetados” e “não-afetados” com base em critérios de exposição auto reportada aos rejeitos;
 - Características e comparação entre grupos de afetados e não-afetados.

1 ESTUDOS DE 2016 – REVISÃO DE VISITAS AMBULATORIAIS

A revisão de registros ambulatoriais abrangeu o período de janeiro de 2014 a junho de 2016. A população do estudo foi a população residente de Barra Longa. Este é um estudo descritivo delineado sem dados individuais. Os registros das consultas de saúde das unidades de saúde da cidade de Barra Longa foram a fonte de dados. Os resumos de dados são “ecológicos” por serem medidas agregadas (resumos) de observações derivadas de indivíduos em um grupo (população de Barra Longa). Este tipo de delimitação de estudo é limitado e não pode gerar riscos relativos ou *odds ratios* de um resultado relativo à exposição. De maneira crítica, a análise dos dados foi baseada em (i) “diagnóstico médico” conforme descrito no registro de consulta e/ou (ii) categorização de “manifestações clínicas”. Não há mais nenhuma descrição fornecida, o que se caracteriza como um problema metodológico, pois:

- Não se sabe qual tipo de profissional fez o “diagnóstico” – por exemplo, enfermeira, médico, assistente de saúde, etc.;
- Pode haver inconsistências/variabilidades importantes em como um “diagnóstico” foi feito e registrado;
- A classificação de “manifestações clínicas” não é descrita; então provavelmente há variação extrema em como esta foi determinada e codificada.

A revisão da frequência longitudinal de cuidados médicos (Figura 1 do relatório) demonstra a questão:

- As frequências pré-evento de 2015 foram pelo menos 20% superiores a 2014. Não há dados de 2015 para novembro (pós-evento, como era esperado). Da mesma forma, os dados de dezembro de 2015 são altamente impactados pelo evento; portanto, é



- lógico supor que houve um aumento significativo na frequência de visitas de cuidados em 2015 antes do evento - causa desconhecida;
- Os dados de 2016 são dados parciais (6 meses) com concomitância de pós-evento e estação chuvosa;
 - Existe uma questão relacionada à completude dos dados: (i) para dados de 2014, 74% dos registros estão incompletos, (ii) 2015 - 20% e (iii) 2016 - 22%;
 - De fato, os dados de 2014 não são úteis e comparáveis aos dados de 2015 e/ou 2016;
 - Portanto, a “linha de base” pré-evento deve ser de janeiro a outubro de 2015;
 - Os dados de 2016 são afetados pelo evento, pois (i) recursos médicos adicionais importantes foram adicionados em Barra Longa e (ii) a presença de recursos médicos tende a criar “demanda de serviço”;
 - A revisão dos dados de “prevalência de diagnóstico” confirma a precaução que deve ser exercida:
 - O conjunto de dados de 2014 é quatro vezes menor que os dados de 2015;
 - Os dados de “diabetes” – um “aumento” de 10 vezes de 2014 para 2015 ilustra os problemas de comparabilidade;
 - Assumindo que 2015 (janeiro a outubro) é de fato a “linha de base” pré-evento, temos indicações que uma carga significativa de doenças estava presente em Barra Longa relacionada a problemas respiratórios e cardiovasculares;
 - Comparação entre 2015 e 2016 é difícil pois os períodos de tempo são diferentes;
 - As diferenças extremas entre maio de 2015 e maio de 2016 são concomitantes com a mudança na prestação do serviço.

Concomitâncias ocorrem quando uma variável é associada com a exposição e também influencia o resultado da doença.

A comparação entre Dengue de fevereiro de 2016 e fevereiro de 2015 mostrada no relatório da EPISUS é enganosa e carece de contexto. Dados de casos de Dengue de Minas Gerais (MG) vindos da Secretaria de Saúde (2012-2016) são mostrados na Figura 1.

Figura 1: Dados de casos de dengue em Minas Gerais.

Tabela 01: Casos prováveis de dengue – 2012 a 2016, MG.

Mês	Casos prováveis				
	Ano de início dos sintomas				
	2012	2013	2014	2015	2016
Janeiro	2.342	35.551	4.746	5.055	64.029
Fevereiro	2.597	62.622	8.569	9.549	143.753
Março	3.888	147.131	11.280	28.355	152.738
Abril	4.760	124.201	15.330	60.621	93.485
Maió	3.867	31.372	9.821	51.052	10.259

Fonte: Boletim epidemiológico de monitoramento dos casos de Dengue, Febre Chikungunya e Febre; Zika. Nº 20, Semana Epidemiológica 21, 23/05/2016.

Esses dados ilustram inequivocamente que houve um **aumento de 15 vezes** nos casos de Dengue relatados entre fevereiro de 2015 e fevereiro de 2016 em todo MG. Portanto, é óbvio que



(i) houve um aumento geral significativo de Dengue, ou seja, uma “epidemia” em todo MG e (ii) Barra Longa tinha recursos médicos significativamente mais disponíveis para a busca e notificação de casos.

Os dados reais do SINAN para Barra Longa para o mês de fevereiro de 2016 relatam apenas **77 casos** de dengue, e não “123”, conforme o relatório EPISUS. A provável diferença é que EPISUS combinou dados de casos registrados com dados de casos suspeitos, o que inflou os números globais.

Os dados de dengue de Barra Longa não indicam necessariamente um surto de Dengue relacionado ao evento:

- Houve um grande aumento geral nos casos em MG entre 2016 e 2015 - aproximadamente 15 vezes;
- O relatório EPISUS mistura casos suspeitos com registrados, que inflacionam artificialmente a carga do caso.

No geral, os dados da revisão de pacientes ambulatoriais do EPISUS de 2016 devem ser usados de forma cética e cautelosa, se forem usados. Como um estudo descritivo básico para a população de Barra Longa, essa delimitação não pode gerar riscos numéricos individuais relacionados a uma métrica de exposição.

2 ESTUDOS DE 2016 – ESTUDO TRANSVERSAL

Um estudo transversal geral (isto é, um “registro fotográfico”) foi realizado para:

- Descrever características demográficas gerais de Barra Longa;
- Estimar prevalência de doenças;
- Fornecer uma triagem para depressão e dependência ao álcool;
- Identificar características de indivíduos vivendo na “área afetada”;
- Fazer recomendações.

O período do estudo foi pré-evento, adicionado de novembro 2015 a julho de 2016. Utilizou-se uma amostra populacional de 360 indivíduos. Várias exposições críticas e “definições” geográficas foram utilizadas neste estudo para definir e categorizar os indivíduos por “exposição”:

- **Afetados** – residência impactada diretamente pelos rejeitos/lama e/ou localizada nos arredores de áreas diretamente impactadas;
- **Não-afetados** – não impactado diretamente pelos rejeitos/lama e/ou não localizado nos arredores de áreas diretamente impactadas.

Os dados demográficos indicaram que a população total do estudo era uma população mais velha (idade mediana de 49 anos) com baixos níveis de escolaridade (72% com ensino fundamental ou menos). A maioria dos entrevistados era rural (59%) versus urbana (40%). Os moradores urbanos viviam todos na “cidade central”.

75 dos entrevistados da pesquisa foram identificados como afetados, contra 285 não afetados. Esses resultados indicam que a maioria dos moradores do Barra Longa em geral não foi diretamente afetada. Este número é consistente com o cadastro da Renova (porcentagem de pessoas cadastradas em Barra Longa versus população total) e é consistente com o mapeamento da lama/rejeito, que demonstrou extensão limitada.



Houve uma diferenciação (estatisticamente significativa) entre os residentes nas áreas afetadas versus não afetadas com base na exposição à lama, água + lama e poeira. A “percepção de saúde” positiva auto reportada entre afetados e não afetados foi idêntica. Em termos de “sinais e sintomas” auto reportados, houve uma diferença entre afetados e não afetados para (i) irritabilidade, (ii) insônia e (iii) dor muscular. Não houve diferença para a outra lista de sintomas/sinais incluindo:

- Dores nas juntas;
- Coriza;
- Febre;
- Olhos irritados;
- Tosse;
- Cansaço;
- Fraqueza;
- Dor de garganta;
- Dor de cabeça;
- Falta de apetite.

Em termos das diferenças no “diagnóstico médico” entre afetados e não afetados, o achado positivo foi relacionado à denque e possivelmente à dermatite. Os números de casos dos outros diagnósticos, incluindo doença respiratória e rinite de depressão, foram baixos e não significativos estatisticamente. Da mesma forma, o uso de álcool, tabagismo e uso de drogas ilícitas e aumento do uso de medicamentos de prescrição importantes (medicamentos ansiolíticos, antidepressivos, anti-hipertensivo) não foram estatisticamente diferentes.

Os achados gerais devem ser interpretados com cautela, pois a maioria dos entrevistados não foi afetada (285/360); portanto, pode-se argumentar que a população de estudo “afetada” é desequilibrada (muito pequena) em relação ao grupo não afetado. A observação de que a proporção de não afetados para afetados foi de quase 4:1 é impressionante e desmente os argumentos de que toda a comunidade de Barra Longa foi impactada, pelo menos conforme definido neste estudo. Como discutido anteriormente, os resultados da dengue devem ser amplamente desconsiderados, uma vez que a dengue é em grande parte uma doença urbana e houve um grande surto de dengue em MG em 2016.

MEMORANDO

De: NewFields
Para: Kelly Cardoso e Wagner Tonon, Equipe de Saúde da Fundação Renova
Assunto: Resumo da avaliação do Relatório EPISUS 2018
Data: 19 de março, 2019

INTRODUÇÃO

Este memorando técnico apresenta a avaliação da NewFields do relatório EPISUS’s 2018 intitulado “Dois anos pós-desastre da barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG, 2018”, elaborado pela Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde (MS).

O estudo de acompanhamento de 2018, geralmente semelhante ao estudo de 2016, mas com alguns acréscimos relacionados à toxicologia:

- Visitas ambulatoriais de julho de 2016 a maio de 2018;
- Levantamento transversal da população de 362 indivíduos com estes resultados específicos de interesse:
 - Prevalência de “doenças” agudas e crônicas auto reportadas;
 - Prevalência do “agravamento” de “doenças” auto reportadas;
 - Prevalência de exposição aos rejeitos da barragem;
 - Prevalência de “sinais e sintomas” auto reportados após o Evento;
 - Prevalência de abuso de álcool e tabaco;
 - Prevalência de triagem positiva para depressão e Transtorno de Estresse Pós-Traumático (TEPT);
 - Prevalência de “envenenamento” por metais pesados baseado em classificação sindrômica.

Em maio de 2018, um time da SVS/MS executou uma nova investigação em Barra Longa, com estes objetivos:

- Descrever o perfil das visitas de atenção primária;
- Caracterizar o perfil de saúde da população;
- Estimar a prevalência de intoxicação por metais pesados.

O estudo da visita de cuidados primários foi semelhante ao estudo de 2016 em sua concepção e execução. No entanto, o levantamento populacional do estudo de 2018 foi diferente do levantamento transversal de 2016.

1 ESTUDOS DE 2018 – ESTUDO AMBULATORIAL DESCRITIVO

O estudo ambulatorial de 2018 foi uma continuação da investigação de 2016. O período do estudo foi de julho de 2016 a maio de 2018; a investigação geral incluiu registros de janeiro de 2014 a junho de 2015 (ou seja, o estudo de 2016). Idêntico ao estudo de 2016, o diagnóstico médico de “manifestações clínicas” foi usado como resultados chave. No estudo de EPISUS 2016 houve uma questão significativa relacionada à completude de registros que foi documentada (74% incompletos em 2014). Os registros de 2015 e 2016 foram melhorados; no entanto, os percentuais incompletos



foram de 20% e 22%, respectivamente. O estudo de 2018 não afirmou a “incompletude” global para os dados dos anos de 2016, 2017 e 2018, o que é considerado uma omissão técnica significativa.

O número total de visitas aumentou em 15% de 2014 a 2015, 12% de 2015 a 2016 e 23% de 2016 a 2017. A tendência mensal de visitas geralmente mostrou um aumento nas visitas durante os primeiros seis meses do ano comparado aos últimos seis meses. Mulheres consistentemente dominaram as visitas (62-64%). Pela área de visita (rural versus urbana) houve uma mudança marcante no padrão de visitas, ou seja, uma reversão de visitantes rurais para urbanos. O padrão de diagnóstico das visitas deve ser baseado em 2015 até o meio do ano de 2018, já que o nível de incompletude para 2014 foi extremamente alto. Usando o ano de 2015 como linha de base de referência, houve mudanças marcantes no padrão registrado para vários diagnósticos: (i) doença respiratória superior, (ii) hipertensão, (iii) diabetes, (iv) “transtorno mental” e (v) dengue (conforme observado anteriormente no estudo de 2016). O padrão de “sinais e sintomas” encontrados foi dominado por tosse, dor de garganta, dor de cabeça e coriza (irritação na membrana nasal).

O estudo ambulatorial de 2018 é um exercício de relato descritivo simples. Similarmente ao estudo de 2016, a versão de 2018 sofre das mesmas falhas metodológicas relacionadas à precisão e consistência dos diagnósticos e sinais/sintomas. Como um estudo descritivo básico para a população de Barra Longa, este design não pode gerar riscos numéricos individuais relacionados a uma métrica de exposição.

2 ESTUDOS DE 2018 - PESQUISA POPULACIONAL

O inquérito populacional de 2018 foi uma amostra aleatória probabilística, estratificada por zona de residência, totalizando 362 entrevistas. O estudo parece ter sido desencadeado como uma “resposta” à pesquisa do Greenpeace/ISS, e não como um acompanhamento longitudinal da pesquisa transversal de 2016, ou seja, tanto a métrica de exposição subjacente quanto o conjunto de resultados foram diferentes do estudo de 2016. A estratificação geográfica foi baseada em urbano (258) versus rural (104) que foi substancialmente diferente do estudo de 2016. Os resultados de interesse foram:

- Prevalência de doenças agudas e crônicas auto reportadas;
- “Agravamento” auto reportado das mesmas doenças;
- Prevalência auto reportada de exposição aos rejeitos da barragem;
- Prevalência auto reportada de “sinais e sintomas” após o Evento;
- Prevalência auto reportada de álcool (questionário CAGE) e uso de tabaco (baseado em instrumentos de pesquisa padrão);
- Triage para depressão (baseado em questionário da OMS) e TEPT;
- “Intoxicação por metais pesados” baseada em categorias sindrômicas amplas.

A “intoxicação por metais pesados” foi definida utilizando estas três categorias de sinais e sintomas agrupados:

1. Clínica compatível com sintomas neurológicos: fadiga, falta de apetite, exaustão, dor de cabeça, dormência, artralgia, irritabilidade, tremores. Metais provavelmente envolvidos: manganês, chumbo e mercúrio;
2. Clínica compatível com sintomas respiratórios/alérgicos: falta de ar, tosse, dor de estômago, comichão, lesões ou manchas vermelhas na pele. Metais provavelmente envolvidos: cromo, níquel;



3. Clínica com sintomas gastrointestinais: sonolência, diarreia, náusea/vômito, dor de estômago, dor de garganta. Metais provavelmente envolvidos: arsênico, cobre, zinco.

A intoxicação por metais pesados cita a ATSDR (*Agência para Registro de Doenças e Substâncias Tóxicas*) como fonte de referência; no entanto, os perfis toxicológicos da ATSDR todos enfatizam a importância do paradigma “exposição→dose→resposta”. A relação sequencial entre exposição, dose e resposta (efeito na saúde) é ausente da abordagem sindrômica da EPISUS. Um “positivo” é declarado se um indivíduo se encaixa em uma destas categorias. Toxicologicamente, as categorias definidas não têm sentido, completamente arbitrárias e sem uma medida objetiva de exposição-dose.

O estudo populacional de 2018 foi dominado por mulheres (64%) mais velhas (idade média 54). A idade, sexo, demografia rural versus urbana e situação financeira foram marcadamente diferentes do que a pesquisa transversal de 2016 (Tabela 1).

Tabela 1: Comparação de Estudo Demográfico

	Pesquisa 2016	Pesquisa 2018
Idade (média)	49	54
Rural (%)	60	29
Sexo (% feminina)	65	51
Ensino Médio (%)	22	27
Atualmente trabalhando (%)	32	38
Renda per capita média (R\$)	600	666
Samarco Card (%)	8	59
Bolsa Família (%)	27	46

A comparação entre exposição a rejeitos de barragem entre os dois estudos é ilustrada na Tabela 2.

Tabela 2: Comparação de exposição entre estudos de 2016 e 2018

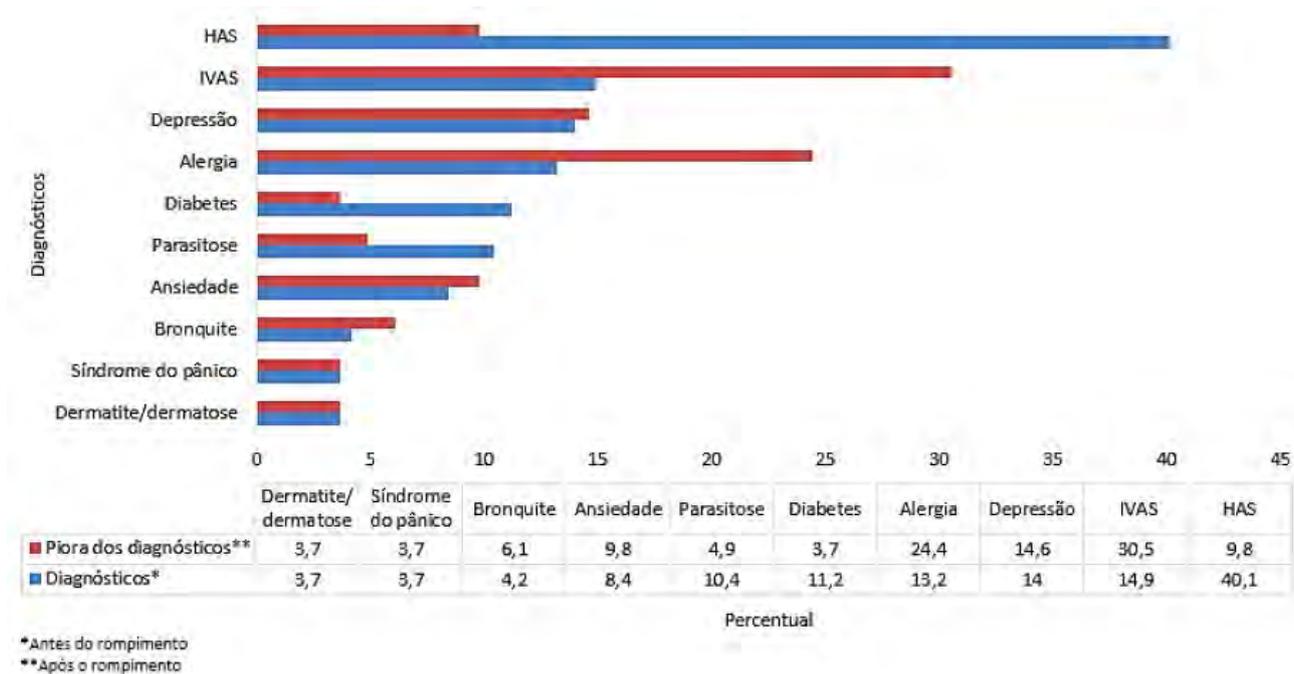
	2016 Afetados	2016 Não afetados	Estudo 2018
Lama (%)	61	28	52
Lama + água (%)	19	6	29
Poeira (%)	95	64	89

Comparação de exposição entre os dois estudos é extremamente difícil como ambas as distribuições geográficas e as definições de exposição foram diferentes. O estudo de 2018 tinha um marcante viés urbano. Em contraste o estudo de 2016 era uma pesquisa da população em geral onde a maioria dos indivíduos não eram afetados pela exposição.

Os diagnósticos auto reportados para o grupo do estudo de 2018 *antes* e *após* o evento são demonstrados abaixo.



Figura 1: Diagnoses auto reportadas no estudo de 2018



Fonte: EPISUS, 2018.

As doenças mais frequentemente diagnosticadas após a ruptura foram Infecção do Trato Respiratório Superior (13,5%), dermatite (10%), alergia (9,6%) e “parasitas” (8,3%). O agravamento dessas doenças foi estatisticamente associado à exposição a materiais de rejeitos. Nenhum dos “sinais e sintomas” relatados foi estatisticamente associado à exposição a rejeitos.

Haviam 107 (34.7%) pessoas com triagem positiva para depressão; destes, 43 (40.9%) tinha recebido uma diagnose de depressão pré-Evento. Sessenta e três indivíduos tiveram triagem positiva para TEPT com 32 (11.8%) destes indivíduos tendo recebido uma diagnose prévia de depressão.

4.5% dos 134 respondentes que utilizam álcool reportaram um aumento pós-Evento. Dezenove por cento dos 46 indivíduos que fumam reportaram um aumento no consumo de cigarros.

A abordagem “sindrômica” a intoxicação por metais pesados identificou muito poucos indivíduos (Figura 2). Os dados de biomonitoramento não foram reportados. As descobertas mínimas não são surpreendentes, dada a base toxicológica extremamente fraca para atribuir “categorias de abordagem”.

Figura 2: Prevalência de abordagem sindrômica para intoxicação por metais pesados.

Tabela 13 - Prevalência da abordagem sindrômica para intoxicação por metais pesados, Barra Longa-MG, 2018 (N=315)

Variáveis	n	%	IC 95%
Abordagem 1: síndrome neurológica	5	1,6	0,6 - 3,6
Abordagem 2: síndrome respiratória/alérgica	2	0,6	0,1 - 2,2
Abordagem 3: síndrome gastrointestinal	5	1,6	0,6 - 3,6

Nota: o mesmo indivíduo pode ter sido classificado em mais de uma abordagem.

Fonte: EPISUS, 2018.

No geral, a pesquisa de 2018 é difícil de comparar com o estudo de 2016, já que o design, a demografia, a classificação geográfica, a exposição e os resultados para a população pesquisada são



diferentes. A pesquisa de 2016 tem um design, exposição e estrutura de resultados superiores. No entanto, a falta de comparabilidade geral é um problema significativo, uma vez que não é possível fazer avaliações longitudinais.

Prof. Dr. Anthony Wong

Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira

Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.

Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP

CRMESP 19079

Contestação Crítica ao Relatório do Instituto Saúde e Sustentabilidade de Autoria da Dra. Evangelina Vormittag, acerca do Município de Barra Longa, Estado de Minas Gerais

“If trust is lacking, no form or process of communication will be satisfactory. Trust is more fundamental to conflict resolution than is risk communication”

“Se não houver confiança, nenhuma forma ou processo de comunicação será eficaz. Confiança é mais fundamental para a resolução de conflitos do que a comunicação de riscos.” - Paul Slovic: “The Perception of Risk”

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A arte e a ciência da Medicina e seu exercício requerem elevado apuro, preparo e compromisso com a ética, a verdade e o conhecimento. Mais que qualquer outra atividade profissional, lidar com o que o ser humano tem de mais precioso, sua própria vida e o gozo dela com saúde plena, exige dos praticantes desta nobre arte elevado afincamento e constante aprimoramento dos conhecimentos científicos e raciocínio claro com o objetivo da preservação da saúde, a prevenção das causas e situações que ameaçam a vida e a cura das moléstias quando o aflige. Há absoluta necessidade da ética e do moral do médico ao lidar com as situações que exigem sua intervenção, intervenção esta pautada no respeito aos conhecimentos médico-científicos sempre atualizados e na medicina baseada em evidências. As conclusões alcançadas quando respeitado o compromisso com o rigor da ciência e código da ética médica devem ser expressas clara e objetivamente. Disseminar, mesmo que subliminarmente, de que uma pessoa ou uma população está correndo sério risco de saúde, de adquirir doença cancerosa, de sofrer lesão neurológica grave ou irreversível, baseado em uma dúzia de análises laboratoriais de duvidosa qualidade e sem o devido embasamento científico é atentar contra os mais básicos princípios da ciência e da ética profissional.

A Toxicologia Clínica é uma ciência e especialidade médica, que requer seriedade, ponderação, elevado discernimento científico e sólidos conhecimentos clínicos, sobretudo dos efeitos tóxicos das substâncias químicas no meio ambiente, na fauna e na

*Rua Joaquim Floriano 72, cj. 96 – 04534-000 - São Paulo, SP
Tel.(11) 3078 6611; Cels. (11) 976679770 e (11) 999820633*

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

flora expostas e, por fim, no organismo humano. Deve apoiar-se em medicina baseada em evidências. Este conceito é importantíssimo, pois a “intoxicação” só ocorre quando um ser vivo, e principalmente o ser humano, é exposto a quantidades elevadas de determinadas substâncias e que resultem em sintomas clínicos. Para causar intoxicação crônica, a grande maioria destas substâncias requer convívio frequente ou até diário. A exposição mesmo corriqueira aos compostos químicos pode não causar sintomas clínicos dependendo da quantidade ou dose, da concentração, das circunstâncias, da frequência da exposição e das características peculiares de cada pessoa, mas sobretudo das propriedades físico-químicas da substância tóxica.

A causa de uma doença de natureza exógena, como por exemplo uma doença infecciosa, seja ela bacteriana, viral, micótica, parasitária, assim como as doenças tóxicas, seja por composto químico, ionizante, ambiental, exotoxina ou veneno natural, deve estar presente no local da exposição, e EM QUANTIDADES OU CONCENTRAÇÕES SUFICIENTES, para penetrar o corpo. Assim, na meningite, na pneumonia ou na infecção cutânea, é necessário demonstrar cabalmente a presença do micro-organismo nos tecidos, em especial nos órgãos afetados. Portanto, a simples presença da bactéria *Neisseria meningitidis*, agente etiológico e causador da temida meningite bacteriana grave, na orofaringe de uma criança com febre, sem sinais meníngeos, não é suficiente para resultar no diagnóstico de meningite. É necessário demonstrar a presença do micróbio invasor no líquido cefalorraquidiano, ou por provas laboratoriais próprias, que indiquem NÍVEIS SOROLÓGICOS COMPATÍVEIS. Isto vale para qualquer doença infecciosa, seja AIDS, tuberculose, infecções de pele, amigdalites comuns. A infecção pode ser local e circunscrita a um órgão, e.g. pneumonia no pulmão ou cistite na bexiga, ou generalizada e espalhada por todo o corpo (septicemia).

Assim, também nas doenças de natureza tóxica, em primeiro lugar, deve ser constatada a presença física do material contaminante, em quantidades ou concentrações suficientes, para ser absorvido e assim adentrar o corpo. A “vítima” tem que estar presente, naquele momento (agudo) ou repetidamente (crônico). Uma vez dentro do corpo, a substância deve atingir níveis suficientes para causar doença aguda ou crônica, ou estar presente nos diversos tecidos, e causando distúrbios característicos daquela

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

contaminação. Assim, apenas afirmar que uma pessoa tem ferro, alumínio, selênio, níquel ou manganês no corpo não se caracteriza contaminação. É necessário comprovar que os níveis sanguíneos ou plasmáticos são compatíveis com determinados sintomas típicos deste metal. Não se pode dizer que cobalto cause pancreatite, ou ferro cause cistite porque não há nenhum caso desses na literatura médica mundial. Adicionalmente, o paciente deve ser suscetível aos efeitos tóxicos, para sua idade, gênero, ocupação e características individuais de suscetibilidade. Quanto à substância tóxica, deve ser registrado na literatura médica e nas crônicas científicas que ela está de fato associado às lesões naqueles órgãos. Exemplo cabal disto é a associação de fumo com câncer de pulmão. Nem todos que fumam, mesmo se intensamente, terão obrigatoriamente câncer de pulmão. Porém, é fato que as pessoas que fumam têm maior risco de desenvolver esta malignidade, cerca de 5 a 10 vezes maior. Portanto, pode-se concluir que há muitas pessoas que foram expostos aos fatores cancerígenos e não apresentam nenhum efeito nem sintoma de câncer. A simples constatação de níveis elevados de um metal, por exemplo níquel, sem antes realizar uma anamnese rigorosa, nem descrever o necessário exame clínico minucioso e não pedir outros exames complementares específicos, não permite ao profissional competente, comprometido com seriedade científica e a ética médica, alardear que a pessoa está “doente”.

Da mesma forma, afirmar que a presença de níveis baixos de determinadas substâncias pelo exame laboratorial pontual, sem demonstrar um quadro evolutivo das mesmas, nem descrever as manifestações clínicas compatíveis e que isto pode ser a causa dos sintomas alegados é faltar com a verdade científica, assim como alegar que os níveis baixos foram causados pela elevação de outras, sem basear-se na literatura pertinente. Afirmar que níveis baixos de zinco e cobre são causas de sintomas, sem os especificar, é falha grave com a seriedade científica.

Como descreveu A.B. Hill na sua dissertação em 1965: *The environment and disease: association or causation?*, onde definiu uma série de princípios (guidelines) para avaliar fatores causais, i.e. se uma conexão etiológica entre uma exposição em especial e um determinado resultado, condição ou doença pode ser cientificamente estabelecida. Estes critérios podem ser resumidos nos seguintes termos:

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

1. Força da associação (relação entre variáveis independentes e dependentes)
2. Consistência dos achados (replicação dos resultados por diferentes métodos)
3. Gradiente biológico (força da relação dose-resposta)
4. Sequência temporal (fator[es] causal[is] antes do efeito ou sintoma)
5. Plausibilidade biológica ou teórica (mecanismo de ação)
6. Coerência com conhecimentos e fatos (nenhuma hipótese discordante)
7. Especificidade da associação (a causa está fortemente ligada ao resultado).

O RELATÓRIO DO INSTITUTO SAÚDE-SUSTENTABILIDADE

O Relatório do Instituto Saúde-Sustentabilidade (ISS), intitulado “Relato dos resultados clínicos toxicológicos para metais realizados em 11 moradores de Barra Longa”, contém 53 páginas, das quais 10 (dez) páginas descrevem os objetivos e resultados da pesquisa através de um questionário tipo “autoavaliação quanto aos efeitos na sua saúde e ao atendimento às suas necessidades que lhes garantissem a saúde e bem-estar” em 507 indivíduos de 223 famílias e os resultados de mineralograma sanguíneo em 11 pessoas, 16 (dezesesseis) páginas dedicadas a uma proposta de pesquisa adicional a ser realizada pelo próprio ISS, 21 (vinte e uma) páginas de descrição de levantamentos na literatura sobre os efeitos dos níveis excessivos de níquel e de arsênio no organismo e da deficiência de zinco e uma página final com as referências bibliográficas.

1. Pesquisa de Avaliação de Saúde da População de Barra longa e Adendo de Exames (10 páginas)

Foram realizadas entrevistas de autoavaliação em 507 indivíduos de 223 famílias na área urbana da cidade de Barra Longa e nas comunidades rurais de Gesteira e Barretos entre outubro de 2016 e janeiro de 2017. Os resultados demonstraram que 65% informou que estavam melhor ou igual que antes do desastre e 35% respondeu que estavam piores ou muito piores que antes. Dos sintomas informados, 83,4% (423 indivíduos) referiu sintomas emocionais ou comportamentais, muito embora a maioria destes havia informado de estar igual ou melhor do que antes do acidente. A segunda queixa mais frequente era do sistema respiratório e seguido quase empatado a queixas do sistema

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

osteoartricular. O relatório afirma que “observou-se não haver diferenças entre os acometimentos da população diretamente exposta à lama, residentes próximos ao rio e demais moradores em outros locais da cidade, provavelmente devido à poeira na bacia área local”. A própria pesquisadora do estudo informa que os sintomas “são inespecíficos, quer dizer, podem ocorrer em uma série de situações e doenças”, não sendo respaldado por exames que possam correlacionar diretamente os sintomas aos seus respectivos fatores nosológicos nem etiológicos. Vale ressaltar que em qualquer pesquisa de queixas da população urbana sempre predominam os problemas neuropsíquicos, seguido dos respiratórios, cardiovasculares e osteoarticulares. É notório que queixas neuropsíquicas vagas predominam nestes tipos de questionários de autoavaliação, independente de fatores ou ocorrências.

Na segunda parte desta pesquisa, foram colhidas amostras capilares e de sangue em 11 (onze) indivíduos entre 2 e 92 anos em 28 de março de 2017. Os exames de mineralograma no sangue foram analisados em janeiro de 2018, ou seja, 9 meses depois, no Laboratório da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo em Ribeirão Preto. Os exames capilares ainda não foram analisados.



Pacientes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Exames de Sangue (µg/L)											
Data 27/03/2017											
Alumínio - Al	36,71	37,47	36,15	72,29	38,95	38,99	36,47	34,43	37,98	42,2	36,73
Arsênio - As	0,1-3,2 ¹	3,7	3,1	3	3,1	2,9	2,7	3,2	3,7	2,5	4,7
Bário - Ba		1,99	2,12	1,85	4,14	1,8	1,72	1,72	1,99	1,87	3,24
Cádmio - Cd	0,08-1,8 ^{1,2,3}	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Chumbo - Pb	1,3-163 ^{1,2}	16,3	4,6	4,3	7,7	6,3	7,1	7,1	3,6	6,2	2,3
Cobalto - Co	0,00005-2,090	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Cobre - Cu	495-1.578 ^{1,3}	628	681	636	576	579	668	668	674	581	624
Ferro - Fe	50.000 a 500.000	282.830	469.921	380.070	434.961	382.466	395.851	446.289	385.067	438.686	467.416
Manganês - Mn	6,9-18,4 ³	7,3	8,7	7,4	7,1	8,2	9,1	9,1	10,2	12,6	9,1
Níquel - Ni	<0,12-3,9 ¹	6,01	12,5	7,31	14,66	7,24	6,5	5,42	9,89	6,65	12,78
Selênio - Se	68-245 ¹	188	167	181	161	168	173	173	174	170	167
Urânio - U		0,01	0,01	0,01	0,04	0	0	0	0,008	0,004	0,003
Zinco - Zn	3.518-12.294 ⁴	3.899	2.055	2.134	2.498	2.686	2.420	2.420	2.622	2.185	2.250

LEGENDA

	valores próximos ao limite de referência
	valores acima do limite de referência
	valores abaixo do limite de referência

Refere que as amostras foram confirmadas em dois laboratórios, mas não indica quais. Chama a atenção alguns fatos desta fase de coleta de informações da população e das

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

amostras das matrizes biológicas que requerem esclarecimentos adicionais: (a) Como foi idealizado a distribuição da população para realizar o levantamento das informações dos sintomas referidos? O *n* de 507 questionários numa população de 5720 habitantes é estatisticamente relevante? Como foi planejada a distribuição dos questionários na área geográfica que seria representativa da população?; (b) O questionário de autoavaliação foi realizado aproximadamente um ano após o acidente e em apenas 190 desta população [37,4%] houve queixas clínicas, o que contrasta com a afirmação no relatório de que “a lama da barragem, ainda em grande magnitude...acabou espalhando para várias partes da cidade”, sugerindo certa exageração; (c) O número de indivíduos que aceitaram fornecer amostras biológicas (capilar e sangue) para análise de metais é muito pequeno, apenas 11 (onze), “por escassez de recursos”(sic). Teriam seus resultados qualquer significância (estatística) por não possuir o *n* suficiente nem ter feito a seleção aleatória ou representativa?; (d) Não há informações dos locais de habitação dos voluntários que forneceram as matrizes. Várias tentativas para obter os dados dos voluntários, sem suas identidades, como idade, sexo, local aproximado de habitação e até os valores obtidos nas análises dos mineralogramas sanguíneos, necessários para uma avaliação mais objetiva da extensão dos danos, foram recusadas sob a justificativa de manter o sigilo deles. Após muita insistência, os valores obtidos foram enfim fornecidos em 26 de abril último (tabela acima); (e) Sabe-se que as matrizes foram obtidas de voluntários que aceitaram fornecer as matrizes espontaneamente, e não de pessoas representativas através de distribuição aleatória como se exige em análises demográficas. Portanto, causa grande estranheza e enorme perplexidade ao avaliar os valores dos mineralogramas dos 11 indivíduos. Todos eles, isto é, *todos os onze*, apresentaram surpreendentemente níveis muito elevados de níquel. Vale dizer que o Relatório reportou que 100% dos indivíduos apresentaram uma grave anormalidade no mineralograma com teores de níquel sanguíneo entre 140% a 450% maior que o nível máximo normal. Pesquisadores acostumados com apresentação dos parâmetros de substâncias nas matrizes biológicas geralmente deparam-se com níveis anormais mais largos, i.e. alguns com concentrações próximas ou dentro da normalidade e outros mais afastados. Mas o mais estranho nesta pesquisa é que os 100% da amostra tiveram níveis elevadíssimos. É como dizer que numa loteria TODOS FOSSEM PREMIADOS E COM

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

VALORES ALTÍSSIMOS! Isto não é apenas inverossímil, mas é praticamente impossível de ocorrer em qualquer estudo científico sério. Vale dizer que se estes dados fossem extrapolados à população de Barra Longa, e é isto que se infere neste relatório, todos os habitantes desta pequena cidade estariam intensamente contaminados por níquel e, como a autora do relatório sugeriu com grande alarde e alarme, teriam risco de desenvolverem câncer. Será que este parâmetro passou despercebido pela equipe do Instituto Saúde e Sustentabilidade, inclusive pela pesquisadora mestre e doutora em Estatística, além da autora do Relatório? Só este fator colocaria sérios questionamentos e dúvidas acerca do planejamento da pesquisa, das coletas das matrizes, dos métodos analíticos e das conclusões finais, ou seja, de toda a cadeia de custódia das amostras. Por fim, é importante informar que nem níquel e tampouco o arsênio fazem parte dos constituintes primários do rejeito. Igualmente importante afirmar que **arsênio e níquel são constituintes da mineralogia de solos na região de Mariana e Barra Longa, presentes desde a formação geológica há milênios**. Os estudos de Deschamps (2002) e Mello et al (2005 e 2007) indicam a presença de arsênio nas águas e nos sedimentos da região nordeste de Minas Gerais, antes mesmo do acidente de Mariana em 2015. A Tabela 1 (abaixo) demonstra que a composição do solo de Mariana tem menos arsênio e níquel que o restante do Quadrilátero Ferroso. (Deschamp,2002).

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

Tabela 1: Composição geoquímica média do solo no Quadrângulo Ferroso em comparação com as médias estimadas dos solos no mundo [Media (rounded) soil geochemical composition and ranges* in the Iron Quadrangle in comparison with the estimated world soil averages**. Major and minor compounds in weight-%, trace elements in mg kg⁻¹]

	Nova Lima n = 21	Santa Bárbara n = 13	Mariana n = 4***	World soil averages**
SiO ₂	59 (49.7-68.1)	39 (12.9-59.4)	54 (42.0-63.8)	60
Al ₂ O ₃	24 (19.3-28.6)	28 (17.8-36.4)	9 (1.5-19.4)	15
Fe ₂ O ₃	13 (3.2-21.0)	27 (7.8-54.7)	29 (13.2-43.5)	5
CaO	0.9 (0.01-3.8)	1.1 (0.09-5.1)	0.07 (0.05-0.09)	1.9
Na ₂ O	0.2 (0.03-1.0)	0.3 (<0.03-0.74)	0.09 (0.01-0.16)	1.3
K ₂ O	2.4 (1.14-3.39)	1.8 (0.39-3.44)	0.9 (0.17-1.52)	1.7
MnO	0.09 (0.02-0.18)	0.16 (0.01-0.39)	0.7 (0.09-1.0)	0.07
MgO	0.6 (0.30-1.50)	0.6 (0.28-1.24)	0.3 (0.12-0.47)	1.5
TiO ₂	0.9 (0.56-1.22)	1.2 (0.69-1.66)	0.5 (0.23-0.65)	0.7
As	960 (16-13400)	100 (13-467)	53 (16-80)	5
Co	71 (13-102)	117 (32-160)	27 (23-30)	10
Cr	410 (190-680)	435 (150-730)	88 (22-180)	80
Cu	44 (22-90)	53 (18-92)	25 (17-35)	25
Ni	163 (63-300)	93 (20-220)	46 (25-68)	20
Pb	23 (11-32)	33 (19-51)	15 (4-32)	17
Zn	71 (12-240)	93 (38-170)	33 (17-58)	70

* Individual samples yielded trace element concentrations below the detection limit of the respective element

** Data from compilation in Reimann and Caritat (1998)

*** Mariana data may not be as representative as the others, since they are derived from individual soil profiles close to active streams

ANÁLISE CRÍTICA DAS CONCLUSÕES TOXICOLÓGICAS

Em primeiro lugar, vale ressaltar que o exame de mineralograma sanguíneo e capilar, por si só, carece de qualquer base para diagnosticar ou inferir contaminação ou doença. Isto já é mais que ponto pacífico pelos inúmeros trabalhos e meta-análises publicados na literatura internacional. É consenso entre a comunidade científica que o mineralograma só teria algum valor se estiver acompanhado de quadro clínico sugestivo com sintomas pertinentes no paciente. Mesmo em estudos populacionais, serve apenas para indicar possível risco de exposição na comunidade. Como apresentado neste relatório, com a ressalva acima, pelo número limitadíssimo de análises, com resultados laboratoriais questionáveis e ausência de planejamento distributivo, sem estabelecer qualquernexo causal, serviu somente para criar aflição, alarme e pânico na população, que não possui condições de corrigir ou redimir a situação. Talvez teria sido melhor não tê-lo realizado.

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

É fato reconhecido que o mineralograma sanguíneo e capilar não pode servir de base para o diagnóstico de intoxicação aguda nem crônica. Este fato foi também afirmado pela Plenária do Conselho Regional de Medicina de São Paulo em 08/03/2016 sobre o valor do mineralograma no diagnóstico de doenças ocupacionais. Embora este relatório do ISS não represente uma situação de medicina do trabalho, os princípios e a aplicabilidade deste parecer da CREMESP são pertinentes e abrangem o exame de mineralograma em si. Declara na Ementa: ***O diagnóstico de intoxicação crônica por produtos químicos não pode ser estabelecido apenas por mineralogramas sanguíneo e capilar.*** A íntegra do parecer do CRM-SP está no Anexo 1.

Quanto as inferências do relatório do ISS quanto ao risco de intoxicação por metais pesados, em especial o excesso de níquel e arsênio e a deficiência de zinco, serão abordados especificamente a seguir:

A. O EXCESSO DE NÍQUEL

A exposição ao níquel em situações não ocupacionais ocorre principalmente pela ingestão de água e alimentos contaminados, em especial o níquel presente nos encanamentos, pelo contato com joias, aviamentos e armarinhos de roupas, moedas, cigarro, entre outras. É considerado um provável microelemento essencial, isto é, necessário em pequenas quantidades. Os únicos relatos de casos de câncer na literatura médica são todos devidos à exposição ocupacional, entre trabalhadores expostos ao pó e vapor metálico em condições insalubres. **Não há nenhum caso nem referência de câncer não ocupacional, mesmo em grandes fumantes, na literatura médica internacional apontando a relação de risco de câncer e os níveis de níquel em pessoas expostas não profissionalmente** (MICROMEDEX Healthcare Series 2017, vol. 174). A ênfase colocada no relatório do ISS, com certo grau de exagero dos riscos de câncer para uma população leiga, leva uma mensagem inverídica e alarmante de urgência e morbidez, podendo gerar pânico e intensa aflição. O papel de qualquer profissional, e do médico em especial, é de transmitir segurança, apontando os riscos reais de uma doença, avaliando as causas e identificando os sintomas na

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

população exposta e afetada. Ainda mais se o relatório não aborda que parte da população está sujeita ao maior risco, em que parte do município onde residem exista maior concentração de níquel com potencial carcinogênico (que não seriam bijuterias, moedas, alimentos e águas contaminados), quais os sintomas de intoxicação pelo níquel, além de outras atitudes de responsabilidade profissional, é maior ainda sua responsabilidade na salvaguarda e de cautela na divulgação de notícias ao público.

Ainda outro problema deste relatório é que não avaliou nem analisou as possíveis fontes de níquel ambiental na região de Barra Longa. Limita a referir ao trabalho de Juncá e Ramos (2017), onde a relatora assinala textualmente que “evidenciaram altas concentrações de vários metais no ambiente (água e sedimento) em 14 pontos na região do desastre, dentre eles o níquel, bem como a sua presença em diferentes espécies de girinos (arsênio não foi pesquisado neste estudo).” Uma leitura cuidadosa deste estudo, patrocinado pela Greenpeace, demonstra a absoluta inverdade desta afirmação. Na realidade, o estudo abordou as águas e os sedimentos nas cabeceiras do Rio Doce, portanto distante de Barra Longa. O mais relevante do trabalho de Juncá e Ramos é que apenas UM único ponto dos 14 pontos de água de lagoinhas, assim como apenas UM único ponto dos 14 pontos de sedimentos, apresentaram níquel elevado acima dos níveis permitidos pela CONAMA, e mesmo assim pouco aumentado. Os pontos analisados não eram fontes de água nem de alimentos para a população de Barra Longa. (Anexo 2). Portanto, não eram destas fontes a causa da elevação de níquel.

Outros estudos mais diretamente pertinentes à população de Barra Longa, realizados pela Fundação RENOVA, demonstraram que os níveis de NÍQUEL no sedimento, solo, águas superficiais e subterrâneas estavam abaixo dos limites legais. (Anexos 3 e 4).

Análises da potabilidade da água fornecida aos seus habitantes demonstraram que os níveis de níquel após o acidente estavam rigorosamente normais. Portanto, não tem fundamento a afirmação de que os níveis elevados dos 11 voluntários fossem decorrentes de exposição ambiental. À esta inverdade, soma-se o relatório mais que bizarro de que **todas as 11 pessoas** que forneceram matrizes para

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

análises apresentaram níveis muito elevados de níquel no sangue. Como discutido anteriormente, esta coincidência muito estranha acusa níveis demasiadamente elevados em todos aqueles testados dentro de uma coorte sem exposição ocupacional e provavelmente sem nenhum relacionamento entre estas pessoas.

B. O EXCESSO DE ARSÊNIO

É sabido que o Quadrângulo Ferroso do Estado de Minas Gerais possui altos teores de arsênio e dos seus compostos desde a sua formação geológica há centenas de milhares de anos atrás. Diversos estudos por geólogos brasileiros já publicaram inúmeros trabalhos deste fato, e outros cientistas já atestaram os níveis aumentados de arsênio na população mineira que habitam este quadrilátero (Matschullat, 2000 e Deschamps, 2002). Os compostos de óxidos de ferro mantem em uma estreita correlação positiva com os sais de arsênio (Matschullat 2000 e Mello 2006). Os níveis de arsênio inorgânico e orgânico são elevados, atingindo níveis na água e no solo até 10 vezes maiores do que os recomendados pela ONU (Deschamps 2002 e Mello 2007), inclusive na região da Formação Paracatú. Apesar disto, estudos na população de Minas Gerais demonstraram que as incidências de câncer e dermatopatias típicos de exposição ao arsênio, eram iguais e até menores que as incidências nas demais regiões do Brasil (Capitani, 2014). Matschullat et al. (2002) e Bailey et al. (2016) demonstraram que a exposição ambiental a arsênio em crianças representa um risco à saúde, inclusive de tumores, mas não é possível quantificar este risco, pois outros fatores endógenos, como fatores epigenéticos, imunológicos e outros cofatores, têm papéis muito relevantes na suscetibilidade às enfermidades. Por isto, não é possível afirmar como que condenando os habitantes ao risco elevadíssimo de carcinomas ou que são endêmicas neste Estado, como é insinuado no Relatório do ISS. Além disto, os relatórios dos rejeitos, solo, águas superficiais e subterrâneas, realizados pela Fundação RENOVA em 2016 e em 2018, demonstraram que os níveis de arsênio na região de Barra Longa estavam abaixo dos limites legais. É possível que o arsênio pouco aumentado em 3 (três) pessoas, relatado pelo ISS, pode não ser de nativos de Barra Longa, talvez imigrantes de outras regiões do Estado. Os níveis apresentados neles não parecem oferecer risco tumorigênico. Mesmo assim, o relatório do ISS só enfatiza os grandes riscos que as pessoas de Barra Longa correm devido ao arsênio, novamente de maneira alarmista e descompromissado com a realidade. Serve tão somente para

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

disseminar ainda mais medo e paranoia numa população já por demais sofrida com as incertezas e a dor da situação pós acidente.

C. A DEFICIÊNCIA DE ZINCO

O zinco é um micronutriente essencial, necessário para uma série de atividades metabólicas no organismo vivo. Sua deficiência acarreta vários transtornos fisiológicos e doenças. Estima-se que pelo menos 25% da população mundial apresenta alguma deficiência deste elemento (Maret 2006), e outros autores indicam que até mais de 2 bilhões de pessoas (30%) apresentam deficiência de zinco (Prasat 2012). Portanto, não é surpresa que 10 dos 11 voluntários apresentassem valores abaixo do esperado. Novamente, neste caso, não foram divulgados os níveis encontrados, se leve ou grave, e tampouco se havia algum sintoma relacionado à deficiência. A causa principal da deficiência de zinco decorre de falta na dieta ou alimentos processados com pouco ou nenhum zinco. Outras causas são absorção inadequada, por disfunção do intestino delgado, perda ou excreção aumentada de zinco (exercícios intensos, diarreia prolongada e ingestão elevada de álcool), metabolismo elevado (crescimento da criança e gravidez) e doenças crônicas (doença de Wilson, insuficiência renal crônica, hepatopatias crônicas, pós-cirurgia bariátrica, exposição ao mercúrio e à tartrazina.

As evidências existentes indicam que a deficiência de zinco decorre do tipo de dieta e não tem relação com o grau de nutrição ou desnutrição. Causa estranheza, mais uma vez, a afirmação relatada de que a população de Barra Longa era bem nutrida e, portanto, não haveria porque existir deficiência de zinco. Novamente afirmação estapafúrdia, pois a autora não apresentou estudos ou evidências da sua dieta. Ainda mais, “como uma diminuição da concentração sérica de zinco só é detectável após depleção grave ou a longo prazo, o nível de zinco sérico não é um biomarcador confiável do status de zinco.” (*Since a decrease in the serum concentration is only detectable after long-term or severe depletion, serum zinc is not a reliable biomarker for zinc status*) (Hess, 2007).

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

Inferir ainda que esta deficiência seria decorrente do aumento de outros metais. A autora deste relatório sugere, de que a “diminuição da absorção de zinco pode estar relacionada à interação com outros metais como níquel e ferro”. Esta afirmação não tem sustentação científica e carece de fundamento. Não consegui encontrar uma única referência científica suportando-a. O excesso de níquel NÃO causa deficiência de zinco, pois o oposto parece ser verdadeiro. O trabalho de Schnegg em ratos indica que a deficiência de níquel resultava na deficiência de ferro, cobre e zinco.

Interaction of nickel with iron, copper and zinc [Article in German]

Schnegg A, Kirchgessner M.

Arch Tierernahr. 1976 Aug;26(8):543-9.

Abstract

Studies were carried out investigating the role of nickel as an essential element in the growth of rats. Reduced levels of iron, copper and zinc were found in the liver, spleen and kidneys during Ni deficiency. These findings could be reproduced in 2 generations of 30-day and 50-day-old rats. Reduced rates of Fe storage during Ni deficiency were, in some cases, even noted of the Fe supply was raised to a level of as high as 100 mg Fe per kg of the diet. This accounted for the diminished haemoglobin values, the reduced erythrocyte count and reduced haematocrit found under conditions of nickel deficiency.

Estudos foram realizados para investigar o papel do níquel como um elemento essencial no crescimento de ratos. Níveis reduzidos de ferro, cobre e zinco foram encontrados no fígado, baço e rins durante deficiência de níquel. Estes achados foram reproduzidos em duas gerações de ratos com 30 dias e 50 dias de idade. Os estoques de ferro estavam reduzidos durante a deficiência de níquel, em alguns casos, mesmo quando o suprimento de ferro atingia até 100mg de ferro/Kg na dieta. Isto acarretava valores diminuídos de hemoglobina, diminuição da contagem de eritrócitos e redução do hematócrito sob condições de deficiência de níquel.

CONCLUSÕES

1. O rompimento da barragem de rejeitos no município de Mariana foi um dos piores desastres ecológicos no Brasil. Levou a rompimento de atividades econômicas, desterro de inúmeras famílias, incerteza do futuro dos habitantes, prejuízos econômicos incalculáveis às mineradoras, perda de atividade laboral e salarial a milhares de trabalhadores, destruição de plantações, ruptura do equilíbrio do ecossistema na área que sofreu derramamento da lama e nos rios a montante do Rio Gualaxo, Rio do Carmo e Rio Doce. Passados mais de 2 anos após o desastre, as pessoas custam a recuperar suas vidas e as esperanças. O equilíbrio ecológico só virá com o tempo, mas a situação da população não pode suportar maiores abalos. Necessitam saber que sua saúde, o maior bem que uma pessoa pode possuir, não estará afetada de maneira grave e/ou irreversível. Precisam de garantias de que tem condições de levar vidas normais na situação atual, sem serem induzidas a crer que suas vidas estarão condenadas por alterações ambientais ou estruturais. Requerem informações seguras e verdadeiras com ações concretas que os beneficiam, e não suposições estapafúrdias sem o menor respaldo científico.
2. O relatório do Instituto de Saúde e Sustentabilidade é um documento de pouco se algum valor científico, não produz nenhuma conclusão válida, faz referências superficiais sem respaldo consistente, sustentável nem confiável.
3. O questionário aplicado em 507 moradores não tem valor estatístico porque não foi realizado conforme uma distribuição populacional necessária, nem um *n* requerido. Porém, indicou que a maioria dos habitantes (65%) referiram que sua situação era melhor ou igual que antes do desastre, e para a minoria (35%) estava pior que antes.

Os exames no sangue para metais foram coletados de apenas 11 indivíduos voluntários, um número insuficiente até para uma avaliação científica minimamente adequada do seu conteúdo científico e das suas implicações e aplicações à saúde pública. A distribuição das coletas para as amostras não foi sequer feita atendendo às mínimas normas e regras exigidas para análises estatísticas. Entretanto, o relatório tece conclusões e propõe soluções muito além do escopo e severas limitações que possam ser tiradas dos resultados obtidos, muitos daquelas totalmente inadequadas, e até perigosas, do ponto de vista científico, toxicológico e clínico. O fato de que todos os onze voluntários, ou seja,

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

a totalidade deles apresentaram os níveis de níquel muito acima do normal, causa estranheza do ponto de vista científico e probabilístico. Se lembrarmos que estes voluntários se apresentaram espontaneamente e aleatoriamente, e não por que apresentavam sinais suspeitos de intoxicação, como explicar esta estranha coincidência? Se estes achados fossem realmente corretos, poderia se concluir “logicamente” que todos os habitantes de Barra Longa teriam seus níveis sanguíneos de níquel também tão elevados? Uma ocorrência desta natureza seria possível, porém pouco provável, e jamais foi publicada na literatura científica e médica. Qualquer investigador comprometido com a veracidade e o rigor da ciência teria colocado dúvidas dos resultados e teria procurado quais as razões de tamanha discrepância, se houve inadequação na cadeia de custódia das amostras e teria examinado clinicamente os doadores das amostras para verificar seus estados de saúde, se o níquel elevado no seu sangue estaria causando algum sintoma e/ou danos! Pelo que sabemos pelo relatório, isto não foi realizado embora nos quadros do ISS incluam diversos médicos de renome e possuidores de currículos impressionantes. No entanto, os autores do Relatório do ISS optaram pela sua divulgação sem as cautelas necessárias e até alardearam das “seríssimas consequências” à população de Barra Longa, em especial dos riscos oncológicos.

4. A divulgação dos seus resultados levou a enormes incertezas e angústia, e possivelmente pânico, à população de Barra Longa. Provocou e instigou a produção de diversas publicações na mídia, nacional e internacional, baseada nestas premissas inadequadas e até inverídicas, disseminando notícias alarmantes e atitudes reativas, que podem prejudicar ações necessárias de remediação e recuperação das áreas atingidas pelo desastre, desviando o foco dos problemas verdadeiros.
5. As análises dos rejeitos, demonstraram que as concentrações de níquel são muito baixas, sobretudo na região de Barra Longa. Alguns estudos de potabilidade da água fornecida aos seus habitantes demonstraram que os níveis de níquel eram rigorosamente dentro dos limites legais. Não há informações dos hábitos das pessoas que apresentaram níveis elevados de níquel. Portanto, não se sabe a origem e causa destes.
6. Publicações anteriores ao desastre e estudos geológicos do “Quadrângulo Ferroso” do Estado de Minas Gerais, demonstraram que níveis de arsênio no solo

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

são elevados há milhares de séculos e fazem parte da composição geológica destas regiões. Entretanto, a incidência de câncer e dermatopatias sugestivos de exposição ao arsênio nas regiões do Quadrilátero de Ferro, que inclui o município de Barra Longa, é igual e até menor que a média do resto do Brasil. Novamente, o alarde implícito dos riscos de câncer em Barra Longa, devido aos 3 casos de arsenismo no Relatório do ISS, está claramente exagerado.

7. A deficiência de zinco corpóreo em alguns casos informado no Relatório do ISS foi implicada como possível causa de hipotéticas doenças, com certa dose de exagero. Foi sugerido que esta deficiência do zinco poderia ser causada pela elevação do níquel. Os autores do Relatório demonstram pouco conhecimento de metabologia e de intoxicação pois as evidências são do contrário, ou seja, a deficiência de zinco ocorre quando há deficiência de níquel.
8. Resta saber os motivos reais na divulgação deste Relatório do Instituto de Saúde e Sustentabilidade, visto que os dados dos questionários, os resultados das análises do mineralograma, as tentativas de correlação entre estes e as propaladas doenças inclusive oncológicas, as alarmantes ilações dos riscos de câncer associados ao níquel e arsênio e as insinuações de comprometimento da saúde mental não encontram a necessária fundamentação científica e epidemiológica para suas conclusões.

Em suma, o Relatório o Instituto de Saúde e Sustentabilidade, apresentado os Resultados de Exames Toxicológicos no Município de Barra Longa e tecendo sobre os efeitos da elevação de níquel e arsênio e a deficiência de zinco, é um documento muito deficiente do ponto de vista epidemiológico, científico, toxicológico, bibliográfico, oncológico e sobretudo humano. Peca grosseiramente pela ausência de seriedade epidemiológica ao apresentar dados e números limitadíssimos dos resultados do questionário e dos mineralogramas e extrapola conclusões de grande exagero advindos deles. Falta escandalosamente na abordagem toxicológica dos metais ao imputar doenças graves e elevados riscos de câncer com os resultados dos mineralogramas obtidos, que por sinal, carecem de evidências concretas. A imputação toxicológica é claramente falha pois estudos e resultados de outros autores, sérios e rigorosos nas suas abordagens, que dissertaram sobre geologia, teores dos metais no solo e águas da região e riscos de câncer, contradizem diretamente as afirmações e conclusões do Relatório do ISS. Os erros no

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

levantamento bibliográfico estão claros ao omitir publicações sobre a composição do solo e águas e exagerando os efeitos dos metais na saúde. Exagera grosseiramente ao entrar no assunto dos riscos oncológicos dos metais, sobretudo ao fazer ilações do grande risco, na realidade inexistente, de câncer por níquel em pessoas que não trabalham num ambiente insalubre. E sobretudo, é grave a falha do ponto de vista humano, ao aumentar falsamente e com enorme exagero, os riscos de doenças, sobretudo oncológicas, para uma população já vítima de grande desastre ambiental, bombardeada constantemente sobre hipotéticos problemas. Ao invés de tentar aliviar os sofrimentos, as angústias e as ansiedades, as incertezas e a insegurança advindas delas, de procurar aplacar e assegurar que os riscos e problemas não são tão graves e que têm soluções, os autores do Relatório parecem ter um roteiro mórbido de insistir e aumentar, sem fundamento algum, a possibilidade de doenças graves e potencialmente fatais.

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

Os Próximos Passos de Empenho ao Futuro

Todo planejamento para empreendimentos futuros deve ter como objetivo uma avaliação precisa de como era antes do evento, as sequelas e as consequências decorrentes do acidente, os efeitos na fauna e flora dos locais por onde passou a enxurrada de lama e rejeitos e sobretudo o estado físico e psicológico dos habitantes dos locais por onde estes passaram. É necessário que seja feito um levantamento pontual e cientificamente aceitável das condições ambientais antes e após o evento, e a situação atual. Estes dados devem ser divulgados aos habitantes para que saibam os riscos reais e concretos que se apresentam, sem dar margem a notícias sensacionalistas e alarmantes. Ao mesmo tempo, é importante que os profissionais médicos e da área de saúde estejam instruídos, capacitados e preparados para atender às dúvidas, preocupações, anseios, sintomas e sinais dos habitantes com a devida e necessária credibilidade, transparência e rigor que a situação requer.

Para atender aos quesitos acima, não é aceitável procrastinação nem propostas de longa duração. A população atingida direta ou indiretamente pelo acidente e pela divulgação do Relatório do Instituto Saúde e Sustentabilidade não merece nem suporta maior sofrimento e incertezas. Assim, propomos a seguinte programação:

1. Levantamento e interpretação rápido, imparcial e isento dos estudos ambientais da região, antes, logo após e atuais da situação da região afetada pelo acidente. (Prazo - 30 dias).
2. Estudos da correlação entre estes levantamentos e avaliações do risco real à saúde e de doenças pela exposição, se houver (Prazo – 15 dias)
3. Apresentação e divulgação, para toda a população, dos levantamentos e das avaliações de risco à saúde, permitindo debates livres com os representantes e/ou toda a população. (Duração – 1 semana)
4. Capacitação, treinamento e preparação dos médicos e os profissionais de saúde locais sobre toxicologia ambiental e intoxicações clínicas, com adequação e fornecimento de métodos diagnósticos e das medidas terapêuticas (Duração – 5 dias com horários flexíveis, em face da agenda dos médicos).
5. Realização de exames complementares (laboratoriais) nas pessoas suspeitas de exposição aos elementos constituintes dos rejeitos.

Como complemento, pode se realizar um levantamento de amostras biológicas (matrizes) a ser determinada na população de Barra Longa baseado em determinações e regras estatísticas e epidemiológicas cientificamente aceitáveis e comprovadas.

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

Referências Bibliográficas

1. Arsenic, in Poisondex @ 2017 Truven Health Analytics LLC MICROMEDEX(R) Healthcare Series Vol. 174.
2. Nickel, in Poisondex @ 2017 Truven Health Analytics LLC MICROMEDEX(R) Healthcare Series Vol. 174.
3. Bailey KA, Smith AH, Tokar EJ et al. (2016) Mechanisms underlying latent disease risk associated with early-life arsenic exposure: Current research trends and scientific gaps. *Enviro Health Perspect* 124:170-175.
4. Capitani EM, Jesus IM, Ferreira AP et al. (2014) Human exposure assessment to arsenic and health indicators in Paracatu, Brazil. In *One Century of the Discovery of Arsenicosis in Latin America (1914-2014)*. Nicolii, Meichtry, Quici, Bundschuh, Bhattacharya & Naidu (Eds) @Taylor & Francis Group, London.
5. De Mello JWV, Roy WR, Talbott JL, Stucki JW. (2005) Mineralogy and Arsenic Mobility in Arsenic-rich Brazilian Soils and Sediments. *J Soils & sediment* (Online First): 1-11.
6. De Mello JWV, Talbott JL, Scott J, Roy WR, Stucki JW. (2007) Arsenic Speciation in Arsenic-Rich Brazilian Soils from Gold Mining Sites under Anaerobic Incubation. *Env Sci Pollut Res* 14 (6): 388–396.
7. Deschamps E, Ciminelli VST, Lange FT et al. (2002) Soil and sediment geochemistry of the Iron Quadrangle, Brazil. The Case of Arsenic. *J Soils & Sediments* (Online First): 1-7.
8. Hess SY, Peerson JM, King JC, Brown KH (2007). Use of serum zinc concentration as an indicator of population zinc status. *Food and Nutrition Bulletin*. **28** (3 Suppl): 403–29.
9. Hill AB. (1965) The environment and disease: association or causation? *Proc R Soc Med*. 58:295-300.
10. Juncá FA, Pavan D, Jesus TB et al. (2017) Girinos como bioindicadores da qualidade de água do Rio Doce. Greenpeace. Universidade Estadual Feira de Santana.
11. Maret W, Sandstead HH (2006). Zinc requirements and the risks and benefits of zinc supplementation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. **20** (1): 3–18.

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

12. Matschullat J, Borba RP, Deschamps E et al. (2000) Human and environmental contamination in the Iron Quadrangle, Brazil. *Applied Geochem* 15:181-190.
13. Prasad AS. (2012). "Discovery of human zinc deficiency: 50 years later". *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. **26** (2-3): 66–9.
14. Schnegg A, Kirchgessner M. (1976). Interaction of nickel with iron, copper and zinc. *Arch Tierernahr.* 26(8):543-9.

ANEXO 1

Pareceres

[Nova Pesquisa](#) | [Voltar](#)

[Enviar por e-mail](#) | [Imprimir apenas a ficha](#) | [Imprimir o parecer com a ficha](#)

PARECER

Órgão: Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo

Número: [173746](#)

Data Emissão: 08-03-2016

Ementa: O diagnóstico de intoxicação crônica por produtos químicos não pode ser estabelecido apenas por mineralogramas sanguíneo e capilar.

[Imprimir apenas a ficha](#)

[Imprimir o parecer com a ficha](#)

Consulta nº 173.746/15

Assunto: Sobre emissão de atestados médicos que são utilizados para obtenção de benefícios previdenciários.

Relatores: Conselheiro Renato França Filho e Dr. Mario Jorge Tsuchiya, Membro da Câmara Técnica de Medicina do Trabalho.

Ementa: O diagnóstico de intoxicação crônica por produtos químicos não pode ser estabelecido apenas por mineralogramas sanguíneo e capilar.

O Consulente encaminha ofício onde solicita parecer do CREMESP, com relação à emissão de atestados médicos que foram utilizados para obtenção de benefícios previdenciários, porém as conclusões foram posteriormente contestadas através de perícia toxicológica. Diante do fato, solicita informações técnicas, dentre outros pontos:

"Validar ou não os mineralogramas sanguíneo e capilar como ferramenta de diagnóstico de intoxicação exógena crônica por produtos químicos."

"Validar ou não o diagnóstico constantes dos atestados."

"Validar ou não as conclusões do Dr. H.V.D.R. e Dr. S.S."

PARECER

Destacamos, do que consta no presente dossiê, para análise e resposta aos quesitos formulados pelo Consultante, o seguinte:

À (Fl. 002) - ofício do Ministério Público Federal requerendo a este Conselho, se possível:

"Validar ou não os mineralogramas sanguíneo e capilar como ferramenta de diagnóstico de intoxicação exógena crônica por produtos químicos;

Validar ou não o diagnóstico constantes dos atestados;

Validar ou não as conclusões do Dr. H.V.D.R. e Dr. S.S."

Às (Fls. 008/017) - atestados do Dr. I.V., encaminhados ao INSS, tendo como essência o seguinte teor:

"... , está sob meus cuidados médicos para tratamento de saúde por quadro de intoxicação crônica por metais pesados e solventes orgânicos, ocorridos em local de trabalho com perda de sua saúde, em tratamento com medicamentos específicos, não tendo condições de trabalhar por tempo indeterminado. Desenvolveu alterações neurológicas, neurovegetativas e neurocomportamentais... - CID 10: X45.2 - X46 - X48 e X49."

Às (Fls. 020/021); (Fls. 023/024); (Fls. 026/027); (Fls. 029/030); (Fls. 032/033); (Fls. 035/036); (Fls. 038/039); (Fls. 041/042); (Fls. 044/045) - relatórios médicos toxicológicos do Dr. I.V., à quem possa se interessar, com descrição de quadro clínico diversificado e CID 10: X45; X46 e X49.

À (Fl. 047) - atestado do Dr. I.V., encaminhados ao INSS, tendo como essência o seguinte teor:

"... , está sob meus cuidados médicos para tratamento de saúde por quadro de intoxicação crônica por metais pesados e solventes orgânicos, ocorridos em local de trabalho com perda de sua saúde, em tratamento com medicamentos específicos, não tendo condições de trabalhar por tempo indeterminado. Desenvolveu alterações neurológicas, neurovegetativas e neurocomportamentais... - CID 10: X45 - X46 - X48 e X49."

Às (Fls. 052/061) - comentários do Dr. S.S, fundamentalmente com o seguinte teor:

"Não há fundamento, clínico e laboratorial, para o diagnóstico de intoxicação crônica por metais pesados e outros produtos químicos. Alterações neurológicas, neurocomportamentais e neurovegetativas abrangem praticamente todas as patologias neurológicas e podem ser encontradas em um número enorme de afecções humanas. Os distúrbios que a(o) paciente apresenta necessitam de acompanhamento especializado."

O relatório informa que as doenças apresentadas pela(o) Sr(a). teriam a seguinte classificação no CID: X 45 (envenenamento acidental por exposição ao álcool); X 46 (envenenamento acidental por solvente orgânico halogenado); X 48 (envenenamento acidental por pesticidas) e X 49 (envenenamento acidental por outras substâncias químicas nocivas)."

Às (Fls. 122/157) - Análise Técnica de exames de minerais no sangue e no cabelo realizado pelo Dr. H.V.D.R. - toxicologista, abordando aspectos gerais da toxicidade dos metais e abordagem sobre carcinogênese, metodologia analítica para elementos químicos e considerações variadas baseadas em literatura, concluindo:

"Quanto a análise do cabelo, tecendo a limitações, questionamento quanto a metodologia das análises realizadas.

Quanto ao diagnósticos de moléstia profissional questionando ser duvidosa por não enquadramento em critérios toxicológicos internacionais e não obedecerem as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego.

Quanto à terapia quelante, sugere que seja analisado por um colegiado médico."

Às (Fls. 161/239) - atestados, relatórios toxicológicos do Dr. I.V., e mineralogramas sanguíneo e capilar.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Intoxicação consiste em um quadro clínico sintomático pela ingestão, aspiração ou introdução no organismo, acidental ou não, de substâncias tóxicas acima dos níveis de segurança para a saúde pelos agentes químicos, entendendo-se como segurança a probabilidade de uma substância não produzir danos ao organismo. Desta forma não basta a simples presença de um agente químico no organismo, quaisquer que sejam os métodos utilizados, para que se defina uma intoxicação, sendo necessária a interação deste agente químico com o organismo e que se apresente um quadro clínico sintomático.

Em medicina, em toxicologia e principalmente na área de saúde ocupacional as dosagens de agentes químicos, por si, pode indicar apenas que o indivíduo entrou em contato com aquele agente, não se podendo estabelecer um quadro clínico de intoxicação crônica pelo agente e muito menos estabelecer-se o diagnóstico de uma doença de origem ocupacional, sendo necessárias investigações complementares para se firmar tais diagnósticos.

Em saúde ocupacional, as questões a respeito dos riscos ocupacionais por agentes químicos estão normatizadas através das Normas Regulamentadoras (NR), da Secretaria de Segurança e saúde no trabalho do Ministério do Trabalho, em especial nas: "NR 6 (Equipamento de Proteção

Individual), NR 7 (Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional), NR 9 (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) e NR 15 (Atividades e Operações Insalubres)." Onde destacamos as metodologias indicadas e reconhecidas para o monitoramento ambiental e biológico envolvendo os riscos de exposição ocupacional aos agentes químicos em geral. Chamamos a atenção que não há nenhum indicador para monitoramento ambiental ou biológico baseado em metodologias com utilização de material capilar.

Ressaltamos ainda que para os diagnósticos das doenças de origem ocupacional, isto é, relacionados ao ambiente de trabalho e às tecnologias de produção são necessários identificar no local do trabalho o agente específico causador da doença, não se podendo inferir a exposição ocupacional apenas pelo resultado de uma análise toxicológica, que pode indicar tão somente o contato com o agente químico. Além da presença do agente, em si, é necessário identificar o mecanismo de contato e o mecanismo de introdução do agente no organismo, estabelecendo-se assim o denominado nexos de causalidade com o trabalho, sem o qual não é possível se estabelecer o diagnóstico de doença ocupacional.

Além disso, o diagnóstico deve ser específico, isto é, no caso de intoxicação crônica pelo chumbo a relação com a doença denominada saturnismo, a intoxicação crônica pelo mercúrio com a doença denominada hidrargirismo, a intoxicação crônica pelo benzeno com a doença denominada benzenismo e assim por diante, isto é, não existe um diagnóstico genérico e inespecífico de intoxicação crônica por metais pesados e/ou por solventes orgânicos.

ANÁLISE DO CASO

No caso apresentado observamos que:

1. Alguns dos mineralogramas sanguíneos e capilar apresentam apenas discretas alterações pontuais para alguns metais, como por exemplo, alumínio e chumbo, que como apontamos acima, por si só, não caracteriza intoxicação crônica por metais pesados e nem podem diagnosticar doença de origem profissional.

2. As doenças apontadas pelos: "CID: X 45 (envenenamento acidental por exposição ao álcool), X 46 (envenenamento acidental por solvente orgânico halogenado), X 48 (envenenamento acidental por pesticidas) e X 49 (envenenamento acidental por outras substâncias químicas nocivas).", constantes nos atestados e relatórios do Dr. I.V., carecem de elementos técnicos relacionados a presença de tais substâncias na empresa e no processo de produção envolvido no

ambiente do trabalho, além da necessária vistoria para indicar se, e de que maneira, tais agentes químicos foram introduzidos no organismo, sem os quais não se pode firmar os diagnósticos.

3. As análises e considerações do Dr. S.S e Dr. H.V.D.R. são pertinentes e de acordo com a literatura especializada, além das Normas Regulamentadoras da SST do MTbE, sobre a matéria em questão, quanto à intoxicação crônica por metais pesados e solventes halogenados e diagnóstico de doenças ocupacionais.

CONCLUSÃO

Do visto, exposto e discutido passamos a responder aos quesitos formulados:

a) Validar ou não os mineralogramas sanguíneo e capilar como ferramenta de diagnóstico de intoxicação exógena crônica por produtos químicos;

Resposta: O diagnóstico de intoxicação crônica por produtos químicos não pode ser estabelecido apenas por mineralogramas sanguíneo e capilar.

b) Validar ou não o diagnóstico constantes dos atestados;

Resposta: Os diagnósticos constantes dos atestados carecem de fundamentos técnicos.

c) Validar ou não as conclusões do Dr. H.V. D.R. e Dr. S.S.;

Resposta: As conclusões estão de acordo com as normas, com a literatura especializada sobre a matéria e a boa prática da Medicina do Trabalho.

Este é o nosso parecer, s.m.j.

Conselheiro Renato França Filho

PARECER APROVADO NA REUNIÃO DA CÂMARA TÉCNICA DE MEDICINA DO TRABALHO, REALIZADA EM 10/11/2015. APROVADA NA 4.710ª REUNIÃO PLENÁRIA REALIZADA EM 08/03/2016.

ANEXO 2 – Tabelas com as concentrações de metais nas águas e solos coletados em 14 pontos. Notem que apenas um dos 14 pontos das amostras respectivas contem níquel acima dos limites da CONAMA, contrariando o Relatório do ISS.

Tabela 4. Média e desvio padrão das concentrações de metais (mg/Kg⁻¹) nas águas superficiais dos 14 pontos amostrais que apresentaram girinos. (*) Ponto com contato direto do rejeito. Algarismos em negrito indicam maiores concentrações..

Ponto	Al	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Ti	Zn
1	72,17 ± 3,19	29,33 ± 1,33	7,82 ± 5,29	0,50 ± 0,33	615,30 ± 12,22	6,49 ± 0,15	2,10 ± 1,38	0,97 ± 0,22	0,53 ± 0,01	4,38 ± 0,11
2*	15,34 ± 8,43	9,23 ± 3,44	4,27 ± 1,21	0,25 ± 0,16	48,87 ± 17,85	129,88 ± 66,03	4,71 ± 5,76	0,37 ± 0,17	0,18 ± 0,04	2,49 ± 1,35
3	13,91 ± 0,68	1,56 ± 0,15	1,17 ± 0,12	0,27 ± 0,04	133,21 ± 7,64	7,16 ± 0,77	0,31 ± 0,06	0,40 ± 0,03	0,16 ± 0,00	2,04 ± 0,09
4*	11,40 ± 1,59	3,00 ± 0,53	1,16 ± 0,25	0,46 ± 0,26	20,09 ± 1,94	4,12 ± 0,91	0,32 ± 0,09	0,14 ± 0,02	0,11 ± 0,01	1,40 ± 0,23
5*	28,09 ± 6,85	6,50 ± 0,74	1,70 ± 0,13	0,28 ± 0,02	306,24 ± 53,83	70,59 ± 10,20	0,39 ± 0,01	0,49 ± 0,11	0,70 ± 0,12	3,28 ± 0,64
6	7,35 ± 0,63	1,55 ± 0,35	1,78 ± 0,50	2,76 ± 0,96	19,46 ± 2,63	9,62 ± 0,55	0,40 ± 0,09	0,27 ± 0,02	0,18 ± 0,07	3,29 ± 0,21
7*	9,21 ± 2,10	3,58 ± 0,52	1,60 ± 0,56	0,47 ± 0,18	19,71 ± 2,10	9,00 ± 0,53	0,30 ± 0,14	0,19 ± 0,11	0,14 ± 0,00	4,62 ± 1,24
8*	14,37 ± 1,29	4,11 ± 0,15	1,77 ± 0,06	0,38 ± 0,01	42,42 ± 12,45	13,68 ± 1,01	0,27 ± 0,03	0,46 ± 0,05	0,26 ± 0,03	3,67 ± 0,27
9*	34,43 ± 4,99	4,07 ± 0,07	2,13 ± 0,49	0,46 ± 0,05	35,04 ± 2,18	8,93 ± 0,18	0,43 ± 0,20	0,33 ± 0,03	0,37 ± 0,01	4,79 ± 0,19
10	15,00 ± 0,46	3,63 ± 0,00	2,87 ± 0,15	0,39 ± 0,05	77,80 ± 1,20	8,19 ± 0,06	0,54 ± 0,48	0,32 ± 0,05	0,39 ± 0,05	4,51 ± 0,24
11	13,29 ± 0,85	2,55 ± 0,23	6,42 ± 2,60	0,35 ± 0,04	93,77 ± 11,91	8,30 ± 0,44	0,90 ± 0,79	0,14 ± 0,00	0,23 ± 0,01	4,04 ± 0,19
12	10,19 ± 1,03	2,47 ± 0,16	0,98 ± 0,08	0,37 ± 0,01	95,66 ± 1,15	6,68 ± 0,18	0,37 ± 0,06	0,18 ± 0,08	0,20 ± 0,05	5,33 ± 0,90
13	10,24 ± 0,48	2,65 ± 0,05	2,53 ± 0,09	25,19 ± 0,46	63,73 ± 0,04	8,47 ± 0,16	13,26 ± 0,08	22,31 ± 0,09	0,38 ± 0,01	34,08 ± 0,49
14*	13,06 ± 0,12	5,51 ± 0,61	1,77 ± 0,65	1,37 ± 0,77	141,36 ± 0,05	25,32 ± 1,30	0,61 ± 0,01	0,37 ± 0,23	0,24 ± 0,01	6,71 ± 1,49

Tabela 5. Concentração média de metais na água de acordo com o CONAMA 454/2012, para águas da qualidade classe 3 (águas para abastecimento humano após tratamento convencional ou avançado, entre outros).

	Al	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Ti	Zn	Pb
CONAMA 454/2012 (mg/L)	0,2 ^d	1,0 ^t	0,01 ^t	0,05 ^t	0,013 ^d	5,0 ^d	0,5 ^t	0,025 ^t	NI	5,0 ^t	0,033 ^t

NI= não informado; d=metais dissolvidos; t=metais total

Tabela 6. Média das concentrações de metais em sedimentos dos 14 pontos amostrais. (*) Ponto com contato direto do rejeito. Algarismos em negrito indicam maiores concentrações.

Ponto	Al	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Ti	V	Zn
1	0,33% ± 0,17%	11,27 ± 6,51	2,36 ± 1,35	0,38 ± 0,16	0,16% ± 0,08%	7,94 ± 4,15	2,37 ± 1,62	2,87 ± 1,17	166,27 ± 64,66	8,14 ± 3,84	4,49 ± 2,40
2*	0,05% ± 0,00%	8,98 ± 1,49	6,97 ± 0,76	1,05 ± 0,10	0,48% ± 0,04%	95,22 ± 11,71	2,29 ± 0,23	2,99 ± 0,33	34,80 ± 0,70	4,35 ± 0,69	8,03 ± 1,56
3	0,83% ± 0,35%	7,23 ± 0,70	52,43 ± 19,68	10,50 ± 3,20	0,70% ± 0,70%	47,19 ± 16,01	3,55 ± 1,19	9,02 ± 1,80	277,76 ± 110,04	44,52 ± 11,05	15,58 ± 1,64
4*	0,17% ± 0,02%	20,41 ± 2,41	19,75 ± 2,42	4,87 ± 1,61	12,83% ± 1,59%	517,88 ± 145,38	3,61 ± 0,46	19,78 ± 3,05	65,68 ± 8,11	8,69 ± 1,15	23,03 ± 3,40
5*	0,22% ± 0,02%	26,12 ± 1,92	22,62 ± 8,76	3,97 ± 2,17	1,36% ± 0,31%	84,37 ± 3,48	3,11 ± 0,20	5,73 ± 0,53	228,92 ± 16,48	11,27 ± 0,01	15,26 ± 1,95
6	0,62% ± 0,00%	27,65 ± 0,67	36,53 ± 1,13	7,98 ± 0,11	21,95% ± 1,26%	1161,36 ± 67,67	10,27 ± 0,43	30,32 ± 1,64	160,23 ± 2,51	28,31 ± 0,49	34,06 ± 0,83
7*	2,04% ± 0,17%	43,09 ± 17,61	100,70 ± 2,29	13,12 ± 1,68	21,26% ± 0,29%	1805,40 ± 995,92	12,69 ± 1,48	36,24 ± 1,70	175,25 ± 32,19	31,03 ± 0,89	35,06 ± 2,35
8*	0,34% ± 0,05%	25,17 ± 0,143	23,64 ± 0,60	3,08 ± 0,25	22,74% ± 1,47%	502,15 ± 12,51	4,75 ± 0,25	30,69 ± 2,43	112,90 ± 12,33	12,55 ± 0,87	32,77 ± 0,55
9*	0,15% ± 0%	13,63 ± 0	15,47 ± 0	2,01 ± 0	8,14% ± 0%	276,38 ± 0	3,19 ± 0	14,08 ± 0	60,40 ± 0	6,21 ± 0	14,81 ± 0
10	1,27% ± 0,10%	37,37 ± 1,80	49,26 ± 1,75	8,00 ± 0,26	3,77% ± 0,40%	145,49 ± 11,97	4,84 ± 0,16	30,32 ± 2,86	800,59 ± 45,01	75,86 ± 6,38	27,76 ± 2,02
11	5,90% ± 0,47%	23,89 ± 0,08	627,98 ± 48,83	54,84 ± 0,41	9,03% ± 0,72%	235,95 ± 3,49	113,89 ± 1,39	27,94 ± 0,51	1121,73 ± 13,51	147,00 ± 0,11	36,04 ± 0,64
12	0,72% ± 0,30%	13,48 ± 3,17	110,84 ± 28,57	10,00 ± 2,37	1,50% ± 0,49%	45,66 ± 10,62	12,25 ± 3,03	7,54 ± 1,27	126,00 ± 32,64	25,87 ± 6,46	14,16 ± 3,75
13	3,06% ± 0,36%	39,62 ± 6,61	105,15 ± 3,11	8,13 ± 0,02	5,24% ± 0,48%	252,25 ± 8,16	9,85 ± 0,44	24,48 ± 0,51	244,21 ± 40,42	57,47 ± 0,29	31,77 ± 2,01
14*	4,09% ± 0%	126,26 ± 0	126,19 ± 0	34,96 ± 0	9,34% ± 0%	921,04 ± 0	35,77 ± 0	42,26 ± 0	1209,80 ± 0	101,74 ± 0	83,62 ± 0

Algarismos em negrito indicam maiores concentrações

Tabela 7. Concentração média permitida de metais em sedimentos de acordo com o CONAMA 454/2012.

	Al	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Ti	Zn	Pb
CONAMA 454/2012 (mg/Kg)	NI	NI	0,6- 3,5	37,3- 90	35,7- 197	NI	NI	18- 35,9	NI	123- 315	35- 91,3

NI= Não informado; Nível 1- limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; b. Nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

ANEXO 3 – Caracterização do rejeito na Barragem do Fundão e as concentrações de níquel em 2016 e 2018. Notem que o níquel não consta da composição do rejeito.

CARACTERIZAÇÃO do REJEITO

ESTUDO GEOQUÍMICO – BARRAGEM DE FUNDÃO - GOLDER

Parâmetros	Unidade	VRQ COPAM 166	VP COPAM 166	VI Agrícola COPAM 166	VI Industrial COPAM 166	Barragem de Germano				Barragem de Fundão					
						Rejeito				Solo					
						Composta AE	Composta B3	Composta CT	Composta DA	T143	T144	T145	T146	T147	T148
Fósforo	mg/kg	-	-	-	-	59,7	174,3	138,3	93,5	25	31,2	27,1	70,2	28,4	136,6
Lítio	mg/kg	-	-	-	-	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,3	< 11,8	< 10,7	< 11,7	< 10,6	< 15,3
Magnésio	mg/kg	-	-	-	-	110	113	106	92,2	46,6	45,6	44,8	75,8	57,6	76,8
Manganês	mg/kg	-	-	-	-	141	553	242	265	136	112	130	192	127	274
Mercurio	mg/kg	0,05	0,5	12	36	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,103	< 0,118	< 0,107	< 0,117	< 0,106	< 0,153
Molibdênio	mg/kg	0,9	30	50	100	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Níquel	mg/kg	21,5	30	70	100	3,2	< 3	< 3	< 3	< 3	8,22	< 3	6,78	< 3	8,78
Nitrogênio	mg/kg	-	-	-	-	46	71,9	44,3	39,5	16,9	28,2	18,9	115,5	18,8	307,6
Potássio	mg/kg	-	-	-	-	63,9	95,9	81,9	100	< 20	32,7	27,9	547	39,7	570
Prata	mg/kg	0,45	2	25	50	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio	mg/kg	0,5	5	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Sódio	mg/kg	-	-	-	-	137	185	207	90,2	64,4	62,4	41,8	76,8	61,6	75,8
Tálio	mg/kg	-	-	-	-	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Titânio	mg/kg	-	-	-	-	34	71,9	42	47,6	< 20	< 20	23,9	58,8	20,9	67,9
Úrânio	mg/kg	-	-	-	-	< 5,01	< 5,02	< 5,02	< 5,01	< 5,16	< 5,89	< 5,35	< 5,84	< 5,32	< 7,67
Vanádio	mg/kg	129	-	-	-	< 8	10	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	24,9	< 8	38,9
Zinco	mg/kg	46,5	300	450	1000	13	20	17	14,9	5,95	4,95	7,96	14	6,95	17

Obs: amostras coletadas em 2016. Após acidente. Ni abaixo dos valores naturais (VRQ)

10 | FUNDAÇÃO RENOVA | fundacaorenova.org



CARACTERIZAÇÃO do REJEITO

AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA – GRUPO EPA - 2018

Nº do Laudo	1721161/2018	1721162/2018	1721163/2018	1721164/2018	1721165/2018	1721166/2018	1721167/2018				
Amostra do Laboratório	23064/2018 - 1.0	23065/2018 - 1.0	23066/2018 - 1.0	23067/2018 - 1.0	23068/2018 - 1.0	23069/2018 - 1.0	23070/2018 - 1.0				
Nº interno EPA Unid.	ST-01-FUNDAO/EPA/18/0838	ST-01-L-FUNDAO/EPA/18/0839	ST-02-FUNDAO/EPA/18/0840	ST-03-FUNDAO/EPA/18/0841	ST-04-FUNDAO/EPA/18/0842	ST-05-FUNDAO/EPA/18/0843	ST-06-FUNDAO/EPA/18/0844				
Parâmetros Físico-Químicos	VRQ - COPAM 166/2011 ⁽²⁾	VP - COPAM 166/2011 ⁽²⁾	VI Agrícola - COPAM 166/2011 ⁽²⁾	VI Residencial - COPAM 166/2011 ⁽²⁾							
Metais											
Fósforo Total mg/kg					19,9	11,7	15,4	15,4	215,8	262,8	205,1
Lítio Total mg/kg					< 11,8	< 10,9	< 11,5	< 12,7	< 11,7	< 12,2	< 11,2
Magnésio Total mg/kg					< 3,53	< 3,26	< 3,44	< 3,81	< 3,52	4,12	< 3,37
Manganês Total mg/kg					80,7	30,2	43,1	49,6	672,3	555,7	598
Mercurio Total mg/kg	0,05	0,5	12,0	36,0	< 0,012	< 0,011	< 0,011	< 0,013	0,095	0,084	0,053
Molibdênio Total mg/kg	< 0,9	30,0	50,0	100,0	< 2,35	< 2,18	< 2,29	< 2,54	< 2,35	< 2,44	< 2,25
Níquel Total mg/kg	21,5	30,0	70,0	100,0	< 2,35	< 2,18	< 2,29	< 2,54	< 2,35	< 2,44	< 2,25
Potássio Total mg/kg					32,1	15,1	19,4	12,9	23,6	21,2	17,3
Prata Total mg/kg	< 0,45	2,0	25,0	50,0	< 1,76	< 1,63	< 1,72	< 1,91	< 1,76	< 1,83	< 1,69
Selênio Total mg/kg	0,5	5,0	-	-	< 1,76	< 1,63	< 1,72	< 1,91	< 1,76	< 1,83	< 1,69
Sódio Total mg/kg					30	22,1	53,9	30,4	66,9	48,4	44,6
Titânio Total mg/kg					10,6	8,77	8,23	10,3	124,9	74,8	65,5
Vanádio Total mg/kg	129	-	-	-	< 4,71	< 4,35	< 4,59	< 5,08	13,3	8,11	7,57
Zinco Total mg/kg	46,5	300,0	450,0	1000,0	< 5,88	< 5,44	< 5,73	< 6,35	15,3	19	13,1

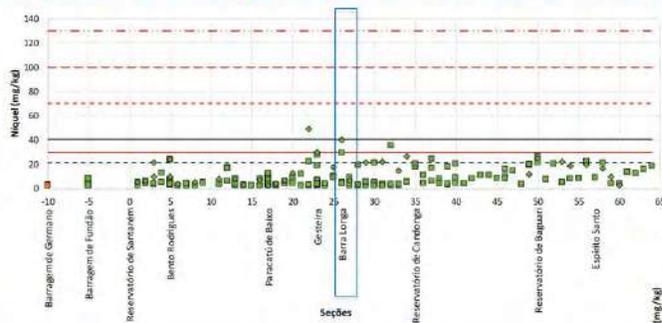
14 | FUNDAÇÃO RENOVA | fundacaorenova.org

ANEXO 4 – Resultados das concentrações de NIQUEL e ARSÊNIO nas amostragens de solo, sedimento, águas superficiais e subterrâneas na região de Barra Longa em 2016 e 2018. Notem que as concentrações em TODAS as amostras estão abaixo dos valores regulatórios.

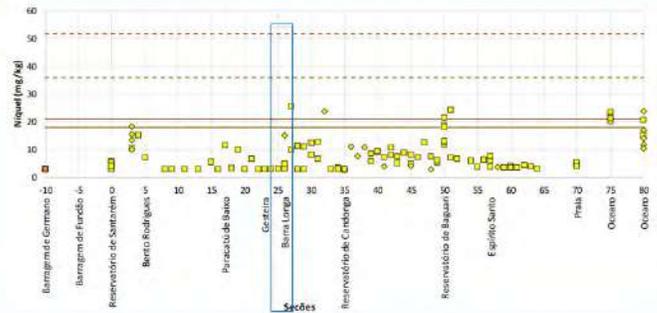
RESULTADOS PÓS ACIDENTE

A seguir estudos que apresentam valores de amostragens de solo, sedimento, águas superficiais e subterrâneas na região de Barra Longa, após o acidente.

ESTUDO GEOQUÍMICO – GOLDER - 2016



SOLO – Níquel
Valores abaixo dos valores regulatórios

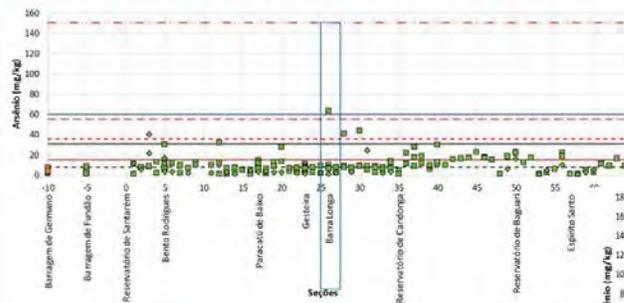


SEDIMENTO – Níquel
Valores abaixo dos valores regulatório

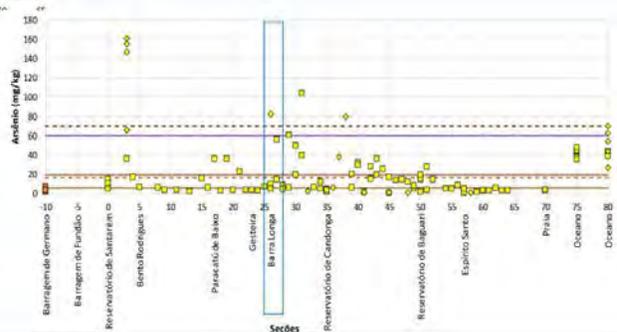
RESULTADOS PÓS ACIDENTE

A seguir estudos que apresentam valores de amostragens de solo, sedimento, águas superficiais e subterrâneas na região de Barra Longa, após o acidente.

ESTUDO GEOQUÍMICO – GOLDER - 2016



SOLO – Arsênio



SEDIMENTO – Arsênio



PARECER TÉCNICO

Avaliação do “Relatório técnico -
Avaliação de Risco à Saúde
Humana metodologia Ministério da
Saúde - Mariana - MG” executada
pela Tecnohidro Engenharia São
Paulo



19 de junho de 2019





Parecer Técnico

Avaliação do “RELATÓRIO TÉCNICO - AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA METODOLOGIA MINISTÉRIO DA SAÚDE - MARIANA - MG” executado pela Tecnohidro

28 páginas, 1 anexo, 2 apêndices

19 de junho de 2019

Coordenação da Avaliação: Gary Krieger, Vice-Presidente, MD, MPH, DABT, DTM&H



ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADES

O presente relatório foi preparado por profissionais qualificados e não poderá ser alterado sem o prévio e expresso consentimento da NewFields e da empresa contratante. Este documento foi elaborado respeitando os termos do pedido e/ou contrato firmado com a empresa contratante e em conformidade com as normas técnicas vigentes e recomendadas pelos órgãos especializados.

As recomendações e conclusões expressas neste relatório são limitadas às condições físicas da área no momento da elaboração deste documento e na veracidade das informações e documentos disponibilizados pela empresa contratante e por terceiros. A NewFields não se responsabiliza pelas recomendações e conclusões expressas neste relatório em caso de mudanças das condições físicas da área e/ou inclusão de informações novas ou complementares posteriores a sua elaboração.

Este relatório é confidencial e destina-se ao uso exclusivo da empresa contratante. Não é permitida a divulgação, reprodução ou utilização parcial das informações e/ou resultados deste documento.



Índice

1.	INTRODUÇÃO.....	6
2.	AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA.....	7
3.	LEVANTAMENTO E AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO LOCAL.....	7
3.1	Antecedentes.....	7
3.2	Aspectos demográficos.....	8
3.3	Uso do solo e recursos naturais.....	8
3.4	Contaminação ambiental.....	9
3.4.1	Definição das áreas de estudo.....	9
3.4.2	Premissas adotadas.....	9
3.4.3	Coleta, Avaliação e Validação dos Dados Ambientais.....	9
3.4.4	Impacto Ambiental.....	10
3.4.5	Consolidação da Análise Espacial das Áreas Alvo.....	11
3.4.6	Concentrações de Background (Nível de Base).....	12
3.5	Rotas ambientais.....	13
3.6	Dados sobre efeitos na saúde.....	13
4.	PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE.....	14
5.	SELEÇÃO DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE.....	15
6.	MECANISMOS DE TRANSPORTE.....	16
7.	IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ROTAS DE EXPOSIÇÃO.....	17
8.	IMPLICAÇÕES À SAÚDE PÚBLICA.....	19
8.1	Análise de Toxicidade.....	19
8.2	Cálculo da Dose de Exposição.....	19
8.2.1	Concentrações no Ponto de Exposição.....	19
8.2.2	Parâmetros Expositivos.....	20
8.2.3	Simulação de Monte Carlo.....	20
8.2.4	Análise Comparativa de Riscos.....	21
8.3	Comparação do Nível de Exposição com “Valores de Referência”.....	22
8.3.1	Considerações Adicionais.....	24
8.4	Risco quando a potabilidade.....	24
8.5	Respostas às preocupações da comunidade.....	25
9.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	26
10.	CONCLUSÃO DO PARECER TÉCNICO.....	27



LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Quadro 4 (Rotas de exposição) das Diretrizes do MS.....	17
---	----



APÊNDICES

Apêndice I – Resumo da avaliação do Relatório EPISUS 2016

Apêndice II – Resumo da avaliação do Relatório EPISUS 2018

ANEXOS

Anexo I – Contestação Crítica ao Relatório do Instituto Saúde e Sustentabilidade de Autoria da Dra. Evangelina Vormittag, acerca do Município de Barra Longa, Estado de Minas Gerais



1. INTRODUÇÃO

Este parecer técnico apresenta a avaliação do “Relatório técnico - Avaliação de risco à saúde humana metodologia Ministério da Saúde - Mariana - MG” (Relatório), elaborado pela empresa Tecnohidro Engenharia São Paulo (Tecnohidro) e entregue à Fundação Renova (Fundação) em 05 de junho de 2019 em versão final.

A Fundação Renova desenvolveu uma estratégia de Gerenciamento Ambiental Integrado para Saúde e Meio Ambiente (GAISMA), no âmbito do Programa de Manejo de Rejeitos, que é baseada no desenvolvimento de estudos de avaliação de risco à saúde humana, ambiental e ecológico. Como parte do GAISMA, este estudo foi desenvolvido com foco na área de saúde. Dentre a gama de metodologias utilizadas no desenvolvimento do Relatório destaca-se a metodologia do Ministério da Saúde (MS) denominada “Diretrizes para a Elaboração de um Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana por Exposição a Contaminantes Químicos” (Diretrizes), publicada em 2010.

A avaliação apresentada neste parecer técnico visa prover suporte técnico para as equipes dos Programas de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada (Programa de Saúde) e Manejo de Rejeitos (Programa de Manejo) da Fundação, fornecendo argumentos técnicos para garantir que a avaliação de risco contratada esteja em conformidade com a metodologia do Ministério da Saúde. Desta maneira, este documento inclui considerações e avaliações realizadas por especialistas em meio ambiente e toxicologia.

Como será discutido neste parecer técnico, o Relatório está estruturado em 12 tópicos principais, os quais são listados a seguir, juntamente com suas seções. As seções 5 a 12 seguem a estruturação proposta pelas Diretrizes.

1. Introdução;
2. Objetivos;
3. Seleção da área de estudo;
4. Premissas adotadas;
5. Levantamento e avaliação da informação local;
6. Preocupação da comunidade com a saúde;
7. Seleção dos contaminantes de interesse;
8. Mecanismos de transporte;
9. Identificação e avaliação de rotas de exposição;
10. Implicações para a saúde pública;
11. Conclusões;
12. Recomendações.

Fazem parte do relatório 8 anexos, os quais incluem: mapas de localização de amostragens, mapas geoquímicos, mapas de interpolação das concentrações, tabelas de concentrações máximas e UCL, dados de entrada da avaliação Monte Carlo, resumo das quantificações de risco e mapas de análise espacial.

Em adicional, o Relatório utiliza as informações, os dados base e os resultados apresentados no “Relatório final de investigação ambiental complementar (fase 2) – Mariana - MG” de abril de



2019 desenvolvido pela empresa EPA Engenharia de Proteção Ambiental Ltda. (Relatório EPA). A NewFields sugere que o Relatório EPA seja incluso como anexo ao Relatório do estudo da ARSH.

Este parecer não avaliará a abordagem de GAISMA, da qual o Relatório faz parte, assim como não avaliará a aplicação das demais metodologias utilizadas na elaboração do Relatório. O objetivo deste documento é avaliar se o conteúdo produzido pela Tecnohidro e apresentado no Relatório atende as preconizações das Diretrizes do Ministério da Saúde.

Apesar deste parecer não tratar das demais metodologias utilizadas nas abordagens do GAISMA, é entendimento da NewFields que estudos relacionados a riscos à saúde humana não tratam denexo de causalidade e, sim, de correlação. Desta maneira, no Relatório da Tecnohidro, o termo “nexo de causal” deve ser substituído - quando aplicável - pelo termo “correlação”.

2. AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA

A metodologia de avaliação de risco à saúde humana foi estabelecida no Brasil pelo Ministério da Saúde, no ano de 2010. Tais Diretrizes se baseiam nas experiências adquiridas pelo MS na aplicação de avaliações de risco utilizando a metodologia desenvolvida pela *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR) e adequação desta metodologia à realidade brasileira. Como consequência, a ATSDR é constantemente mencionada e referenciada nas Diretrizes do MS. Dessa forma, a NewFields realiza a consulta da metodologia de ARSH da ATSDR sempre que não são detalhados procedimentos específicos para componentes de um estudo de avaliação de risco nas Diretrizes do MS.

3. LEVANTAMENTO E AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO LOCAL

Para esta etapa da ARSH, as Diretrizes do MS exigem, em sua Seção 3: avaliação inicial da área; visita a área com acompanhamento dos órgãos de saúde e meio ambiente; estratégia de comunicação; e análise de antecedentes, de aspectos demográficos, do uso do solo, do uso dos recursos naturais, de contaminações ambientais, de rotas ambientais e de dados sobre efeitos na saúde.

Sobre a visita a área, as Diretrizes salientam que “um discurso comum deve fazer parte da retórica de todos que irão ao local, buscando evitar pânico ou informações desajustadas sobre a área de risco.” As Diretrizes requerem que as informações do local sejam validadas quanto as metodologias utilizadas e validade estatística.

3.1 ANTECEDENTES

As Diretrizes requerem que esta análise inclua: histórico da região; dados geográficos; organização político administrativa; e descrição do local contaminado, salientando que “dependendo das dimensões da contaminação, pode-se partir da situação estadual, até o sítio contaminado.”



A subseção 5.1 do Relatório traz informações relativas ao meio físico, meio biótico e informações socioambientais, conforme segue:

- Meio físico: hidrogeologia; dispersão atmosférica; radioatividade; estudos de linha de base para geologia e geotecnia, processos de mineração, solo, clima, sedimentos, água subterrânea e águas superficiais (fluviais, estuarinas e costeiras); monitoramento do Rio Doce e afluentes realizado pelo Igam; e estudo sobre o rejeito coletado no Rio do Carmo;
- Meio biótico: ictiofauna pós rompimento; estudos de linha de base para áreas de conservação, flora, fauna silvestre e ecotoxicologia; parâmetros físico-químicos e metagenômicos na água superficial pós rompimento; e metais em solo e vegetais pós rompimento;
- Socioambientais: danos pós rompimento na qualidade e disponibilidade da água e do solo, e danos materiais, humanos e à biodiversidade; linha de base do patrimônio cultural; impactos pós rompimento às áreas que utilizam sistemas de irrigação com captação subterrânea e superficial; ARSH realizadas pós rompimento.

A NewFields considera que o levantamento de antecedentes das áreas de estudo foi realizado de maneira satisfatória. Entretanto, sugere-se que para os estudos realizados após o rompimento seja descrito como estas informações serão utilizadas para caracterizar os antecedentes das áreas de estudo. Além disso, sugere-se que o item 1.4 do Relatório seja apresentado nesta seção, como parte da descrição dos antecedentes.

3.2 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

Seguindo as Diretrizes do MS para ARSH, as populações dos locais de interesse e suas imediações devem ser caracterizadas quanto a distribuição etária, sexo, condições socioeconômicas, culturais, étnicas e atividades comuns nas comunidades (residenciais, recreativas e ocupacionais).

No item 5.2 do Relatório são apresentados dados de caracterização etária, sexo e dados educacionais para Minas Gerais e Mariana. Não são apresentadas no Relatório informações relativas a Barra Longa, assim como não são apresentadas informações sobre condições socioeconômicas, culturais, étnicas e atividades comuns nas comunidades. Desta maneira, o Relatório traz informações insuficientes para a compreensão dos aspectos demográficos de Mariana e Barra Longa.

3.3 USO DO SOLO E RECURSOS NATURAIS

Como o uso do solo influencia diretamente o contato da população com as possíveis fontes de contaminação, as Diretrizes do MS recomendam as seguintes avaliações: acessibilidade aos locais; uso e ocupação do solo para fins residenciais, agrícolas, comerciais e industriais; presença de escolas, hospitais, creches e asilos; locais de disposição de resíduos e descartes; usos recreativos; usos futuros planejados; localização de fontes públicas e privadas de abastecimento de água; localização de sistemas de drenagem; áreas agropecuárias circunvizinhas e biota.

No item 5.3 do Relatório, a Tecnohidro descreve de maneira satisfatória as áreas em estudo com base no Relatório da empresa EPA. Esta descrição inclui: uso e ocupação do solo, infraestrutura das comunidades e principais atividades.



3.4 CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

3.4.1 Definição das áreas de estudo

Na seção 3 do Relatório são apresentadas as definições para as regiões de exposição, conforme segue: Região de Exposição Direta (RED); Região de Exposição Indireta (REI); e Região de Não Exposição (RNE). Nesta seção também são apresentadas as três Áreas Alvo (AA) de estudo da ARSH.

A Tecnohidro não descreve os critérios de definição das regiões de exposição e das áreas alvo. Além disso, não é explicado por que um trecho da área de estudo (Figura 3 do Relatório) não foi incluso nas áreas alvo. A NewFields entende que as informações de definição das áreas de exposição e das áreas alvo devem ser inclusas no relatório, trazendo clareza e transparência para análise dos dados.

Apesar do Relatório não apresentar esta descrição, a NewFields entende que as RNEs representam as localidades de referências definidas na seção 5.2 “Revisão dos Níveis de Concentração” das Diretrizes do MS:

“As localidades de referência representam áreas no local ou fora dele que não estão contaminadas. Nestas localidades podem ser obtidas amostras de cada compartimento ambiental que tenham as mesmas características básicas do compartimento ambiental de interesse do local de risco. Para determinar as localidades de referência é necessário o conhecimento sobre a história do local, as emissões e despejos, os caminhos existentes no local ou suas plumas de contaminação (se estão localizados encosta acima, se são contra os ventos, corrente acima, etc.).”

A NewFields sugere que o texto traga esta definição.

3.4.2 Premissas adotadas

Na seção 4 do Relatório são apresentadas as premissas utilizadas no estudo de ARSH, dentre as quais está a descrição de risco aceitável (subseção 4.1). A NewFields sugere que sejam inclusas as referências bibliográficas que sugerem a utilização destes valores.

3.4.3 Coleta, Avaliação e Validação dos Dados Ambientais

As Diretrizes do MS para ARSH requerem que o estudo contemple um “levantamento das substâncias químicas e suas concentrações” em cada compartimento ambiental das áreas em estudo. Além disso, as Diretrizes especificam no item 5.3 os requisitos mínimos para avaliação de dados ambientais e técnicas de amostragem, e no item 5.8 como determinar se os dados ambientais são representativos e confiáveis.

Embora estabeleça o que precisa ser verificado, as Diretrizes não descrevem quais parâmetros específicos são necessários para validar cada requisito de avaliação dos dados ambientais. No entanto, a ATSDR - constantemente mencionada nas Diretrizes do Ministério da Saúde - estabeleceu explicitamente os parâmetros para validação de cada um desses requisitos no Capítulo 5 do seu manual de avaliação de risco à saúde pública “*Public Health Assessment Guidance Manual (Update)*” (ATSDR, 2005), mencionando as técnicas de amostragem padronizadas da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e os procedimentos laboratoriais necessários.



Como o Brasil possui seus próprios procedimentos padronizados de amostragem e análises laboratoriais, eles devem ser usados para verificar os requisitos de validação dos dados ambientais mencionados nas seções 5.3 e 5.8 das Diretrizes do MS para ARSH.

Os mapas de localização dos pontos de coleta de amostras, apresentados no Anexo 2 do Relatório Final, permitem adequada visualização da abrangência das campanhas de amostragem realizadas nas áreas alvo. Com o objetivo de reforçar à qual tipo de amostra os mapas correspondem, sugere-se que seja evitado o uso de abreviações na legenda dos mapas.

3.4.3.1 Métodos de Coleta de Amostras

O primeiro parágrafo da seção 5.4.1.2.6 (poeira domiciliar) e da seção 5.4.1.2.7 (raspagem de parede) afirma que “os trabalhos de coleta de água superficial em Mariana – MG (...)”. A frase deve ser corrigida para especificar as amostras de poeira domiciliar e raspagem de parede, respectivamente.

As seções 5.4.1.2.6 (poeira domiciliar), 5.4.1.2.7 (raspagem de parede), 5.4.1.2.8 (leite bovino), 5.4.1.2.9 (ovos), 5.4.1.2.10 (vegetais, tubérculos e hortaliças) e 5.4.1.2.11 (frutas) apresentam parágrafos que dizem que “a coleta de amostras de controle de qualidade (branco e duplicatas) seguiu procedimento estabelecido na norma ABNT NBR 16.435:2015 – Controle de qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas – Procedimento, e pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011).” Os parágrafos precisam ser esclarecidos, pois ambas as normas não estabelecem procedimentos específicos de controle de qualidade para tais matrizes.

3.4.3.2 Controle de Qualidade Analítica Laboratorial

As Diretrizes do MS para ARSH salientam que os dados ambientais devem ser avaliados para validação antes de serem utilizados no estudo de avaliação de risco. Em sua seção 5.3.2, é citado como parte integrante da avaliação dos dados e técnicas de amostragem:

“A Revisão Resumida de Dados é elaborada pela equipe de campo. Este resumo documenta a validade dos tempos de conservação das amostras, o desempenho dos instrumentos, calibração, brancos, recuperação substituta, recuperação das adições de padrões a uma matriz e identificação do composto.”

A discussão dos resultados de amostras duplicatas e brancos de campo descritas na Seção 5.4.1.3 do Relatório está de acordo com as normas brasileiras para controle de qualidade da amostragem ambiental.

Não foi verificada a coleta de amostras de branco de equipamento, recomendadas para verificação da eficiência do processo de descontaminação dos equipamentos utilizados para coleta de amostras, conforme o “Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras” da Agência Nacional de Águas (ANA).

3.4.4 Impacto Ambiental

A Seção 5.4.3 do Relatório (Impacto Ambiental) apresenta os resultados das análises laboratoriais das amostras coletadas durante os serviços de campo executados para o estudo. A NewFields sugere que o título da seção seja alterado para “Resultados Analíticos e Avaliação Espacial” para refletir diretamente o tema abordado na seção.



Os seguintes pontos devem ser corrigidos na Seção 5.4.3 do Relatório:

- Na página 165 é necessário corrigir o título do Gráfico 10, o qual apresenta as concentrações de Manganês, não de ferro;
- O outlier detectado na RNE da Área Alvo 2 para cromo é 204 mg/kg e não 188 mg/kg conforme indicado no Relatório (página 172);
- As subseções da Seção 5.4.3.2 estão com título errado, referenciando serem resultados de solo superficial, sendo o correto solo subsuperficial;
- Na página 176 a descrição dos resultados de bário foi feita utilizando os dados do arsênio;
- Na discussão sobre os resultados das amostras de solo subsuperficial da Área Alvo 2, os resultados reportados acima dos valores de referência e respectivas amostras para alumínio, bário e arsênio não estão corretos (página 181);
- Na discussão sobre avaliação espacial dos dados de solo subsuperficial da Área Alvo 2, o níquel é incluído como composto que não apresentou excedência para o valor de referência no solo subsuperficial das amostras coletadas, porém, foi detectada excedência (página 190);
- Na discussão sobre os resultados das amostras de solo subsuperficial da Área Alvo 3, não é discutida a excedência observada para níquel (página 190);
- Na página 233 a descrição dos resultados do antimônio foi feita utilizando os dados de arsênio;
- Na página 244, o resultado de manganês da amostra ASP-11 não é compatível com a Tabela 30;
- Na página 270, o resultado de ferro da amostra ASB-10 não é compatível com a Tabela 37;
- A Tabela 68 está sem título (página 387).

3.4.5 Consolidação da Análise Espacial das Áreas Alvo

A NewFields considera que a abordagem apresentada nessa seção é também um ponto chave do Relatório. Para adicionar transparência ao critério utilizado para se determinar que um elemento químico está associado à composição química dos rejeitos da barragem de Fundão, recomenda-se que essa seção seja apresentada após a discussão dos níveis de concentração basal na região de estudo. Dessa forma, será possível discutir que os metais que apresentam concentrações nos rejeitos menores que os níveis de concentração basal para os compartimentos ambientais *solo* e *sedimento* estariam relacionados às concentrações naturais da região estudada e não à composição química dos rejeitos.

A Tecnohidro define que o alumínio é um composto relacionado ao rompimento e, em diversas partes do Relatório, afirma que “as concentrações (de alumínio) na RED são relativamente menores que as encontradas na RNE, tanto em subsuperfície quanto em profundidade.” Em concordância, as conclusões referentes ao modelo conceitual, apresentadas na seção 11.3 do Relatório, informam que:

“Referente ao Modelo Conceitual Atualizado: As SQI válidas associadas direta ou indiretamente ao evento, de acordo com os resultados obtidos no presente estudo,



foram Alumínio, Ferro e Manganês nos compartimentos de solo, sedimento e água superficiais; De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, os riscos quantificados para Ferro e Manganês para os cenários na RED referentes aos compartimentos de solo, sedimento e água superficiais podem ser associados ao evento; **De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, os riscos quantificados para as outras SQI válidas, tanto para os cenários na RED, quanto os cenários na RNE, não podem ser associados ao evento.**”

A NewFields sugere que as conclusões a respeito da correlação entre o rompimento e as concentrações de alumínio detectadas (destacadas no trecho acima) sejam enfatizadas ao longo do Relatório, não apenas nas conclusões.

3.4.6 Concentrações de Background (Nível de Base)

A discussão sobre os níveis de concentração basal nas áreas de estudo está adequada e adiciona ao estudo pontos importantes recomendados pelas Diretrizes do MS. A NewFields recomenda que seja utilizado o termo “nível de concentração basal” quando se faz referências às concentrações de background, garantindo a utilização do mesmo termo definido nas Diretrizes do MS.

3.4.6.1 Solo

As discussões sobre os níveis de concentração basal (concentrações background) no solo são um ponto chave do relatório.

Sugere-se que seja indicado no texto e na Tabela 72 (Comparação de Concentrações de Background de Solo) à qual tipo de amostra de solo as concentrações de background foram definidas: solo superficial, solo subsuperficial, ou ambos. Adicionalmente, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 72, entende-se que as concentrações apresentadas para cada uma das regiões de exposição nas áreas alvos são as máximas concentrações detectadas nas amostras de solo superficial coletadas. Sugere-se que isso seja explicitado no texto da subseção ou no título da tabela.

3.4.6.2 Sedimentos

Na subseção de discussão dos níveis de concentração basal nos sedimentos, sugere-se que seja indicado no texto e na Tabela 73 (Comparação de Concentrações de Background de Sedimento), à qual tipo de amostra de sedimento as concentrações basais foram definidas: sedimento superficial, sedimentos subsuperficial, ou ambos.

Adicionalmente, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 73, entende-se que as concentrações apresentadas para cada uma das regiões de exposição nas áreas alvos são as máximas concentrações detectadas nas amostras de sedimento superficial coletadas. Sugere-se que isso seja explicitado no texto da subseção ou no título da tabela.

3.4.6.3 Água Superficial

Na página 410, não é especificado se os valores de background definidos para manganês são para a fração total ou dissolvida, sugerindo-se que seja indicada essa fração.



3.5 ROTAS AMBIENTAIS

Seguindo o exposto nas Diretrizes do MS para ARSH, as características ambientais da área podem interferir nas rotas de exposição. Dessa forma, as Diretrizes definem que algumas informações são:

“essenciais, tais como: topografia; tipo e localização de solo na maior escala possível; cobertura dos solos - que influenciará na infiltração e, conseqüentemente na velocidade de escoamento superficial; precipitação anual; temperatura; e hidrogeologia e a localização dos corpos superficiais em relação à área contaminada.”

As descrições dessas características ambientais são satisfatoriamente apresentadas pela Tecnohidro.

3.6 DADOS SOBRE EFEITOS NA SAÚDE

Em relação as informações sobre os efeitos na saúde, a metodologia do MS para ARSH afirma que:

“A equipe de avaliadores deverá estar familiarizada com a informação do local disponível e a utilidade que esta tem para conduzir a avaliação de saúde. Até onde seja possível, devem-se investigar as preocupações da comunidade com sua saúde e buscar dados sobre efeitos na saúde provocados pelas condições ambientais.”

O Anexo I das Diretrizes apresenta possíveis fontes para a verificação destas informações.

A Tecnohidro apresenta a avaliação de dados sobre efeitos na saúde utilizando as mesmas referências apresentadas pela empresa Ambios Engenharia e Processos (Ambios) e abordadas no “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG” (Relatório Final Ambios), o qual foi analisado pela NewFields no parecer técnico “Parecer Técnico – Avaliação do ‘Estudo de ARSH em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão’” (Parecer Técnico ARSH Ambios).

Desta maneira, destaca-se que o Relatório avalia 4 estudos de saúde relacionados às áreas estudadas:

- 1) EPISUS, 2016: “*Estudo sobre o Perfil Epidemiológico da População de Barra Longa – MG, Pós-Desastre, 2016*”. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS (análise apresentada no Apêndice I);
- 2) EPISUS, 2018: “*Dois anos pós-desastre da barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG, 2018*”. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS (análise apresentada no Apêndice II);
- 3) ISS e Greenpeace, 2017: “*Avaliação dos riscos em saúde da população de Barra Longa/MG afetada pelo desastre*” (análise apresentada no Anexo I);
- 4) ISS, 2018: “*Resultados de Exames Toxicológicos - Proposta de Novos Estudos - Contextualização sobre os Metais encontrados*” (análise apresentada no Anexo I).

Conseqüentemente, assim como descrito no parecer técnico da ARSH realizada pela Ambios, a NewFields considera satisfatório o levantamento de informações sobre os efeitos na saúde da população das áreas em estudo.



4. PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE

As Diretrizes do MS para ARSH, em sua Seção 4, determinam que o levantamento das preocupações da comunidade deverá ser realizado em três fases distintas: preparatória (antes de visitar a área); visita à área; e socialização das informações da ARSH. As preocupações da comunidade com a sua saúde subsidiam as implicações à saúde pública e norteiam a comunicação do risco às populações expostas.

As Diretrizes do MS descrevem que a fase preparatória serve para mapear os diferentes atores da comunidade, “definir a estratégia de comunicação, antes de visitar o local, assim como a metodologia que será aplicada para levantar as preocupações da comunidade”, estabelecer canais de comunicação, e explorar técnicas e métodos para validar as informações da população.

Sobre as visitas as áreas, as Diretrizes afirmam que:

“Durante a realização das visitas à área, pode-se perceber a necessidade de levantar informações junto à população, utilizando-se de instrumentos de investigação, tais como, formulários, questionários e entrevistas. A necessidade de uso desses instrumentos precisa ser bem avaliada, pois implica no desenho de um estudo de investigação que, para ser construído e validado, necessita da seleção da área, bem como da amostra da população e realização de um teste piloto.”

A Tecnohidro utilizou em seu estudo de ARSH o levantamento de preocupações da comunidade elaborado pela Ambios no desenvolvimento do estudo de ARSH apresentado no “Relatório Final Ambios”. Desta maneira, a mesma análise apresentada pela NewFields no “Parecer Técnico ARSH Ambios” é aplicável:

“A Ambios realizou a articulação com as comunidades com o auxílio dos Agentes Comunitários de Saúde e visitou as áreas com o acompanhamento de profissionais das Secretarias Estaduais e/ou Municipais de Saúde. Conforme sugerido pelas Diretrizes do MS, que salientam que cada área de estudo possui características próprias, a Ambios tratou das preocupações de Mariana e Barra Longa de forma distinta. Novamente, apesar de não estar descrito no Relatório Final o processo de construção e validação da seleção da área e da amostra da população, a NewFields conclui – com base na descrição das visitas às áreas de estudo – que esta etapa foi realizada. Sugere-se trazer estas informações em mais detalhes para o Relatório Final, não deixando dúvidas de sua execução.

Em ambas as comunidades a Ambios realizou entrevistas e rodas de conversa com os moradores, e analisou os dados por meio da metodologia de Análise de Conteúdo (CAREGNATO & MUTTI, 2006). Não fica evidenciado no relatório a execução do teste piloto dos questionários aplicados nas entrevistas (conforme recomendado pelas Diretrizes e descrito anteriormente). Entretanto, a NewFields entende que os questionários foram aplicados como guias das conversas, não em um formato fixo de perguntas e respostas, o que dispensaria a aplicação do teste piloto.

Desta maneira, a NewFields entende que a etapa de levantamento das preocupações da comunidade foi realizada de maneira satisfatória, sendo recomendado, apenas, um maior detalhamento das fases descritas nas Diretrizes.”



Portanto, as preocupações levantadas foram:

- Mariana:
 - Saúde da população atingida: predominantemente relacionadas à saúde mental, dengue e febre amarela;
 - Consumo de água e alimentos: predominantemente relacionadas ao consumo de água, frutas, legumes, verduras, ovos e leite;
 - Meio ambiente e saúde: predominantemente relacionadas à exposição a poeira (intensificada pelo aumento no fluxo de veículos) e a problemas dermatológicos, respiratórios, alérgicos, sinusites, coceiras e câncer;
 - Condições e qualidade de vida: predominantemente relacionadas à saúde mental.
- Barra Longa:
 - Saúde da população atingida: predominantemente relacionadas à saúde mental e labirintite, reações alérgicas dermatológicas e respiratórias, dengue, febre amarela, diarreia e Alzheimer;
 - Consumo de água e alimentos: predominantemente relacionadas ao consumo de água, frutas, legumes, verduras, ovos, leite e carne;
 - Peixes do rio e saúde: relacionada ao consumo de pescados do rio;
 - Meio ambiente e saúde: predominantemente relacionadas à exposição a lama, a poeira (intensificada pelo aumento no fluxo de veículos) e a problemas dermatológicos, respiratórios, alérgicos, oftalmológicos, coceiras e câncer;
 - Condições e qualidade de vida: predominantemente relacionadas à saúde mental.

5. SELEÇÃO DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE

A seleção de contaminantes de interesse foi feita comparando os resultados analíticos obtidos a valores de referência adotados para cada compartimento ambiental. A seleção foi baseada na concentração máxima detectada para cada elemento químico em todos os compartimentos amostrados nas campanhas de amostragem da Ambios. As concentrações dos metais analisados nas amostras coletadas são apresentadas em tabelas, conforme recomendação das Diretrizes do MS para ARSH.

Os valores de referência utilizados foram:

- Água para consumo humano e água subterrânea: Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (Padrão de Potabilidade Brasileiro);
- Água superficial: Resolução CONAMA nº 357/2005;
- Alimentos: ANVISA RDC nº 42/2013 e FAO Codex Alimentarius;
- Sedimentos: Resolução CONAMA nº 454/2012 – Nível 1;



- Solo: Resolução CONAMA nº 420/2009 – Valores de Investigação;
- Poeira: Resolução CONAMA nº 420/2009 – Valores de Investigação em Solo.

A Tecnohidro conclui adequadamente a seleção de contaminantes de interesse após a comparação com os valores de referência. Entretanto, a NewFields sugere algumas adequações, conforme descrito a seguir.

Com o objetivo de dar transparência ao processo de seleção de contaminantes de interesse, sugere-se indicar a fonte na qual são baseados os critérios da segunda seleção de contaminantes de interesse (Seção 7, páginas 482 e 483), e detalhar como o item (3) foi validado.

É de entendimento da NewFields que os metais que apresentam concentrações nos rejeitos menores que os níveis de concentração basal para os compartimentos ambientais *solo* e *sedimento* estariam relacionados às concentrações naturais da região estudada e não à composição química dos rejeitos. Adicionalmente, a NewFields interpreta que os metais que podem ser associados ao evento seriam aqueles que apresentaram concentrações nas regiões diretamente e indiretamente afetadas maiores que os locais de referência estudados (regiões de não exposição) e maiores que os níveis de concentração basal definidos no estudo. Esse não é o caso para alumínio, que conforme detalhado no próprio relatório, possui as menores concentrações nas REDs. Dessa forma, entende-se que alumínio não deve ser considerada uma SQI associada ao rompimento.

As Diretrizes do MS e a ATSDR entendem que a seleção de contaminantes de interesse é um processo de triagem, que visa evidenciar e focar o desenvolvimento da ARSH nos compostos que excedem os padrões legais selecionados. A Tecnohidro opta por desenvolver as etapas seguintes da ARSH para todos os compostos analisados na campanha de amostragem. Essa é uma abordagem conservadora e não é tratada em detalhes pelas referências metodológicas (Diretrizes do MS e ATSDR), entretanto, não há contra indicações de seu uso. A NewFields recomenda que a ARSH seja desenvolvida apenas para os contaminantes de interesse selecionados, visando uma ARSH focada em compostos que possam representar risco à saúde humana. Além disso, restringir a análise aos contaminantes de interesse pode representar uma oportunidade de otimização de tempo e custos relacionados a elaboração do estudo.

Complementarmente, nesse mesmo sentido, a NewFields recomenda que sejam salientados quais compostos apresentaram excedências para cada área alvo e compartimento ambiental amostrado.

As Diretrizes do MS em sua Seção 5.1.1, afirmam que na etapa de seleção de contaminantes de interesse, “o avaliador deve assinalar as tendências ao discutir os dados (...) Considerando, de forma específica, a distribuição espacial, os ‘pontos críticos’, as mudanças de concentração no tempo e as diferenças de contaminação entre os compartimentos ambientais.” A NewFields entende que a Tecnohidro aborda adequadamente esse requisito.

6. MECANISMOS DE TRANSPORTE

De acordo com a seção 5.5 das Diretrizes do MS para estudos de ARSH, “os mecanismos de transporte indicam como cada contaminante de interesse, devido às suas características físico-químicas e às condições ambientais existentes no local, migram desde as fontes de emissão até os pontos onde a exposição humana pode ocorrer.” A NewFields entende que a descrição dos mecanismos de transporte está apresentada na seção 10.1.3 (Perfis Toxicológicos) do Relatório, e



que a seção 8 (Mecanismos de Transporte) apresenta a discussão sobre as fontes de contaminação e os compartimentos ambientais selecionados.

Desta maneira, a NewFields sugere que a discussão dos mecanismos de transporte seja apresentada na seção 8 e a discussão a respeito das fontes e compartimentos ambientais seja apresentada na seção 9 (Identificação e avaliação de rotas de exposição).

7. IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ROTAS DE EXPOSIÇÃO

Conforme a seção 6 das Diretrizes do MS, “uma rota de exposição é um processo que permite o contato dos indivíduos com os contaminantes originados em uma fonte de contaminação”, sendo necessariamente composta por cinco elementos: (1) fonte de contaminação; (2) compartimento ambiental; (3) ponto de exposição; (4) via de exposição; e (5) população receptora. Além disso, a seção também traz a definição de rotas potenciais e completas.

A Tecnohidro traz a definição das fontes de contaminação e compartimentos ambientais selecionados na seção 8 (Mecanismos de Transporte) do Relatório, porém, conforme salientado na seção 6 deste parecer, a NewFields recomenda que esta discussão seja apresentada na seção 9 (Identificação e avaliação de rotas de exposição). Os demais elementos das rotas de exposição são definidos nas subseções da seção 9.

Para facilitar o entendimento das definições utilizadas pela Tecnohidro, a NewFields sugere que a subseção 9.3 (rotas de exposição e pontos de exposição) seja apresentada antes da subseção 9.2 (vias de ingresso). Também se sugere que o item 9.1 (caracterização das rotas de exposição) seja removido, evitando conflitos de entendimento com o conteúdo apresentado na subseção 9.3.

A seção 9.5 traz a consolidação das rotas de exposição consideradas completas. A NewFields recomenda a apresentação de um resumo destas rotas no formato sugerido pelas Diretrizes (Figura 1).

Figura 1: Quadro 4 (Rotas de exposição) das Diretrizes do MS.

Elementos da rota de exposição						
Rota Nome	Fonte	Meio ambiente	Ponto de Exposição	Via de Exposição	População Receptora	Tempo

As seguintes rotas de exposição não foram consideradas:

- Trabalhadores rurais e comerciais:
 - Água superficial: contato dérmico e ingestão acidental;
 - Consumo de frutas, hortaliças e tubérculos: cultivadas em solo contaminado; irrigadas com água subterrânea contaminada; e, irrigadas com água superficial contaminada;



- Consumo de ovos e leite de animais: criados em solo contaminado; que ingerem água subterrânea contaminada; e que ingerem água superficial contaminada;
- Trabalhadores de obras civis:
 - Sedimento: contato dérmico e ingestão acidental;
 - Água subterrânea: contato dérmico; ingestão; e, ingestão de água de abastecimento público proveniente de água subterrânea;
 - Água superficial: contato dérmico; ingestão acidental; e, ingestão de água de abastecimento público proveniente de água superficial;
 - Consumo de frutas, hortaliças e tubérculos: cultivadas em solo contaminado; irrigadas com água subterrânea contaminada; e, irrigadas com água superficial contaminada;
 - Consumo de ovos e leite de animais: criados em solo contaminado; que ingerem água subterrânea contaminada; e que ingerem água superficial contaminada.

A NewFields entende que estas rotas atendem aos cinco pré-requisitos para estabelecimento de rotas de exposição completas (fonte de contaminação; compartimento ambiental; ponto de exposição; via de exposição; e população receptora) e, desta maneira, elas não deveriam ser excluídas desta análise e das análises subseqüentes. Caso seja de entendimento da Tecnohidro que essas rotas de exposição não são aplicáveis às áreas de estudo, devem ser incluídas as devidas explicações para sua remoção.

Com relação ao modelo conceitual de exposição apresentado na subseção 9.6, sugere-se a inclusão de uma legenda indicando o significado das setas pontilhadas e das diferentes cores utilizadas. Como estas informações não estão disponíveis, não foi realizada uma avaliação detalhada desta representação do modelo conceitual.

Na seção 6.5. - Identificação de Populações Receptoras, as Diretrizes do MS salientam que:

“O último elemento de uma rota de exposição é a população que está potencialmente ou de fato exposta, por meio das vias de exposição, aos contaminantes presentes na área. Cada rota deve ser considerada com relação às populações (trabalhadores, residentes, populações de passagem, pescadores) que devem ser identificadas com a maior precisão possível. Por exemplo, se a única rota de exposição for via solo contaminado em uma área residencial ao longo do limite norte de uma zona de estudo, os residentes de dita área seriam a população de interesse para a rota e não toda comunidade que habitasse em um raio de 1 Km da área de estudo. Entretanto, todos os usuários de um abastecimento de água municipal deveriam ser a população exposta de interesse, caso seja observado a contaminação deste abastecimento. Caso a contaminação tenha sido constatada em um poço privado, a população exposta seria somente a de usuários deste poço.”

O Relatório não apresenta uma discussão em relação a identificação das populações receptoras em Mariana e Barra Longa. Apesar de identificar os tipos de receptores, não apresenta uma delimitação física da área dentro da qual este tipo de receptor é considerado exposto. A NewFields entende que esta delimitação deve ser descrita no Relatório.



8. IMPLICAÇÕES À SAÚDE PÚBLICA

8.1 ANÁLISE DE TOXICIDADE

De acordo com a Seção 7.1.6 das Diretrizes do Ministério da Saúde, dentre os valores de referência de saúde (diretrizes de saúde) a serem utilizados para comparação das doses de exposição estimadas no estudo de avaliação de risco à saúde estão os níveis de risco mínimo (MRL) definidos pela ATSDR e as Doses de Referência (RfD) definidas pela USEPA.

O Relatório discute na Seção 10.1.1 sobre como as RfDs da USEPA são definidas, porém, não apresenta discussão sobre os MRLs da ATSDR. A NewFields recomenda que seja discutida a definição e utilização dos MRLs em um estudo de ARSH, uma vez que esses valores devem ser a referência prioritária para comparação das doses de exposição.

Com relação à discussão sobre as RfDs apresentadas no Relatório, a afirmação de que as concentrações de referência (RfC) representam concentrações “às quais um indivíduo pode ser exposto todos os dias durante toda a vida sem danos” não está de acordo com o definido pela USEPA. A definição das RfCs é semelhante à definição da RfD e indica uma concentração que representa uma exposição que “provavelmente seja isenta de risco apreciável de efeitos deletérios” (conforme o Relatório) à saúde.

Na Seção 10.1.3.4, sobre o perfil toxicológico do bário, deve ser indicado que os MRLs apresentados são relacionados à exposição a sais solúveis de bário e não o próprio metal em sua forma elementar.

Na Seção 10.1.3.6, sobre o perfil toxicológico do chumbo, devem ser discutidos outros métodos de avaliação da exposição a esse metal, como a aplicação dos modelos farmacocinéticos IEUBK (*Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model*, para avaliação da exposição ao chumbo para crianças menores que 7 anos) e ALM (*Adult Lead Methodology*, para avaliação da exposição ao chumbo para adultos).

A unidade de medida da dose de referência proveniente das tabelas HEAST (*Health Effects Assessment Summary Tables*) da USEPA para cobre na Seção 10.1.3.8 não está correta. As tabelas HEAST definem uma RfD em mg/L, enquanto no relatório é reportado em mg/kg.dia. Essa dose de referência (1,3 mg/L) foi utilizada pela USEPA, considerando parâmetros de exposição padrão, para obter a dose de referência de 0,04 mg/kg.dia, que é utilizada na definição dos *Regional Screening Levels* (RSL) da agência americana.

Na Seção 10.1.3.12, sobre o perfil toxicológico do mercúrio, deve ser indicado que os MRLs de 0,007 mg/kg.dia (exposição oral aguda) e 0,002 mg/kg.dia (exposição oral crônica) apresentados são relacionados à exposição a cloreto de mercúrio e não ao metal em sua forma inorgânica (que inclui outras espécies).

8.2 CÁLCULO DA DOSE DE EXPOSIÇÃO

8.2.1 Concentrações no Ponto de Exposição

Na Seção 10.2.1, sobre Concentrações no Ponto de Exposição, não foi especificado qual a metodologia utilizada para a definição da concentração nos pontos de exposição localizados nas regiões de não-exposição (RNE). Essa metodologia deve ser indicada no Relatório.



De acordo com a Seção 10.2.1, foi adotada a metodologia *Upper Confidence Limit* (UCL95%) para a definição das concentrações nos pontos de exposição localizados nas regiões de exposição indireta (REI). Conforme o Relatório, o software ProUCL (versão 5.1) foi utilizado para a determinação desses valores. O guia “*ProUCL Version 5.1 User Guide*” da USEPA (2015), indica que é recomendado um número mínimo de 10 resultados para a aplicação dos métodos estatísticos do programa. O mesmo documento afirma também que, do ponto de vista matemático, para um conjunto de dados menor que 10 resultados é possível realizar os cálculos para a obtenção do UCL95%, porém, esses resultados podem não ser representativos e confiáveis para a definição de ações voltadas à minimização de potenciais riscos à saúde. Para diversos compartimentos ambientais amostrados para a realização do estudo, em diferentes regiões de exposição e áreas alvo, o número de amostras coletadas não satisfaz a recomendação da USEPA. A Tecnohidro apenas discute sobre a aplicação da metodologia do UCL95% para conjunto de dados pequenos (<10) nas seções 10.2.3.1 e 11.3 do Relatório, de forma breve. Sugere-se que essa discussão sobre a aplicabilidade e representatividade dos UCL95% calculados para conjuntos de dados inferiores a 10 resultados para as conclusões da ARSH deve ser realizada e detalhada na Seção 10.2.1 do Relatório.

8.2.2 Parâmetros Expositivos

Com relação aos parâmetros expositivos utilizados para o cálculo da dose de exposição, o Relatório apresenta uma discussão detalhada dos critérios utilizados para a seleção dos mesmos.

Conforme o documento, foram considerados dois grupos populacionais para o cálculo das doses de exposição e estimativas de risco: crianças de 0 a 12 anos; e, adultos maiores que 12 anos. Na apresentação dos parâmetros expositivos para cada rota de exposição, alguns dos parâmetros foram apresentados para diferentes grupos de faixa etária, não necessariamente similares aos grupos populacionais utilizados para o cálculo. Recomenda-se, para cada rota de exposição avaliada, indicar qual o valor dos parâmetros expositivos aplicáveis para os dois grupos populacionais que foram o foco do estudo.

Com relação à ingestão direta de água, foram utilizados os valores previstos na Ferramenta Digital da CETESB para Avaliação de Risco à Saúde Humana. Esses valores são compatíveis com os valores recomendados pelas Diretrizes do MS para ARSH. Sugere-se que essa compatibilidade seja destacada no documento.

Com relação à ingestão acidental de água durante atividades de recreação, sugere-se que seja destacado que as Diretrizes do MS não apresentam recomendação específica para esse tipo de exposição.

8.2.3 Simulação de Monte Carlo

O cálculo da dose de exposição foi realizado pela Tecnohidro através do uso de Simulação de Monte Carlo. Esse tipo de simulação é classificado como um método probabilístico e a USEPA discute continuamente sua aplicação em estudos de ARSH. De acordo com o documento “*Risk Assessment Forum White Paper: Probabilistic Risk Assessment Methods and Case Studies*” da USEPA (2014), o *National Research Council* (NRC) dos EUA sugere que métodos probabilísticos sejam aplicados em uma abordagem por fases (*tiered approach*). A Tecnohidro não faz uso da abordagem por fases e aplica a Simulação de Monte Carlo para todos os metais avaliados.

Nesse sentido, é recomendado que métodos probabilísticos como a Simulação de Monte Carlo sejam aplicados depois da realização de estimativas de exposição a partir de métodos determinísticos (que não envolvem o conceito de probabilidade, frequências de distribuição e usam



parâmetros exposicionais fixos únicos). Apenas para a análise de contaminantes de interesse que excedam aos valores de referência de saúde utilizando métodos determinísticos é sugerida a aplicação dos métodos probabilísticos (e.g. Simulação de Monte Carlo).

A Tecnohidro apresenta os cálculos das doses de exposição a partir de parâmetros exposicionais fixos (método determinístico), conforme recomendação da US EPA (2014). Os resultados utilizando o método determinístico são indicados como a máxima exposição razoável (MER) no Anexo 6 e como Risco Máximo nas tabelas da Seção 10.4.4. De acordo com o documento “*Guiding Principles for Monte Carlo Analysis*” da USEPA (1997), o objetivo da Simulação de Monte Carlo é caracterizar quantitativamente as incertezas e variabilidade na estimativa de exposições ou risco. Nesse sentido, a USEPA define condições para aplicação dessa análise, que são descritas adequadamente no Relatório.

Dentre as condições definidas pela USEPA, os seguintes tópicos devem ser mais bem detalhados no documento:

- Resultados da análise de sensibilidade, indicando quais fatores de exposição mais influenciam nos resultados da Simulação de Monte Carlo;
- Discussão da tendência central dos resultados da Simulação e valores críticos;
- Comparação dos resultados da Simulação com cálculos determinísticos para estimativa da exposição.

8.2.4 Análise Comparativa de Riscos

A apresentação dos resultados das estimativas de riscos não carcinogênicos e carcinogênicos apresentadas na Seção 10.4.4 do Relatório apresentam incongruências que devem ser ajustadas, a saber:

- Risco não carcinogênico para residentes rurais e urbanos (crianças) considerando efeitos no sistema gastrointestinal (SGI) na REI da AA2 somente é indicado na Tabela 108, não sendo descrito na Seção 10.4.4.4.1 do Relatório;
- Risco carcinogênico para residentes rurais e urbanos (adultos) expostos à Arsênio MMA por ingestão de leite (compartimento solo superficial) na REI da AA2 somente é indicado na Tabela 108, não sendo descrito na Seção 10.4.4.4.2 do Relatório;
- O texto da Seção 10.4.4.5.1 do Relatório descreve a identificação de risco carcinogênico para residentes rurais e urbanos (crianças) associado à exposição a água superficial, que não é apresentado na Tabela 109;
- Risco carcinogênico para residentes rurais (adultos) expostos à Arsênio por ingestão de partículas (compartimento sedimento) na RED da AA2 somente é indicado na Tabela 109, não sendo descrito na Seção 10.4.4.5.2 do Relatório;
- Risco carcinogênico para residentes rurais (adultos) expostos à Arsênio por ingestão (compartimento água subterrânea) na RED da AA2 somente é indicado na Tabela 109, não sendo descrito na Seção 10.4.4.5.2 do Relatório;
- Risco não carcinogênico para residentes rurais (crianças) considerando efeitos nos pulmões, na REI da AA3 somente é indicado na Tabela 111, não sendo descrito na Seção 10.4.4.7.1 do Relatório;



- Risco carcinogênico para residentes rurais e urbanos (adultos) expostos à Arsênio por ingestão de partículas (compartimento poeira domiciliar) na REI da AA3 somente é indicado na Tabela 111, não sendo descrito na Seção 10.4.4.7.2 do Relatório;
- Risco carcinogênico para residentes rurais e urbanos (adultos) expostos à Arsênio III por ingestão de água subterrânea na REI da AA3 somente é descrito no texto da Seção 10.4.4.7.2, não sendo apresentado na Tabela 111.

8.3 COMPARAÇÃO DO NÍVEL DE EXPOSIÇÃO COM “VALORES DE REFERÊNCIA”

As Diretrizes do MS para ARSH definem, em sua seção 7.1.6 (Comparação do Nível de Exposição com “Valores de Referência”):

“Para avaliar se os contaminantes de interesse têm a possibilidade de comprometer a saúde, nas condições específicas de exposição existentes no local, deve-se comparar as estimativas da dose de exposição com os valores de referência de saúde. Para definir o nível do risco à saúde, para ocorrência de efeitos lesivos não-carcinogênicos, podem ser utilizados como indicadores os Níveis de Risco Mínimo (MRL) da ATSDR e a Dose de Referência (RfD) da EPA ou outros valores de referência de outros países.”

É importante destacar que, uma vez tomados como referência valores estabelecidos por órgãos de saúde internacionais, devem ser consideradas todas as premissas e instruções de utilização de valores de referência de saúde definidas por esses órgãos. Todas essas premissas e considerações necessárias para uso desses valores de referência devem ser discutidas pela Tecnohidro em seu relatório final, trazendo adequado embasamento às conclusões apresentadas na seção de implicações à saúde.

O fluxograma de comparação das doses de exposição com valores de referência (ambientais e de saúde) estruturado pela ASTDR (2005) recomenda a avaliação em duas etapas principais, sendo: (1) comparação das concentrações das substâncias químicas de interesse com valores de referência ambientais; e (2) comparação das doses de exposição estimadas com valores de referência de saúde.

Dentre os valores de referência ambientais desenvolvidos pela ATSDR, encontram-se os parâmetros denominados EMEGs (*Environmental Media Evaluation Guidelines* – Guias de Avaliação dos Compartimentos Ambientais), mencionados na seção 5 (Seleção de Contaminantes de Interesse) das Diretrizes do MS para ARSH, e que são calculados com base nos MRLs desenvolvidos pela ATSDR. Além dos EMEGs, a ATSDR desenvolveu também valores de referência ambientais denominados RMEGs (*Reference Dose Media Evaluation Guides* – Guias de Avaliação de Compartimentos Ambientais a partir de Doses de Referência), que são calculados com base nas doses de referência de exposição oral crônica da USEPA.

Com relação à comparação das doses de exposição com valores de referência de saúde, de acordo com a ATSDR (2005):

“os MRLs servem apenas como uma ferramenta de triagem para ajudar o avaliador a decidir se deve ou não proceder a uma análise mais detalhada das substâncias encontradas no local de interesse. O objetivo dos MRLs não é definir níveis de descontaminação ou de ação. As doses de exposição superiores aos MRLs não pressupõem, necessariamente, a ocorrência de efeitos adversos à saúde.”



Além disso, também de acordo com a ATSDR (2005),

“a comparação com valores de referência de saúde permitirá identificar (1) substâncias que se encontram abaixo de valores de referência conservadores e que não possuem potencial de representar perigo à saúde; (2) substâncias que se encontram acima de valores de referência e requerem avaliações mais detalhadas.”

A Tecnohidro realiza as análises comparativas das doses de exposição estimadas com os valores de referência de saúde para efeitos não carcinogênicos através de quocientes de risco (QR) ou quociente de periculosidade (HQ). Esses quocientes representam a razão entre a dose de exposição calculada e o valor de referência utilizado pelo estudo. Essa abordagem é ligeiramente diferente do que é comumente realizado pelo Ministério da Saúde e ATSDR, porém, corresponde ao mesmo procedimento.

Não é indicado como foi feita a comparação para efeitos carcinogênicos, o que deve ser detalhado pela Tecnohidro.

A Tecnohidro utiliza o valor mais restritivo entre RfD e MRL para a obtenção do QR. Para facilitar o entendimento do valor utilizado para cada composto avaliado, a NewFields sugere que seja apresentado no documento qual foi o valor mais restritivo adotado e sua respectiva referência. Conforme a ATSDR (2005), o MRL deve ser priorizado e na ausência desse “RfDs ou RfCs da USEPA devem ser utilizados”.

A Tecnohidro avalia inicialmente os quocientes calculados para cada contaminantes de interesse. Uma vez que a definição dos valores de referência de saúde (MRLs ou RfDs) é condicionada ao “*end point*” (órgão-alvo) que foi objeto do estudo científico utilizado para a derivação desses valores, em termos toxicológicos, somente podem ser somados os quocientes de riscos obtidos para diversas substâncias quando os órgãos alvos são os mesmos. A Tecnohidro corretamente leva em consideração os *end points* relacionados a cada contaminantes de interesse ao fazer o somatório dos quocientes de risco calculados.

Para os objetivos do estudo (avaliação de risco à saúde pública), a avaliação deve ser focada na comparação das doses de exposição estimadas para cada substância, em cada rota de exposição avaliada, com os valores de referência de saúde. Na ocorrência de excedência ao valor de referência de saúde, deve-se prosseguir com o recomendado pela ATSDR (2005) no Capítulo 8 do *Public Health Assessment Guidance Manual (PHAGM)*.

A Tecnohidro adequadamente prossegue com a avaliação crítica das doses de exposição estimadas e os valores de referência de saúde utilizados, conforme o PHAGM. Entretanto, a avaliação crítica dos metais alumínio e cobalto foi limitada apenas à comparação das doses de exposição calculadas com os níveis de efeito adverso não observados (NOAEL) relacionados aos estudos utilizados para a definição dos valores de referência de saúde. Conforme descrito no PHAGM, são aspectos que também devem ser avaliados para esses dois metais: biodisponibilidade; forma química dos metais avaliados; dados adicionais de outros estudo dose-resposta; e, propriedades toxicocinéticas e farmacocinéticas específicas de cada metal (absorção, distribuição, metabolismo e eliminação).

Para avaliação de risco à saúde humana pela exposição ao chumbo, conforme indicado na Seção 8.1 deste parecer, devem ser utilizados os modelos farmacocinéticos IEUBK (*Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model*, para avaliação da exposição ao chumbo para crianças menores que 7 anos) e ALM (*Adult Lead Methodology*, para avaliação da exposição ao chumbo para adultos). Esses modelos são internacionalmente reconhecidos para aplicação em estudos de ARSH que



envolvem chumbo e são cientificamente validados para a estimativa dos níveis de chumbo no sangue de seus receptores-alvo.

8.3.1 Considerações Adicionais

A ATSDR (2005) apresenta em sua seção 7.5 (“*Presenting Screening Analysis Findings in the Public Health Assessment Document*”), considerações importantes quanto a apresentação dos resultados da comparação das doses de exposição com os valores de referência de saúde. Tais considerações, apresentadas a seguir, são importantes para a comunicação acessível e transparente dos resultados obtidos e devem ser adotadas pela Tecnohidro em seu Relatório:

- A avaliação de risco à saúde humana deve incluir um resumo do processo de comparação das doses de exposição com os valores de referência de saúde. Esse resumo deve ser escrito em termos não-técnicos e deve incluir uma descrição do uso e das limitações desse tipo de comparação;
- Esse resumo deve salientar que o processo de estimativa das doses de exposição e comparação com os valores de referência é uma etapa de triagem das substâncias químicas a serem avaliadas detalhadamente, enfatizando que esse processo de triagem não identifica efeitos adversos à saúde;
- O documento de avaliação de risco à saúde humana deve indicar claramente todas as considerações utilizadas para a seleção das concentrações das substâncias químicas de interesse, valores de referência ambientais, variáveis para a estimativa da dose de exposição e valores de referência de saúde;
- Deve também ser indicado claramente quais substâncias foram selecionadas para uma avaliação mais detalhada da exposição e o porquê dessa seleção; assim como quais substâncias foram determinadas como não tendo potencial de representar perigo à saúde e o porquê.

Alguns dos contaminantes de interesse selecionados são metais essenciais. Metais essenciais são extremamente comuns no meio ambiente, particularmente em áreas que possuem significativa ocorrência natural de metais, como é o caso de muitas áreas no estado de Minas Gerais. Esses metais possuem curva dose-resposta em formato de U, o que significa que esses compostos possuem, ao mesmo tempo, um requisito de dose mínima conhecida em um organismo e uma dose mais alta, relacionada a efeitos toxicológicos. As Diretrizes de ARSH do MS não tratam claramente da análise da caracterização de riscos pela exposição à metais essenciais. Entretanto, a NewFields entende que esta discussão é importante, pois a forma química de um determinado metal, tal como ferro e manganês, tem efeito significativo na mobilidade, biodisponibilidade e toxicidade humana desse metal. Sendo assim, recomenda-se a inclusão de discussão sobre os contaminantes de interesse que se caracterizam como metais essenciais.

8.4 RISCO QUANDO A POTABILIDADE

Na seção 10.5 do Relatório é apresentada uma comparação dos resultados das análises de água superficial, subterrânea e para consumo com o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (Padrão de Potabilidade Brasileiro). A Tecnohidro conclui que as excedências aos padrões da Portaria são relativas a alumínio, ferro e manganês, todos compostos que fazem parte dos padrões organolépticos da Portaria. A NewFields sugere que seja incluída a definição de propriedades organolépticas, enfatizado que a excedência a estes padrões não indicam risco à saúde.



Na apresentação da comparação dos resultados de água superficial, subterrânea e para consumo é necessário remover a citação sobre cenários de exposição, uma vez que esses não se aplicam para uma avaliação do atendimento ao padrão de potabilidade.

Em adicional, a NewFields sugere que esta seção do Relatório trate da classificação da água superficial em relação a Resolução CONAMA nº 357/2005. O Rio Doce é classificado como Classe 2 e, de acordo com as limitações estabelecidas nesta resolução, suas águas apenas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional.

De acordo com o exposto no item 3.4.5 deste parecer técnico, as considerações sobre correlação com o rompimento apresentadas nesta seção do Relatório da Tecnohidro devem incluir as conclusões relacionadas a correlação do alumínio.

8.5 RESPOSTAS ÀS PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE

As Diretrizes do MS para ARSH em sua seção 7.3 - Resposta às Preocupações da Comunidade, afirma que “deve haver o cuidado de nortear as pesquisas e estudos no sentido de não só estabelecer o risco existente para a população exposta, mas também procurar as respostas às questões apresentadas pela mesma.” As Diretrizes também concluem que:

“Ao término de todo o estudo de avaliação de risco, a equipe de investigadores deve fazer uma reunião com a população, com o objetivo de transmitir todo o conteúdo dos estudos. Dados de análises ambientais e de saúde devem ser transmitidos de modo consolidado, para que não se crie um clima de conflito dentro da comunidade.” (seção 4)

Conforme exposto na seção 4 deste parecer, a Tecnohidro utilizou o levantamento de preocupações da comunidade realizado pela Ambios.

Apesar de apresentar os riscos para cada Área Alvo e compartimento de maneira individualizada nas tabelas 113 a 115, a seção 10.6 do Relatório da Tecnohidro responde às preocupações da comunidade de maneira abrangente e agrupada, conforme descrito no trecho a seguir:

“(…) foi possível quantificar risco acima dos limites aceitáveis para os cenários de ingestão de partículas de solo, ingestão de poeira domiciliar, contato dérmico e ingestão de partículas de sedimento, ingestão de ovos, leite, hortaliças e tubérculos. Entretanto, conforme exposto ao longo do relatório, estes riscos ocorrem em Regiões de Exposição Direta (RED) a lama de rejeitos, Regiões de Exposição Indireta (REI) a lama de rejeitos e também Regiões de Não Exposição (RNE) a lama de rejeitos. Esta tendência indica claramente que existem riscos que podem ser relacionados ao evento de rompimento e a lama de rejeitos por ele gerada, bem como risco não relacionados ao evento mas relacionado a concentrações de metais que ocorrem naturalmente em concentrações que geram risco nas áreas alvo estudadas. (...)”

A exposição de populações a SQI a partir dos cenários exposicionais listados acima podem gerar efeitos adversos a saúde como alergias respiratórias, irritações dérmicas, entre outros efeitos discutidos na Análise de Toxicidade.” Página 949 do Relatório.

O agrupamento de áreas distintas não é recomendado pelo MS, tanto pelo fato de as preocupações das comunidades serem distintas, quanto pelo fato de as áreas apresentarem contaminantes de interesse diferentes. As preocupações da comunidade devem ser respondidas separadamente para o município de Mariana e Barra Longa, e devem seguir a estrutura de tópicos



listada na seção 6.1 do Relatório. O objetivo é trazer respostas claras e objetivas as preocupações levantadas pela comunidade.

As Diretrizes afirmam, também em sua seção 7.3, que o objetivo desta seção é “tentar esclarecer algumas dúvidas da população, dentro do escopo de ação deste relatório e do que é possível para a equipe.” Como o estudo de ARSH conclui sobre implicações à saúde baseados na definição dos contaminantes de interesse, rotas de exposição e populações expostas e potencialmente expostas aos compostos químicos, ele não pode concluir sobre doenças vetoriais e implicações à saúde mental e condições/qualidade de vida, já que os contaminantes de interesse não estão relacionados diretamente à ocorrência destes agravos. Seguindo o estabelecido nesta seção das Diretrizes, a Tecnohidro não responde as preocupações da comunidade relacionadas a saúde mental, casos de dengue e febre amarela, e relacionadas as condições e qualidade de vida e justifica essa ação.

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As Diretrizes do MS para ARSH reportam que o último capítulo da avaliação deve elaborar “conclusões e recomendações para atender aos propósitos da avaliação de risco e discutir as preocupações da comunidade.” Para tanto devem ser levados em consideração “as definições de saúde da Constituição, os princípios e diretrizes do SUS, as limitações do modelo de avaliação de risco e especificidades do processo de adoecimento da população.” A partir dessas premissas e dos resultados dos passos anteriores da ARSH, se categoriza o risco do local, e se elaboram recomendações para a situação atual.

A Seção 11.2 do Relatório discute a necessidade de execução de serviços adicionais na Área Alvo 1 com o objetivo de que os potenciais riscos sejam quantificados adequadamente para essa área, uma vez que o número de pontos amostrados foi pequeno. Em seguida, é mencionado que esses serviços adicionais permitirão responder questões de saúde clínica. Entretanto, o estudo de avaliação de risco à saúde humana, conforme o escopo do Relatório, não faz conclusões acerca da saúde clínica das populações.

Na Seção 11.3, onde é apresentado um resumo dos resultados analíticos obtidos, é citada a detecção de concentrações de Cobre nas amostras de solo superficial acima dos valores de referência legais aplicados. Entretanto, essa detecção não é reportada na Seção 5.4.3.1 do Relatório. Adicionalmente, na Seção 11.3 não é citada a detecção de Antimônio nas amostras de solo superficial acima dos valores de referência utilizados. Esses pontos devem ser ajustados no Relatório.

Na Seção 11.3, onde é apresentado um resumo dos resultados quantitativos da avaliação de risco à saúde humana, foram observadas inconsistências entre o resumo apresentado e os resultados apresentados nas tabelas da Seção 10.4.4 do Relatório (ver Seção 8.2.4 desse parecer técnico). Esse resumo deve ser ajustado de modo a refletir corretamente os resultados apresentados nas tabelas da Seção 10.4.4 do Relatório

A seção 12.1 do Relatório apresenta as recomendações de saúde, dentre elas estão ações de Vigilância e Atenção. Na descrição destas ações recomenda-se que a exposição aos riscos seja dividida em três categorias: “i. Riscos associados as SQI quimicamente relacionadas ao Rejeito de Fundão; ii. Riscos associados as SQI relacionadas ao Evento de Rompimento; iii. Riscos associados as SQI que possuem relação do os Níveis de Base (Background).” A primeira categoria, “SQI



quimicamente relacionadas ao rejeito”, deve ser removida de todas as recomendações, já que o Relatório classifica as SQI em *relacionadas ao rompimento* e *relacionadas aos níveis de base*. Da mesma forma, esta classificação deve ser removida da seção 12.2 do Relatório.

Como exposto nesse documento, existem pontos relacionados a seleção de contaminantes de interesse, cálculo da dose de exposição, determinação das implicações à saúde das populações e resposta às preocupações da comunidade que precisam ser mais bem trabalhados.

A NewFields está de acordo com a categorização das Áreas Alvo como Categoria A. Entretanto, as ações de saúde precisam refletir os ajustes discutidos neste parecer técnico.

10. CONCLUSÃO DO PARECER TÉCNICO

A avaliação do “Relatório técnico - Avaliação de risco à saúde humana metodologia Ministério da Saúde - Mariana - MG” (Relatório), elaborado pela empresa Tecnohidro Engenharia São Paulo (Tecnohidro), permite concluir que o estudo foi executado seguindo os passos principais recomendados pelas Diretrizes do Ministério da Saúde para avaliação de risco à saúde humana (ARSH).

Entretanto, a avaliação crítica desse estudo observou alguns pontos das Diretrizes do Ministério da Saúde para ARSH que precisam ser revisados.

Gary Krieger, Vice-Presidente, MD, MPH, DABT, DTM&H



Referências

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). “Public Health Assessment Guidance Manual (Update)”. Atlanta, USA, 2005.

Ambios Engenharia e Processos (Ambios). “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG”. São Paulo, 2019.

EPA - Engenharia de Proteção Ambiental. “Relatório final de investigação ambiental complementar (fase 2) – Mariana - MG”. Abril, 2019.

EPISUS. Dois anos pós-desastre da barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG, 2018. Relatório Final. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. Documento restrito. 2018.

EPISUS. Estudo sobre o Perfil Epidemiológico da População de Barra Longa – MG, Pós-Desastre, 2016. Relatório Final. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. Documento restrito. 2016.

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE. “Avaliação dos riscos em saúde da população de Barra longa / MG afetada pelo desastre”. Pesquisa Avaliação de Saúde da População de Barra Longa afetada pelo Desastre de Mariana, Brasil. São Paulo, 2017.

INSTITUTO SAUDE E SUSTENTABILIDADE. “Estudo bibliográfico e dos dados do DATASUS sobre a saúde mental nos municípios afetados pelo rompimento da barragem de fundão em Mariana”, Minas Gerais, p 445, Abril de 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. “Diretrizes Para Elaboração De Estudo De Avaliação De Risco À Saúde Humana Por Exposição A Contaminantes Químicos”. 2010.

NEWFIELDS. “Parecer Técnico – Avaliação do ‘Estudo de ARSH em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão’”. 2019.

US EPA. “Guiding Principles for Monte Carlo Analysis”. Washington, DC, EUA. Março, 1997.

US EPA. “*Risk Assessment Forum White Paper: Probabilistic Risk Assessment Methods and Case Studies*”. Washington, DC, EUA. Julho, 2014.

US EPA. “*ProUCL Version 5.1 User Guide*”. Washington, DC, EUA. Outubro, 2015.

MEMORANDO

De: NewFields
Para: Kelly Cardoso e Wagner Tonon, Equipe de Saúde da Fundação Renova
Assunto: Resumo da avaliação do Relatório EPISUS 2016
Data: 20 de março, 2019

INTRODUÇÃO

Esse memorando técnico apresenta a avaliação da NewFields do relatório da EPISUS de 2016, intitulado “*Estudo sobre o Perfil Epidemiológico da População de Barra Longa – MG, Pós-Desastre, 2016*”, elaborado pela Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde (MS).

O Perfil Epidemiológico de Barra Longa de 2016 foi baseado em dois estudos diferentes:

- Visitas ambulatoriais de janeiro de 2014 a junho de 2016;
- Estudo transversal da população com 360 pessoas residentes de Barra Longa há pelo menos um ano antes do evento; com os seguintes objetivos:
 - Características demográficas da população;
 - Prevalência das principais doenças e agravos;
 - Divisão da população total em “afetados” e “não-afetados” com base em critérios de exposição auto reportada aos rejeitos;
 - Características e comparação entre grupos de afetados e não-afetados.

1 ESTUDOS DE 2016 – REVISÃO DE VISITAS AMBULATORIAIS

A revisão de registros ambulatoriais abrangeu o período de janeiro de 2014 a junho de 2016. A população do estudo foi a população residente de Barra Longa. Este é um estudo descritivo delineado sem dados individuais. Os registros das consultas de saúde das unidades de saúde da cidade de Barra Longa foram a fonte de dados. Os resumos de dados são “ecológicos” por serem medidas agregadas (resumos) de observações derivadas de indivíduos em um grupo (população de Barra Longa). Este tipo de delimitação de estudo é limitado e não pode gerar riscos relativos ou *odds ratios* de um resultado relativo à exposição. De maneira crítica, a análise dos dados foi baseada em (i) “diagnóstico médico” conforme descrito no registro de consulta e/ou (ii) categorização de “manifestações clínicas”. Não há mais nenhuma descrição fornecida, o que se caracteriza como um problema metodológico, pois:

- Não se sabe qual tipo de profissional fez o “diagnóstico” – por exemplo, enfermeira, médico, assistente de saúde, etc.;
- Pode haver inconsistências/variabilidades importantes em como um “diagnóstico” foi feito e registrado;
- A classificação de “manifestações clínicas” não é descrita; então provavelmente há variação extrema em como esta foi determinada e codificada.

A revisão da frequência longitudinal de cuidados médicos (Figura 1 do relatório) demonstra a questão:

- As frequências pré-evento de 2015 foram pelo menos 20% superiores a 2014. Não há dados de 2015 para novembro (pós-evento, como era esperado). Da mesma forma, os dados de dezembro de 2015 são altamente impactados pelo evento; portanto, é



lógico supor que houve um aumento significativo na frequência de visitas de cuidados em 2015 antes do evento - causa desconhecida;

- Os dados de 2016 são dados parciais (6 meses) com concomitância de pós-evento e estação chuvosa;
- Existe uma questão relacionada à completude dos dados: (i) para dados de 2014, 74% dos registros estão incompletos, (ii) 2015 - 20% e (iii) 2016 - 22%;
 - De fato, os dados de 2014 não são úteis e comparáveis aos dados de 2015 e/ou 2016;
 - Portanto, a “linha de base” pré-evento deve ser de janeiro a outubro de 2015;
- Os dados de 2016 são afetados pelo evento, pois (i) recursos médicos adicionais importantes foram adicionados em Barra Longa e (ii) a presença de recursos médicos tende a criar “demanda de serviço”;
- A revisão dos dados de “prevalência de diagnóstico” confirma a precaução que deve ser exercida:
 - O conjunto de dados de 2014 é quatro vezes menor que os dados de 2015;
 - Os dados de “diabetes” – um “aumento” de 10 vezes de 2014 para 2015 ilustra os problemas de comparabilidade;
- Assumindo que 2015 (janeiro a outubro) é de fato a “linha de base” pré-evento, temos indicações que uma carga significativa de doenças estava presente em Barra Longa relacionada a problemas respiratórios e cardiovasculares;
- Comparação entre 2015 e 2016 é difícil pois os períodos de tempo são diferentes;
- As diferenças extremas entre maio de 2015 e maio de 2016 são concomitantes com a mudança na prestação do serviço.

Concomitâncias ocorrem quando uma variável é associada com a exposição e também influencia o resultado da doença.

A comparação entre Dengue de fevereiro de 2016 e fevereiro de 2015 mostrada no relatório da EPISUS é enganosa e carece de contexto. Dados de casos de Dengue de Minas Gerais (MG) vindos da Secretaria de Saúde (2012-2016) são mostrados na Figura 1.

Figura 1: Dados de casos de dengue em Minas Gerais.

Tabela 01: Casos prováveis de dengue – 2012 a 2016, MG.

Mês	Casos prováveis				
	Ano de início dos sintomas				
	2012	2013	2014	2015	2016
Janeiro	2.342	35.551	4.746	5.055	64.029
Fevereiro	2.597	62.622	8.569	9.549	143.753
Março	3.888	147.131	11.280	28.355	152.738
Abril	4.760	124.201	15.330	60.621	93.485
Maior	3.867	31.372	9.821	51.052	10.259

Fonte: Boletim epidemiológico de monitoramento dos casos de Dengue, Febre Chikungunya e Febre; Zika. Nº 20, Semana Epidemiológica 21, 23/05/2016.

Esses dados ilustram inequivocamente que houve um **aumento de 15 vezes** nos casos de Dengue relatados entre fevereiro de 2015 e fevereiro de 2016 em todo MG. Portanto, é óbvio que



(i) houve um aumento geral significativo de Dengue, ou seja, uma “epidemia” em todo MG e (ii) Barra Longa tinha recursos médicos significativamente mais disponíveis para a busca e notificação de casos.

Os dados reais do SINAN para Barra Longa para o mês de fevereiro de 2016 relatam apenas **77 casos** de dengue, e não “123”, conforme o relatório EPISUS. A provável diferença é que EPISUS combinou dados de casos registrados com dados de casos suspeitos, o que inflou os números globais.

Os dados de dengue de Barra Longa não indicam necessariamente um surto de Dengue relacionado ao evento:

- Houve um grande aumento geral nos casos em MG entre 2016 e 2015 - aproximadamente 15 vezes;
- O relatório EPISUS mistura casos suspeitos com registrados, que inflacionam artificialmente a carga do caso.

No geral, os dados da revisão de pacientes ambulatoriais do EPISUS de 2016 devem ser usados de forma cética e cautelosa, se forem usados. Como um estudo descritivo básico para a população de Barra Longa, essa delimitação não pode gerar riscos numéricos individuais relacionados a uma métrica de exposição.

2 ESTUDOS DE 2016 – ESTUDO TRANSVERSAL

Um estudo transversal geral (isto é, um “registro fotográfico”) foi realizado para:

- Descrever características demográficas gerais de Barra Longa;
- Estimar prevalência de doenças;
- Fornecer uma triagem para depressão e dependência ao álcool;
- Identificar características de indivíduos vivendo na “área afetada”;
- Fazer recomendações.

O período do estudo foi pré-evento, adicionado de novembro 2015 a julho de 2016. Utilizou-se uma amostra populacional de 360 indivíduos. Várias exposições críticas e “definições” geográficas foram utilizadas neste estudo para definir e categorizar os indivíduos por “exposição”:

- **Afetados** – residência impactada diretamente pelos rejeitos/lama e/ou localizada nos arredores de áreas diretamente impactadas;
- **Não-afetados** – não impactado diretamente pelos rejeitos/lama e/ou não localizado nos arredores de áreas diretamente impactadas.

Os dados demográficos indicaram que a população total do estudo era uma população mais velha (idade mediana de 49 anos) com baixos níveis de escolaridade (72% com ensino fundamental ou menos). A maioria dos entrevistados era rural (59%) versus urbana (40%). Os moradores urbanos viviam todos na “cidade central”.

75 dos entrevistados da pesquisa foram identificados como afetados, contra 285 não afetados. Esses resultados indicam que a maioria dos moradores do Barra Longa em geral não foi diretamente afetada. Este número é consistente com o cadastro da Renova (porcentagem de pessoas cadastradas em Barra Longa versus população total) e é consistente com o mapeamento da lama/rejeito, que demonstrou extensão limitada.



Houve uma diferenciação (estatisticamente significativa) entre os residentes nas áreas afetadas versus não afetadas com base na exposição à lama, água + lama e poeira. A “percepção de saúde” positiva auto reportada entre afetados e não afetados foi idêntica. Em termos de “sinais e sintomas” auto reportados, houve uma diferença entre afetados e não afetados para (i) irritabilidade, (ii) insônia e (iii) dor muscular. Não houve diferença para a outra lista de sintomas/sinais incluindo:

- Dores nas juntas;
- Coriza;
- Febre;
- Olhos irritados;
- Tosse;
- Cansaço;
- Fraqueza;
- Dor de garganta;
- Dor de cabeça;
- Falta de apetite.

Em termos das diferenças no “diagnóstico médico” entre afetados e não afetados, o achado positivo foi relacionado à dengue e possivelmente à dermatite. Os números de casos dos outros diagnósticos, incluindo doença respiratória e rinite de depressão, foram baixos e não significativos estatisticamente. Da mesma forma, o uso de álcool, tabagismo e uso de drogas ilícitas e aumento do uso de medicamentos de prescrição importantes (medicamentos ansiolíticos, antidepressivos, anti-hipertensivo) não foram estatisticamente diferentes.

Os achados gerais devem ser interpretados com cautela, pois a maioria dos entrevistados não foi afetada (285/360); portanto, pode-se argumentar que a população de estudo “afetada” é desequilibrada (muito pequena) em relação ao grupo não afetado. A observação de que a proporção de não afetados para afetados foi de quase 4:1 é impressionante e desmente os argumentos de que toda a comunidade de Barra Longa foi impactada, pelo menos conforme definido neste estudo. Como discutido anteriormente, os resultados da dengue devem ser amplamente desconsiderados, uma vez que a dengue é em grande parte uma doença urbana e houve um grande surto de dengue em MG em 2016.

MEMORANDO

De: NewFields
Para: Kelly Cardoso e Wagner Tonon, Equipe de Saúde da Fundação Renova
Assunto: Resumo da avaliação do Relatório EPISUS 2018
Data: 19 de março, 2019

INTRODUÇÃO

Este memorando técnico apresenta a avaliação da NewFields do relatório EPISUS's 2018 intitulado “Dois anos pós-desastre da barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG, 2018”, elaborado pela Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde (MS).

O estudo de acompanhamento de 2018, geralmente semelhante ao estudo de 2016, mas com alguns acréscimos relacionados à toxicologia:

- Visitas ambulatoriais de julho de 2016 a maio de 2018;
- Levantamento transversal da população de 362 indivíduos com estes resultados específicos de interesse:
 - Prevalência de “doenças” agudas e crônicas auto reportadas;
 - Prevalência do “agravamento” de “doenças” auto reportadas;
 - Prevalência de exposição aos rejeitos da barragem;
 - Prevalência de “sinais e sintomas” auto reportados após o Evento;
 - Prevalência de abuso de álcool e tabaco;
 - Prevalência de triagem positiva para depressão e Transtorno de Estresse Pós-Traumático (TEPT);
 - Prevalência de “envenenamento” por metais pesados baseado em classificação síndrome.

Em maio de 2018, um time da SVS/MS executou uma nova investigação em Barra Longa, com estes objetivos:

- Descrever o perfil das visitas de atenção primária;
- Caracterizar o perfil de saúde da população;
- Estimar a prevalência de intoxicação por metais pesados.

O estudo da visita de cuidados primários foi semelhante ao estudo de 2016 em sua concepção e execução. No entanto, o levantamento populacional do estudo de 2018 foi diferente do levantamento transversal de 2016.

1 ESTUDOS DE 2018 – ESTUDO AMBULATORIAL DESCRITIVO

O estudo ambulatorial de 2018 foi uma continuação da investigação de 2016. O período do estudo foi de julho de 2016 a maio de 2018; a investigação geral incluiu registros de janeiro de 2014 a junho de 2015 (ou seja, o estudo de 2016). Idêntico ao estudo de 2016, o diagnóstico médico de “manifestações clínicas” foi usado como resultados chave. No estudo de EPISUS 2016 houve uma questão significativa relacionada à completude de registros que foi documentada (74% incompletos em 2014). Os registros de 2015 e 2016 foram melhorados; no entanto, os percentuais incompletos



foram de 20% e 22%, respectivamente. O estudo de 2018 não afirmou a “incompletude” global para os dados dos anos de 2016, 2017 e 2018, o que é considerado uma omissão técnica significativa.

O número total de visitas aumentou em 15% de 2014 a 2015, 12% de 2015 a 2016 e 23% de 2016 a 2017. A tendência mensal de visitas geralmente mostrou um aumento nas visitas durante os primeiros seis meses do ano comparado aos últimos seis meses. Mulheres consistentemente dominaram as visitas (62-64%). Pela área de visita (rural versus urbana) houve uma mudança marcante no padrão de visitas, ou seja, uma reversão de visitantes rurais para urbanos. O padrão de diagnóstico das visitas deve ser baseado em 2015 até o meio do ano de 2018, já que o nível de incompletude para 2014 foi extremamente alto. Usando o ano de 2015 como linha de base de referência, houve mudanças marcantes no padrão registrado para vários diagnósticos: (i) doença respiratória superior, (ii) hipertensão, (iii) diabetes, (iv) “transtorno mental” e (v) dengue (conforme observado anteriormente no estudo de 2016). O padrão de “sinais e sintomas” encontrados foi dominado por tosse, dor de garganta, dor de cabeça e coriza (irritação na membrana nasal).

O estudo ambulatorial de 2018 é um exercício de relato descritivo simples. Similarmente ao estudo de 2016, a versão de 2018 sofre das mesmas falhas metodológicas relacionadas à precisão e consistência dos diagnósticos e sinais/sintomas. Como um estudo descritivo básico para a população de Barra Longa, este design não pode gerar riscos numéricos individuais relacionados a uma métrica de exposição.

2 ESTUDOS DE 2018 - PESQUISA POPULACIONAL

O inquérito populacional de 2018 foi uma amostra aleatória probabilística, estratificada por zona de residência, totalizando 362 entrevistas. O estudo parece ter sido desencadeado como uma “resposta” à pesquisa do Greenpeace/ISS, e não como um acompanhamento longitudinal da pesquisa transversal de 2016, ou seja, tanto a métrica de exposição subjacente quanto o conjunto de resultados foram diferentes do estudo de 2016. A estratificação geográfica foi baseada em urbano (258) versus rural (104) que foi substancialmente diferente do estudo de 2016. Os resultados de interesse foram:

- Prevalência de doenças agudas e crônicas auto reportadas;
- “Agravamento” auto reportado das mesmas doenças;
- Prevalência auto reportada de exposição aos rejeitos da barragem;
- Prevalência auto reportada de “sinais e sintomas” após o Evento;
- Prevalência auto reportada de álcool (questionário CAGE) e uso de tabaco (baseado em instrumentos de pesquisa padrão);
- Triagem para depressão (baseado em questionário da OMS) e TEPT;
- “Intoxicação por metais pesados” baseada em categorias sindrômicas amplas.

A “intoxicação por metais pesados” foi definida utilizando estas três categorias de sinais e sintomas agrupados:

1. Clínica compatível com sintomas neurológicos: fadiga, falta de apetite, exaustão, dor de cabeça, dormência, artralgia, irritabilidade, tremores. Metais provavelmente envolvidos: manganês, chumbo e mercúrio;
2. Clínica compatível com sintomas respiratórios/alérgicos: falta de ar, tosse, dor de estômago, comichão, lesões ou manchas vermelhas na pele. Metais provavelmente envolvidos: cromo, níquel;



3. Clínica com sintomas gastrointestinais: sonolência, diarreia, náusea/vômito, dor de estômago, dor de garganta. Metais provavelmente envolvidos: arsênico, cobre, zinco.

A intoxicação por metais pesados cita a ATSDR (*Agência para Registro de Doenças e Substâncias Tóxicas*) como fonte de referência; no entanto, os perfis toxicológicos da ATSDR todos enfatizam a importância do paradigma “exposição→dose→resposta”. A relação sequencial entre exposição, dose e resposta (efeito na saúde) é ausente da abordagem sindrômica da EPISUS. Um “positivo” é declarado se um indivíduo se encaixa em uma destas categorias. Toxicologicamente, as categorias definidas não têm sentido, completamente arbitrárias e sem uma medida objetiva de exposição-dose.

O estudo populacional de 2018 foi dominado por mulheres (64%) mais velhas (idade média 54). A idade, sexo, demografia rural versus urbana e situação financeira foram marcadamente diferentes do que a pesquisa transversal de 2016 (Tabela 1).

Tabela 1: Comparação de Estudo Demográfico

	Pesquisa 2016	Pesquisa 2018
Idade (média)	49	54
Rural (%)	60	29
Sexo (% feminina)	65	51
Ensino Médio (%)	22	27
Atualmente trabalhando (%)	32	38
Renda per capita média (R\$)	600	666
Samarco Card (%)	8	59
Bolsa Família (%)	27	46

A comparação entre exposição a rejeitos de barragem entre os dois estudos é ilustrada na Tabela 2.

Tabela 2: Comparação de exposição entre estudos de 2016 e 2018

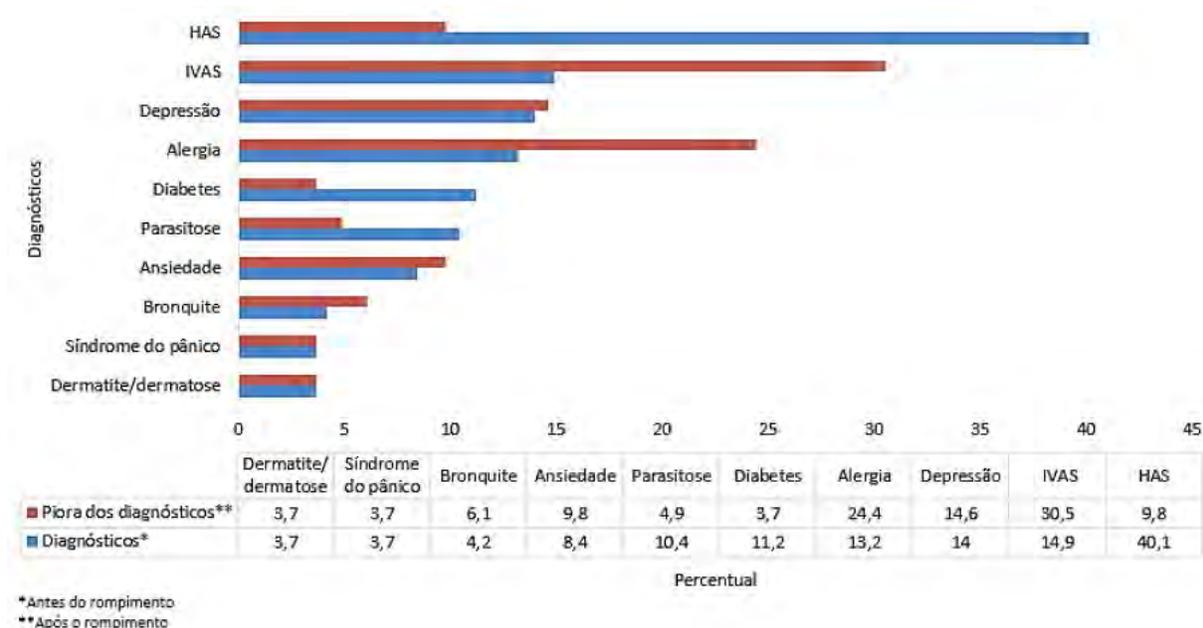
	2016 Afetados	2016 Não afetados	Estudo 2018
Lama (%)	61	28	52
Lama + água (%)	19	6	29
Poeira (%)	95	64	89

Comparação de exposição entre os dois estudos é extremamente difícil como ambas as distribuições geográficas e as definições de exposição foram diferentes. O estudo de 2018 tinha um marcante viés urbano. Em contraste o estudo de 2016 era uma pesquisa da população em geral onde a maioria dos indivíduos não eram afetados pela exposição.

Os diagnósticos auto reportados para o grupo do estudo de 2018 *antes* e *após* o evento são demonstrados abaixo.



Figura 1: Diagnoses auto reportadas no estudo de 2018



Fonte: EPISUS, 2018.

As doenças mais frequentemente diagnosticadas após a ruptura foram Infecção do Trato Respiratório Superior (13,5%), dermatite (10%), alergia (9,6%) e “parasitas” (8,3%). O agravamento dessas doenças foi estatisticamente associado à exposição a materiais de rejeitos. Nenhum dos “sinais e sintomas” relatados foi estatisticamente associado à exposição a rejeitos.

Havia 107 (34.7%) pessoas com triagem positiva para depressão; destes, 43 (40.9%) tinha recebido uma diagnose de depressão pré-Evento. Sessenta e três indivíduos tiveram triagem positiva para TEPT com 32 (11.8%) destes indivíduos tendo recebido uma diagnose prévia de depressão.

4.5% dos 134 respondentes que utilizam álcool reportaram um aumento pós-Evento. Dezenove por cento dos 46 indivíduos que fumam reportaram um aumento no consumo de cigarros.

A abordagem “sindrômica” a intoxicação por metais pesados identificou muito poucos indivíduos (Figura 2). Os dados de biomonitoramento não foram reportados. As descobertas mínimas não são surpreendentes, dada a base toxicológica extremamente fraca para atribuir “categorias de abordagem”.

Figura 2: Prevalência de abordagem sindrômica para intoxicação por metais pesados.

Tabela 13 - Prevalência da abordagem sindrômica para intoxicação por metais pesados, Barra Longa-MG, 2018 (N=315)

Variáveis	n	%	IC 95%
Abordagem 1: síndrome neurológica	5	1,6	0,6 - 3,6
Abordagem 2: síndrome respiratória/alérgica	2	0,6	0,1 - 2,2
Abordagem 3: síndrome gastrointestinal	5	1,6	0,6 - 3,6

Nota: o mesmo indivíduo pode ter sido classificado em mais de uma abordagem.

Fonte: EPISUS, 2018.

No geral, a pesquisa de 2018 é difícil de comparar com o estudo de 2016, já que o design, a demografia, a classificação geográfica, a exposição e os resultados para a população pesquisada são



diferentes. A pesquisa de 2016 tem um design, exposição e estrutura de resultados superiores. No entanto, a falta de comparabilidade geral é um problema significativo, uma vez que não é possível fazer avaliações longitudinais.

Prof. Dr. Anthony Wong

Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira

Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.

Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP

CRMESP 19079

Contestação Crítica ao Relatório do Instituto Saúde e Sustentabilidade de Autoria da Dra. Evangelina Vormittag, acerca do Município de Barra Longa, Estado de Minas Gerais

“If trust is lacking, no form or process of communication will be satisfactory. Trust is more fundamental to conflict resolution than is risk communication”

“Se não houver confiança, nenhuma forma ou processo de comunicação será eficaz. Confiança é mais fundamental para a resolução de conflitos do que a comunicação de riscos.” - Paul Slovic: “The Perception of Risk”

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A arte e a ciência da Medicina e seu exercício requerem elevado apuro, preparo e compromisso com a ética, a verdade e o conhecimento. Mais que qualquer outra atividade profissional, lidar com o que o ser humano tem de mais precioso, sua própria vida e o gozo dela com saúde plena, exige dos praticantes desta nobre arte elevado afincamento e constante aprimoramento dos conhecimentos científicos e raciocínio claro com o objetivo da preservação da saúde, a prevenção das causas e situações que ameaçam a vida e a cura das moléstias quando o aflige. Há absoluta necessidade da ética e do moral do médico ao lidar com as situações que exigem sua intervenção, intervenção esta pautada no respeito aos conhecimentos médico-científicos sempre atualizados e na medicina baseada em evidências. As conclusões alcançadas quando respeitado o compromisso com o rigor da ciência e código da ética médica devem ser expressas clara e objetivamente. Disseminar, mesmo que subliminarmente, de que uma pessoa ou uma população está correndo sério risco de saúde, de adquirir doença cancerosa, de sofrer lesão neurológica grave ou irreversível, baseado em uma dúzia de análises laboratoriais de duvidosa qualidade e sem o devido embasamento científico é atentar contra os mais básicos princípios da ciência e da ética profissional.

A Toxicologia Clínica é uma ciência e especialidade médica, que requer seriedade, ponderação, elevado discernimento científico e sólidos conhecimentos clínicos, sobretudo dos efeitos tóxicos das substâncias químicas no meio ambiente, na fauna e na

*Rua Joaquim Floriano 72, cj. 96 – 04534-000 - São Paulo, SP
Tel.(11) 3078 6611; Cels. (11) 976679770 e (11) 999820633*

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

flora expostas e, por fim, no organismo humano. Deve apoiar-se em medicina baseada em evidências. Este conceito é importantíssimo, pois a “intoxicação” só ocorre quando um ser vivo, e principalmente o ser humano, é exposto a quantidades elevadas de determinadas substâncias e que resultem em sintomas clínicos. Para causar intoxicação crônica, a grande maioria destas substâncias requer convívio frequente ou até diário. A exposição mesmo corriqueira aos compostos químicos pode não causar sintomas clínicos dependendo da quantidade ou dose, da concentração, das circunstâncias, da frequência da exposição e das características peculiares de cada pessoa, mas sobretudo das propriedades físico-químicas da substância tóxica.

A causa de uma doença de natureza exógena, como por exemplo uma doença infecciosa, seja ela bacteriana, viral, micótica, parasitária, assim como as doenças tóxicas, seja por composto químico, ionizante, ambiental, exotoxina ou veneno natural, deve estar presente no local da exposição, e EM QUANTIDADES OU CONCENTRAÇÕES SUFICIENTES, para penetrar o corpo. Assim, na meningite, na pneumonia ou na infecção cutânea, é necessário demonstrar cabalmente a presença do micro-organismo nos tecidos, em especial nos órgãos afetados. Portanto, a simples presença da bactéria *Neisseria meningitidis*, agente etiológico e causador da temida meningite bacteriana grave, na orofaringe de uma criança com febre, sem sinais meníngeos, não é suficiente para resultar no diagnóstico de meningite. É necessário demonstrar a presença do micróbio invasor no líquido cefalorraquidiano, ou por provas laboratoriais próprias, que indiquem NÍVEIS SOROLÓGICOS COMPATÍVEIS. Isto vale para qualquer doença infecciosa, seja AIDS, tuberculose, infecções de pele, amigdalites comuns. A infecção pode ser local e circunscrita a um órgão, e.g. pneumonia no pulmão ou cistite na bexiga, ou generalizada e espalhada por todo o corpo (septicemia).

Assim, também nas doenças de natureza tóxica, em primeiro lugar, deve ser constatada a presença física do material contaminante, em quantidades ou concentrações suficientes, para ser absorvido e assim adentrar o corpo. A “vítima” tem que estar presente, naquele momento (agudo) ou repetidamente (crônico). Uma vez dentro do corpo, a substância deve atingir níveis suficientes para causar doença aguda ou crônica, ou estar presente nos diversos tecidos, e causando distúrbios característicos daquela

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

contaminação. Assim, apenas afirmar que uma pessoa tem ferro, alumínio, selênio, níquel ou manganês no corpo não se caracteriza contaminação. É necessário comprovar que os níveis sanguíneos ou plasmáticos são compatíveis com determinados sintomas típicos deste metal. Não se pode dizer que cobalto cause pancreatite, ou ferro cause cistite porque não há nenhum caso desses na literatura médica mundial. Adicionalmente, o paciente deve ser suscetível aos efeitos tóxicos, para sua idade, gênero, ocupação e características individuais de suscetibilidade. Quanto à substância tóxica, deve ser registrado na literatura médica e nas crônicas científicas que ela está de fato associado às lesões naqueles órgãos. Exemplo cabal disto é a associação de fumo com câncer de pulmão. Nem todos que fumam, mesmo se intensamente, terão obrigatoriamente câncer de pulmão. Porém, é fato que as pessoas que fumam têm maior risco de desenvolver esta malignidade, cerca de 5 a 10 vezes maior. Portanto, pode-se concluir que há muitas pessoas que foram expostos aos fatores cancerígenos e não apresentam nenhum efeito nem sintoma de câncer. A simples constatação de níveis elevados de um metal, por exemplo níquel, sem antes realizar uma anamnese rigorosa, nem descrever o necessário exame clínico minucioso e não pedir outros exames complementares específicos, não permite ao profissional competente, comprometido com seriedade científica e a ética médica, alardear que a pessoa está “doente”.

Da mesma forma, afirmar que a presença de níveis baixos de determinadas substâncias pelo exame laboratorial pontual, sem demonstrar um quadro evolutivo das mesmas, nem descrever as manifestações clínicas compatíveis e que isto pode ser a causa dos sintomas alegados é faltar com a verdade científica, assim como alegar que os níveis baixos foram causados pela elevação de outras, sem basear-se na literatura pertinente. Afirmar que níveis baixos de zinco e cobre são causas de sintomas, sem os especificar, é falha grave com a seriedade científica.

Como descreveu A.B. Hill na sua dissertação em 1965: *The environment and disease: association or causation?*, onde definiu uma série de princípios (guidelines) para avaliar fatores causais, i.e. se uma conexão etiológica entre uma exposição em especial e um determinado resultado, condição ou doença pode ser cientificamente estabelecida. Estes critérios podem ser resumidos nos seguintes termos:

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

1. Força da associação (relação entre variáveis independentes e dependentes)
2. Consistência dos achados (replicação dos resultados por diferentes métodos)
3. Gradiente biológico (força da relação dose-resposta)
4. Sequência temporal (fator[es] causal[is] antes do efeito ou sintoma)
5. Plausibilidade biológica ou teórica (mecanismo de ação)
6. Coerência com conhecimentos e fatos (nenhuma hipótese discordante)
7. Especificidade da associação (a causa está fortemente ligada ao resultado).

O RELATÓRIO DO INSTITUTO SAÚDE-SUSTENTABILIDADE

O Relatório do Instituto Saúde-Sustentabilidade (ISS), intitulado “Relato dos resultados clínicos toxicológicos para metais realizados em 11 moradores de Barra Longa”, contém 53 páginas, das quais 10 (dez) páginas descrevem os objetivos e resultados da pesquisa através de um questionário tipo “autoavaliação quanto aos efeitos na sua saúde e ao atendimento às suas necessidades que lhes garantissem a saúde e bem-estar” em 507 indivíduos de 223 famílias e os resultados de mineralograma sanguíneo em 11 pessoas, 16 (dezesesseis) páginas dedicadas a uma proposta de pesquisa adicional a ser realizada pelo próprio ISS, 21 (vinte e uma) páginas de descrição de levantamentos na literatura sobre os efeitos dos níveis excessivos de níquel e de arsênio no organismo e da deficiência de zinco e uma página final com as referências bibliográficas.

1. Pesquisa de Avaliação de Saúde da População de Barra longa e Adendo de Exames (10 páginas)

Foram realizadas entrevistas de autoavaliação em 507 indivíduos de 223 famílias na área urbana da cidade de Barra Longa e nas comunidades rurais de Gesteira e Barretos entre outubro de 2016 e janeiro de 2017. Os resultados demonstraram que 65% informou que estavam melhor ou igual que antes do desastre e 35% respondeu que estavam piores ou muito piores que antes. Dos sintomas informados, 83,4% (423 indivíduos) referiu sintomas emocionais ou comportamentais, muito embora a maioria destes havia informado de estar igual ou melhor do que antes do acidente. A segunda queixa mais frequente era do sistema respiratório e seguido quase empatado a queixas do sistema

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

osteointerarticular. O relatório afirma que “observou-se não haver diferenças entre os acometimentos da população diretamente exposta à lama, residentes próximos ao rio e demais moradores em outros locais da cidade, provavelmente devido à poeira na bacia área local”. A própria pesquisadora do estudo informa que os sintomas “são inespecíficos, quer dizer, podem ocorrer em uma série de situações e doenças”, não sendo respaldado por exames que possam correlacionar diretamente os sintomas aos seus respectivos fatores nosológicos nem etiológicos. Vale ressaltar que em qualquer pesquisa de queixas da população urbana sempre predominam os problemas neuropsíquicos, seguido dos respiratórios, cardiovasculares e osteointerarticulares. É notório que queixas neuropsíquicas vagas predominam nestes tipos de questionários de autoavaliação, independente de fatores ou ocorrências.

Na segunda parte desta pesquisa, foram colhidas amostras capilares e de sangue em 11 (onze) indivíduos entre 2 e 92 anos em 28 de março de 2017. Os exames de mineralograma no sangue foram analisados em janeiro de 2018, ou seja, 9 meses depois, no Laboratório da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo em Ribeirão Preto. Os exames capilares ainda não foram analisados.



Pacientes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Exames de Sangue (µg/L)											
Data 27/03/2017											
Alumínio - Al	36,71	37,47	36,15	72,29	38,95	38,99	36,47	34,43	37,98	42,2	36,73
Arsênio - As	0,1-3,2 ¹	3,7	3,1	3	3,1	2,9	2,7	3,2	3,7	2,5	4,7
Bário - Ba		1,99	2,12	1,85	4,14	1,8	1,72	1,72	1,99	1,87	3,24
Cádmio - Cd	0,08-1,8 ^{1,2,3}	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Chumbo - Pb	1,3-163 ^{1,2}	16,3	4,6	4,3	7,7	6,3	7,1	7,1	3,6	6,2	2,3
Cobalto - Co	0,00005-2,090	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Cobre - Cu	495-1.578 ^{1,3}	628	681	636	576	579	668	668	674	581	624
Ferro - Fe	50.000 a 500.000	282.830	469.921	380.070	434.961	382.466	395.851	446.289	385.067	438.686	467.416
Manganês - Mn	6,9-18,4 ³	7,3	8,7	7,4	7,1	8,2	9,1	9,1	10,2	12,6	9,1
Níquel - Ni	<0,12-3,9 ¹	6,01	12,5	7,31	14,66	7,24	6,5	5,42	9,89	6,65	12,78
Selênio - Se	68-245 ¹	188	167	181	161	168	173	173	174	170	167
Urânio - U		0,01	0,01	0,01	0,04	0	0	0	0,008	0,004	0,003
Zinco - Zn	3.518-12.294 ⁴	3.899	2.055	2.134	2.498	2.686	2.420	2.420	2.622	2.185	2.250

LEGENDA

	valores próximos ao limite de referência
	valores acima do limite de referência
	valores abaixo do limite de referência

Refere que as amostras foram confirmadas em dois laboratórios, mas não indica quais. Chama a atenção alguns fatos desta fase de coleta de informações da população e das

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

amostras das matrizes biológicas que requerem esclarecimentos adicionais: (a) Como foi idealizado a distribuição da população para realizar o levantamento das informações dos sintomas referidos? O *n* de 507 questionários numa população de 5720 habitantes é estatisticamente relevante? Como foi planejada a distribuição dos questionários na área geográfica que seria representativa da população?; (b) O questionário de autoavaliação foi realizado aproximadamente um ano após o acidente e em apenas 190 desta população [37,4%] houve queixas clínicas, o que contrasta com a afirmação no relatório de que “a lama da barragem, ainda em grande magnitude...acabou espalhando para várias partes da cidade”, sugerindo certa exageração; (c) O número de indivíduos que aceitaram fornecer amostras biológicas (capilar e sangue) para análise de metais é muito pequeno, apenas 11 (onze), “por escassez de recursos”(sic). Teriam seus resultados qualquer significância (estatística) por não possuir o *n* suficiente nem ter feito a seleção aleatória ou representativa?; (d) Não há informações dos locais de habitação dos voluntários que forneceram as matrizes. Várias tentativas para obter os dados dos voluntários, sem suas identidades, como idade, sexo, local aproximado de habitação e até os valores obtidos nas análises dos mineralogramas sanguíneos, necessários para uma avaliação mais objetiva da extensão dos danos, foram recusadas sob a justificativa de manter o sigilo deles. Após muita insistência, os valores obtidos foram enfim fornecidos em 26 de abril último (tabela acima); (e) Sabe-se que as matrizes foram obtidas de voluntários que aceitaram fornecer as matrizes espontaneamente, e não de pessoas representativas através de distribuição aleatória como se exige em análises demográficas. Portanto, causa grande estranheza e enorme perplexidade ao avaliar os valores dos mineralogramas dos 11 indivíduos. Todos eles, isto é, *todos os onze*, apresentaram surpreendentemente níveis muito elevados de níquel. Vale dizer que o Relatório reportou que 100% dos indivíduos apresentaram uma grave anormalidade no mineralograma com teores de níquel sanguíneo entre 140% a 450% maior que o nível máximo normal. Pesquisadores acostumados com apresentação dos parâmetros de substâncias nas matrizes biológicas geralmente deparam-se com níveis anormais mais largos, i.e. alguns com concentrações próximas ou dentro da normalidade e outros mais afastados. Mas o mais estranho nesta pesquisa é que os 100% da amostra tiveram níveis elevadíssimos. É como dizer que numa loteria TODOS FOSSEM PREMIADOS E COM

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

VALORES ALTÍSSIMOS! Isto não é apenas inverossímil, mas é praticamente impossível de ocorrer em qualquer estudo científico sério. Vale dizer que se estes dados fossem extrapolados à população de Barra Longa, e é isto que se infere neste relatório, todos os habitantes desta pequena cidade estariam intensamente contaminados por níquel e, como a autora do relatório sugeriu com grande alarde e alarme, teriam risco de desenvolverem câncer. Será que este parâmetro passou despercebido pela equipe do Instituto Saúde e Sustentabilidade, inclusive pela pesquisadora mestre e doutora em Estatística, além da autora do Relatório? Só este fator colocaria sérios questionamentos e dúvidas acerca do planejamento da pesquisa, das coletas das matrizes, dos métodos analíticos e das conclusões finais, ou seja, de toda a cadeia de custódia das amostras. Por fim, é importante informar que nem níquel e tampouco o arsênio fazem parte dos constituintes primários do rejeito. Igualmente importante afirmar que **arsênio e níquel são constituintes da mineralogia de solos na região de Mariana e Barra Longa, presentes desde a formação geológica há milênios**. Os estudos de Deschamps (2002) e Mello et al (2005 e 2007) indicam a presença de arsênio nas águas e nos sedimentos da região nordeste de Minas Gerais, antes mesmo do acidente de Mariana em 2015. A Tabela 1 (abaixo) demonstra que a composição do solo de Mariana tem menos arsênio e níquel que o restante do Quadrilátero Ferroso. (Deschamp,2002).

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

Tabela 1: Composição geoquímica média do solo no Quadrângulo Ferroso em comparação com as médias estimadas dos solos no mundo [Media (rounded) soil geochemical composition and ranges* in the Iron Quadrangle in comparison with the estimated world soil averages**. Major and minor compounds in weight-%, trace elements in mg kg⁻¹]

	Nova Lima n = 21	Santa Bárbara n = 13	Mariana n = 4***	World soil averages**
SiO ₂	59 (49.7-68.1)	39 (12.9-59.4)	54 (42.0-63.8)	60
Al ₂ O ₃	24 (19.3-28.6)	28 (17.8-36.4)	9 (1.5-19.4)	15
Fe ₂ O ₃	13 (3.2-21.0)	27 (7.8-54.7)	29 (13.2-43.5)	5
CaO	0.9 (0.01-3.8)	1.1 (0.09-5.1)	0.07 (0.05-0.09)	1.9
Na ₂ O	0.2 (0.03-1.0)	0.3 (<0.03-0.74)	0.09 (0.01-0.16)	1.3
K ₂ O	2.4 (1.14-3.39)	1.8 (0.39-3.44)	0.9 (0.17-1.52)	1.7
MnO	0.09 (0.02-0.18)	0.16 (0.01-0.39)	0.7 (0.09-1.0)	0.07
MgO	0.6 (0.30-1.50)	0.6 (0.28-1.24)	0.3 (0.12-0.47)	1.5
TiO ₂	0.9 (0.56-1.22)	1.2 (0.69-1.66)	0.5 (0.23-0.65)	0.7
As	960 (16-13400)	100 (13-467)	53 (16-80)	5
Co	71 (13-102)	117 (32-160)	27 (23-30)	10
Cr	410 (190-680)	435 (150-730)	88 (22-180)	80
Cu	44 (22-90)	53 (18-92)	25 (17-35)	25
Ni	163 (63-300)	93 (20-220)	46 (25-68)	20
Pb	23 (11-32)	33 (19-51)	15 (4-32)	17
Zn	71 (12-240)	93 (38-170)	33 (17-58)	70

* Individual samples yielded trace element concentrations below the detection limit of the respective element

** Data from compilation in Reimann and Caritat (1998)

*** Mariana data may not be as representative as the others, since they are derived from individual soil profiles close to active streams

ANÁLISE CRÍTICA DAS CONCLUSÕES TOXICOLÓGICAS

Em primeiro lugar, vale ressaltar que o exame de mineralograma sanguíneo e capilar, por si só, carece de qualquer base para diagnosticar ou inferir contaminação ou doença. Isto já é mais que ponto pacífico pelos inúmeros trabalhos e meta-análises publicados na literatura internacional. É consenso entre a comunidade científica que o mineralograma só teria algum valor se estiver acompanhado de quadro clínico sugestivo com sintomas pertinentes no paciente. Mesmo em estudos populacionais, serve apenas para indicar possível risco de exposição na comunidade. Como apresentado neste relatório, com a ressalva acima, pelo número limitadíssimo de análises, com resultados laboratoriais questionáveis e ausência de planejamento distributivo, sem estabelecer qualquernexo causal, serviu somente para criar aflição, alarme e pânico na população, que não possui condições de corrigir ou redimir a situação. Talvez teria sido melhor não tê-lo realizado.

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

É fato reconhecido que o mineralograma sanguíneo e capilar não pode servir de base para o diagnóstico de intoxicação aguda nem crônica. Este fato foi também afirmado pela Plenária do Conselho Regional de Medicina de São Paulo em 08/03/2016 sobre o valor do mineralograma no diagnóstico de doenças ocupacionais. Embora este relatório do ISS não represente uma situação de medicina do trabalho, os princípios e a aplicabilidade deste parecer da CREMESP são pertinentes e abrangem o exame de mineralograma em si. Declara na Ementa: ***O diagnóstico de intoxicação crônica por produtos químicos não pode ser estabelecido apenas por mineralogramas sanguíneo e capilar.*** A íntegra do parecer do CRM-SP está no Anexo 1.

Quanto as inferências do relatório do ISS quanto ao risco de intoxicação por metais pesados, em especial o excesso de níquel e arsênio e a deficiência de zinco, serão abordados especificamente a seguir:

A. O EXCESSO DE NÍQUEL

A exposição ao níquel em situações não ocupacionais ocorre principalmente pela ingestão de água e alimentos contaminados, em especial o níquel presente nos encanamentos, pelo contato com joias, aviamentos e armarinhos de roupas, moedas, cigarro, entre outras. É considerado um provável microelemento essencial, isto é, necessário em pequenas quantidades. Os únicos relatos de casos de câncer na literatura médica são todos devidos à exposição ocupacional, entre trabalhadores expostos ao pó e vapor metálico em condições insalubres. **Não há nenhum caso nem referência de câncer não ocupacional, mesmo em grandes fumantes, na literatura médica internacional apontando a relação de risco de câncer e os níveis de níquel em pessoas expostas não profissionalmente** (MICROMEDEX Healthcare Series 2017, vol. 174). A ênfase colocada no relatório do ISS, com certo grau de exagero dos riscos de câncer para uma população leiga, leva uma mensagem inverídica e alarmante de urgência e morbidez, podendo gerar pânico e intensa aflição. O papel de qualquer profissional, e do médico em especial, é de transmitir segurança, apontando os riscos reais de uma doença, avaliando as causas e identificando os sintomas na

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

população exposta e afetada. Ainda mais se o relatório não aborda que parte da população está sujeita ao maior risco, em que parte do município onde residem exista maior concentração de níquel com potencial carcinogênico (que não seriam bijuterias, moedas, alimentos e águas contaminados), quais os sintomas de intoxicação pelo níquel, além de outras atitudes de responsabilidade profissional, é maior ainda sua responsabilidade na salvaguarda e de cautela na divulgação de notícias ao público.

Ainda outro problema deste relatório é que não avaliou nem analisou as possíveis fontes de níquel ambiental na região de Barra Longa. Limita a referir ao trabalho de Juncá e Ramos (2017), onde a relatora assinala textualmente que “evidenciaram altas concentrações de vários metais no ambiente (água e sedimento) em 14 pontos na região do desastre, dentre eles o níquel, bem como a sua presença em diferentes espécies de girinos (arsênio não foi pesquisado neste estudo).” Uma leitura cuidadosa deste estudo, patrocinado pela Greenpeace, demonstra a absoluta inverdade desta afirmação. Na realidade, o estudo abordou as águas e os sedimentos nas cabeceiras do Rio Doce, portanto distante de Barra Longa. O mais relevante do trabalho de Juncá e Ramos é que apenas UM único ponto dos 14 pontos de água de lagoinhas, assim como apenas UM único ponto dos 14 pontos de sedimentos, apresentaram níquel elevado acima dos níveis permitidos pela CONAMA, e mesmo assim pouco aumentado. Os pontos analisados não eram fontes de água nem de alimentos para a população de Barra Longa. (Anexo 2). Portanto, não eram destas fontes a causa da elevação de níquel.

Outros estudos mais diretamente pertinentes à população de Barra Longa, realizados pela Fundação RENOVA, demonstraram que os níveis de NÍQUEL no sedimento, solo, águas superficiais e subterrâneas estavam abaixo dos limites legais. (Anexos 3 e 4).

Análises da potabilidade da água fornecida aos seus habitantes demonstraram que os níveis de níquel após o acidente estavam rigorosamente normais. Portanto, não tem fundamento a afirmação de que os níveis elevados dos 11 voluntários fossem decorrentes de exposição ambiental. À esta inverdade, soma-se o relatório mais que bizarro de que **todas as 11 pessoas** que forneceram matrizes para

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

análises apresentaram níveis muito elevados de níquel no sangue. Como discutido anteriormente, esta coincidência muito estranha acusa níveis demasiadamente elevados em todos aqueles testados dentro de uma coorte sem exposição ocupacional e provavelmente sem nenhum relacionamento entre estas pessoas.

B. O EXCESSO DE ARSÊNIO

É sabido que o Quadrângulo Ferroso do Estado de Minas Gerais possui altos teores de arsênio e dos seus compostos desde a sua formação geológica há centenas de milhares de anos atrás. Diversos estudos por geólogos brasileiros já publicaram inúmeros trabalhos deste fato, e outros cientistas já atestaram os níveis aumentados de arsênio na população mineira que habitam este quadrilátero (Matschullat, 2000 e Deschamps, 2002). Os compostos de óxidos de ferro mantem em uma estreita correlação positiva com os sais de arsênio (Matschullat 2000 e Mello 2006). Os níveis de arsênio inorgânico e orgânico são elevados, atingindo níveis na água e no solo até 10 vezes maiores do que os recomendados pela ONU (Deschamps 2002 e Mello 2007), inclusive na região da Formação Paracatú. Apesar disto, estudos na população de Minas Gerais demonstraram que as incidências de câncer e dermatopatias típicos de exposição ao arsênio, eram iguais e até menores que as incidências nas demais regiões do Brasil (Capitani, 2014). Matschullat et al. (2002) e Bailey et al. (2016) demonstraram que a exposição ambiental a arsênio em crianças representa um risco à saúde, inclusive de tumores, mas não é possível quantificar este risco, pois outros fatores endógenos, como fatores epigenéticos, imunológicos e outros cofatores, têm papéis muito relevantes na suscetibilidade às enfermidades. Por isto, não é possível afirmar como que condenando os habitantes ao risco elevadíssimo de carcinomas ou que são endêmicas neste Estado, como é insinuado no Relatório do ISS. Além disto, os relatórios dos rejeitos, solo, águas superficiais e subterrâneas, realizados pela Fundação RENOVA em 2016 e em 2018, demonstraram que os níveis de arsênio na região de Barra Longa estavam abaixo dos limites legais. É possível que o arsênio pouco aumentado em 3 (três) pessoas, relatado pelo ISS, pode não ser de nativos de Barra Longa, talvez imigrantes de outras regiões do Estado. Os níveis apresentados neles não parecem oferecer risco tumorigênico. Mesmo assim, o relatório do ISS só enfatiza os grandes riscos que as pessoas de Barra Longa correm devido ao arsênio, novamente de maneira alarmista e descompromissado com a realidade. Serve tão somente para

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

disseminar ainda mais medo e paranoia numa população já por demais sofrida com as incertezas e a dor da situação pós acidente.

C. A DEFICIÊNCIA DE ZINCO

O zinco é um micronutriente essencial, necessário para uma série de atividades metabólicas no organismo vivo. Sua deficiência acarreta vários transtornos fisiológicos e doenças. Estima-se que pelo menos 25% da população mundial apresenta alguma deficiência deste elemento (Maret 2006), e outros autores indicam que até mais de 2 bilhões de pessoas (30%) apresentam deficiência de zinco (Prasat 2012). Portanto, não é surpresa que 10 dos 11 voluntários apresentassem valores abaixo do esperado. Novamente, neste caso, não foram divulgados os níveis encontrados, se leve ou grave, e tampouco se havia algum sintoma relacionado à deficiência. A causa principal da deficiência de zinco decorre de falta na dieta ou alimentos processados com pouco ou nenhum zinco. Outras causas são absorção inadequada, por disfunção do intestino delgado, perda ou excreção aumentada de zinco (exercícios intensos, diarreia prolongada e ingestão elevada de álcool), metabolismo elevado (crescimento da criança e gravidez) e doenças crônicas (doença de Wilson, insuficiência renal crônica, hepatopatias crônicas, pós-cirurgia bariátrica, exposição ao mercúrio e à tartrazina).

As evidências existentes indicam que a deficiência de zinco decorre do tipo de dieta e não tem relação com o grau de nutrição ou desnutrição. Causa estranheza, mais uma vez, a afirmação relatada de que a população de Barra Longa era bem nutrida e, portanto, não haveria porque existir deficiência de zinco. Novamente afirmação estapafúrdia, pois a autora não apresentou estudos ou evidências da sua dieta. Ainda mais, “como uma diminuição da concentração sérica de zinco só é detectável após depleção grave ou a longo prazo, o nível de zinco sérico não é um biomarcador confiável do status de zinco.” (*Since a decrease in the serum concentration is only detectable after long-term or severe depletion, serum zinc is not a reliable biomarker for zinc status*) (Hess, 2007).

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

Inferir ainda que esta deficiência seria decorrente do aumento de outros metais. A autora deste relatório sugere, de que a “diminuição da absorção de zinco pode estar relacionada à interação com outros metais como níquel e ferro”. Esta afirmação não tem sustentação científica e carece de fundamento. Não consegui encontrar uma única referência científica suportando-a. O excesso de níquel NÃO causa deficiência de zinco, pois o oposto parece ser verdadeiro. O trabalho de Schnegg em ratos indica que a deficiência de níquel resultava na deficiência de ferro, cobre e zinco.

Interaction of nickel with iron, copper and zinc [Article in German]

Schnegg A, Kirchgessner M.

Arch Tierernahr. 1976 Aug;26(8):543-9.

Abstract

Studies were carried out investigating the role of nickel as an essential element in the growth of rats. Reduced levels of iron, copper and zinc were found in the liver, spleen and kidneys during Ni deficiency. These findings could be reproduced in 2 generations of 30-day and 50-day-old rats. Reduced rates of Fe storage during Ni deficiency were, in some cases, even noted of the Fe supply was raised to a level of as high as 100 mg Fe per kg of the diet. This accounted for the diminished haemoglobin values, the reduced erythrocyte count and reduced haematocrit found under conditions of nickel deficiency.

Estudos foram realizados para investigar o papel do níquel como um elemento essencial no crescimento de ratos. Níveis reduzidos de ferro, cobre e zinco foram encontrados no fígado, baço e rins durante deficiência de níquel. Estes achados foram reproduzidos em duas gerações de ratos com 30 dias e 50 dias de idade. Os estoques de ferro estavam reduzidos durante a deficiência de níquel, em alguns casos, mesmo quando o suprimento de ferro atingia até 100mg de ferro/Kg na dieta. Isto acarretava valores diminuídos de hemoglobina, diminuição da contagem de eritrócitos e redução do hematócrito sob condições de deficiência de níquel.

CONCLUSÕES

1. O rompimento da barragem de rejeitos no município de Mariana foi um dos piores desastres ecológicos no Brasil. Levou a rompimento de atividades econômicas, desterro de inúmeras famílias, incerteza do futuro dos habitantes, prejuízos econômicos incalculáveis às mineradoras, perda de atividade laboral e salarial a milhares de trabalhadores, destruição de plantações, ruptura do equilíbrio do ecossistema na área que sofreu derramamento da lama e nos rios a montante do Rio Gualaxo, Rio do Carmo e Rio Doce. Passados mais de 2 anos após o desastre, as pessoas custam a recuperar suas vidas e as esperanças. O equilíbrio ecológico só virá com o tempo, mas a situação da população não pode suportar maiores abalos. Necessitam saber que sua saúde, o maior bem que uma pessoa pode possuir, não estará afetada de maneira grave e/ou irreversível. Precisam de garantias de que tem condições de levar vidas normais na situação atual, sem serem induzidas a crer que suas vidas estarão condenadas por alterações ambientais ou estruturais. Requerem informações seguras e verdadeiras com ações concretas que os beneficiam, e não suposições estapafúrdias sem o menor respaldo científico.
2. O relatório do Instituto de Saúde e Sustentabilidade é um documento de pouco se algum valor científico, não produz nenhuma conclusão válida, faz referências superficiais sem respaldo consistente, sustentável nem confiável.
3. O questionário aplicado em 507 moradores não tem valor estatístico porque não foi realizado conforme uma distribuição populacional necessária, nem um *n* requerido. Porém, indicou que a maioria dos habitantes (65%) referiram que sua situação era melhor ou igual que antes do desastre, e para a minoria (35%) estava pior que antes.

Os exames no sangue para metais foram coletados de apenas 11 indivíduos voluntários, um número insuficiente até para uma avaliação científica minimamente adequada do seu conteúdo científico e das suas implicações e aplicações à saúde pública. A distribuição das coletas para as amostras não foi sequer feita atendendo às mínimas normas e regras exigidas para análises estatísticas. Entretanto, o relatório tece conclusões e propõe soluções muito além do escopo e severas limitações que possam ser tiradas dos resultados obtidos, muitos daquelas totalmente inadequadas, e até perigosas, do ponto de vista científico, toxicológico e clínico. O fato de que todos os onze voluntários, ou seja,

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

a totalidade deles apresentaram os níveis de níquel muito acima do normal, causa estranheza do ponto de vista científico e probabilístico. Se lembrarmos que estes voluntários se apresentaram espontaneamente e aleatoriamente, e não por que apresentavam sinais suspeitos de intoxicação, como explicar esta estranha coincidência? Se estes achados fossem realmente corretos, poderia se concluir “logicamente” que todos os habitantes de Barra Longa teriam seus níveis sanguíneos de níquel também tão elevados? Uma ocorrência desta natureza seria possível, porém pouco provável, e jamais foi publicada na literatura científica e médica. Qualquer investigador comprometido com a veracidade e o rigor da ciência teria colocado dúvidas dos resultados e teria procurado quais as razões de tamanha discrepância, se houve inadequação na cadeia de custódia das amostras e teria examinado clinicamente os doadores das amostras para verificar seus estados de saúde, se o níquel elevado no seu sangue estaria causando algum sintoma e/ou danos! Pelo que sabemos pelo relatório, isto não foi realizado embora nos quadros do ISS incluam diversos médicos de renome e possuidores de currículos impressionantes. No entanto, os autores do Relatório do ISS optaram pela sua divulgação sem as cautelas necessárias e até alardearam das “seríssimas consequências” à população de Barra Longa, em especial dos riscos oncológicos.

4. A divulgação dos seus resultados levou a enormes incertezas e angústia, e possivelmente pânico, à população de Barra Longa. Provocou e instigou a produção de diversas publicações na mídia, nacional e internacional, baseada nestas premissas inadequadas e até inverídicas, disseminando notícias alarmantes e atitudes reativas, que podem prejudicar ações necessárias de remediação e recuperação das áreas atingidas pelo desastre, desviando o foco dos problemas verdadeiros.
5. As análises dos rejeitos, demonstraram que as concentrações de níquel são muito baixas, sobretudo na região de Barra Longa. Alguns estudos de potabilidade da água fornecida aos seus habitantes demonstraram que os níveis de níquel eram rigorosamente dentro dos limites legais. Não há informações dos hábitos das pessoas que apresentaram níveis elevados de níquel. Portanto, não se sabe a origem e causa destes.
6. Publicações anteriores ao desastre e estudos geológicos do “Quadrângulo Ferroso” do Estado de Minas Gerais, demonstraram que níveis de arsênio no solo

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

são elevados há milhares de séculos e fazem parte da composição geológica destas regiões. Entretanto, a incidência de câncer e dermatopatias sugestivos de exposição ao arsênio nas regiões do Quadrilátero de Ferro, que inclui o município de Barra Longa, é igual e até menor que a média do resto do Brasil. Novamente, o alarde implícito dos riscos de câncer em Barra Longa, devido aos 3 casos de arsenismo no Relatório do ISS, está claramente exagerado.

7. A deficiência de zinco corpóreo em alguns casos informado no Relatório do ISS foi implicada como possível causa de hipotéticas doenças, com certa dose de exagero. Foi sugerido que esta deficiência do zinco poderia ser causada pela elevação do níquel. Os autores do Relatório demonstram pouco conhecimento de metabologia e de intoxicação pois as evidências são do contrário, ou seja, a deficiência de zinco ocorre quando há deficiência de níquel.
8. Resta saber os motivos reais na divulgação deste Relatório do Instituto de Saúde e Sustentabilidade, visto que os dados dos questionários, os resultados das análises do mineralograma, as tentativas de correlação entre estes e as propaladas doenças inclusive oncológicas, as alarmantes ilações dos riscos de câncer associados ao níquel e arsênio e as insinuações de comprometimento da saúde mental não encontram a necessária fundamentação científica e epidemiológica para suas conclusões.

Em suma, o Relatório o Instituto de Saúde e Sustentabilidade, apresentado os Resultados de Exames Toxicológicos no Município de Barra Longa e tecendo sobre os efeitos da elevação de níquel e arsênio e a deficiência de zinco, é um documento muito deficiente do ponto de vista epidemiológico, científico, toxicológico, bibliográfico, oncológico e sobretudo humano. Peca grosseiramente pela ausência de seriedade epidemiológica ao apresentar dados e números limitadíssimos dos resultados do questionário e dos mineralogramas e extrapola conclusões de grande exagero advindos deles. Falta escandalosamente na abordagem toxicológica dos metais ao imputar doenças graves e elevados riscos de câncer com os resultados dos mineralogramas obtidos, que por sinal, carecem de evidências concretas. A imputação toxicológica é claramente falha pois estudos e resultados de outros autores, sérios e rigorosos nas suas abordagens, que dissertaram sobre geologia, teores dos metais no solo e águas da região e riscos de câncer, contradizem diretamente as afirmações e conclusões do Relatório do ISS. Os erros no

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

levantamento bibliográfico estão claros ao omitir publicações sobre a composição do solo e águas e exagerando os efeitos dos metais na saúde. Exagera grosseiramente ao entrar no assunto dos riscos oncológicos dos metais, sobretudo ao fazer ilações do grande risco, na realidade inexistente, de câncer por níquel em pessoas que não trabalham num ambiente insalubre. E sobretudo, é grave a falha do ponto de vista humano, ao aumentar falsamente e com enorme exagero, os riscos de doenças, sobretudo oncológicas, para uma população já vítima de grande desastre ambiental, bombardeada constantemente sobre hipotéticos problemas. Ao invés de tentar aliviar os sofrimentos, as angústias e as ansiedades, as incertezas e a insegurança advindas delas, de procurar aplacar e assegurar que os riscos e problemas não são tão graves e que têm soluções, os autores do Relatório parecem ter um roteiro mórbido de insistir e aumentar, sem fundamento algum, a possibilidade de doenças graves e potencialmente fatais.

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

Os Próximos Passos de Empenho ao Futuro

Todo planejamento para empreendimentos futuros deve ter como objetivo uma avaliação precisa de como era antes do evento, as sequelas e as consequências decorrentes do acidente, os efeitos na fauna e flora dos locais por onde passou a enxurrada de lama e rejeitos e sobretudo o estado físico e psicológico dos habitantes dos locais por onde estes passaram. É necessário que seja feito um levantamento pontual e cientificamente aceitável das condições ambientais antes e após o evento, e a situação atual. Estes dados devem ser divulgados aos habitantes para que saibam os riscos reais e concretos que se apresentam, sem dar margem a notícias sensacionalistas e alarmantes. Ao mesmo tempo, é importante que os profissionais médicos e da área de saúde estejam instruídos, capacitados e preparados para atender às dúvidas, preocupações, anseios, sintomas e sinais dos habitantes com a devida e necessária credibilidade, transparência e rigor que a situação requer.

Para atender aos quesitos acima, não é aceitável procrastinação nem propostas de longa duração. A população atingida direta ou indiretamente pelo acidente e pela divulgação do Relatório do Instituto Saúde e Sustentabilidade não merece nem suporta maior sofrimento e incertezas. Assim, propomos a seguinte programação:

1. Levantamento e interpretação rápido, imparcial e isento dos estudos ambientais da região, antes, logo após e atuais da situação da região afetada pelo acidente. (Prazo - 30 dias).
2. Estudos da correlação entre estes levantamentos e avaliações do risco real à saúde e de doenças pela exposição, se houver (Prazo – 15 dias)
3. Apresentação e divulgação, para toda a população, dos levantamentos e das avaliações de risco à saúde, permitindo debates livres com os representantes e/ou toda a população. (Duração – 1 semana)
4. Capacitação, treinamento e preparação dos médicos e os profissionais de saúde locais sobre toxicologia ambiental e intoxicações clínicas, com adequação e fornecimento de métodos diagnósticos e das medidas terapêuticas (Duração – 5 dias com horários flexíveis, em face da agenda dos médicos).
5. Realização de exames complementares (laboratoriais) nas pessoas suspeitas de exposição aos elementos constituintes dos rejeitos.

Como complemento, pode se realizar um levantamento de amostras biológicas (matrizes) a ser determinada na população de Barra Longa baseado em determinações e regras estatísticas e epidemiológicas cientificamente aceitáveis e comprovadas.

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

Referências Bibliográficas

1. Arsenic, in Poisonsdex @ 2017 Truven Health Analytics LLC MICROMEDEX(R) Healthcare Series Vol. 174.
2. Nickel, in Poisonsdex @ 2017 Truven Health Analytics LLC MICROMEDEX(R) Healthcare Series Vol. 174.
3. Bailey KA, Smith AH, Tokar EJ et al. (2016) Mechanisms underlying latent disease risk associated with early-life arsenic exposure: Current research trends and scientific gaps. *Enviro Health Perspect* 124:170-175.
4. Capitani EM, Jesus IM, Ferreira AP et al. (2014) Human exposure assessment to arsenic and health indicators in Paracatu, Brazil. In *One Century of the Discovery of Arsenicosis in Latin America (1914-2014)*. Nicolii, Meichtry, Quici, Bundschuh, Bhattacharya & Naidu (Eds) @Taylor & Francis Group, London.
5. De Mello JWV, Roy WR, Talbott JL, Stucki JW. (2005) Mineralogy and Arsenic Mobility in Arsenic-rich Brazilian Soils and Sediments. *J Soils & sediment* (Online First): 1-11.
6. De Mello JWV, Talbott JL, Scott J, Roy WR, Stucki JW. (2007) Arsenic Speciation in Arsenic-Rich Brazilian Soils from Gold Mining Sites under Anaerobic Incubation. *Env Sci Pollut Res* 14 (6): 388–396.
7. Deschamps E, Ciminelli VST, Lange FT et al. (2002) Soil and sediment geochemistry of the Iron Quadrangle, Brazil. The Case of Arsenic. *J Soils & Sediments* (Online First): 1-7.
8. Hess SY, Peerson JM, King JC, Brown KH (2007). Use of serum zinc concentration as an indicator of population zinc status. *Food and Nutrition Bulletin*. **28** (3 Suppl): 403–29.
9. Hill AB. (1965) The environment and disease: association or causation? *Proc R Soc Med*. 58:295-300.
10. Juncá FA, Pavan D, Jesus TB et al. (2017) Girinos como bioindicadores da qualidade de água do Rio Doce. Greenpeace. Universidade Estadual Feira de Santana.
11. Maret W, Sandstead HH (2006). Zinc requirements and the risks and benefits of zinc supplementation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. **20** (1): 3–18.

Prof. Dr. Anthony Wong
Médico Toxicologista pela Associação Médica Brasileira
Doutor em Medicina – Faculdade de Medicina U. S. P.
Diretor Médico – CEATOX do Hospital das Clínicas da FMUSP
CRMESP 19079

12. Matschullat J, Borba RP, Deschamps E et al. (2000) Human and environmental contamination in the Iron Quadrangle, Brazil. *Applied Geochem* 15:181-190.
13. Prasad AS. (2012). "Discovery of human zinc deficiency: 50 years later". *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. **26** (2-3): 66–9.
14. Schnegg A, Kirchgessner M. (1976). Interaction of nickel with iron, copper and zinc. *Arch Tierernahr.* 26(8):543-9.

ANEXO 1

Pareceres

[Nova Pesquisa](#) | [Voltar](#)

[Enviar por e-mail](#) | [Imprimir apenas a ficha](#) | [Imprimir o parecer com a ficha](#)

PARECER

Órgão: Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo

Número: [173746](#)

Data Emissão: 08-03-2016

Ementa: O diagnóstico de intoxicação crônica por produtos químicos não pode ser estabelecido apenas por mineralogramas sanguíneo e capilar.

[Imprimir apenas a ficha](#)

[Imprimir o parecer com a ficha](#)

Consulta nº 173.746/15

Assunto: Sobre emissão de atestados médicos que são utilizados para obtenção de benefícios previdenciários.

Relatores: Conselheiro Renato Françoso Filho e Dr. Mario Jorge Tsuchiya, Membro da Câmara Técnica de Medicina do Trabalho.

Ementa: O diagnóstico de intoxicação crônica por produtos químicos não pode ser estabelecido apenas por mineralogramas sanguíneo e capilar.

O Consulente encaminha ofício onde solicita parecer do CREMESP, com relação à emissão de atestados médicos que foram utilizados para obtenção de benefícios previdenciários, porém as conclusões foram posteriormente contestadas através de perícia toxicológica. Diante do fato, solicita informações técnicas, dentre outros pontos:

"Validar ou não os mineralogramas sanguíneo e capilar como ferramenta de diagnóstico de intoxicação exógena crônica por produtos químicos."

"Validar ou não o diagnóstico constantes dos atestados."

"Validar ou não as conclusões do Dr. H.V.D.R. e Dr. S.S."

PARECER

Destacamos, do que consta no presente dossiê, para análise e resposta aos quesitos formulados pelo Consultante, o seguinte:

À (Fl. 002) - ofício do Ministério Público Federal requerendo a este Conselho, se possível:

"Validar ou não os mineralogramas sanguíneo e capilar como ferramenta de diagnóstico de intoxicação exógena crônica por produtos químicos;

Validar ou não o diagnóstico constantes dos atestados;

Validar ou não as conclusões do Dr. H.V.D.R. e Dr. S.S."

Às (Fls. 008/017) - atestados do Dr. I.V., encaminhados ao INSS, tendo como essência o seguinte teor:

"... , está sob meus cuidados médicos para tratamento de saúde por quadro de intoxicação crônica por metais pesados e solventes orgânicos, ocorridos em local de trabalho com perda de sua saúde, em tratamento com medicamentos específicos, não tendo condições de trabalhar por tempo indeterminado. Desenvolveu alterações neurológicas, neurovegetativas e neurocomportamentais... - CID 10: X45.2 - X46 - X48 e X49."

Às (Fls. 020/021); (Fls. 023/024); (Fls. 026/027); (Fls. 029/030); (Fls. 032/033); (Fls. 035/036); (Fls. 038/039); (Fls. 041/042); (Fls. 044/045) - relatórios médicos toxicológicos do Dr. I.V., à quem possa se interessar, com descrição de quadro clínico diversificado e CID 10: X45; X46 e X49.

À (Fl. 047) - atestado do Dr. I.V., encaminhados ao INSS, tendo como essência o seguinte teor:

"... , está sob meus cuidados médicos para tratamento de saúde por quadro de intoxicação crônica por metais pesados e solventes orgânicos, ocorridos em local de trabalho com perda de sua saúde, em tratamento com medicamentos específicos, não tendo condições de trabalhar por tempo indeterminado. Desenvolveu alterações neurológicas, neurovegetativas e neurocomportamentais... - CID 10: X45 - X46 - X48 e X49."

Às (Fls. 052/061) - comentários do Dr. S.S, fundamentalmente com o seguinte teor:

"Não há fundamento, clínico e laboratorial, para o diagnóstico de intoxicação crônica por metais pesados e outros produtos químicos. Alterações neurológicas, neurocomportamentais e neurovegetativas abrangem praticamente todas as patologias neurológicas e podem ser encontradas em um número enorme de afecções humanas. Os distúrbios que a(o) paciente apresenta necessitam de acompanhamento especializado."

O relatório informa que as doenças apresentadas pela(o) Sr(a). teriam a seguinte classificação no CID: X 45 (envenenamento acidental por exposição ao álcool); X 46 (envenenamento acidental por solvente orgânico halogenado); X 48 (envenenamento acidental por pesticidas) e X 49 (envenenamento acidental por outras substâncias químicas nocivas)."

Às (Fls. 122/157) - Análise Técnica de exames de minerais no sangue e no cabelo realizado pelo Dr. H.V.D.R. - toxicologista, abordando aspectos gerais da toxicidade dos metais e abordagem sobre carcinogênese, metodologia analítica para elementos químicos e considerações variadas baseadas em literatura, concluindo:

"Quanto a análise do cabelo, tecendo a limitações, questionamento quanto a metodologia das análises realizadas.

Quanto ao diagnósticos de moléstia profissional questionando ser duvidosa por não enquadramento em critérios toxicológicos internacionais e não obedecerem as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego.

Quanto à terapia quelante, sugere que seja analisado por um colegiado médico."

Às (Fls. 161/239) - atestados, relatórios toxicológicos do Dr. I.V., e mineralogramas sanguíneo e capilar.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Intoxicação consiste em um quadro clínico sintomático pela ingestão, aspiração ou introdução no organismo, acidental ou não, de substâncias tóxicas acima dos níveis de segurança para a saúde pelos agentes químicos, entendendo-se como segurança a probabilidade de uma substância não produzir danos ao organismo. Desta forma não basta a simples presença de um agente químico no organismo, quaisquer que sejam os métodos utilizados, para que se defina uma intoxicação, sendo necessária a interação deste agente químico com o organismo e que se apresente um quadro clínico sintomático.

Em medicina, em toxicologia e principalmente na área de saúde ocupacional as dosagens de agentes químicos, por si, pode indicar apenas que o indivíduo entrou em contato com aquele agente, não se podendo estabelecer um quadro clínico de intoxicação crônica pelo agente e muito menos estabelecer-se o diagnóstico de uma doença de origem ocupacional, sendo necessárias investigações complementares para se firmar tais diagnósticos.

Em saúde ocupacional, as questões a respeito dos riscos ocupacionais por agentes químicos estão normatizadas através das Normas Regulamentadoras (NR), da Secretaria de Segurança e saúde no trabalho do Ministério do Trabalho, em especial nas: "NR 6 (Equipamento de Proteção

Individual), NR 7 (Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional), NR 9 (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) e NR 15 (Atividades e Operações Insalubres)." Onde destacamos as metodologias indicadas e reconhecidas para o monitoramento ambiental e biológico envolvendo os riscos de exposição ocupacional aos agentes químicos em geral. Chamamos a atenção que não há nenhum indicador para monitoramento ambiental ou biológico baseado em metodologias com utilização de material capilar.

Ressaltamos ainda que para os diagnósticos das doenças de origem ocupacional, isto é, relacionados ao ambiente de trabalho e às tecnologias de produção são necessários identificar no local do trabalho o agente específico causador da doença, não se podendo inferir a exposição ocupacional apenas pelo resultado de uma análise toxicológica, que pode indicar tão somente o contato com o agente químico. Além da presença do agente, em si, é necessário identificar o mecanismo de contato e o mecanismo de introdução do agente no organismo, estabelecendo-se assim o denominado nexos de causalidade com o trabalho, sem o qual não é possível se estabelecer o diagnóstico de doença ocupacional.

Além disso, o diagnóstico deve ser específico, isto é, no caso de intoxicação crônica pelo chumbo a relação com a doença denominada saturnismo, a intoxicação crônica pelo mercúrio com a doença denominada hidrargirismo, a intoxicação crônica pelo benzeno com a doença denominada benzenismo e assim por diante, isto é, não existe um diagnóstico genérico e inespecífico de intoxicação crônica por metais pesados e/ou por solventes orgânicos.

ANÁLISE DO CASO

No caso apresentado observamos que:

1. Alguns dos mineralogramas sanguíneos e capilar apresentam apenas discretas alterações pontuais para alguns metais, como por exemplo, alumínio e chumbo, que como apontamos acima, por si só, não caracteriza intoxicação crônica por metais pesados e nem podem diagnosticar doença de origem profissional.

2. As doenças apontadas pelos: "CID: X 45 (envenenamento acidental por exposição ao álcool), X 46 (envenenamento acidental por solvente orgânico halogenado), X 48 (envenenamento acidental por pesticidas) e X 49 (envenenamento acidental por outras substâncias químicas nocivas).", constantes nos atestados e relatórios do Dr. I.V., carecem de elementos técnicos relacionados a presença de tais substâncias na empresa e no processo de produção envolvido no

ambiente do trabalho, além da necessária vistoria para indicar se, e de que maneira, tais agentes químicos foram introduzidos no organismo, sem os quais não se pode firmar os diagnósticos.

3. As análises e considerações do Dr. S.S e Dr. H.V.D.R. são pertinentes e de acordo com a literatura especializada, além das Normas Regulamentadoras da SST do MTbE, sobre a matéria em questão, quanto à intoxicação crônica por metais pesados e solventes halogenados e diagnóstico de doenças ocupacionais.

CONCLUSÃO

Do visto, exposto e discutido passamos a responder aos quesitos formulados:

a) Validar ou não os mineralogramas sanguíneo e capilar como ferramenta de diagnóstico de intoxicação exógena crônica por produtos químicos;

Resposta: O diagnóstico de intoxicação crônica por produtos químicos não pode ser estabelecido apenas por mineralogramas sanguíneo e capilar.

b) Validar ou não o diagnóstico constantes dos atestados;

Resposta: Os diagnósticos constantes dos atestados carecem de fundamentos técnicos.

c) Validar ou não as conclusões do Dr. H.V. D.R. e Dr. S.S.;

Resposta: As conclusões estão de acordo com as normas, com a literatura especializada sobre a matéria e a boa prática da Medicina do Trabalho.

Este é o nosso parecer, s.m.j.

Conselheiro Renato França Filho

PARECER APROVADO NA REUNIÃO DA CÂMARA TÉCNICA DE MEDICINA DO
TRABALHO, REALIZADA EM 10/11/2015.
APROVADA NA 4.710ª REUNIÃO PLENÁRIA REALIZADA EM 08/03/2016.

ANEXO 2 – Tabelas com as concentrações de metais nas águas e solos coletados em 14 pontos. Notem que apenas um dos 14 pontos das amostras respectivas contem níquel acima dos limites da CONAMA, contrariando o Relatório do ISS.

Tabela 4. Média e desvio padrão das concentrações de metais (mg/Kg⁻¹) nas águas superficiais dos 14 pontos amostrais que apresentaram girinos. (*) Ponto com contato direto do rejeito. Algarismos em negrito indicam maiores concentrações..

Ponto	Al	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Ti	Zn
1	72,17 ± 3,19	29,33 ± 1,33	7,82 ± 5,29	0,50 ± 0,33	615,30 ± 12,22	6,49 ± 0,15	2,10 ± 1,38	0,97 ± 0,22	0,53 ± 0,01	4,38 ± 0,11
2*	15,34 ± 8,43	9,23 ± 3,44	4,27 ± 1,21	0,25 ± 0,16	48,87 ± 17,85	129,88 ± 66,03	4,71 ± 5,76	0,37 ± 0,17	0,18 ± 0,04	2,49 ± 1,35
3	13,91 ± 0,68	1,56 ± 0,15	1,17 ± 0,12	0,27 ± 0,04	133,21 ± 7,64	7,16 ± 0,77	0,31 ± 0,06	0,40 ± 0,03	0,16 ± 0,00	2,04 ± 0,09
4*	11,40 ± 1,59	3,00 ± 0,53	1,16 ± 0,25	0,46 ± 0,26	20,09 ± 1,94	4,12 ± 0,91	0,32 ± 0,09	0,14 ± 0,02	0,11 ± 0,01	1,40 ± 0,23
5*	28,09 ± 6,85	6,50 ± 0,74	1,70 ± 0,13	0,28 ± 0,02	306,24 ± 53,83	70,59 ± 10,20	0,39 ± 0,01	0,49 ± 0,11	0,70 ± 0,12	3,28 ± 0,64
6	7,35 ± 0,63	1,55 ± 0,35	1,78 ± 0,50	2,76 ± 0,96	19,46 ± 2,63	9,62 ± 0,55	0,40 ± 0,09	0,27 ± 0,02	0,18 ± 0,07	3,29 ± 0,21
7*	9,21 ± 2,10	3,58 ± 0,52	1,60 ± 0,56	0,47 ± 0,18	19,71 ± 2,10	9,00 ± 0,53	0,30 ± 0,14	0,19 ± 0,11	0,14 ± 0,00	4,62 ± 1,24
8*	14,37 ± 1,29	4,11 ± 0,15	1,77 ± 0,06	0,38 ± 0,01	42,42 ± 12,45	13,68 ± 1,01	0,27 ± 0,03	0,46 ± 0,05	0,26 ± 0,03	3,67 ± 0,27
9*	34,43 ± 4,99	4,07 ± 0,07	2,13 ± 0,49	0,46 ± 0,05	35,04 ± 2,18	8,93 ± 0,18	0,43 ± 0,20	0,33 ± 0,03	0,37 ± 0,01	4,79 ± 0,19
10	15,00 ± 0,46	3,63 ± 0,00	2,87 ± 0,15	0,39 ± 0,05	77,80 ± 1,20	8,19 ± 0,06	0,54 ± 0,48	0,32 ± 0,05	0,39 ± 0,05	4,51 ± 0,24
11	13,29 ± 0,85	2,55 ± 0,23	6,42 ± 2,60	0,35 ± 0,04	93,77 ± 11,91	8,30 ± 0,44	0,90 ± 0,79	0,14 ± 0,00	0,23 ± 0,01	4,04 ± 0,19
12	10,19 ± 1,03	2,47 ± 0,16	0,98 ± 0,08	0,37 ± 0,01	95,66 ± 1,15	6,68 ± 0,18	0,37 ± 0,06	0,18 ± 0,08	0,20 ± 0,05	5,33 ± 0,90
13	10,24 ± 0,48	2,65 ± 0,05	2,53 ± 0,09	25,19 ± 0,46	63,73 ± 0,04	8,47 ± 0,16	13,26 ± 0,08	22,31 ± 0,09	0,38 ± 0,01	34,08 ± 0,49
14*	13,06 ± 0,12	5,51 ± 0,61	1,77 ± 0,65	1,37 ± 0,77	141,36 ± 0,05	25,32 ± 1,30	0,61 ± 0,01	0,37 ± 0,23	0,24 ± 0,01	6,71 ± 1,49

Tabela 5. Concentração média de metais na água de acordo com o CONAMA 454/2012, para águas da qualidade classe 3 (águas para abastecimento humano após tratamento convencional ou avançado, entre outros).

	Al	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Ti	Zn	Pb
CONAMA 454/2012 (mg/L)	0,2 ^d	1,0 ^t	0,01 ^t	0,05 ^t	0,013 ^d	5,0 ^d	0,5 ^t	0,025 ^t	NI	5,0 ^t	0,033 ^t

NI= não informado; d=metais dissolvidos; t=metais total

Tabela 6. Média das concentrações de metais em sedimentos dos 14 pontos amostrais. (*) Ponto com contato direto do rejeito. Algarismos em negrito indicam maiores concentrações.

Ponto	Al	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Ti	V	Zn
1	0,33% ± 0,17%	11,27 ± 6,51	2,36 ± 1,35	0,38 ± 0,16	0,16% ± 0,08%	7,94 ± 4,15	2,37 ± 1,62	2,87 ± 1,17	166,27 ± 64,66	8,14 ± 3,84	4,49 ± 2,40
2*	0,05% ± 0,00%	8,98 ± 1,49	6,97 ± 0,76	1,05 ± 0,10	0,48% ± 0,04%	95,22 ± 11,71	2,29 ± 0,23	2,99 ± 0,33	34,80 ± 0,70	4,35 ± 0,69	8,03 ± 1,56
3	0,83% ± 0,35%	7,23 ± 0,70	52,43 ± 19,68	10,50 ± 3,20	0,70% ± 0,70%	47,19 ± 16,01	3,55 ± 1,19	9,02 ± 1,80	277,76 ± 110,04	44,52 ± 11,05	15,58 ± 1,64
4*	0,17% ± 0,02%	20,41 ± 2,41	19,75 ± 2,42	4,87 ± 1,61	12,83% ± 1,59%	517,88 ± 145,38	3,61 ± 0,46	19,78 ± 3,05	65,68 ± 8,11	8,69 ± 1,15	23,03 ± 3,40
5*	0,22% ± 0,02%	26,12 ± 1,92	22,62 ± 8,76	3,97 ± 2,17	1,36% ± 0,31%	84,37 ± 3,48	3,11 ± 0,20	5,73 ± 0,53	228,92 ± 16,48	11,27 ± 0,01	15,26 ± 1,95
6	0,62% ± 0,00%	27,65 ± 0,67	36,53 ± 1,13	7,98 ± 0,11	21,95% ± 1,26%	1161,36 ± 67,67	10,27 ± 0,43	30,32 ± 1,64	160,23 ± 2,51	28,31 ± 0,49	34,06 ± 0,83
7*	2,04% ± 0,17%	43,09 ± 17,61	100,70 ± 2,29	13,12 ± 1,68	21,26% ± 0,29%	1805,40 ± 995,92	12,69 ± 1,48	36,24 ± 1,70	175,25 ± 32,19	31,03 ± 0,89	35,06 ± 2,35
8*	0,34% ± 0,05%	25,17 ± 0,143	23,64 ± 0,60	3,08 ± 0,25	22,74% ± 1,47%	502,15 ± 12,51	4,75 ± 0,25	30,69 ± 2,43	112,90 ± 12,33	12,55 ± 0,87	32,77 ± 0,55
9*	0,15% ± 0%	13,63 ± 0	15,47 ± 0	2,01 ± 0	8,14% ± 0%	276,38 ± 0	3,19 ± 0	14,08 ± 0	60,40 ± 0	6,21 ± 0	14,81 ± 0
10	1,27% ± 0,10%	37,37 ± 1,80	49,26 ± 1,75	8,00 ± 0,26	3,77% ± 0,40%	145,49 ± 11,97	4,84 ± 0,16	30,32 ± 2,86	800,59 ± 45,01	75,86 ± 6,38	27,76 ± 2,02
11	5,90% ± 0,47%	23,89 ± 0,08	627,98 ± 48,83	54,84 ± 0,41	9,03% ± 0,72%	235,95 ± 3,49	113,89 ± 1,39	27,94 ± 0,51	1121,73 ± 13,51	147,00 ± 0,11	36,04 ± 0,64
12	0,72% ± 0,30%	13,48 ± 3,17	110,84 ± 28,57	10,00 ± 2,37	1,50% ± 0,49%	45,66 ± 10,62	12,25 ± 3,03	7,54 ± 1,27	126,00 ± 32,64	25,87 ± 6,46	14,16 ± 3,75
13	3,06% ± 0,36%	39,62 ± 6,61	105,15 ± 3,11	8,13 ± 0,02	5,24% ± 0,48%	252,25 ± 8,16	9,85 ± 0,44	24,48 ± 0,51	244,21 ± 40,42	57,47 ± 0,29	31,77 ± 2,01
14*	4,09% ± 0%	126,26 ± 0	126,19 ± 0	34,96 ± 0	9,34% ± 0%	921,04 ± 0	35,77 ± 0	42,26 ± 0	1209,80 ± 0	101,74 ± 0	83,62 ± 0

Algarismos em negrito indicam maiores concentrações

Tabela 7. Concentração média permitida de metais em sedimentos de acordo com o CONAMA 454/2012.

	Al	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Ti	Zn	Pb
CONAMA 454/2012 (mg/Kg)	NI	NI	0,6- 3,5	37,3- 90	35,7- 197	NI	NI	18- 35,9	NI	123- 315	35- 91,3

NI= Não informado; Nível 1- limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; b. Nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

ANEXO 3 – Caracterização do rejeito na Barragem do Fundão e as concentrações de níquel em 2016 e 2018. Notem que o níquel não consta da composição do rejeito.

CARACTERIZAÇÃO do REJEITO

ESTUDO GEOQUÍMICO – BARRAGEM DE FUNDÃO - GOLDER

Parâmetros	Unidade	VRQ COPAM 166	VP COPAM 166	VI Agrícola COPAM 166	VI Industrial COPAM 166	Barragem de Germano				Barragem de Fundão					
						Rejeito				Solo					
						Composta AE	Composta B3	Composta CT	Composta DA	T143	T144	T145	T146	T147	T148
Fósforo	mg/kg	-	-	-	-	59,7	174,3	138,3	93,5	25	31,2	27,1	70,2	28,4	136,6
Lítio	mg/kg	-	-	-	-	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,3	< 11,8	< 10,7	< 11,7	< 10,6	< 15,3
Magnésio	mg/kg	-	-	-	-	110	113	106	92,2	46,6	45,6	44,8	75,8	57,6	76,8
Manganês	mg/kg	-	-	-	-	141	553	242	265	136	112	130	192	127	274
Mercurio	mg/kg	0,05	0,5	12	36	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,103	< 0,118	< 0,107	< 0,117	< 0,106	< 0,153
Molibdênio	mg/kg	0,9	30	50	100	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Níquel	mg/kg	21,5	30	70	100	3,2	< 3	< 3	< 3	< 3	8,22	< 3	6,78	< 3	8,78
Nitrogênio	mg/kg	-	-	-	-	46	71,9	44,3	39,5	16,9	28,2	18,9	115,5	18,8	307,6
Potássio	mg/kg	-	-	-	-	63,9	95,9	81,9	100	< 20	32,7	27,9	547	39,7	570
Prata	mg/kg	0,45	2	25	50	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Selênio	mg/kg	0,5	5	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Sódio	mg/kg	-	-	-	-	137	185	207	90,2	64,4	62,4	41,8	76,8	61,6	75,8
Tálio	mg/kg	-	-	-	-	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Titânio	mg/kg	-	-	-	-	34	71,9	42	47,6	< 20	< 20	23,9	58,8	20,9	67,9
Úrânio	mg/kg	-	-	-	-	< 5,01	< 5,02	< 5,02	< 5,01	< 5,16	< 5,89	< 5,35	< 5,84	< 5,32	< 7,67
Vanádio	mg/kg	129	-	-	-	< 8	10	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	24,9	< 8	38,9
Zinco	mg/kg	46,5	300	450	1000	13	20	17	14,9	5,95	4,95	7,96	14	6,95	17

Obs: amostras coletadas em 2016. Após acidente. Ni abaixo dos valores naturais (VRQ)

10 | FUNDAÇÃO RENOVA | fundacaorenova.org



CARACTERIZAÇÃO do REJEITO

AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA – GRUPO EPA - 2018

Nº do Laudo	1721161/2018	1721162/2018	1721163/2018	1721164/2018	1721165/2018	1721166/2018	1721167/2018					
Amostra do Laboratório	23064/2018 - 1.0	23065/2018 - 1.0	23066/2018 - 1.0	23067/2018 - 1.0	23068/2018 - 1.0	23069/2018 - 1.0	23070/2018 - 1.0					
Nº interno EPA Unid.	ST-01-FUNDAO/EPA/18/0838	ST-01-L-FUNDAO/EPA/18/0839	ST-02-FUNDAO/EPA/18/0840	ST-03-FUNDAO/EPA/18/0841	ST-04-FUNDAO/EPA/18/0842	ST-05-FUNDAO/EPA/18/0843	ST-06-FUNDAO/EPA/18/0844					
Parâmetros Físico-Químicos	VRQ - COPAM 166/2011 ⁽²⁾	VP - COPAM 166/2011 ⁽²⁾	VI Agrícola - COPAM 166/2011 ⁽²⁾	VI Residencial - COPAM 166/2011 ⁽²⁾								
Metais												
Fósforo Total	mg/kg	-	-	-	19,9	11,7	15,4	15,4	215,8	262,8	205,1	
Lítio Total	mg/kg	-	-	-	< 11,8	< 10,9	< 11,5	< 12,7	< 11,7	< 12,2	< 11,2	
Magnésio Total	mg/kg	-	-	-	< 3,53	< 3,26	< 3,44	< 3,81	< 3,52	4,12	< 3,37	
Manganês Total	mg/kg	-	-	-	80,7	30,2	43,1	49,6	672,3	555,7	598	
Mercurio Total	mg/kg	0,05	0,5	12,0	36,0	< 0,012	< 0,011	< 0,011	< 0,013	0,095	0,084	0,053
Molibdênio Total	mg/kg	< 0,9	30,0	50,0	100,0	< 2,35	< 2,18	< 2,29	< 2,54	< 2,35	< 2,44	< 2,25
Níquel Total	mg/kg	21,5	30,0	70,0	100,0	< 2,35	< 2,18	< 2,29	< 2,54	< 2,35	< 2,44	< 2,25
Potássio Total	mg/kg	-	-	-	-	32,1	15,1	19,4	12,9	23,6	21,2	17,3
Prata Total	mg/kg	< 0,45	2,0	25,0	50,0	< 1,76	< 1,63	< 1,72	< 1,91	< 1,76	< 1,83	< 1,69
Selênio Total	mg/kg	0,5	5,0	-	-	< 1,76	< 1,63	< 1,72	< 1,91	< 1,76	< 1,83	< 1,69
Sódio Total	mg/kg	-	-	-	-	30	22,1	53,9	30,4	66,9	48,4	44,6
Titânio Total	mg/kg	-	-	-	-	10,6	8,77	8,23	10,3	124,9	74,8	65,5
Vanádio Total	mg/kg	129	-	-	-	< 4,71	< 4,35	< 4,59	< 5,08	13,3	8,11	7,57
Zinco Total	mg/kg	46,5	300,0	450,0	1000,0	< 5,88	< 5,44	< 5,73	< 6,35	15,3	19	13,1

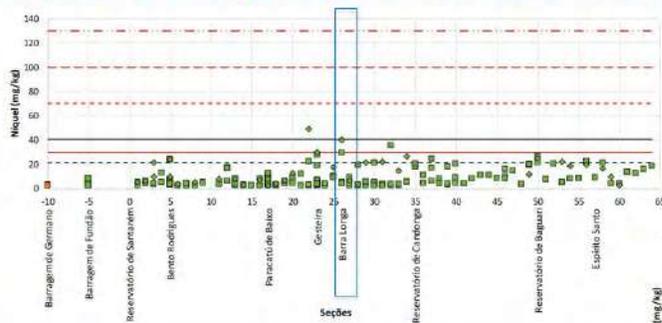
14 | FUNDAÇÃO RENOVA | fundacaorenova.org

ANEXO 4 – Resultados das concentrações de NIQUEL e ARSÊNIO nas amostragens de solo, sedimento, águas superficiais e subterrâneas na região de Barra Longa em 2016 e 2018. Notem que as concentrações em TODAS as amostras estão abaixo dos valores regulatórios.

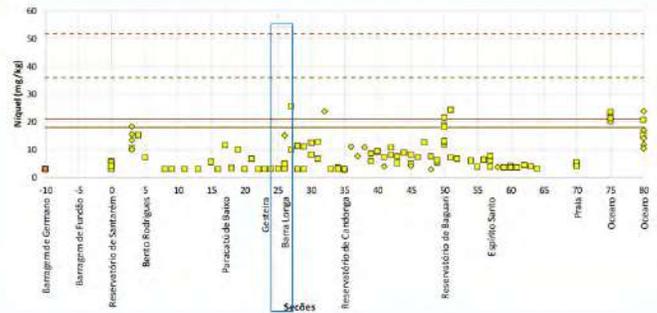
RESULTADOS PÓS ACIDENTE

A seguir estudos que apresentam valores de amostragens de solo, sedimento, águas superficiais e subterrâneas na região de Barra Longa, após o acidente.

ESTUDO GEOQUÍMICO – GOLDER - 2016



SOLO – Níquel
Valores abaixo dos valores regulatórios

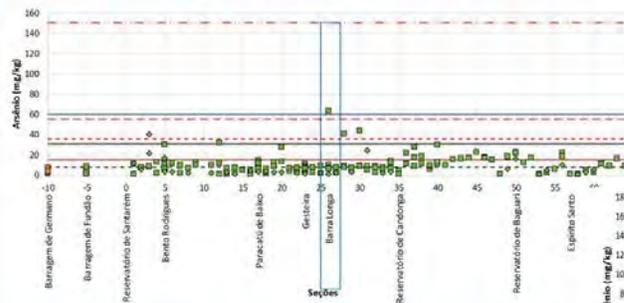


15 | FUNDAÇÃO RENOVA | fundacaorenova.org

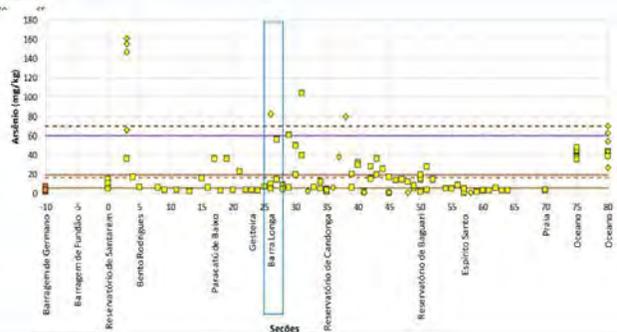
RESULTADOS PÓS ACIDENTE

A seguir estudos que apresentam valores de amostragens de solo, sedimento, águas superficiais e subterrâneas na região de Barra Longa, após o acidente.

ESTUDO GEOQUÍMICO – GOLDER - 2016



SOLO – Arsênio



16 | FUNDAÇÃO RENOVA | fundacaorenova.org

Figura 1: Histograma dos dados de Alumínio em água subterrânea (ug/L)

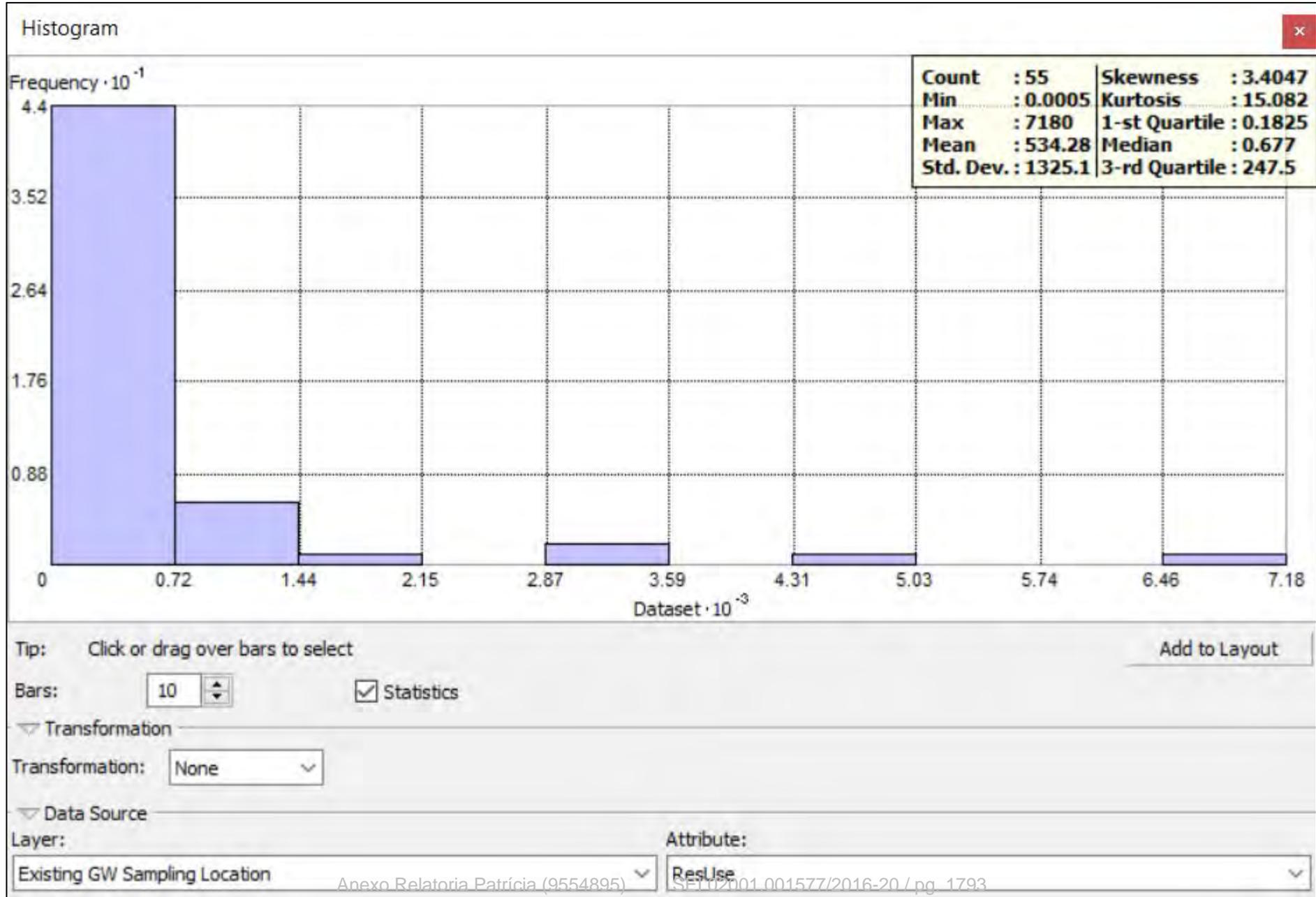


Figura 2: Histograma dos dados log de Alumínio em água subterrânea (ug/L)



Figura 3: Semi-variograma de Alumínio ao longo da maior variação

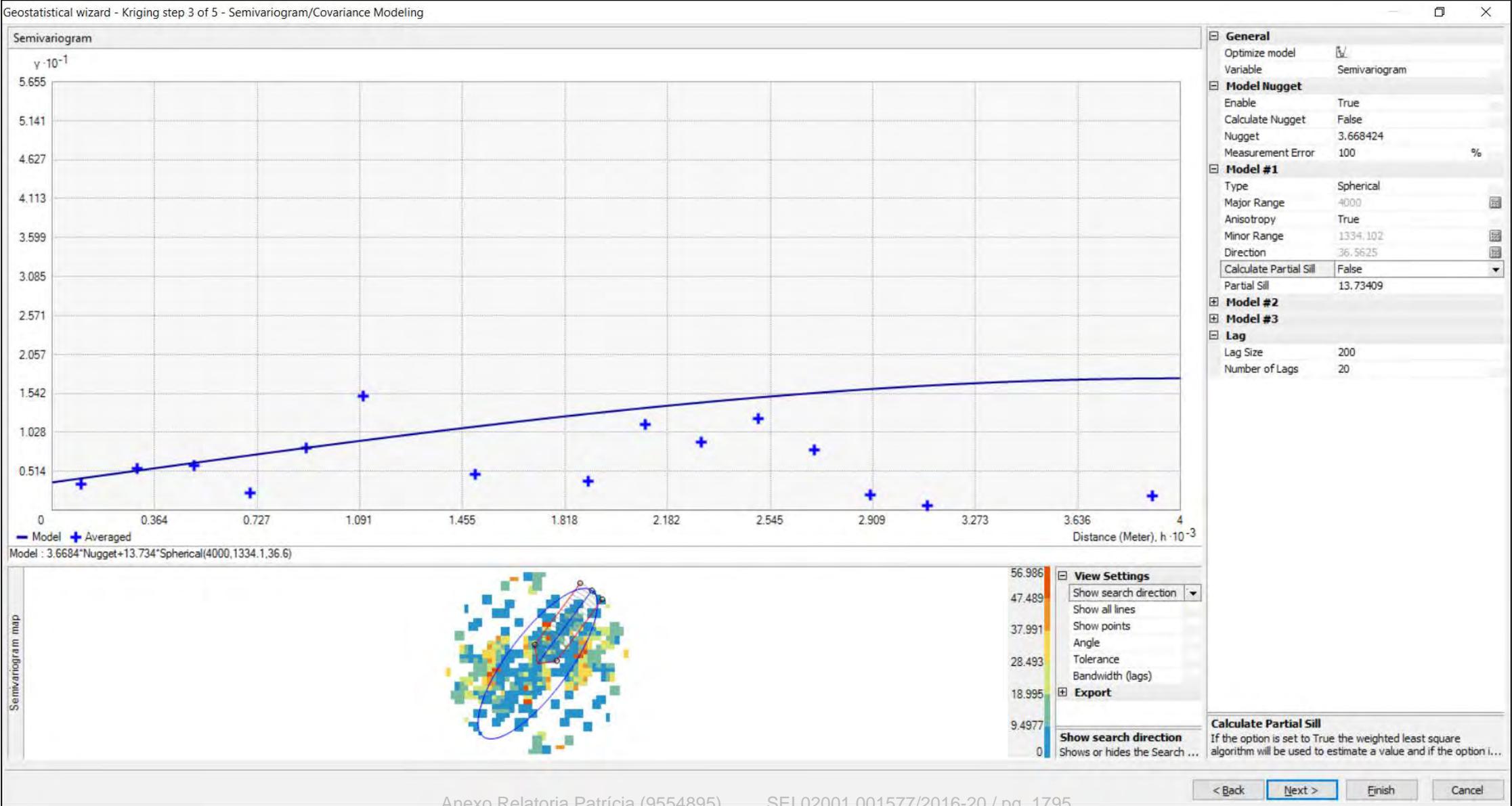


Figura 4: Semi-variograma de Alumínio ao longo da menor variação

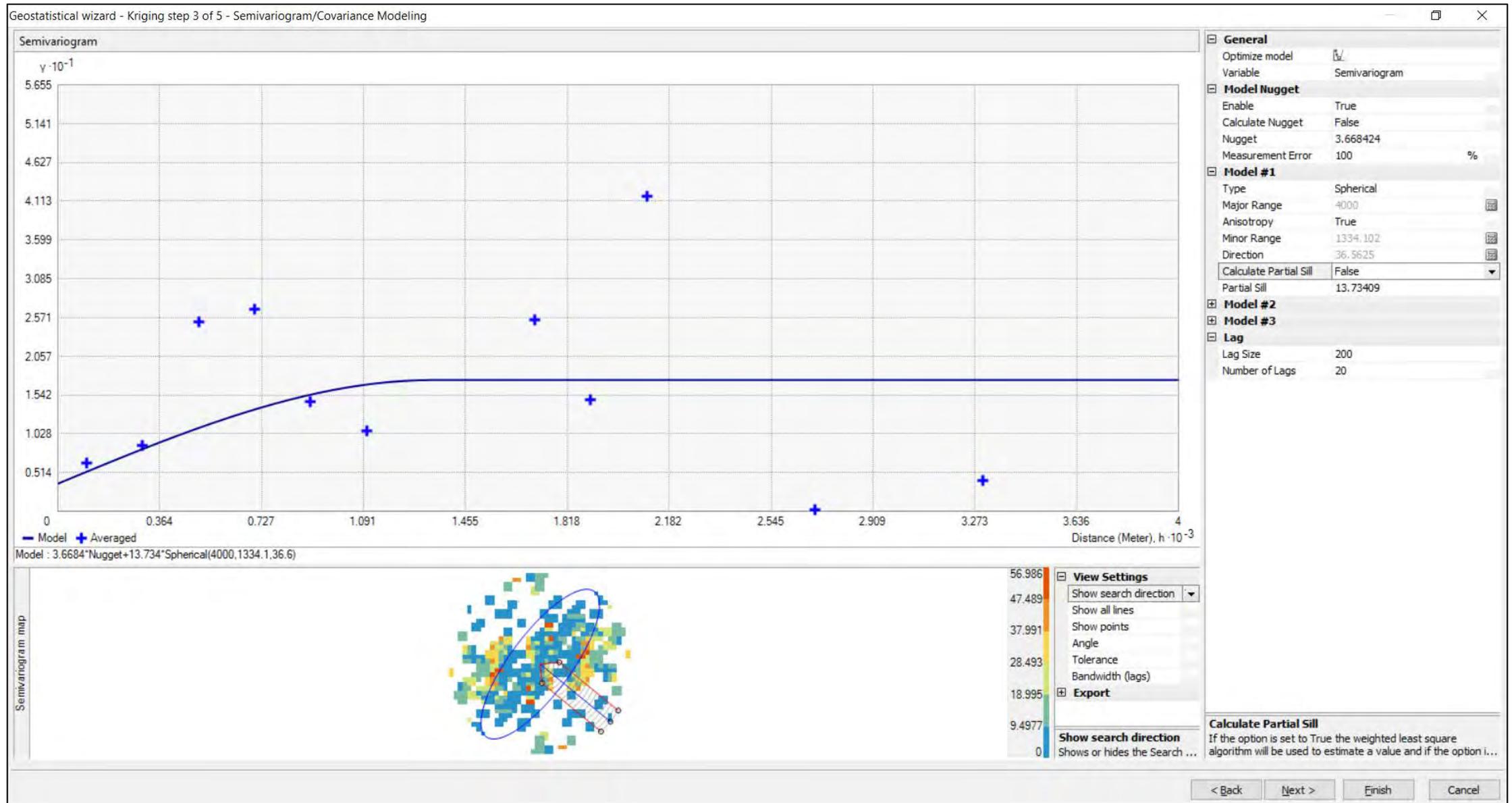


Figura 5: Histograma de dados de Ferro em solo (mg/kg)



Figura 6: Histograma de dados log de Ferro em solo (mg/kg)



Figura 7: Semi-variograma de Ferro ao longo da maior variação

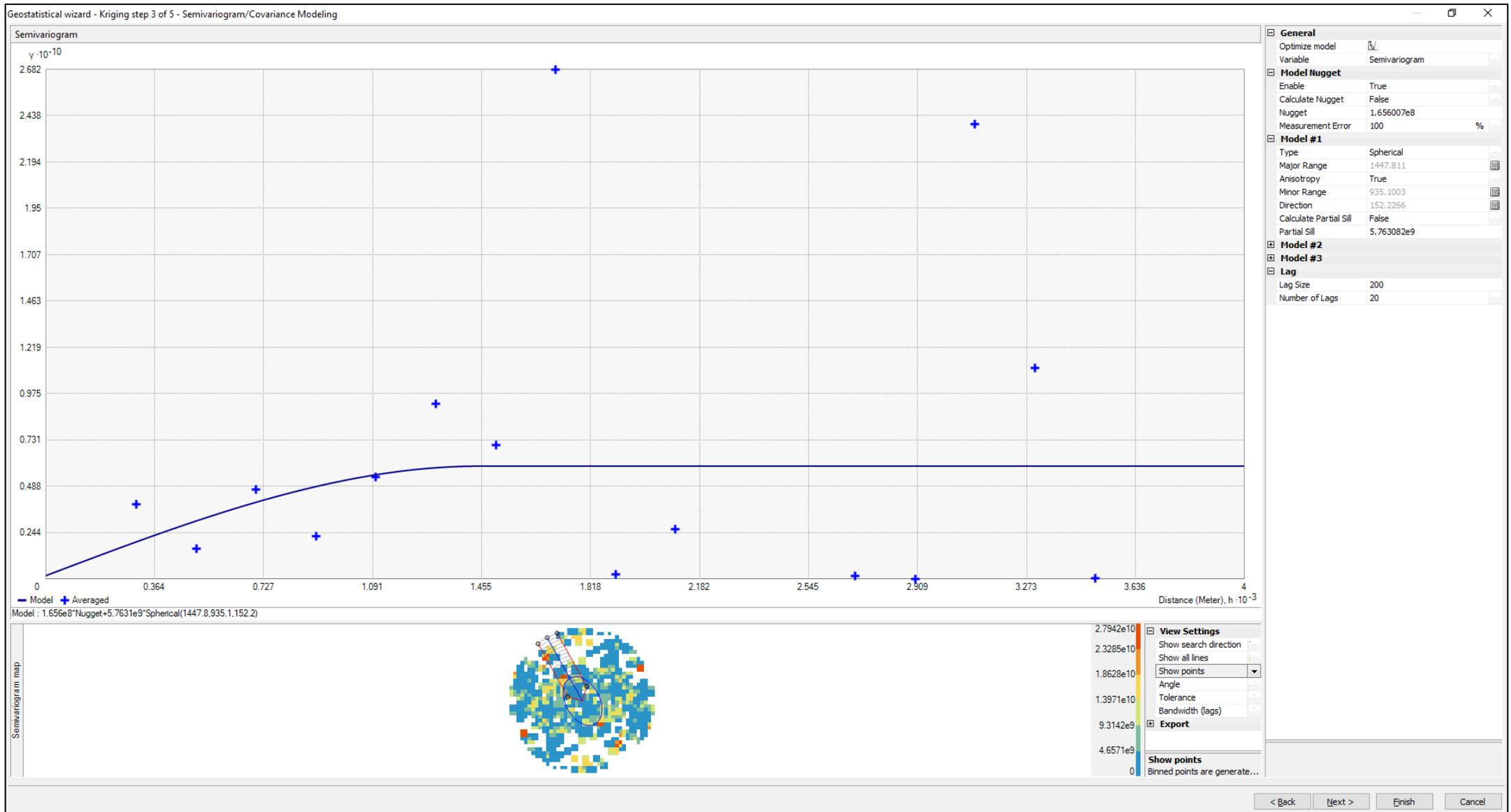


Figura 8: Semi-variograma de Ferro ao longo da menor variação

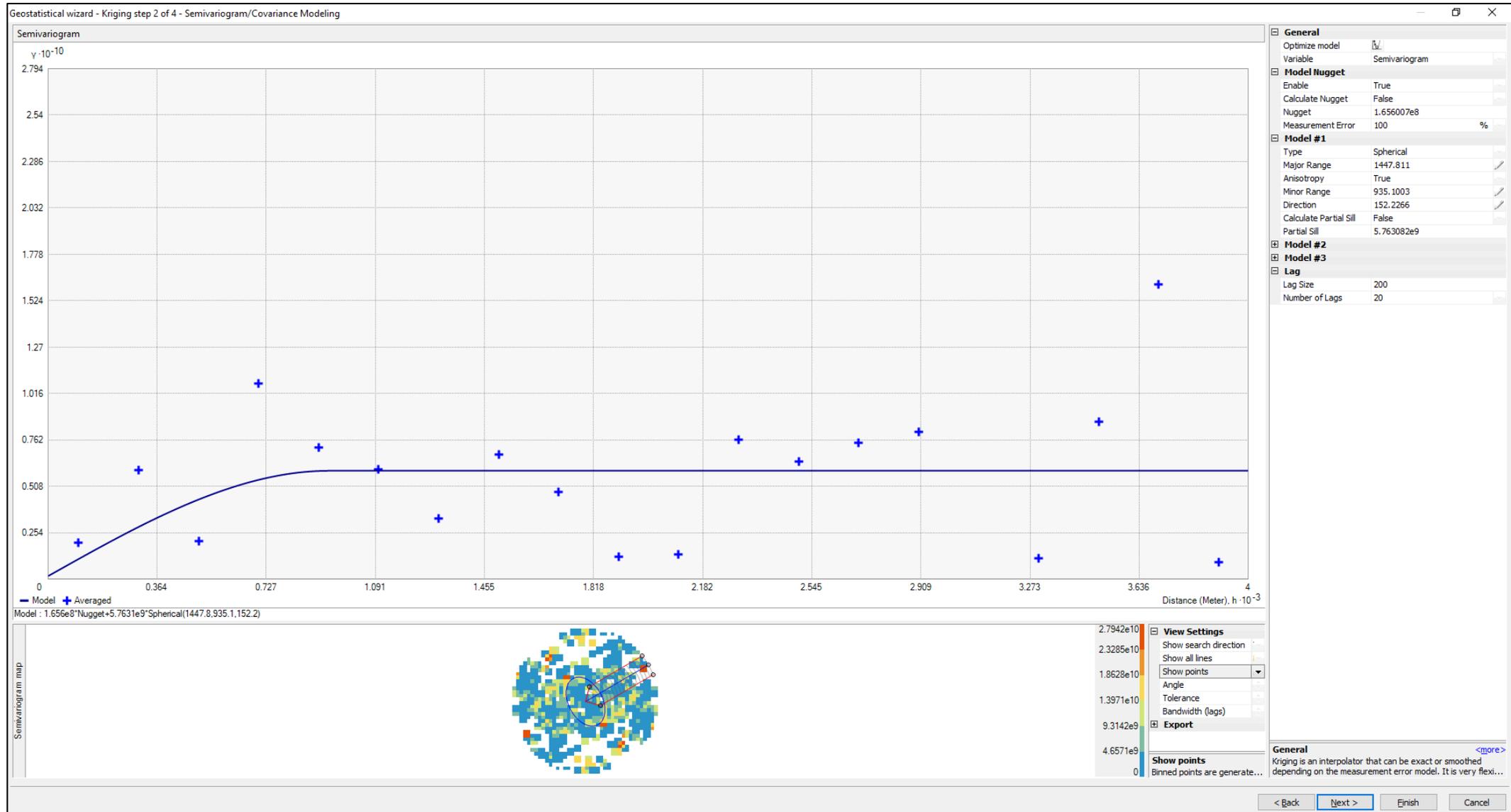


Figura 9: Histograma de dados de Antimônio em poeira (mg/kg)

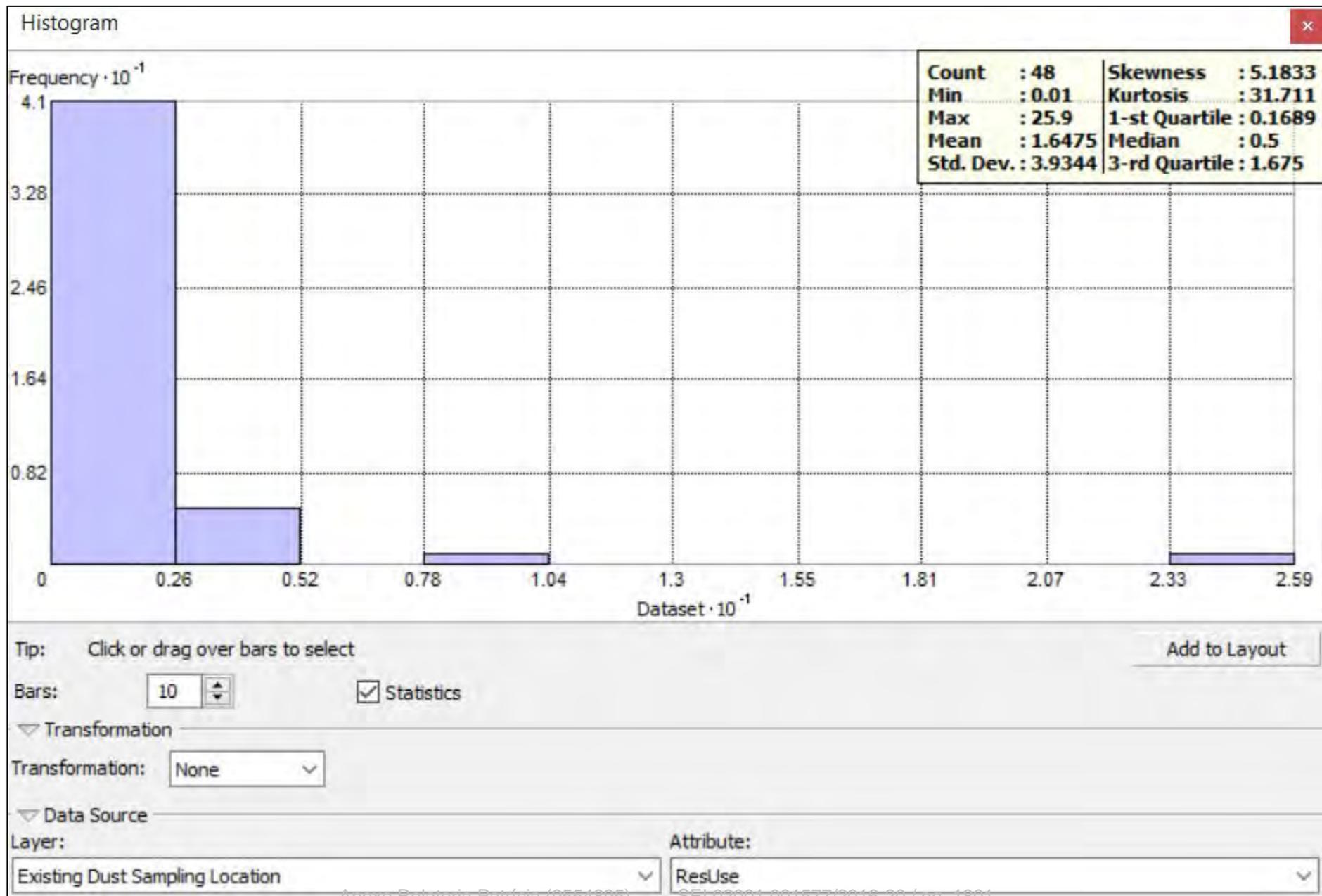


Figura 10: Histograma de dados log de Antimônio em poeira (mg/kg)



Figura 11: Semi-variograma de Antimônio ao longo da maior variação

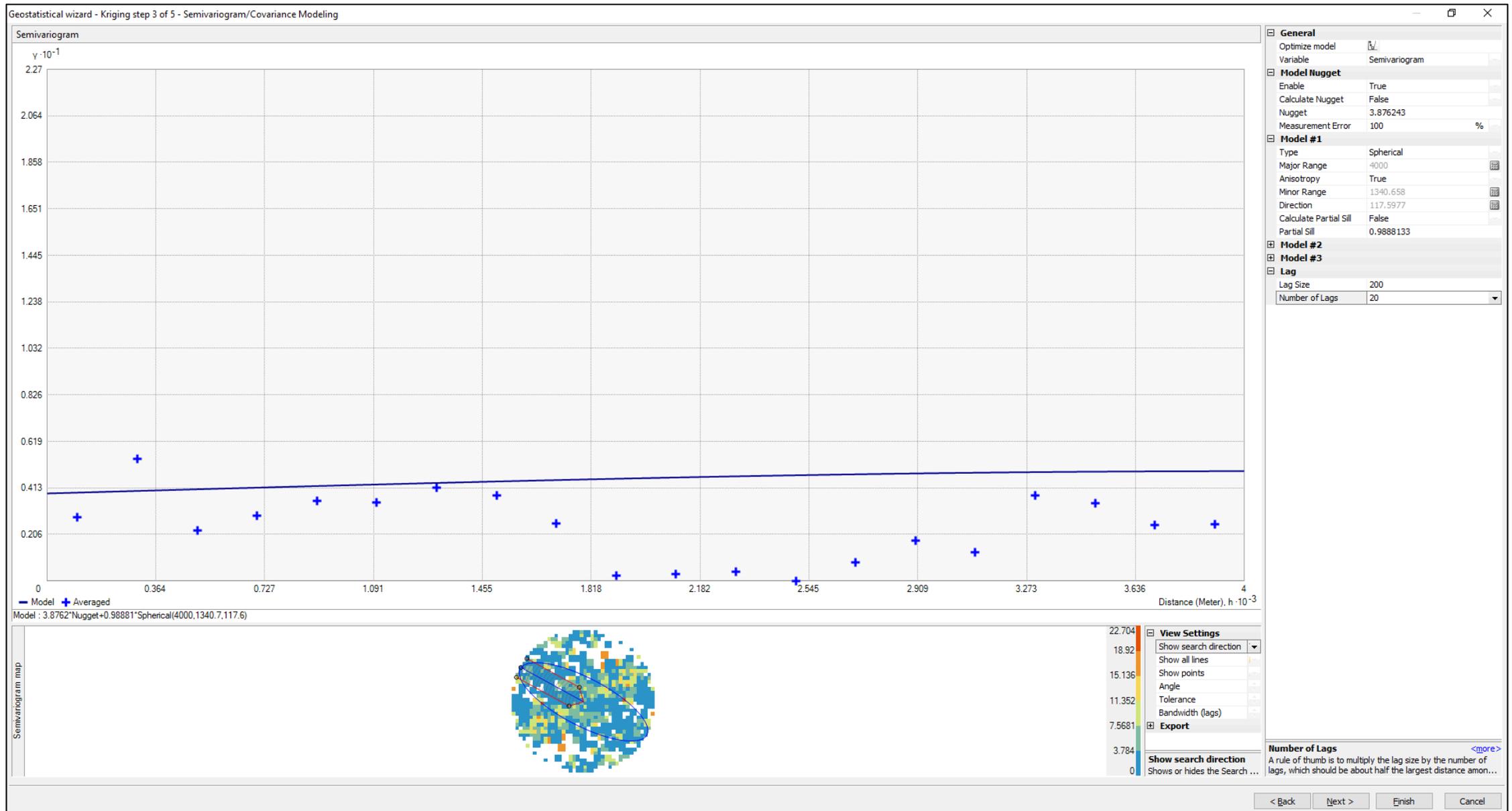


Figura 12: Semi-variograma de Antimônio ao longo da menor variação

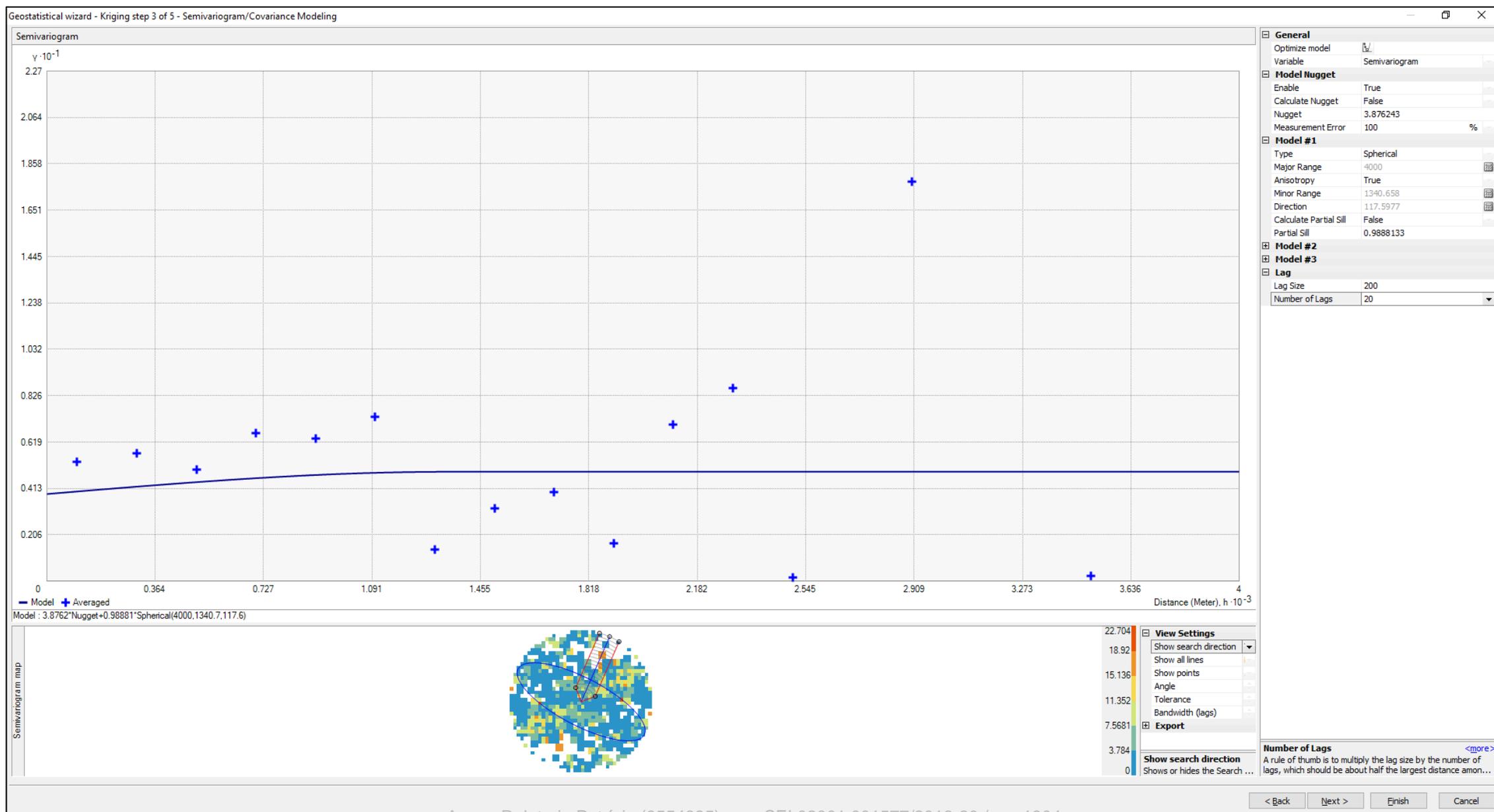


Tabela 1: Comparação de medições em dados de solo superficial, sedimentos e poeira entre o conjunto de dados da Ambios e do Grupo EPA.

Matriz	Analito	Grupo EPA					Ambios					Comparação Estatística				
		N	%ND	Média	Desvio Padrão	Mediana	N	%ND	Média	Desvio Padrão	Mediana	Diferença Média	Valor p Paramétrico	Diferença Mediana	Valor p Não Paramétrico	Diferença Significativa
Solo	Alumínio	41	0%	33373.66	21075.64	34600.00										
Solo	Antimônio	41	85%	0.94	1.27	0.50	12	8%	0.02	0.01	0.01	0.92	0.000	0.490	0.000	Sim
Solo	Arsênio	41	49%	2.87	4.66	1.01	12	8%	0.00	0.00	0.00	2.87	0.000	1.007	0.000	Sim
Solo	Arsênio (III)	41	98%	0.01	0.00	0.01										
Solo	Arsênio (V)	41	5%	0.05	0.03	0.05										
Solo	Arsênio III+V	41	20%	0.05	0.03	0.05										
Solo	Bário	41	0%	100.12	252.73	35.30										
Solo	Boro	41	0%	296.99	238.29	172.00										
Solo	Cádmio	41	100%	0.05	0.00	0.05	12	0%	5.72	5.61	6.55	-5.67	0.005	-6.498	0.000	Sim
Solo	Cromo	41	0%	40.58	42.11	23.90										
Solo	Cobalto	41	0%	9.73	29.36	3.76										
Solo	Cobre	41	0%	11.07	9.93	7.74	12	0%	4.46	1.79	4.14	6.61	0.000	3.600	0.000	Sim
Solo	Ferro	41	0%	86909.76	72098.96	51900.00	12	0%	11131.31	9727.20	16730.00	75778.44	0.000	35170.000	0.000	Sim
Solo	Chumbo	41	2%	15.71	18.04	13.40	12	0%	3.73	3.66	4.01	11.98	0.027	9.393	0.000	Sim
Solo	Manganês	41	0%	733.58	1733.54	345.00	12	0%	375.96	403.38	327.60	357.62	0.484	17.400	0.524	Não
Solo	Mercurio	41	5%	0.12	0.05	0.12	12	8%	0.00	0.00	0.00	0.12	0.000	0.115	0.000	Sim
Solo	Molibdênio	41	100%	0.50	0.00	0.50										
Solo	Níquel	41	0%	11.03	10.75	7.57	12	0%	2.91	1.97	3.14	8.12	0.000	4.432	0.000	Sim
Solo	Selênio	41	100%	0.50	0.00	0.50										
Solo	Prata	41	100%	0.50	0.00	0.50										
Solo	Vanádio	41	0%	42.83	32.08	28.70										
Solo	Zinco	41	0%	25.41	11.93	25.40	12	0%	10.53	5.19	10.74	14.88	0.000	14.665	0.000	Sim
Sedimento	Alumínio	22	0%	6890.00	8210.30	3770.00										
Sedimento	Antimônio	22	77%	1.19	1.55	0.50	10	20%	0.20	0.29	0.03	0.99	0.008	0.473	0.001	Sim
Sedimento	Arsênio	22	36%	4.03	4.69	2.49	10	20%	0.00	0.00	0.00	4.03	0.001	2.487	0.000	Sim
Sedimento	Arsênio (III)	22	100%	0.01	0.00	0.01										
Sedimento	Arsênio (V)	22	5%	0.06	0.03	0.06										
Sedimento	Arsênio III+V	22	9%	0.06	0.03	0.06										
Sedimento	Bário	22	0%	80.35	118.28	55.20										
Sedimento	Boro	22	0%	570.03	366.20	552.00										
Sedimento	Cádmio	22	100%	0.05	0.00	0.05	10	0%	3.00	5.02	1.56	-2.95	0.096	-1.506	0.030	Sim
Sedimento	Cromo	22	0%	26.96	32.44	15.10										
Sedimento	Cobalto	22	5%	4.11	1.64	3.68										
Sedimento	Cobre	22	0%	6.25	3.18	5.97	10	0%	3.63	2.03	3.32	2.62	0.024	2.654	0.028	Sim
Sedimento	Ferro	22	0%	161179.55	97205.09	156500.00	10	0%	6612.31	6870.97	6193.00	154567.24	0.000	150307.000	0.000	Sim
Sedimento	Chumbo	22	0%	11.86	4.87	12.15	10	0%	1.76	1.90	1.71	10.10	0.000	10.441	0.000	Sim
Sedimento	Manganês	22	0%	1204.73	1272.92	767.00	10	0%	340.30	358.99	216.25	864.43	0.045	550.750	0.004	Sim
Sedimento	Mercurio	22	14%	0.13	0.07	0.13	10	20%	0.00	0.00	0.00	0.13	0.000	0.129	0.000	Sim
Sedimento	Molibdênio	22	100%	0.50	0.00	0.50										
Sedimento	Níquel	22	0%	6.10	3.47	5.70	10	0%	4.28	6.31	2.24	1.82	0.299	3.463	0.006	Sim
Sedimento	Selênio	22	100%	0.50	0.00	0.50										
Sedimento	Prata	22	100%	0.50	0.00	0.50										
Sedimento	Vanádio	22	0%	23.67	10.31	19.60										
Sedimento	Zinco	22	0%	12.64	6.36	11.05	10	0%	9.01	5.58	8.45	3.63	0.131	2.600	0.067	Não
Poeira	Alumínio	28	0%	7007.86	3649.59	6070.00										
Poeira	Antimônio	28	46%	2.66	4.93	1.46	21	38%	0.25	0.00	0.25	2.41	0.015	1.210	0.000	Sim
Poeira	Arsênio	28	11%	6.89	14.19	4.54	21	100%	0.03	0.00	0.03	6.86	0.032	4.515	0.000	Sim
Poeira	Arsênio (III)	28	82%	0.02	0.07	0.01										
Poeira	Arsênio (V)	28	7%	0.14	0.19	0.06										

Poeira	Arsênio III+V	28	32%	0.15	0.22	0.06										
Poeira	Bário	28	0%	77.66	100.46	52.50										
Poeira	Boro	28	0%	81.39	79.92	54.60										
Poeira	Cádmio	28	96%	0.17	0.64	0.05	21	0%	0.03	0.00	0.03	0.15	0.000	0.025	0.000	Sim
Poeira	Cromo	28	0%	20.79	22.71	12.05										
Poeira	Cobalto	28	0%	3.15	1.74	2.68										
Poeira	Cobre	28	0%	883.76	4471.77	28.75	21	0%	0.81	0.63	0.68	882.96	0.401	28.073	0.968	Não
Poeira	Ferro	28	0%	17569.64	22121.28	9755.00	21	0%	11.36	8.31	7.70	17558.28	0.218	9747.300	0.920	Não
Poeira	Chumbo	28	0%	24.73	55.64	8.70	21	0%	0.25	0.00	0.25	24.48	0.914	8.450	0.531	Não
Poeira	Manganês	28	0%	298.93	159.12	243.00	21	0%	14.56	16.20	5.88	284.37	0.001	237.120	0.000	Sim
Poeira	Mercurio	28	39%	0.05	0.03	0.06	21	100%	0.03	0.00	0.03	0.03	0.000	0.031	0.000	Sim
Poeira	Molibdênio	28	89%	0.63	0.41	0.50										
Poeira	Níquel	28	0%	7.94	8.16	4.82	21	0%	0.27	0.08	0.25	7.67	0.393	4.565	0.120	Não
Poeira	Selênio	28	96%	0.57	0.36	0.50										
Poeira	Prata	28	100%	0.50	0.00	0.50										
Poeira	Vanádio	28	0%	13.48	6.91	11.50										
Poeira	Zinco	28	0%	311.24	1100.62	91.30	21	0%	4.44	4.96	2.91	306.80	0.641	88.390	0.531	Não

Observação: Células em cinza são casos sem dados da Ambios.

Tabela 2: Comparação de medições em dados de água superficial, água para consumo humano e água subterrânea entre o conjunto de dados da Ambios e do Grupo EPA.

Matriz	Analito	Total ou Dissolvido	Grupo EPA					Ambios					Comparação Estatística				
			N	%ND	Média	Desvio Padrão	Mediana	N	%ND	Média	Desvio Padrão	Mediana	Diferença Média	Valor p Paramétrico	Diferença Mediana	Valor p Não Paramétrico	Diferença Significativa
Água Superficial	Alumínio	Dissolvido	17	12%	27.72	34.56	25.40										
Água Superficial	Alumínio	Total	17	0%	2568.71	2658.09	1820.00										
Água Superficial	Antimônio	Dissolvido	17	100%	0.50	0.00	0.50										
Água Superficial	Antimônio	Total	17	100%	0.50	0.00	0.50	8	100%	0.00	0.00	0.00					
Água Superficial	Arsênio	Dissolvido	17	100%	0.50	0.00	0.50										
Água Superficial	Arsênio	Total	17	29%	2.92	2.00	3.04	8	100%	0.00	0.00	0.00	2.92	0.000	3.04	0.000	Sim
Água Superficial	Arsênio (III)	Dissolvido	13	100%	1.25	0.00	1.25										
Água Superficial	Arsênio (III)	Total															
Água Superficial	Arsênio (V)	Dissolvido	17	100%	1.25	0.00	1.25										
Água Superficial	Arsênio (V)	Total															
Água Superficial	Arsênio III+V	Dissolvido	16	100%	2.50	0.00	2.50										
Água Superficial	Arsênio III+V	Total															
Água Superficial	Bário	Dissolvido	17	0%	29.32	13.29	26.90										
Água Superficial	Bário	Total	17	0%	99.80	73.82	80.10										
Água Superficial	Boro	Dissolvido	17	100%	0.50	0.00	0.50										
Água Superficial	Boro	Total	17	71%	1.86	2.36	0.50										
Água Superficial	Cádmio	Dissolvido	17	100%	0.50	0.00	0.50										
Água Superficial	Cádmio	Total	17	100%	0.50	0.00	0.50	8	13%	0.00	0.00	0.00	0.50	0.000	0.50	0.000	Sim
Água Superficial	Cromo	Dissolvido	17	100%	0.50	0.00	0.50										
Água Superficial	Cromo	Total	17	29%	5.03	4.23	5.51										
Água Superficial	Cobalto	Dissolvido	17	100%	0.50	0.00	0.50										
Água Superficial	Cobalto	Total	17	35%	2.11	1.59	1.96										
Água Superficial	Cobre	Dissolvido	17	94%	0.55	0.19	0.50										
Água Superficial	Cobre	Total	17	24%	3.07	2.18	3.43	8	38%	0.00	0.00	0.00	3.07	0.000	3.43	0.000	Sim
Água Superficial	Ferro	Dissolvido	17	0%	220.78	204.60	191.00										
Água Superficial	Ferro	Total	17	0%	8960.18	7765.30	5060.00	8	0%	0.33	0.09	0.33	8959.85	0.000	5059.67	0.000	Sim
Água Superficial	Chumbo	Dissolvido	17	100%	0.50	0.00	0.50										
Água Superficial	Chumbo	Total	17	29%	2.25	2.04	1.56	8	50%	0.00	0.00	0.00	2.24	0.000	1.56	0.000	Sim
Água Superficial	Manganês	Dissolvido	17	0%	46.85	36.55	32.50										
Água Superficial	Manganês	Total	17	0%	1112.37	962.58	1010.00	8	0%	0.20	0.25	0.10	1112.17	0.000	1009.90	0.000	Sim
Água Superficial	Mercúrio	Dissolvido	17	100%	0.05	0.00	0.05										
Água Superficial	Mercúrio	Total	17	94%	0.05	0.02	0.05	8	100%	0.00	0.00	0.00	0.05	0.000	0.05	0.000	Sim
Água Superficial	Molibdênio	Dissolvido	17	100%	0.50	0.00	0.50										
Água Superficial	Molibdênio	Total	17	100%	0.50	0.00	0.50										
Água Superficial	Níquel	Dissolvido	17	100%	0.50	0.00	0.50										
Água Superficial	Níquel	Total	17	29%	2.79	1.89	3.06	8	100%	0.00	0.00	0.00	2.79	0.000	3.06	0.000	Sim
Água Superficial	Selênio	Dissolvido	17	100%	0.50	0.00	0.50										
Água Superficial	Selênio	Total	17	100%	0.50	0.00	0.50										
Água Superficial	Prata	Dissolvido	17	100%	0.50	0.00	0.50										
Água Superficial	Prata	Total	17	100%	0.50	0.00	0.50										
Água Superficial	Vanádio	Dissolvido	17	100%	0.50	0.00	0.50										
Água Superficial	Vanádio	Total	17	24%	4.98	4.30	4.29										
Água Superficial	Zinco	Dissolvido	17	41%	8.45	17.55	3.98										
Água Superficial	Zinco	Total	17	12%	16.88	20.10	11.20	8	100%	0.01	0.00	0.01	16.87	0.003	11.20	0.000	Sim
Água para Consumo	Alumínio	Dissolvido	11	36%	43.13	105.12	9.95										
Água para Consumo	Alumínio	Total	11	9%	199.18	236.08	107.00										
Água para Consumo	Antimônio	Dissolvido	11	100%	0.50	0.00	0.50										
Água para Consumo	Antimônio	Total	11	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.00	0.00	0.00					
Água para Consumo	Arsênio	Dissolvido	11	100%	0.50	0.00	0.50										
Água para Consumo	Arsênio	Total	11	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.00	0.00	0.00					
Água para Consumo	Arsênio (III)	Dissolvido	9	100%	1.25	0.00	1.25										
Água para Consumo	Arsênio (III)	Total															
Água para Consumo	Arsênio (V)	Dissolvido	11	100%	1.25	0.00	1.25										
Água para Consumo	Arsênio (V)	Total															

Água para Consumo	Arsênio III+V	Dissolvido	10	100%	2.50	0.00	2.50											
Água para Consumo	Arsênio III+V	Total																
Água para Consumo	Bário	Dissolvido	11	0%	21.91	16.76	17.00											
Água para Consumo	Bário	Total	11	0%	23.51	17.16	17.90											
Água para Consumo	Boro	Dissolvido	11	100%	0.50	0.00	0.50											
Água para Consumo	Boro	Total	11	91%	1.32	2.72	0.50											
Água para Consumo	Cádmio	Dissolvido	11	100%	0.50	0.00	0.50											
Água para Consumo	Cádmio	Total	11	100%	0.50	0.00	0.50	5	40%	0.00	0.00	0.00	0.50	0.000	0.50	0.000		Sim
Água para Consumo	Cromo	Dissolvido	11	91%	0.55	0.16	0.50											
Água para Consumo	Cromo	Total	11	91%	0.62	0.38	0.50											
Água para Consumo	Cobalto	Dissolvido	11	100%	0.50	0.00	0.50											
Água para Consumo	Cobalto	Total	11	100%	0.50	0.00	0.50											
Água para Consumo	Cobre	Dissolvido	11	55%	1.55	1.56	0.50											
Água para Consumo	Cobre	Total	11	55%	7.78	18.64	0.50	5	60%	0.00	0.01	0.00	7.78	0.376	0.50	0.001		Sim
Água para Consumo	Ferro	Dissolvido	11	9%	183.87	189.75	79.40											
Água para Consumo	Ferro	Total	11	9%	502.35	459.53	441.00	5	0%	0.34	0.17	0.41	502.01	0.005	440.59	0.003		Sim
Água para Consumo	Chumbo	Dissolvido	11	100%	0.50	0.00	0.50											
Água para Consumo	Chumbo	Total	11	82%	0.72	0.49	0.50	5	0%	0.00	0.00	0.00	0.71	0.001	0.50	0.001		Sim
Água para Consumo	Manganês	Dissolvido	11	45%	2.60	2.09	3.46											
Água para Consumo	Manganês	Total	11	18%	7.73	6.79	8.88	5	20%	0.02	0.02	0.02	7.71	0.004	8.86	0.002		Sim
Água para Consumo	Mercurio	Dissolvido	11	100%	0.05	0.00	0.05											
Água para Consumo	Mercurio	Total	11	100%	0.05	0.00	0.05	5	100%	0.00	0.00	0.00						
Água para Consumo	Molibdênio	Dissolvido	11	100%	0.50	0.00	0.50											
Água para Consumo	Molibdênio	Total	11	100%	0.50	0.00	0.50											
Água para Consumo	Níquel	Dissolvido	11	100%	0.50	0.00	0.50											
Água para Consumo	Níquel	Total	11	91%	0.92	1.40	0.50	5	100%	0.00	0.00	0.00	0.92	0.171	0.50	0.000		Sim
Água para Consumo	Selênio	Dissolvido	11	100%	0.50	0.00	0.50											
Água para Consumo	Selênio	Total	11	100%	0.50	0.00	0.50											
Água para Consumo	Prata	Dissolvido	11	100%	0.50	0.00	0.50											
Água para Consumo	Prata	Total	11	100%	0.50	0.00	0.50											
Água para Consumo	Vanádio	Dissolvido	11	100%	0.50	0.00	0.50											
Água para Consumo	Vanádio	Total	11	82%	0.63	0.30	0.50											
Água para Consumo	Zinco	Dissolvido	11	27%	5.27	7.20	2.33											
Água para Consumo	Zinco	Total	11	18%	29.34	72.43	4.23	5	60%	0.02	0.03	0.01	29.32	0.389	4.23	0.002		Sim
Água Subterrânea	Alumínio	Dissolvido	25	28%	22.28	22.56	16.70											
Água Subterrânea	Alumínio	Total	25	4%	1053.17	1743.10	248.00											
Água Subterrânea	Antimônio	Dissolvido	25	100%	0.50	0.00	0.50											
Água Subterrânea	Antimônio	Total	25	100%	0.50	0.00	0.50											
Água Subterrânea	Arsênio	Dissolvido	25	100%	0.50	0.00	0.50											
Água Subterrânea	Arsênio	Total	25	100%	0.50	0.00	0.50											
Água Subterrânea	Arsênio (III)	Dissolvido																
Água Subterrânea	Arsênio (III)	Total																
Água Subterrânea	Arsênio (V)	Dissolvido																
Água Subterrânea	Arsênio (V)	Total																
Água Subterrânea	Arsênio III+V	Total																
Água Subterrânea	Bário	Dissolvido	25	0%	27.09	14.06	25.50											
Água Subterrânea	Bário	Total	25	0%	31.67	14.84	31.20											
Água Subterrânea	Boro	Dissolvido	25	100%	0.50	0.00	0.50											
Água Subterrânea	Boro	Total	25	100%	0.50	0.00	0.50											
Água Subterrânea	Cádmio	Dissolvido	25	100%	0.50	0.00	0.50											
Água Subterrânea	Cádmio	Total	25	100%	0.50	0.00	0.50											
Água Subterrânea	Cromo	Dissolvido	25	76%	0.77	0.52	0.50											
Água Subterrânea	Cromo	Total	25	56%	2.47	4.44	0.50											
Água Subterrânea	Cobalto	Dissolvido	25	100%	0.50	0.00	0.50											
Água Subterrânea	Cobalto	Total	25	92%	0.59	0.31	0.50											
Água Subterrânea	Cobre	Dissolvido	25	76%	0.68	0.34	0.50											
Água Subterrânea	Cobre	Total	25	72%	1.57	2.43	0.50											
Água Subterrânea	Ferro	Dissolvido	25	24%	193.93	214.92	115.00											
Água Subterrânea	Ferro	Total	25	4%	1183.66	1368.37	778.00											

Água Subterrânea	Chumbo	Dissolvido	25	100%	0.50	0.00	0.50											
Água Subterrânea	Chumbo	Total	25	72%	0.81	0.60	0.50											
Água Subterrânea	Manganês	Dissolvido	25	20%	117.80	487.32	5.25											
Água Subterrânea	Manganês	Total	25	8%	140.51	502.10	21.00											
Água Subterrânea	Mercurio	Dissolvido	25	100%	0.05	0.00	0.05											
Água Subterrânea	Mercurio	Total	25	96%	0.06	0.03	0.05											
Água Subterrânea	Molibdênio	Dissolvido	25	100%	0.50	0.00	0.50											
Água Subterrânea	Molibdênio	Total	25	100%	0.50	0.00	0.50											
Água Subterrânea	Níquel	Dissolvido	25	96%	0.54	0.21	0.50											
Água Subterrânea	Níquel	Total	25	88%	0.78	0.91	0.50											
Água Subterrânea	Selênio	Dissolvido	25	100%	0.50	0.00	0.50											
Água Subterrânea	Selênio	Total	25	100%	0.50	0.00	0.50											
Água Subterrânea	Prata	Dissolvido	25	100%	0.50	0.00	0.50											
Água Subterrânea	Prata	Total	25	100%	0.50	0.00	0.50											
Água Subterrânea	Vanádio	Dissolvido	25	96%	0.53	0.16	0.50											
Água Subterrânea	Vanádio	Total	25	64%	1.67	3.06	0.50											
Água Subterrânea	Zinco	Dissolvido	25	44%	8.61	21.66	2.64											
Água Subterrânea	Zinco	Total	25	32%	17.11	34.12	5.78											

Observação: Células em cinza são casos sem dados.

Tabela 3: Comparação de medições em dados de alimentos entre o conjunto de dados da Ambios e do Grupo EPA.

Matriz	Analito	Grupo EPA					Ambios					Comparação Estatística				
		N	%ND	Média	Desvio Padrão	Mediana	N	%ND	Média	Desvio Padrão	Mediana	Diferença Média	Valor p Paramétrico	Diferença Mediana	Valor p Não Paramétrico	Diferença Significativa
Ecológica	Alumínio	69	19%	70.50	238.74	3.47										
Ecológica	Antimônio	69	100%	0.50	0.00	0.50	21	100%	0.25	0.25	0.25					
Ecológica	Arsênio	69	97%	0.52	0.13	0.50	21	100%	0.03	0.03	0.03	0.50	0.000	0.48	0.000	Sim
Ecológica	Arsênio (III)	69	100%	0.01	0.00	0.01										
Ecológica	Arsênio (V)	69	62%	0.02	0.02	0.01										
Ecológica	Arsênio III+V	69	64%	0.02	0.02	0.01										
Ecológica	Arsenobetaina	69	100%	0.01	0.00	0.01										
Ecológica	Bário	69	45%	2.41	2.76	1.25										
Ecológica	Boro	69	45%	1.49	1.29	1.10										
Ecológica	Cádmio	69	100%	0.06	0.05	0.05	21	100%	0.03	0.03	0.03					
Ecológica	Cromo	69	99%	0.53	0.28	0.50										
Ecológica	Cobalto	69	100%	0.50	0.00	0.50										
Ecológica	Cobre	69	86%	0.62	0.32	0.50	21	5%	0.81	0.81	0.68	-0.19	0.203	-0.18	0.731	Não
Ecológica	Dimetil Arsênio	69	99%	0.01	0.00	0.01										
Ecológica	Ferro	69	22%	54.02	137.13	8.35	21	10%	11.36	11.36	7.70	42.66	0.012	0.65	0.550	Sim
Ecológica	Chumbo	69	100%	0.50	0.00	0.50	21	100%	0.25	0.25	0.25					
Ecológica	Manganês	69	55%	2.36	3.46	0.50	21	5%	14.56	14.56	5.88	-12.20	0.003	-5.38	0.000	Sim
Ecológica	Merúrio	69	100%	0.01	0.06	0.01	21	100%	0.03	0.03	0.03					
Ecológica	Molibdênio	69	100%	0.50	0.00	0.50										
Ecológica	Monometil Arsênio	69	38%	0.02	0.01	0.02										
Ecológica	Níquel	69	100%	0.50	0.00	0.50	21	95%	0.27	0.27	0.25	0.23	0.000	0.25	0.000	Sim
Ecológica	Selênio	69	94%	0.61	0.48	0.50										
Ecológica	Prata	69	100%	0.50	0.00	0.50										
Ecológica	Vanádio	69	96%	0.54	0.18	0.50										
Ecológica	Zinco	69	1%	6.52	4.84	4.26	21	10%	4.44	4.44	2.91	2.08	0.091	1.35	0.016	Sim

Observação: Células em cinza são casos sem dados da Ambios.

Tabela 4: Comparação de medições em dados de solo, sedimento e poeira do Grupo EPA, entre o conjunto de dados da Área Alvo 2 e Área Alvo 3.

Matriz	Análito	Área Alvo 2					Área Alvo 3					Comparação Estatística				
		N	%ND	Média	Desvio Padrão	Mediana	N	%ND	Média	Desvio Padrão	Mediana	Diferença Média	Valor p Paramétrico	Diferença Mediana	Valor p Não Paramétrico	Diferença Significativa
Solo	Alumínio	104	0%	43359.33	27896.77	39800.00	59	0%	34922.31	23419.31	34600.00	8437.02	0.051	5200.00	0.085	Não
Solo	Antimônio	104	74%	1.16	1.76	0.50	59	79%	1.35	1.95	0.50	-0.19	0.527	0.00	0.912	Não
Solo	Arsênio	104	26%	8.64	20.43	2.42	59	32%	5.71	9.31	2.46	2.93	0.212	-0.04	0.896	Não
Solo	Arsênio (III)	25	92%	0.01	0.01	0.01	17	100%	0.01	0.00	0.01	0.00	0.324	0.00	0.626	Não
Solo	Arsênio (V)	25	8%	0.05	0.03	0.04	17	0%	0.06	0.02	0.06	-0.02	0.052	-0.02	0.030	Sim
Solo	Arsênio III+V	25	24%	0.05	0.03	0.05	17	12%	0.06	0.02	0.06	-0.01	0.157	-0.01	0.064	Não
Solo	Bário	104	0%	69.22	121.24	25.65	59	0%	105.18	215.73	42.80	-35.96	0.175	-17.15	0.004	Sim
Solo	Boro	104	0%	258.50	276.64	112.00	59	0%	243.88	214.55	140.00	14.62	0.708	-28.00	0.281	Não
Solo	Cádmio	104	92%	0.05	0.00	0.05	59	95%	0.05	0.00	0.05	0.00	0.000	0.00	1.000	Sim
Solo	Cromo	104	0%	30.37	23.02	23.90	59	0%	60.73	64.32	37.30	-30.36	0.001	-13.40	0.007	Sim
Solo	Cobalto	104	1%	6.12	12.27	3.63	59	2%	8.95	24.32	3.88	-2.83	0.325	-0.26	0.076	Não
Solo	Cobre	104	1%	9.58	10.31	6.52	59	0%	15.25	17.01	10.70	-5.68	0.022	-4.19	0.007	Sim
Solo	Ferro	104	0%	73892.02	81910.67	271500.00	59	0%	73720.00	67920.29	40900.00	172.02	0.989	-13750.00	0.145	Não
Solo	Chumbo	104	4%	14.24	13.48	11.55	59	2%	14.70	15.99	12.70	-0.45	0.847	-1.15	0.814	Não
Solo	Manganês	104	1%	886.51	2147.01	163.00	59	0%	724.68	1576.38	225.00	161.83	0.613	-62.00	0.265	Não
Solo	Mercurio	104	10%	0.16	0.18	0.12	59	10%	0.17	0.10	0.16	-0.01	0.796	-0.04	0.022	Sim
Solo	Molibdênio	104	98%	0.54	0.32	0.50	59	100%	0.50	0.00	0.50	0.04	0.359	0.00	0.285	Não
Solo	Níquel	104	0%	10.04	9.37	7.59	59	0%	21.62	25.70	9.35	-11.58	0.001	-1.77	0.030	Sim
Solo	Selênio	104	100%	0.50	0.00	0.50	59	100%	0.50	0.00	0.50					
Solo	Prata	104	100%	0.50	0.00	0.50	59	100%	0.50	0.00	0.50					
Solo	Vanádio	104	0%	40.42	31.02	31.20	59	0%	47.66	35.30	38.00	-7.23	0.192	-6.80	0.318	Não
Solo	Zinco	104	0%	26.08	16.04	23.20	59	0%	24.78	16.14	22.30	1.30	0.620	0.90	0.592	Não
Sedimento	Alumínio	47	0%	11922.19	13248.59	4670.00	28	0%	7960.61	13548.14	3725.00	3961.58	0.218	945.00	0.083	Não
Sedimento	Antimônio	47	75%	1.13	1.61	0.50	28	73%	1.10	1.39	0.50	0.03	0.927	0.00	0.729	Não
Sedimento	Arsênio	47	29%	11.63	31.61	1.91	28	39%	7.96	11.93	1.97	3.66	0.559	-0.05	0.819	Não
Sedimento	Arsênio (III)	13	100%	0.01	0.00	0.01	9	100%	0.01	0.00	0.01					
Sedimento	Arsênio (V)	13	8%	0.05	0.03	0.05	9	0%	0.07	0.02	0.06	-0.01	0.248	-0.01	0.204	Não
Sedimento	Arsênio III+V	13	15%	0.05	0.03	0.05	9	0%	0.07	0.02	0.06	-0.01	0.283	-0.01	0.229	Não
Sedimento	Bário	47	0%	159.69	293.41	52.20	28	0%	149.83	199.20	65.70	9.86	0.875	-13.50	0.483	Não
Sedimento	Boro	47	0%	453.99	369.09	527.00	28	0%	510.99	265.31	485.50	-57.00	0.441	41.50	0.507	Não
Sedimento	Cádmio	47	90%	0.05	0.00	0.05	28	85%	0.05	0.00	0.05	0.00	0.000	0.00	1.000	Sim
Sedimento	Cromo	47	2%	31.20	32.78	17.90	28	4%	29.80	34.80	17.90	1.40	0.862	0.00	0.607	Não
Sedimento	Cobalto	47	4%	5.69	4.40	3.98	28	4%	6.11	6.90	4.07	-0.42	0.748	-0.08	0.948	Não
Sedimento	Cobre	47	0%	8.44	10.41	6.01	28	3%	6.28	4.69	5.43	2.16	0.305	0.58	0.321	Não
Sedimento	Ferro	47	0%	130875.74	106405.85	145000.00	28	0%	149156.43	80300.55	151000.00	-18280.68	0.403	-6000.00	0.550	Não
Sedimento	Chumbo	47	0%	17.68	41.55	11.80	28	0%	14.32	12.00	12.95	3.36	0.678	-1.15	0.595	Não
Sedimento	Manganês	47	0%	1686.88	2653.59	692.00	28	0%	1584.83	1832.73	819.00	102.05	0.858	-127.00	0.330	Não
Sedimento	Mercurio	47	17%	0.16	0.21	0.11	28	18%	0.16	0.13	0.12	0.01	0.875	-0.02	0.445	Não
Sedimento	Molibdênio	47	100%	0.50	0.00	0.50	28	100%	0.50	0.00	0.50					
Sedimento	Níquel	47	2%	10.15	10.64	5.84	28	3%	9.39	9.56	5.73	0.75	0.759	0.11	0.669	Não
Sedimento	Selênio	47	100%	0.50	0.00	0.50	28	100%	0.50	0.00	0.50					
Sedimento	Prata	47	100%	0.50	0.00	0.50	28	100%	0.50	0.00	0.50					
Sedimento	Vanádio	47	0%	25.24	14.04	22.20	28	0%	32.84	70.96	18.45	-7.60	0.477	3.75	0.118	Não
Sedimento	Zinco	47	0%	14.10	8.76	11.30	28	0%	17.42	32.08	10.75	-3.32	0.504	0.55	0.547	Não
Poeira	Alumínio	17	0%	7042.35	4096.23	5920.00	11	0%	6954.55	3018.45	6500.00	87.81	0.952	-580.00	0.778	Não
Poeira	Antimônio	17	42%	3.21	6.28	0.50	11	44%	1.81	1.11	1.69	1.41	0.472	-1.19	0.472	Não
Poeira	Arsênio	17	52%	3.87	2.43	4.20	11	44%	11.55	22.25	5.82	-7.69	0.280	-1.62	0.230	Não
Poeira	Arsênio (III)	17	76%	0.03	0.09	0.01	11	91%	0.01	0.01	0.01	0.02	0.483	0.00	0.694	Não
Poeira	Arsênio (V)	17	6%	0.13	0.16	0.09	11	9%	0.15	0.25	0.04	-0.03	0.745	0.05	0.525	Não
Poeira	Arsênio III+V	17	29%	0.15	0.20	0.10	11	36%	0.15	0.26	0.04	0.00	0.958	0.06	0.534	Não
Poeira	Bário	17	0%	52.50	34.33	44.00	11	0%	116.55	150.41	70.50	-64.05	0.100	-26.50	0.002	Sim
Poeira	Boro	17	0%	62.15	39.53	53.00	11	0%	111.13	114.65	69.50	-48.97	0.198	-16.50	0.279	Não
Poeira	Cádmio	17	55%	0.05	0.00	0.05	11	56%	0.36	1.02	0.05	-0.31	0.341	0.00	0.214	Não
Poeira	Cromo	17	0%	23.15	26.79	12.30	11	0%	17.13	14.85	10.50	6.01	0.504	1.80	0.541	Não
Poeira	Cobalto	17	0%	2.87	1.25	2.53	11	0%	3.58	2.30	3.03	-0.71	0.301	-0.50	0.466	Não
Poeira	Cobre	17	0%	25.41	11.26	25.40	11	0%	2210.30	7127.60	41.20	-2184.89	0.333	-15.80	0.180	Não
Poeira	Ferro	17	0%	14565.88	11141.29	10800.00	11	0%	22211.82	32918.06	8220.00	-7645.94	0.382	2580.00	0.869	Não
Poeira	Chumbo	17	0%	24.32	70.38	7.00	11	0%	25.36	20.80	22.50	-1.04	0.962	-15.50	0.007	Sim
Poeira	Manganês	17	0%	267.41	152.00	236.00	11	0%	347.64	164.60	287.00	-80.22	0.198	-51.00	0.078	Não
Poeira	Mercurio	17	71%	0.04	0.02	0.05	11	56%	0.07	0.03	0.07	-0.02	0.028	-0.02	0.035	Sim
Poeira	Molibdênio	17	82%	0.71	0.52	0.50	11	100%	0.50	0.00	0.50	0.21	0.109	0.00	0.148	Não
Poeira	Níquel	17	0%	7.44	7.26	4.82	11	0%	8.70	9.70	4.18	-1.25	0.699	0.64	0.851	Não
Poeira	Selênio	17	94%	0.61	0.46	0.50	11	100%	0.50	0.00	0.50	0.11	0.432	0.00	0.421	Não
Poeira	Prata	17	100%	0.50	0.00	0.50	11	100%	0.50	0.00	0.50					
Poeira	Vanádio	17	0%	12.74	6.96	10.80	11	0%	14.63	7.02	15.30	-1.89	0.490	-4.50	0.466	Não
Poeira	Zinco	17	0%	109.62	59.43	99.00	11	0%	622.84	1757.59	83.50	-513.22	0.356	15.50	0.689	Não

Observação: Células em cinza são casos sem dados.

Tabela 5: Comparação de medições em dados de água superficial, água para consumo humano e água subterrânea do Grupo EPA, entre o conjunto de dados da Área Alvo 2 e Área Alvo 3

Matriz	Análito	Total ou Dissolvido	Área Alvo 2						Área Alvo 3						Comparação Estatística				
			N	%ND	Média	Desvio Padrão	Mediana	N	%ND	Média	Desvio Padrão	Mediana	Diferença Média	Valor p Paramétrico	Diferença Mediana	Valor p Não Paramétrico	Diferença Significativa		
Água Superficial	Alumínio	Dissolvido	12	17%	15.91	13.36	12.55	5	0%	56.08	53.50	31.00	-40.17	0.169	-18.45	0.011	Sim		
Água Superficial	Alumínio	Total	12	0%	1368.08	958.83	1370.00	5	0%	5450.20	3321.20	5460.00	-4082.12	0.050	-4090.00	0.020	Sim		
Água Superficial	Antimônio	Dissolvido	12	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Superficial	Antimônio	Total	12	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Superficial	Arsênio	Dissolvido	12	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Superficial	Arsênio	Total	12	42%	2.71	2.29	2.36	5	0%	3.44	1.10	3.37	-0.73	0.389	-1.02	0.593	Não		
Água Superficial	Arsênio (III)	Dissolvido	8	100%	1.25	0.00	1.25	5	100%	1.25	0.00	1.25							
Água Superficial	Arsênio (III)	Total																	
Água Superficial	Arsênio (V)	Dissolvido	12	100%	1.25	0.00	1.25	5	100%	1.25	0.00	1.25							
Água Superficial	Arsênio (V)	Total																	
Água Superficial	Arsênio III+V	Dissolvido	11	100%	2.50	0.00	2.50	5	100%	2.50	0.00	2.50							
Água Superficial	Arsênio III+V	Total																	
Água Superficial	Bário	Dissolvido	12	0%	28.14	15.41	25.55	5	0%	32.14	6.24	31.00	-4.00	0.589	-5.45	0.343	Não		
Água Superficial	Bário	Total	12	0%	107.21	87.41	77.25	5	0%	82.00	15.02	80.10	25.21	0.353	-2.85	0.916	Não		
Água Superficial	Boro	Dissolvido	12	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Superficial	Boro	Total	12	58%	2.43	2.63	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50	1.93	0.027	0.00	0.102	Sim		
Água Superficial	Cádmio	Dissolvido	12	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Superficial	Cádmio	Total	12	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Superficial	Cromo	Dissolvido	12	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Superficial	Cromo	Total	12	42%	4.03	4.39	1.35	5	0%	7.44	2.88	7.14	-3.41	0.134	-5.80	0.088	Não		
Água Superficial	Cobalto	Dissolvido	12	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Superficial	Cobalto	Total	12	42%	2.05	1.78	1.26	5	20%	2.25	1.14	2.30	-0.20	0.819	-1.04	0.628	Não		
Água Superficial	Cobre	Dissolvido	12	92%	0.57	0.23	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50	0.07	0.536	0.00	0.519	Não		
Água Superficial	Cobre	Total	12	25%	2.80	2.24	2.23	5	20%	3.74	2.11	3.51	-0.94	0.435	-1.28	0.559	Não		
Água Superficial	Ferro	Dissolvido	12	0%	269.13	213.13	234.00	5	0%	104.74	136.65	17.80	164.39	0.135	216.20	0.171	Não		
Água Superficial	Ferro	Total	12	0%	8176.50	7694.70	4935.00	5	0%	10841.00	8491.89	12600.00	-2664.50	0.537	-7665.00	0.752	Não		
Água Superficial	Chumbo	Dissolvido	12	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Superficial	Chumbo	Total	12	42%	1.31	0.87	1.36	5	0%	4.50	2.38	4.53	-3.19	0.038	-3.18	0.014	Sim		
Água Superficial	Manganês	Dissolvido	12	0%	48.87	36.27	40.60	5	0%	42.02	41.04	25.40	6.85	0.737	15.20	0.343	Não		
Água Superficial	Manganês	Total	12	0%	1230.28	1125.72	1170.00	5	0%	829.40	282.00	813.00	400.88	0.270	357.00	0.752	Não		
Água Superficial	Mercúrio	Dissolvido	12	100%	0.05	0.00	0.05	5	100%	0.05	0.00	0.05							
Água Superficial	Mercúrio	Total	12	100%	0.05	0.00	0.05	5	80%	0.07	0.04	0.05	-0.02	0.374	0.00	0.121	Não		
Água Superficial	Molibdênio	Dissolvido	12	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Superficial	Molibdênio	Total	12	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Superficial	Níquel	Dissolvido	12	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Superficial	Níquel	Total	12	42%	2.42	1.99	2.25	5	0%	3.68	1.39	4.48	-1.27	0.217	-2.24	0.262	Não		
Água Superficial	Selênio	Dissolvido	12	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Superficial	Selênio	Total	12	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Superficial	Prata	Dissolvido	12	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Superficial	Prata	Total	12	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Superficial	Vanádio	Dissolvido	12	100%	0.50	0.00	0.50	5	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Superficial	Vanádio	Total	12	33%	3.60	3.42	2.12	5	0%	8.28	4.74	8.40	-4.69	0.036	-6.29	0.044	Sim		
Água Superficial	Zinco	Dissolvido	12	42%	9.80	20.73	3.53	5	40%	5.20	5.59	3.98	4.60	0.638	-0.45	0.913	Não		
Água Superficial	Zinco	Total	12	17%	16.11	21.93	10.01	5	0%	18.71	16.97	13.20	-2.60	0.817	-3.19	0.429	Não		
Água Potável	Alumínio	Dissolvido	8	25%	55.02	122.84	13.38	3	67%	11.40	18.88	0.50	43.62	0.568	12.88	0.531	Não		
Água Potável	Alumínio	Total	8	13%	231.23	273.96	162.20	3	0%	113.73	30.46	107.00	117.49	0.492	55.20	1.000	Não		
Água Potável	Antimônio	Dissolvido	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Potável	Antimônio	Total	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Potável	Arsênio	Dissolvido	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Potável	Arsênio	Total	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50							
Água Potável	Arsênio (III)	Dissolvido	7	100%	1.25	0.00	1.25	2	100%	1.25	0.00	1.25							
Água Potável	Arsênio (III)	Total																	
Água Potável	Arsênio (V)	Dissolvido	8	100%	1.25	0.00	1.25	3	100%	1.25	0.00	1.25							
Água Potável	Arsênio (V)	Total																	
Água Potável	Arsênio III+V	Dissolvido	8	100%	2.50	0.00	2.50	2	100%	2.50	0.00	2.50							
Água Potável	Arsênio III+V	Total																	
Água Potável	Bário	Dissolvido	8	0%	23.92	18.76	16.25	3	0%	16.54	10.59	17.00	7.38	0.544	-0.75	0.683	Não		
Água Potável	Bário	Total	8	0%	25.73	19.03	18.90	3	0%	17.62	11.53	17.90	8.11	0.514	1.00	0.609	Não		

Água Potável	Boro	Dissolvido	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Potável	Boro	Total	8	88%	1.63	3.19	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50	1.13	0.568	0.00	0.540	Não
Água Potável	Cádmio	Dissolvido	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Potável	Cádmio	Total	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Potável	Cromo	Dissolvido	8	88%	0.57	0.19	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50	0.07	0.568	0.00	0.540	Não
Água Potável	Cromo	Total	8	88%	0.66	0.45	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50	0.16	0.568	0.00	0.540	Não
Água Potável	Cobalto	Dissolvido	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Potável	Cobalto	Total	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Potável	Cobre	Dissolvido	8	50%	1.84	1.75	0.95	3	67%	0.77	0.46	0.50	1.08	0.145	0.45	0.373	Não
Água Potável	Cobre	Total	8	50%	2.65	3.06	1.04	3	67%	21.47	36.32	0.50	-18.82	0.464	0.54	1.000	Não
Água Potável	Ferro	Dissolvido	8	13%	141.46	163.95	65.65	3	0%	296.97	244.04	410.00	-155.51	0.245	-344.35	0.307	Não
Água Potável	Ferro	Total	8	13%	493.60	512.14	414.50	3	0%	525.67	369.74	623.00	-32.07	0.924	-208.50	0.540	Não
Água Potável	Chumbo	Dissolvido	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Potável	Chumbo	Total	8	88%	0.63	0.35	0.50	3	67%	0.96	0.80	0.50	-0.34	0.337	0.00	0.364	Não
Água Potável	Manganês	Dissolvido	8	50%	2.31	1.96	1.98	3	33%	3.39	2.68	3.87	-1.08	0.474	-1.89	0.521	Não
Água Potável	Manganês	Total	8	25%	6.04	4.91	6.78	3	0%	12.24	10.23	13.80	-6.20	0.191	-7.02	0.152	Não
Água Potável	Mercurio	Dissolvido	8	100%	0.05	0.00	0.05	3	100%	0.05	0.00	0.05					
Água Potável	Mercurio	Total	8	100%	0.05	0.00	0.05	3	100%	0.05	0.00	0.05					
Água Potável	Molibdênio	Dissolvido	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Potável	Molibdênio	Total	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Potável	Níquel	Dissolvido	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Potável	Níquel	Total	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	67%	2.04	2.67	0.50	-1.54	0.423	0.00	0.102	Não
Água Potável	Selênio	Dissolvido	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Potável	Selênio	Total	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Potável	Prata	Dissolvido	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Potável	Prata	Total	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Potável	Vanádio	Dissolvido	8	100%	0.50	0.00	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Potável	Vanádio	Total	8	75%	0.68	0.34	0.50	3	100%	0.50	0.00	0.50	0.18	0.179	0.00	0.364	Não
Água Potável	Zinco	Dissolvido	8	25%	6.77	8.02	5.07	3	33%	1.27	0.81	1.20	5.49	0.282	3.87	0.149	Não
Água Potável	Zinco	Total	8	13%	9.27	10.11	6.27	3	33%	82.86	141.29	2.07	-73.59	0.462	4.20	0.609	Não
Água Subterrânea	Alumínio	Dissolvido	10	50%	12.58	16.09	3.92	15	13%	28.74	24.37	21.50	-16.16	0.079	-17.59	0.057	Não
Água Subterrânea	Alumínio	Total	10	10%	1199.72	2221.08	112.00	15	0%	955.47	1418.38	359.00	244.25	0.739	-247.00	0.506	Não
Água Subterrânea	Antimônio	Dissolvido	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Subterrânea	Antimônio	Total	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Subterrânea	Arsênio	Dissolvido	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Subterrânea	Arsênio	Total	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Subterrânea	Arsênio (III)	Dissolvido															
Água Subterrânea	Arsênio (III)	Total															
Água Subterrânea	Arsênio (V)	Dissolvido															
Água Subterrânea	Arsênio (V)	Total															
Água Subterrânea	Arsênio III+V	Dissolvido															
Água Subterrânea	Arsênio III+V	Total															
Água Subterrânea	Bário	Dissolvido	10	0%	28.76	20.46	24.75	15	0%	25.98	8.13	25.50	2.78	0.638	-0.75	0.657	Não
Água Subterrânea	Bário	Total	10	0%	31.22	20.63	27.05	15	0%	31.97	10.17	33.00	-0.75	0.904	-5.95	0.279	Não
Água Subterrânea	Boro	Dissolvido	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Subterrânea	Boro	Total	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Subterrânea	Cádmio	Dissolvido	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Subterrânea	Cádmio	Total	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Subterrânea	Cromo	Dissolvido	10	90%	0.56	0.18	0.50	15	67%	0.91	0.62	0.50	-0.35	0.053	0.00	0.139	Não
Água Subterrânea	Cromo	Total	10	70%	0.95	0.80	0.50	15	47%	3.48	5.53	1.03	-2.53	0.101	-0.53	0.169	Não
Água Subterrânea	Cobalto	Dissolvido	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Subterrânea	Cobalto	Total	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	87%	0.65	0.40	0.50	-0.15	0.174	0.00	0.239	Não
Água Subterrânea	Cobre	Dissolvido	10	50%	0.88	0.43	0.77	15	93%	0.55	0.19	0.50	0.33	0.044	0.27	0.018	Sim
Água Subterrânea	Cobre	Total	10	50%	2.30	3.34	0.84	15	87%	1.08	1.54	0.50	1.21	0.229	0.34	0.086	Não
Água Subterrânea	Ferro	Dissolvido	10	20%	176.05	168.72	141.00	15	27%	205.86	245.97	107.00	-29.81	0.742	34.00	0.911	Não
Água Subterrânea	Ferro	Total	10	10%	655.25	531.05	548.50	15	0%	1535.93	1642.01	1040.00	-880.68	0.117	-491.50	0.166	Não
Água Subterrânea	Chumbo	Dissolvido	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Subterrânea	Chumbo	Total	10	80%	0.61	0.24	0.50	15	67%	0.93	0.74	0.50	-0.32	0.133	0.00	0.293	Não
Água Subterrânea	Manganês	Dissolvido	10	40%	11.07	28.57	1.93	15	7%	188.95	626.92	11.40	-177.88	0.383	-9.47	0.010	Sim
Água Subterrânea	Manganês	Total	10	20%	22.65	34.40	6.82	15	0%	219.08	644.12	25.40	-196.42	0.349	-18.59	0.030	Sim
Água Subterrânea	Mercurio	Dissolvido	10	100%	0.05	0.00	0.05	15	100%	0.05	0.00	0.05					
Água Subterrânea	Mercurio	Total	10	100%	0.05	0.00	0.05	15	93%	0.06	0.04	0.05	-0.01	0.426	0.00	0.414	Não

Água Subterrânea	Molibdênio	Dissolvido	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Subterrânea	Molibdênio	Total	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Subterrânea	Níquel	Dissolvido	10	90%	0.60	0.33	0.50	15	100%	0.50	0.00	0.50	0.10	0.343	0.00	0.221	Não
Água Subterrânea	Níquel	Total	10	80%	0.83	0.85	0.50	15	93%	0.75	0.98	0.50	0.07	0.849	0.00	0.377	Não
Água Subterrânea	Selênio	Dissolvido	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Subterrânea	Selênio	Total	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Subterrânea	Prata	Dissolvido	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Subterrânea	Prata	Total	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	100%	0.50	0.00	0.50					
Água Subterrânea	Vanádio	Dissolvido	10	100%	0.50	0.00	0.50	15	93%	0.55	0.21	0.50	-0.05	0.426	0.00	0.414	Não
Água Subterrânea	Vanádio	Total	10	80%	0.74	0.54	0.50	15	53%	2.30	3.85	0.50	-1.56	0.220	0.00	0.175	Não
Água Subterrânea	Zinco	Dissolvido	10	40%	15.91	33.53	4.53	15	47%	3.75	4.29	1.43	12.16	0.283	3.10	0.384	Não
Água Subterrânea	Zinco	Total	10	20%	28.58	50.70	7.44	15	40%	9.46	13.66	5.78	19.13	0.271	1.66	0.398	Não

Observação: Células em cinza são casos sem dados.

Tabela 6: Comparação de medições em dados de alimentos do Grupo EPA, entre o conjunto de dados da Área Alvo 2 e Área Alvo 3.

Matriz	Analito	Área Alvo 2					Área Alvo 3					Comparação Estatística				
		N	%ND	Média	Desvio Padrão	Mediana	N	%ND	Média	Desvio Padrão	Mediana	Diferença Média	Valor p Paramétrico	Diferença Mediana	Valor p Não Paramétrico	Diferença Significativa
Ecológica	Alumínio	37	24%	86.85	297.56	2.88	32	13%	51.59	146.69	3.74	35.27	0.545	-0.86	0.458	Não
Ecológica	Antimônio	37	100%	0.50	0.00	0.50	32	100%	0.50	0.00	0.50					
Ecológica	Arsênio	37	97%	0.52	0.10	0.50	32	97%	0.53	0.15	0.50	-0.01	0.757	0.00	0.901	Não
Ecológica	Arsênio (III)	37	100%	0.01	0.00	0.01	32	100%	0.01	0.00	0.01					
Ecológica	Arsênio (V)	37	51%	0.02	0.02	0.01	32	75%	0.01	0.02	0.01	0.01	0.024	0.00	0.001	Sim
Ecológica	Arsênio III+V	37	54%	0.03	0.02	0.01	32	75%	0.02	0.01	0.01	0.01	0.029	0.00	0.001	Sim
Ecológica	Arsenobetaína	37	100%	0.01	0.00	0.01	32	100%	0.01	0.00	0.01					
Ecológica	Bário	37	43%	2.41	2.43	1.25	32	47%	2.40	3.15	1.26	0.02	0.980	-0.01	0.645	Não
Ecológica	Boro	37	41%	1.50	1.11	1.25	32	50%	1.48	1.49	0.76	0.02	0.960	0.49	0.547	Não
Ecológica	Cádmio	37	100%	0.05	0.00	0.05	32	100%	0.06	0.08	0.05					
Ecológica	Cromo	37	100%	0.50	0.00	0.50	32	97%	0.57	0.42	0.50	-0.07	0.325	0.00	0.282	Não
Ecológica	Cobalto	37	100%	0.50	0.00	0.50	32	100%	0.50	0.00	0.50					
Ecológica	Cobre	37	89%	0.61	0.37	0.50	32	81%	0.63	0.27	0.50	-0.02	0.833	0.00	0.387	Não
Ecológica	Dimetil Arsênio	37	100%	0.01	0.00	0.01	32	97%	0.01	0.00	0.01	0.00	0.453	0.00	0.000	Sim
Ecológica	Ferro	37	19%	60.21	154.31	6.98	32	25%	46.88	116.19	9.10	13.33	0.690	-2.12	0.753	Não
Ecológica	Chumbo	37	100%	0.50	0.00	0.50	32	100%	0.50	0.00	0.50					
Ecológica	Manganês	37	49%	2.17	2.53	1.00	32	63%	2.58	4.33	0.50	-0.41	0.627	0.50	0.509	Não
Ecológica	Mercurio	37	100%	0.02	0.08	0.01	32	100%	0.01	0.00	0.01					
Ecológica	Molibdênio	37	100%	0.50	0.00	0.50	32	100%	0.50	0.00	0.50					
Ecológica	Monometil Arsênio	37	49%	0.02	0.01	0.02	32	25%	0.02	0.01	0.03	0.00	0.283	-0.01	0.305	Não
Ecológica	Níquel	37	100%	0.50	0.00	0.50	32	100%	0.50	0.00	0.50					
Ecológica	Selênio	37	95%	0.57	0.31	0.50	32	94%	0.65	0.62	0.50	-0.08	0.488	0.00	0.835	Não
Ecológica	Prata	37	100%	0.50	0.00	0.50	32	100%	0.50	0.00	0.50					
Ecológica	Vanádio	37	95%	0.55	0.21	0.50	32	97%	0.52	0.12	0.50	0.03	0.557	0.00	0.646	Não
Ecológica	Zinco	37	0%	5.94	4.45	4.22	32	3%	7.19	5.25	5.73	-1.25	0.289	-1.51	0.383	Não

Observação: Células em cinza são casos sem dados.

Tabela 7: Analitos indicadores para definição estatística de malha amostral.

Matriz	Analitos com excedências	Total e/ou Dissolvido	Número de Amostras		Número de Excedências		Desvio Padrão (AA2 & AA3)	Valor Limite	Porcentagem excedida	Razão Limite/S	Indicador
			AA2	AA3	AA2	AA3					
Água Superficial	Alumínio	Dissolvido	12	5	0	1	33.57	100	6%	2.98	
	Ferro	Dissolvido	12	5	4	1	198.48	300	29%	1.51	
	Manganês	Total	12	6	9	6	933.84	100	83%	0.11	X
Água Potável	Alumínio	Total and Dissolvido	16	6	5	0	190.97	200	23%	1.05	
	Ferro	Total and Dissolvido	16	6	7	4	371.13	300	50%	0.81	X
Sedimento	Alumínio	Total	13	10	1	0	7849.35	25000	4%	3.18	
	Antimônio	Total	13	10	2	3	1.66	2	22%	1.20	
	Arsênio	Total	13	10	4	4	4.65	5.9	35%	1.27	
	Bário	Total	13	10	12	10	113.62	20	96%	0.18	X
	Cromo	Total	13	10	2	1	31.11	37.3	13%	1.20	
	Ferro	Total	13	10	10	9	93208.44	20000	83%	0.21	
	Manganês	Total	13	10	10	8	1233.76	460	78%	0.37	
	Mercúrio	Total	13	10	2	2	0.07	0.17	17%	2.43	
	Níquel	Total	13	10	1	0	3.31	18	4%	5.44	
Ovo	Selênio	Total	7	9	1	2	1.07	0.3	19%	0.28	X
Fruta	Arsênio	Total	8	4	1	1	0.09	0.3	17%	3.33	X
Hortaliça	Selênio	Total	8	9	1	0	0.37	0.3	6%	0.81	X
Tubérculo	Arsênio	Total	6	2	0	1	0.44	0.2	13%	0.45	X

Tabela 8: Analitos indicadores para definição geoestatística de malha amostral.

Matriz	Analyte with exceedances	Total e/ou Dissolvido	Número de Amostras		Número de Excedências		Desvio Padrão (AA2 & AA3)	Valor Limite	Porcentagem excedida	Indicador
			AA2	AA3	AA2	AA3				
Água Subterrânea	Alumínio	Total and Dissolvida	21	30	1	2	1313.18	3500	6%	X
	Ferro	Total and Dissolvida	20	30	0	2	1079.78	2450	4%	
	Manganês	Total and Dissolvida	20	30	0	2	484.92	400	4%	
Poeira	Antimônio	Total	17	11	2	0	4.95	5	7%	X
	Arsênio	Total	17	11	0	1	13.96	35	4%	
	Bário	Total	17	11	0	1	98.65	300	4%	
	Cádmio	Total	17	11	0	1	0.63	3	4%	
	Cobre	Total	17	11	0	1	4391.18	200	4%	
	Ferro	Total	17	11	0	1	21722.66	55000	4%	
	Chumbo	Total	17	11	1	0	54.63	180	4%	
	Zinco	Total	17	11	0	1	1080.75	450	4%	
Solo Superficial	Alumínio	Total	24	17	1	0	20817.04	77000	2%	
	Antimônio	Total	24	17	1	1	1.4	5	5%	
	Bário	Total	24	17	0	2	249.63	300	5%	
	Cádmio	Total	24	17	0	0	0	3	0%	
	Cromo	Total	24	17	1	1	41.59	150	5%	
	Cobalto	Total	24	17	1	1	29	35	5%	
	Ferro	Total	24	17	12	8	71214.27	55000	49%	X
	Manganês	Total	24	17	1	2	1712.26	1800	7%	

Anexo II-e

Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG” da AMBIOS Engenharia e Processos

1. CONTEXTUALIZAÇÃO GERAL E CONSIDERAÇÕES

Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG”, elaborado pela empresa Ambios Engenharia e Processos (Ambios). Conforme determinado na Nota Técnica SUBVPS/SES-MG nº 11/2017, o estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH) deve ser elaborado utilizando a metodologia do Ministério da Saúde (MS) denominada “Diretrizes para a Elaboração de um Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana por Exposição a Contaminantes Químicos” (Diretrizes). Tais Diretrizes se baseiam nas experiências adquiridas pelo MS na aplicação de avaliações de risco utilizando a metodologia desenvolvida pela Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) e adequação desta metodologia à realidade brasileira.

Este parecer foi elaborado a partir de uma solicitação do MPF. Seu objetivo é apresentar uma análise detalhada da metodologia aplicada, assim como aportar uma visão crítica dos achados da Ambios. Dessa forma buscamos contribuir para a elaboração de uma estratégia de devolutiva dos resultados do estudo da Ambios para as populações estudadas.

2. AVALIACAO DE DATOS EXISTENTES

- 2.1 Contaminação Ambiental

O levantamento das substâncias químicas e suas concentrações em cada compartimento ambiental das áreas em estudo é um aspecto necessário para este tipo de estudo. O Relatório apresenta a discussão de que dados ambientais coletados em estudos de investigação ambiental raramente serão considerados adequados para a ARSH. A Ambios afirma que dados ambientais existentes coletados por terceiros deveriam ser validados em termos de técnicas de amostragem e procedimentos analíticos laboratoriais

usados. Os procedimentos de garantia e controle da qualidade, porém, não são apresentados no Relatório. Os estudos validados pela Ambios não são referenciados para consideração das concentrações basais das áreas de estudo.

Um aspecto importante é a inércia da lama de rejeitos. A Ambios afirma que a classificação dos rejeitos como inerte quanto a liberação de substâncias tóxicas, conforme apresentado pela Golder (2017) num estudo anterior, está equivocada. Este é um aspecto importante desde que baseado nisto é classificado a toxicidade dos rejeitos. Uma das características que podem levar o resíduo à sua classificação como perigoso é a sua toxicidade. A norma ABNT 10.004, define procedimentos e parâmetros para classificação do resíduo quanto à sua toxicidade;

Classe II – Não perigosos: A – Não inertes: podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água; B – Inertes: quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10.007/2004, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10.006/2004, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G, da NBR 10.004.

A Ambios contesta a afirmação de que os rejeitos sejam inertes e indica que o relatório do Golder (2017) está errado. O relatório da Newfield refere-se a o estudo do Golder e “considera-se que as observações da Ambios não levam em consideração todo o conteúdo discutido nos estudos de caracterização geoquímica dos rejeitos, solos e sedimentos afetados e não afetados”. O relatório da Ambios precisa de fornecer mais dados para ver a relevância de uma conclusão tão importante, crucial neste processo. Discute-o de forma um tanto superficial, o que cria uma vulnerabilidade em um ponto tão importante para este estudo.

2.2 Dados Sobre Saúde

A Ambios apresenta dados de saúde relativos à saúde mental e perfil geral dos agravos em saúde notificados. Também avalia 4 estudos de saúde relacionados às áreas estudadas: 1) EPISUS, 2016: “Estudo sobre o Perfil Epidemiológico da População de Barra Longa – MG, Pós-Desastre, 2016”. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS; 2)

EPISUS, 2018: “Dois anos pós-desastre da barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG, 2018”. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS 3) ISS e Greenpeace, 2017: “Avaliação dos riscos em saúde da população de Barra Longa/MG afetada pelo desastre”; 4) ISS, 2018: “Resultados de Exames Toxicológicos - Proposta de Novos Estudos - Contextualização sobre os Metais encontrados”. Em geral, considerando os dados de saúde e relatórios de saúde, Ambios faz um levantamento pertinente. No entanto, não consegue usar esses dados na parte posterior do estudo.

3. AVALIAÇÃO DAS PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE COM A SAÚDE

Os levantamentos das preocupações da comunidade com a sua saúde subsidiam as implicações à saúde pública e norteiam a comunicação do risco às populações expostas. Entretanto, esta fase não está bem descrita no relatório. Ao não descrever como ela foi executada, tira robustez às conclusões em relação as preocupações das comunidades. A necessidade de uso desses instrumentos precisa ser bem avaliada, pois implica no desenho de um estudo de investigação que, para ser construído e validado, necessita da seleção da área, bem como da amostra da população e a articulação com as comunidades. O processo de construção e validação da seleção da área e da amostra da população, não aparece. Também não está claro se o estudo seguiu os protocolos éticos necessários para a realização desta parte do estudo. Não descreve o número de entrevistas realizadas, tipo de entrevistas, grupos ou indivíduo. Não diz qual metodologia foi utilizada para analisar os dados.

As preocupações das comunidades podem ser sumarizadas da seguinte forma:

- Saúde da população atingida: saúde mental, reações alérgicas dermatológicas e respiratórias, dengue, febre amarela, diarreia e Alzheimer.
- Consumo de água e alimentos: consumo de água, frutas, legumes, verduras, ovos, leite e carne.
- Peixes do rio e saúde: consumo de pescados do rio.
- Meio ambiente e saúde: exposição a lama, a poeira e a problemas dermatológicos, respiratórios, alérgicos, oftalmológicos, coceiras e câncer.
- Condições e qualidade de vida: saúde mental.

Estes dados, no entanto, não são muito levados em conta na parte posterior do estudo. Na parte da análise de resultados.

4. METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM E ANÁLISE QUÍMICA

A Ambios não apresentou procedimentos padronizados para as campanhas de amostragem realizadas em Mariana e Barra Longa. A notação utilizada para apresentação das coordenadas deve ser ajustada trazendo transparência à localização dos pontos de coleta. Para facilitar o entendimento da localização espacial das amostras, é sugerido a inclusão de mapas identificando as amostras coletadas para cada compartimento ambiental. Também é necessário descrever claramente e de forma consistente os locais de amostragem.

Além disso, o número de amostras analisadas é muito pequeno para um estudo desse tamanho. O estudo é limitado para os diferentes compartimentos ambientais e especialmente limitado para os alimentos. Por outro lado, apenas os metais são analisados, deixando de fora outros compostos de interesse. Não são analisadas as características físicas, químicas e mesmo microbiológicas das amostras, o que teria relevância ao realizar este estudo. Além disso, o número de metais analisados também é reduzido, não tendo sido analisados outros elementos que seriam importantes para o estudo.

Com relação aos laboratórios utilizados para realização das análises laboratoriais, devem ser apresentados os escopos de acreditação, para todos os compartimentos ambientais amostrados e todos os compostos químicos analisados. Não existe uma descrição metodológica da parte analítica. Não se sabe qual foi o método e protocolo de análise de resultados. Isso dificulta a validação da solvência analítica dos resultados. Estes dados são a parte essencial do estudo e a parte em que as outras partes se baseiam. A validade dos tempos de conservação das amostras, o desempenho dos instrumentos, calibração, brancos, recuperação substituta, recuperação das adições de padrões a uma matriz e identificação do composto. Essa deve ser parte integrante do documento, garantindo a validação dos resultados analíticos das amostras coletadas.

Déficiências no número de amostras, a forma como a amostragem foi feita, o manuseio das amostras, a pouca informação do processo analítico. Tudo isso enfraquece as possíveis conclusões deste estudo.

5. DETERMINAÇÃO DE CONTAMINANTES DE INTERESSE

A seleção de contaminantes de interesse foi feita comparando os resultados analíticos obtidos com valores de referência adotados para cada compartimento ambiental. A seleção foi baseada na concentração máxima detectada para cada elemento químico em todos os compartimentos amostrados nas campanhas de amostragem da Ambios.

De acordo com este critério, não foram encontrados contaminantes de interesse nos alimentos. Foi encontrado **Cádmio** no solo superficial; e **Cádmio, Chumbo, Níquel, Cobre e Zinco** em sedimentos e poeira.

Utilizando os valores de referência no compartimento água para consumo humano, os contaminantes Ferro e Manganês apresentaram concentrações acima dos valores. É muito marcante que eles não são considerados como poluentes de interesse. Ambios argumenta que o padrão de potabilidade para o ferro é determinado por razões organolépticas, ou seja, e aceitabilidade da água devido sua aparência pelo consumidor. Esta decisão parece arbitrária e contradiz o princípio do pior cenário que é utilizado na metodologia do estudo.

Desta forma, os contaminantes de interesse identificados são: Cádmio, Chumbo, Níquel, Cobre e Zinco.

6. IDENTIFICAÇÃO DAS VIAS E ROTAS DE EXPOSIÇÃO

Alimentos: De acordo com a Ambios, metais não aparentam estar atualmente disponíveis para serem absorvidos por vegetais e gramíneas. Entretanto, a Ambios sugere que os metais podem se tornar biodisponíveis e serem absorvidos por vegetais e gramíneas no futuro. A Ambios também conclui que as áreas impactadas pela lama de rejeitos e áreas no entorno, que podem vir a se tornar impactadas pela poeira, deveriam ser monitoradas e que a produção de alimentos deveria ser evitada nessas localidades.

Solo Superficial: Exposição ao Cádmio através de contato direto (ingestão acidental e contato dérmico) e ingestão de partículas de solo contaminado presentes na poeira domiciliar é considerada pela Ambios uma rota de exposição completa, no presente e passado

Sedimentos: Exposição a Cádmio presente em sedimentos através da ingestão de biota aquática é considerada pela Ambios uma rota de exposição completa futura. A rota de exposição para sedimentos não foi considerada pela Ambios uma rota completa no presente e passado em função da ausência de fauna aquática.

Poeira: Exposição a Cádmio, Cobre, Níquel e Zinco através da ingestão e inalação de poeira domiciliar é considerada pela Ambios uma rota de exposição completa, no presente e passado.

Estes aspectos podem ser um pouco melhor argumentados porque eles são baseados no conceito de não-inércia. Newsfield refere-se ao estudo Golder (2017) onde os solos e sedimentos afetados e não afetados têm baixo potencial para mobilização de metais na área estudada para contradizer estes aspectos. Com um pouco mais de base técnica o relatório poderia dar mais peso a estas conclusões. Também discutir os níveis basais daria menos argumentos para as críticas desses resultados.

7. IMPLICAÇÕES À SAÚDE PÚBLICA

Segundo as Diretrizes do MS para ARSH definem, “Para avaliar se os contaminantes de interesse têm a possibilidade de comprometer a saúde, nas condições específicas de exposição existentes no local, deve-se comparar as estimativas da dose de exposição com os valores de referência de saúde. Para definir o nível do risco à saúde, para ocorrência de efeitos lesivos não carcinogênicos, podem ser utilizados como indicadores os Níveis de Risco Mínimo (MRL) da ATSDR e a Dose de Referência (RfD) da EPA ou outros valores de referência de outros países.” Este é um aspecto fundamental deste relatório e não foi suficientemente fundamentada. Alguns avaliadores, como a Newsfield, também são de parecer que estes aspectos não foram suficientemente fundamentados.

As conclusões da Ambios das implicações à saúde relacionadas aos contaminantes de interesse são as seguintes:

Cádmio: A Ambios afirma que as doses de exposição por ingestão de solo e poeira domiciliar estimadas estão acima do MRL para exposição crônica ao cádmio para todas as faixas etárias em Barra Longa e para crianças menores de 11 anos em Mariana. Além disso, afirma que a exposição ao Cádmio está subestimada e, pelo uso do princípio da

precaução, a população acima de 11 anos em Mariana também deve ser objeto de ações de saúde específicas.

Cobre: A Ambios afirma que as doses de exposição por ingestão estão acima do MRL para exposição oral intermediária ao Cobre para crianças de até 1 ano de idade em Mariana. Além disso, afirma que o período de exposição de interesse é relativo à exposição crônica, para o qual não existe MRL ou RfD. Dessa forma, de acordo com a Ambios, na ausência de valores de referência de saúde disponíveis, utilizando o princípio da precaução, todas as faixas etárias da população de Mariana devem ser objeto de ações de saúde relacionadas à exposição ao cobre.

Chumbo: A Ambios conclui que, por terem sido detectadas concentrações de Chumbo nas amostras de poeira domiciliar coletadas em Mariana e não existindo parâmetros de segurança estabelecidos para exposição humana ao Chumbo, aplicando-se o princípio da precaução, todas as faixas etárias da população exposta em Mariana devem ser objeto de ações específicas de saúde

Níquel: A Ambios afirma que não existem parâmetros científicos de segurança conhecidos para exposição ao Níquel e que, considerando o princípio da precaução, todas as faixas etárias da população expostas em Barra Longa devem ser objeto de recomendações de saúde específicas.

Zinco: Embora a Ambios tenha selecionado Zinco como um contaminante de interesse para as vias de exposição de ingestão e inalação de poeira no passado, presente e futuro, e terem sido calculadas doses de exposição ao Zinco pela ingestão de poeira, a exposição ao Zinco não é discutida na seção relacionada às implicações para a saúde humana do Relatório.

O princípio da precaução é usado como mecanismo para gestão de riscos ambientais, objetivando evitar riscos futuros em situações onde não há evidência científica sobre prejuízo potencial para o meio ambiente e/ou a saúde humana. O Relatório utiliza este princípio para concluir sobre as implicações na saúde, citando a falta de parâmetros conhecidos para a exposição humana e uma subestimativa de exposição para os municípios estudados.

No que diz respeito a estas conclusões, existem alguns aspectos que lhes dão certa vulnerabilidade. É importante destacar que, uma vez tomados como referência valores estabelecidos por órgãos de saúde internacionais, as premissas e considerações

necessárias para uso desses valores de referência devem ser discutidos, trazendo adequado embasamento às conclusões apresentadas. O relatório deve indicar claramente todas as considerações utilizadas para a seleção das concentrações das substâncias químicas de interesse, valores de referência ambientais, variáveis para a estimativa da dose de exposição e valores de referência de saúde.

8. ESTABELECIMENTO DAS IMPLICAÇÕES SOBRE A SAÚDE DAS POPULAÇÕES EXPOSTAS DAS LOCALIDADES DE MARIANA E BARRA LONGA

A principal conclusão da seção de implicações à saúde humana do relatório final da Ambios é que há perigo para as populações expostas em Mariana e Barra Longa por meio de ingestão, inalação e absorção dérmica de partículas de solo superficial e/ou poeira domiciliar contaminadas. Absorção dérmica não é considerada uma via de exposição para a rota de exposição de poeira domiciliar.

A Ambios também afirma que não é possível calcular as doses de exposição por inalação de partículas de poeira. Essa afirmação é correta para as áreas avaliadas no município de Mariana. Entretanto, de acordo com a Newfield em seu relatório, parece que existem estações de monitoramento da qualidade do ar em Barra Longa que fornecem informações relevantes para avaliação da exposição a partículas de poeira relacionadas às atividades de recuperação da área urbana de Barra Longa, incluindo a caracterização química do material particulado em suspensão na atmosfera de Barra Longa. Segundo a avaliação da Newfield, a Ambios teve acesso a essas informações, porém, não discute ou avalia os resultados de monitoramento da qualidade do ar em Barra Longa em nenhum momento em seu relatório final.

9. RESPOSTAS ÀS PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE

As preocupações da comunidade relacionadas a câncer, labirintite, Alzheimer, problemas oftalmológicos e o consumo de alimentos não foram comentados no estudo da Ambios. Quanto às preocupações da comunidade relacionadas à poeira, a Ambios afirma que os problemas respiratórios e dermatológicos referidos pela população podem estar associados com a exposição à poeira oriunda da lama da barragem, e seus contaminantes

específicos. A respeito da Dengue, Febre Amarela e Saúde Mental, o estudo conclui sobre implicações à saúde baseados na definição dos contaminantes de interesse, rotas de exposição e populações expostas e potencialmente expostas aos compostos químicos, ele não tem como concluir sobre doenças vetoriais e implicações à saúde mental, já que os contaminantes de interesse não estão relacionados diretamente à ocorrência destes agravos. A conclusão apresentada pela Ambios para ambos os municípios é que houve aumento nos casos de dengue quando se compara 2015 e 2016, mas que este aumento também é evidenciado nos municípios de referência, o que indica um aumento generalizado de casos no Brasil entre 2015 e 2016. Ao respeito da Febre Amarela, se menciona um boletim epidemiológico que afirma que em 2017 o Brasil passaria por um dos maiores surtos de febre amarela da história recente. Esta é toda a avaliação apresentada pelo relatório sobre as preocupações das comunidades.

Com todos esses pressupostos, as recomendações de saúde que sugere são geralmente inespecíficas e não baseadas na situação das comunidades que estudam. Essas ações podem ser usadas em qualquer situação após uma situação de desastre. Nenhuma das ações é adaptada e detalhada para as comunidades em estudo. Por exemplo, fala de indicadores biológicos sem definir o que seria apropriado.

10. Conclusões

Este estudo esteve sujeito ao uso da metodologia desenvolvida pela Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), o que lhe confere algumas limitações. Além disso, ao longo do estudo, justificam-se algumas deficiências metodológicas e vieses nas abordagens e decisões a que o estudo tem de estar sujeito a esta metodologia

Por outro lado, o estudo é escrito de forma pouco objetiva, o que dificulta sua avaliação.

O relatório aponta para alguns contaminantes com potencial impacto para a saúde das populações atingidas.

Em síntese, o relatório apresenta limitações técnicas, científicas, metodológicas, problemas na execução, limitações na elaboração de conclusões e interpretação de dados.

Entretanto, os achados objetivos dos contaminantes no meio ambiente das áreas estudadas, podem, com certa cautela, serem usadas para a elaboração de estratégias de prevenção e controle em saúde pública.

É meu parecer

Rio de Janeiro, 13 de Novembro de 2019



Prof.Dr. Eduardo Massad CREMESP 36237

Professor da Fundação Getúlio Vargas

Anexo II-f

Data: 30/04/2019

Avaliação Técnica

Estudo de avaliação de risco à Saude Humana em localidades atingidas pelo rompimento da barragem do fundão - MG

Relatório Final

Considerações sobre obrigações éticas:

Inicialmente deve-se ressaltar a afirmação dos autores em suas considerações iniciais, onde esclarecem que a Avaliação do Risco à Saude Humana (ARSH) é uma ferramenta do “Setor Saúde para o Setor Saúde” e os seus resultados devem ser assim considerados:

*“Antes de tecer considerações sobre aspectos específicos da ARSH por resíduos perigosos em decorrência do rompimento da barragem da empresa de mineração Samarco em Mariana/MG, deve-se ressaltar que a ARSH é uma ferramenta do Setor Saúde para o Setor Saúde. Como tal, todo o processo de realização dos estudos de ARSH deve ser público e transparente, e sempre que possível, com participação ativa de representantes do Setor Saúde e, impreterivelmente, seus resultados devem ser públicos, sem confidencialidade, **à exceção dos aspectos relativos à ética médica, ou quando não explicitamente consentido pela população avaliada.**” pag.13 com nosso grifo.*

Na pag. 166 e nos anexos I e II os autores apresentam um Termo de Consentimento Livre e esclarecido e Questionário individual. Entretanto, não encontramos no relatório final desta pesquisa e na coleta de informações de saúde envolvendo seres humanos, a aprovação pelo Sistema CEP/CONEP.

As pesquisas realizadas com seres humanos são regulamentadas através de leis bastante rígidas, com o objetivo de proteger e resguardar os indivíduos. Estas leis variam de acordo com o país. No Brasil, estas pesquisas são permitidas, desde que sigam os preceitos da Declaração de Helsinque e Resolução CNS n° 466/12 (CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE, 2013).

Para evitar abusos e o uso de seres humanos em pesquisas não relevantes ou desprovidas de embasamento científico, assim como resguardar os direitos e a dignidade dos indivíduos envolvidos, é necessário, **sem exceção**, a observação da legislação. Neste caso a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

A Resolução citada define o que é uma pesquisa e também uma pesquisa envolvendo seres humanos:

Data: 30/04/2019

II.12 - pesquisa - processo formal e sistemático que visa à produção, ao avanço do conhecimento e/ou à obtenção de respostas para problemas mediante emprego de método científico;

II.14 - pesquisa envolvendo seres humanos - pesquisa que, individual ou coletivamente, tenha como participante o ser humano, em sua totalidade ou partes dele, e o envolva de forma direta ou indireta, incluindo o manejo de seus dados, informações ou materiais biológicos;

Portanto não resta dúvida que os denominados “protocolos” são parte, ou o todo, de uma pesquisa com seres humanos, como definido acima.

Ainda, as Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos, do Ministério da Saúde, página 18, estabelece que:

(...) “Todo estudo envolvendo seres humanos deve levar em consideração a perspectiva ética” (BRASIL, 2010).

BRASIL. **Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos.** Brasília: DF. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2015/janeiro/06/Avaliacao-de-Risco---Diretrizes-MS.pdf>>. 2010.

Há que se considerar que a aplicação dos “questionários” está direcionada para uma população específica, não por demanda espontânea. As pessoas objeto desta pesquisa são abordadas pelos pesquisadores, não tendo sido apresentado qualquer critério de saúde de inclusão ou exclusão das mesmas.

Esta preocupação do CNS tem como fundamento a proteção de todos os envolvidos. É essencial que os dados sejam coletados criteriosamente e administrados de maneira responsável. Todas as pesquisas que envolvam seres humanos deverão necessariamente passar por avaliação formal dos comitês de ética. **Não deve haver exceção quando se trata da preservação da privacidade individual.** A não observância dos princípios emanados da Resolução do CNS pode e tem levado a estigmatização de populações e indivíduos.

As pessoas podem sofrer constrangimento ou discriminação se informações sobre sua saúde forem divulgadas inapropriadamente, mesmo que aparentemente de modo confidencial. Os convidados para pesquisa têm o direito de ser informados formalmente a respeito do que será feito com as informações coletadas e quais as possíveis consequências.

Neste caso, afirmar que a identificação individual será preservada não resolve esta questão. A coleta de informações está limitada a uma população específica. Se não há o risco de estigmatizar o indivíduo, certamente a comunidade o será. Isto nos faz retornar à necessidade de que os convidados para compor a base de dados da pesquisa estejam devidamente esclarecidos.

Tem sido uma constante nos últimos anos a estigmatização de comunidades inteiras, que passam a ser citadas como “contaminados”. Este fato provoca discriminação e exclusão social. Há uma distância enorme entre o resultado da presença de um composto no meio ambiente, a estimativa de exposição e as reais alterações em sua saúde. Mais uma vez a interpretação dos

Data: 30/04/2019

resultados e sua divulgação tem papel preponderante neste processo e devem obedecer ao que prevê o CNS.

A aplicação de questionários dirigidos à populações específicas, previamente selecionadas, assim como a coleta de material biológico para avaliação de marcadores de exposição a xenobióticos não são atividades rotineiras de atenção em saúde. Estas atividades podem produzir impactos éticos e sociais na população estudada, devendo ser tratadas como pesquisa, e obrigatoriamente cumprir todas as exigências legais e éticas, antes, durante e depois da sua execução.

Não basta apresentar um Termo de consentimento assinado, sem que todo o processo tenha sido previamente aprovado pelo Sistema CEP/CONEP.

A submissão destes estudos à avaliação do Sistema CEP/CONEP não deve ser entendida como um obstáculo ou dificuldade e sim como a garantia de que os princípios éticos estão contemplados e previstos nas atividades e ações propostas, visando fundamentalmente a proteção do indivíduo.

Considerações gerais sobre o relatório final:

Neste relatório final, as recomendações e as correções sugeridas na avaliação dos relatórios parciais não foram totalmente contempladas. Esta versão final não leva em conta que nem todos os leitores estão familiarizados com este tipo de documento e não prima pela apresentação clara e objetiva.

Questões relacionadas com definições de parâmetros técnicos fundamentais, tanto para o entendimento do leitor quanto em relação às decisões adotadas, permanecem sem esclarecimento neste relatório final. Como exemplo pode-se citar informações como a apresentação dos resultados analíticos, os valores de referência incorretos ou trocados entre os compostos, além da falta de justificativa clara e embasada referente à definição dos compostos avaliados e dos compostos definidos como de interesse, entre outros aspectos.

Apesar de segmentada em tópicos, há muita repetição de informações e desconexão entre a argumentação técnica e as conclusões e recomendações.

Os autores ao usarem a expressão “limite de risco mínimo” para definir ou descrever os Níveis Mínimos de Risco (MRLs) confundem os conceitos de limite e nível. Limite não é sinônimo de nível.

A ATSDR usa o termo “nível” e assim o define:

“Um MRL é uma estimativa da exposição humana diária a uma substância perigosa que provavelmente não apresentará risco apreciável de efeitos adversos não carcinogênicos à saúde, durante um período de tempo específico de exposição. Essas estimativas são para as substâncias, e

Data: 30/04/2019

*se destinam a servir como níveis de rastreamento, são usadas pelos avaliadores de saúde da ATSDR e outros profissionais, para identificar os contaminantes e os efeitos potenciais à saúde que podem ser motivo de preocupação em locais de resíduos perigosos. **É importante notar que os MRLs não se destinam a definir níveis de limpeza ou ação para o ATSDR ou outras Agências.***

<https://www.atsdr.cdc.gov/mrls/index.asp>

O grifo acima é da própria ATSDR. Mais adiante, neste mesmo documento, a Agência afirma:

“A exposição a um nível acima do MRL não significa que ocorram efeitos adversos à saúde...”

“Os MRLs pretendem servir como uma ferramenta de triagem para ajudar os profissionais de saúde pública a decidir onde olhar mais de perto. Eles também podem ser vistos como um mecanismo para identificar os locais de resíduos perigosos que não devem causar efeitos adversos à saúde.”

Portanto, o resultado da Avaliação do Risco para a Saúde é um ponto de partida e não deve ser visto como um “diagnóstico” de saúde. A ARSH apresentada, quando trata especificamente da saúde humana, serve de norte para futuras ações, que certamente são e serão necessárias, mas não deve e nem pode ser taxativa quanto aos caminhos a serem seguidos.

A utilização das doses/concentrações de referência em saúde (MRLs ou RfD/RfC) é parte essencial da ARSH. Equívocos nestes “números” ou escolha equivocada do nível de comparação compromete toda a ARSH. Este processo deve ser cuidadoso e minucioso. Na ausência de níveis mínimos de risco pelo ATSDR, outras fontes confiáveis devem ser utilizadas para se obter as doses/concentrações de referência como parâmetro de comparação em saúde.

A interpretação dos resultados da comparação entre os MRLs (ou qualquer outro nível de referência) não pode ser interpretada como um número frio, um limite. Como já apresentado acima é um “indicativo” e não um “imperativo”.

Importante entender que os dados apresentados apresentam limitações, como admitem os autores.

Na página 21 os autores informam que irão listar as lacunas para cada estratégia proposta. Esta lista não aparece no item recomendações de saúde que se inicia na pág. 336. Ao não apresentarem as limitações e as lacunas, os autores da ARSH não oferecem aos usuários desta ferramenta, no caso os responsáveis pela saúde pública, informação acurada e isenta de equívocos. Nestas situações existe a tendência de superestimar os riscos e de tomar decisões mais conservadoras do que o tecnicamente recomendado. Ser conservador em questões de saúde pública é necessário, entretanto, a utilização de informações inaccuradas leva a distorções. O excesso para mais ou para menos é sempre prejudicial.

Faltam informações claras sobre os critérios para estabelecimento dos compostos de interesse, com o olhar da saúde. Não há informações sobre os níveis basais dos cinco metais indicados como compostos de interesse, tanto no meio ambiente pré acidente, como nos

Data: 30/04/2019

indivíduos. Estes níveis devem ser relacionados com o “background” regional e local. Também não foram discutidas outras possíveis fontes de exposição a estes metais.

Importante ressaltar a ubiquidade ambiental dos metais relacionados como de interesse. Estes compostos estão presentes naturalmente ou não, em maior ou menor quantidade, no solos e na água de todo o planeta.

Um exemplo de importante fonte externa de exposição aos metais é o cigarro. Todos estes cinco metais relacionados estão presentes no cigarro em expressivas quantidades. Ao deixar de enumerar e considerar estas outras fontes, que não provenientes do material da área atingida, mas certamente presente naquele ambiente, os autores do estudo colocaram de lado a percepção do risco. As pessoas, incluindo os profissionais de saúde, percebem o risco de forma e intensidades diferentes. Muitas vezes as suas experiências passadas e os seus hábitos interferem nesta percepção, levando a equívocos na comunicação e no gerenciamento do risco.

Os autores da ARSH confirmam a importância e a necessidade da comunicação e do gerenciamento do risco na pág. 328, ao afirmarem:

“para a tomada de decisão, gerenciamento e comunicação do risco é necessário que o processo de ARSH seja claro e transparente, conhecido pelas partes envolvidas: a população, especialmente os expostos, empresa, pesquisadores, governo, justiça, legisladores, indústria, entre outros, para garantir a preservação da saúde e qualidade de vida da população.”

Apesar de citado, o processo e o produto desta ARSH não estão suficientemente claros e transparentes neste relatório final, o que compromete o resultado final.

Ainda com relação à necessária clareza, chama a atenção a falta da mesma (clareza), presente em alguns trechos do relatório, que dificulta o entendimento e provoca problemas de comunicação. Cito como exemplo o parágrafo abaixo (pág.333):

“A ARSH, em geral e especificamente este estudo, nem a presença de um processo de adoecimento, nem o estabelecimento denexo de causalidade. Nos casos de exposição de longo prazo e baixas doses, como no presente Estudo, o efeito tóxico das substâncias (contaminantes de interesse) encontradas pode se manifestar de forma ampla, abrigando desde processos de adoecimento específicos como manifestações alérgicas, como difusos, através do desencadeamento ou agravamento de processos mórbidos que apresentam etiologia multicausal.”

Na primeira frase do parágrafo é possível que esteja faltando uma ou mais palavras, o que a torna incompreensível. Quando examinamos a segunda parte do parágrafo aparece o maior problema das ARSH que avaliam de forma rasa as questões de saúde e, sobretudo, não contemplam a Medicina baseada em evidências. As alergias são de “etiologia multicausal” e com um componente genético importante, diferente do que afirmam os autores.

Separar casualidade de causalidade não é tarefa fácil em medicina e exige experiência e treinamento. Nos casos de doenças com múltiplos fatores causadores é necessário o uso de

Data: 30/04/2019

metodologia cientificamente embasada e que contemple temporalidade, especificidade, plausibilidade biológica, consistência e força da associação, além de coerência científica.

Não pretendemos nesta avaliação discutir os cálculos de doses de exposição apresentados na ARSH e os dados de efeitos na saúde (pág. 334 e 335), em razão da impossibilidade de refazê-los ou confirmá-los. Não há no relatório informações e dados que permitam esta tarefa.

Considerações sobre as recomendações de ações de saúde:

Os autores desta ARSH recomendam para os municípios de Mariana e Barra Longa a estruturação de um Programa de Atenção e Vigilância à Saúde, inserido no âmbito do SUS, com o que concordamos. O cerne deste programa deve ser a capacitação e treinamento dos profissionais de saúde. Estes profissionais, desde os agentes de saúde até os médicos devem ser treinados para o reconhecimento dos agravos à saúde e capacitados para estabelecer a causalidade, reconhecendo o que está relacionado com o evento ambiental.

Neste sentido, importante é recordar os ensinamentos do *Prof. Álvaro Nagib Atallah, que tratam da Medicina Baseada em Evidências:

A Medicina, durante muito tempo, baseou-se nas experiências pessoais, na autoridade dos indivíduos com maiores títulos acadêmicos e nas teorias fisiopatológicas. A Medicina Baseada em Evidências - ou em provas científicas rigorosas - tem, para nortear as tomadas de decisões sobre os cuidados em saúde, o compromisso da busca explícita e honesta das melhores evidências científicas da literatura médica. De certa forma, essa concepção de Medicina tira a ênfase da prática baseada apenas na intuição, experiência clínica não sistematizada e nas teorias fisiopatológicas para se concentrar na análise apurada de métodos por meios dos quais as informações médicas foram ou serão obtidas.

http://www.centrocochranedobrasil.org.br/cms/apl/artigos/artigo_520.pdf

** Professor titular e chefe da disciplina de Medicina de Urgência e Medicina Baseada em Evidências da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). Professor livre-docente em Clínica Médica pela Unifesp. Mestre em Epidemiologia Clínica pela Universidade da Pensilvânia, EUA. Doutor em Nefrologia pela Unifesp. Diretor do Centro Cochrane do Brasil.*

Esta metodologia deve ser seguida por uma criteriosa e embasada avaliação das informações obtidas, que devem necessariamente ser confrontadas com revisões sistemáticas da literatura médica, levando ao provável diagnóstico e à correta condução do caso.

Importante lembrar que a recomendação de “Realizar pesquisas em temas específicos para elucidação dos mecanismos de ação e efeitos à saúde dos contaminantes presentes, estudos genéticos e outros que contribuam para a melhoria da assistência à saúde destas populações e o aumento do conhecimento científico existente” (pág. 337), deve ser precedida de aprovação pelo Sistema CEP/CONEP. As razões já foram expostas acima.

Data: 30/04/2019

O mesmo cuidado deve ser tomado na elaboração do perfil sociodemográfico, citado na pág.338.

A elaboração de um protocolo assistencial deve ser cuidadosa, técnica, incluindo a validação científica do mesmo. A associação ou correlação automática com o evento ambiental dos eventuais agravos à saúde, identificados pelos profissionais, deve ser evitada. Isto também não é tarefa fácil e requer treinamento da equipe e a elaboração de um protocolo que permita o diagnóstico correto. Para um paciente, receber o diagnóstico equivocado é tão ou mais danoso, do que não ter um diagnóstico conclusivo.

A inclusão de todas as causas possíveis na busca pelo diagnóstico final é fundamental neste processo. Neste sentido, os exames recomendados no item 5.2 da pag.338 da ARSH não devem ser parte integrante do protocolo. Estes exames são inespecíficos e devem ser solicitados pelos médicos, quando o protocolo assim indicar. Ou seja, devem haver critérios técnicos rígidos para sua solicitação, previstos antecipadamente.

As análises de indicadores de exposição dos compostos de interesse, propostas no item 6 da pág.339, devem ser a primeira etapa para confirmação da suspeita de intoxicação destes metais. Os indicadores de efeito para a saúde são a etapa seguinte, não havendo a necessidade e recomendação da realização concomitante. Não se deve confundir um protocolo assistencial com um “checkup”. Mais uma vez, a indicação de exames deve obedecer aos critérios técnicos e sobretudo estar embasada em evidências clínicas.

As atividades relacionadas com o bem estar mental desta população certamente deve merecer atenção especial. Os melhores resultados neste tipo de ação são a integração destas atividades no Programa de Atenção à Saúde. Aqui, também as ações devem ser hierarquizadas e não generalizadas. As necessidades individuais devem ser reconhecidas e encaminhadas adequadamente.

Os itens 8 e 9, também da pág.339, são na realidade responsabilidades já previstas nos programas materno infantil. Assim como os demais profissionais, os que atuam nesta área específica devem ser sensibilizados e capacitados no tema, como proposto pelos autores.

Certamente deve ser estabelecido um padrão de periodicidade para realização das avaliações clínicas e laboratorias. Entretanto, não encontramos na literatura sustentação para proposta de que estas atividades devem ser realizadas por pelo menos 10 anos. Os autores da ARSH não fazem referência ou citação da origem deste período (dez anos).

Não faremos comentários sobre as recomendações ambientais. Atividades de remediação e gerenciamento de riscos ambientais é tarefa para especialistas desta área de conhecimento.

Conclusão:

Data: 30/04/2019

A robustez e a confiança nos dados apresentados são determinantes para o sucesso e o correto encaminhamento da comunicação e do gerenciamento do risco apontado. Não há razão para a realização de uma Avaliação do Risco - este é o título correto “do risco” e não “de risco” – se não se pretende comunicá-lo e gerenciá-lo de forma acurada e eficaz. A preservação e a promoção da saúde dos afetados depende de uma decisão correta dos responsáveis, que necessariamente deve estar cientificamente e tecnicamente bem embasada.

O relatório final da ARSH deve ser revisto e as correções sugeridas devem ser realizadas ou justificadas. A revisão de trabalhos deste porte é habitual. Adequações e aprimoramentos devem ser incorporados, para que não ocorra a perda de sua qualidade e confiabilidade.

Esta é a minha avaliação.

Campinas, 30 de abril de 2019



Prof. Dr. Flávio A. D. Zambrone, MD, PhD

*Médico toxicologista CRM-27 176 sp
Especialista em Toxicologia e Farmacologia Clínica-Universidade de Paris-França
Especialista em Saúde Pública-Unicamp
Doutor em Medicina-Unicamp
Professor de Toxicologia e Saúde Pública-Unicamp (aposentado)
Membro da American Academy of Clinical Toxicology
Membro do American College of Clinical Toxicology
Presidente e fundador do Instituto Brasileiro de Toxicologia*

Anexo II-g



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Secretaria de Estado de Saúde

Coordenação de Vigilância de Fatores de Riscos Não Biológicos

Nota Técnica nº 13/SES/SUBVS-SVS-DVAL-CVFRNB/2020

PROCESSO Nº 1320.01.0054941/2020-15

Assunto: Parecer Técnico sobre Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana realizado pela Empresa AMBIOS nas Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG .

1. INTRODUÇÃO

Em decorrência do rompimento da barragem de Fundão, no município de Mariana, foi estabelecido o TERMO DE TRANSAÇÃO E DE AJUSTAMENTO DE CONDOTA – TTAC, entre União, estados de Minas Gerais, Espírito Santo e as empresas Samarco Mineração S/A e BHP Billiton Brasil LTDA, que prevê a execução de diversas ações relacionadas ao rompimento. Dentre elas, ficou estabelecido nas Cláusulas 111 e 112 que caberia a FUNDAÇÃO RENOVA desenvolver estudos epidemiológicos e toxicológicos para o território afetado pelo Desastre.

Para elaboração desses estudos, a Câmara Técnica de Saúde - órgão consultivo do Comitê Interfederativo (CIF) responsável por orientar, acompanhar, monitorar e fiscalizar as atividades do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada, e as ações relativas ao monitoramento da qualidade da água para o consumo humano, previstas no TTAC - definiu na Nota Técnica SUBVPS/SES-MG nº11/2017 as bases mínimas a serem consideradas para o desenvolvimento dos estudos epidemiológicos e toxicológicos. Essa Nota Técnica, aprovada com ressalvas pela Deliberação nº 106 do CIF, indica pela realização de estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH), seguindo as diretrizes do Ministério da Saúde (MS), denominada “Diretrizes para a Elaboração de um Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana por Exposição a Contaminantes Químicos” (Diretrizes), publicada em 2010.

Tendo esses documentos como norteadores, em julho de 2018 foi celebrado contrato entre a empresa Ambios Engenharia Ltda. e a Fundação Renova, para a realização do mencionado Estudo ARSH, sendo proposta a divisão da área total dos estudos em 3 fases sendo cada uma denominada com o nome do município mais populoso, assim classificadas: Fase I – Mariana; Fase II – Rio Casca e Fase III- Governador Valadares.

2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente documento tem por objeto emitir parecer a respeito do relatório intitulado “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG”, que contempla os municípios de Mariana/MG e Barra Longa/MG.

Baseando-se nas avaliações realizadas pela Newfields, Fundação Getúlio Vargas (FGV) e Planitox, foram consolidados os principais aspectos do estudo realizado pela empresa Ambios que necessitam de revisões e adequações em atendimento as Diretrizes estabelecidas pelo Ministério da Saúde.

Esse parecer versa somente sobre a avaliação das questões técnicas e metodológicas do referido estudo, com o objetivo de promover aprimoramentos e aperfeiçoamentos dos elementos teóricos, metodológicos e procedimentais ao mesmo, não cabendo neste documento discussão sobre as credenciais da empresa executora do estudo, tampouco das empresas

avaliadoras do mesmo.

3. CONSOLIDAÇÃO DOS PARECERES TÉCNICOS A RESPEITO DO ESTUDO DE AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA

Seguem alguns quesitos técnicos do Estudo de ARSH realizado pela Empresa AMBIOS, abordados nos pareceres de revisão/avaliação realizados pelas equipes técnicas da NewFields, FGV e Planitox:

Questões levantadas pelo parecer técnico do *Peer Review* realizado pela Empresa NewFields

- Ausência de análise histórica e descrição sobre o uso e ocupação do solo e dos recursos naturais na região estudada;
- Descrição rasa de informações sociodemográficas de Barra Longa;
- Não apresentou os procedimentos de garantia e controle da qualidade (GQ/CQ) dos dados;
- Ausência de embasamento técnico para as considerações sobre a “Inércia Ambiental da Lama de Rejeitos”;
- Não foram apresentados procedimentos padronizados para as campanhas de amostragem realizadas em Mariana e Barra Longa;
- As coordenadas geográficas apresentadas não permitem a identificação da notação utilizada para reportar latitude e longitude, gerando incertezas para o georreferenciamento e confirmação dos pontos de coleta das amostras;
- Os locais de amostragem não foram descritos claramente e de forma consistente;
- Não foram apresentadas informações para a realização de uma análise completa das rotas ambientais, faltando informações consideradas essenciais pelas Diretrizes do Ministério da Saúde, como por exemplo topografia, cobertura do solo e hidrogeologia;
- Não foi descrita a fase preparatória do levantamento das preocupações da comunidade, assim como o processo de construção e validação da seleção da área e da amostra da população;
- Existem inconsistências nos valores de referência dos padrões legais;
- A avaliação de concentrações basais é um requisito das Diretrizes para ARSH que não é apresentado, assim como a discussão da distribuição espacial e temporal dos contaminantes;
- Necessita-se embasar as discussões relativas à rota de exposição relacionada ao solo superficial a partir de estudos realizados no local ou por bibliografia científica específica;
- Existem poucas evidências técnicas que embasem a conclusão da ingestão de biota aquática como rota completa de exposição aos sedimentos;
- Não foi apresentada discussão com relação à topografia e padrões de direção dos ventos nas áreas estudadas para melhor compreensão da rota de exposição da poeira;
- População receptora definida de forma incompleta como por exemplo alguns receptores como trabalhadores que não foram considerados;
- Inalação ou contato dérmico com solo e poeira não foram mencionados na seção referente ao cálculo da dose de exposição;

- Em relação aos laboratórios utilizados para realização das análises, devem ser apresentados os escopos de acreditação, para todos os compartimentos ambientais amostrados e todos os compostos químicos analisados, no entanto, o Laboratório Tommasi Ambiental não possui em seu escopo de acreditação a análise de metais em amostras de leite e ovo;
- Não foram apresentados procedimentos padronizados para a validação dos dados coletados, como por exemplo coleta e uso de brancos (brancos de equipamento, de campo, de viagem e de temperatura);
- Necessidade de adequar, com base nos estudos mais recentes, as taxas de ingestão de solo e poeira, uma vez que desempenham um papel significativo no cálculo da dose de exposição;
- Não foi discutida a distribuição espacial das concentrações detectadas e o quanto a dose de exposição obtida é representativa da exposição dos receptores;
- Não foi utilizada adequadamente os valores de referência ambientais e de saúde citados pelas Diretrizes do Ministério da Saúde para ARSH;
- Devem ser apresentados argumentos devidamente embasados em estudos científicos disponíveis, que indiquem que absorção dérmica é uma via de exposição da rota de exposição de poeira domiciliar;
- As preocupações da comunidade foram respondidas em conjunto, no entanto a Diretriz do Ministério da Saúde preconiza que as preocupações devem ser respondidas em separado para cada área de estudo;
- As preocupações da comunidade relacionadas a câncer, labirintite, Alzheimer, problemas oftalmológicos e o consumo de carne não foram respondidas no estudo.

Considerações abarcadas no parecer técnico da FGV

- Os procedimentos de garantia e controle da qualidade não foram apresentados no relatório;
- Os estudos validados não são referenciados para considerações basais das áreas de estudo;
- Necessidade de fornecer mais dados para verificar a relevância de contestação de que os rejeitos sejam inertes;
- Descrição da etapa de levantamento das preocupações da comunidade é incompleta: não inclui o processo de construção e validação da seleção da área e da amostra da população, detalhamento do número de entrevistas realizadas, tipo de entrevistas, grupo de indivíduos, metodologia de análise de dados que foi aplicada;
- Não está claro se o estudo seguiu os protocolos éticos necessários;
- A notação utilizada para apresentação das coordenadas deve ser ajustada trazendo transparência à localização dos pontos de coleta;
- Em relação aos laboratórios utilizados para realização das análises, devem ser apresentados os escopos de acreditação, para todos os compartimentos ambientais amostrados e todos os compostos químicos analisados;
- Embora acima dos limites estabelecidos pelo padrão de potabilidade, os metais ferro e manganês presentes na água para consumo humano não foram considerados substâncias químicas de interesse;
- Indicar claramente todas as considerações utilizadas para seleção das concentrações das substâncias químicas de interesse, valores de referências ambientais, valores de

referência de saúde.

Alegações compreendidas no parecer técnico da Planitox

- Os autores apresentam um Termo de Consentimento Livre e esclarecido e Questionário individual no relatório final. Entretanto, não foi identificado no relatório desta pesquisa e na coleta de informações de saúde envolvendo seres humanos, a aprovação pelo Sistema CEP/CONEP, como garantia de que os princípios éticos estão contemplados e previstos nas atividades e ações propostas, visando fundamentalmente a proteção do indivíduo;
- Questões relacionadas com definições de parâmetros técnicos fundamentais, tanto para o entendimento do leitor quanto em relação às decisões adotadas, permanecem sem esclarecimento no relatório final. Como exemplo pode-se citar informações como a apresentação dos resultados analíticos, os valores de referência incorretos ou trocados entre os compostos, além da falta de justificativa clara e embasada referente à definição dos compostos avaliados e dos compostos definidos como de interesse;
- Faltam informações claras sobre os critérios para estabelecimento dos compostos de interesse, com o olhar da saúde, não há informações sobre os níveis basais dos cinco metais indicados como compostos de interesse, e não foram discutidas outras possíveis fontes de exposição aos metais considerados como substâncias químicas de interesse, além do material da área atingida;
- A indicação de exames deve obedecer aos critérios técnicos e sobretudo estar embasada em evidências clínicas.

4. MANIFESTAÇÃO DA EMPRESA AMBIOS EM CARTA RESPOSTA A FUNDAÇÃO RENOVA

A Empresa AMBIOS Engenharia e Processos LTDA apresenta uma Carta Resposta destinada aos Representantes da Fundação Renova, datada em 14 de abril de 2019, onde faz contraponto a algumas das considerações apresentadas ao seu Relatório Final das localidades de Mariana e Barra Longa. Abaixo apresentam-se fragmentos da resposta da Empresa, sobre os itens que menciona:

a) Garantia e Controle de Qualidade dos dados

Sobre a qualidade dos dados, a Ambios esclarece que em suas propostas iniciais foi proposto o planejamento (e custos) para a realização de procedimentos de amostragem ambiental com a coleta de amostras em duplicatas para todas as matrizes, com exceção das amostras de poeira domiciliar, devido a quantidade exígua deste material disponível para ser coletado. Ressaltam ainda que as propostas da Ambios com a realização de amostras duplicatas não foram aceitas pela Fundação Renova. Independente disto, a equipe de ARSH da Ambios coletou, com custo próprio e não planejado no orçamento do Contrato de Serviços, a realização de coleta de amostras em duplicatas. Os pesquisadores afirmam que a própria metodologia da ATSDR não desclassifica um estudo de ARSH por ausência de certos requisitos de Garantia e Controle de Qualidade, e que a Metodologia orienta que os responsáveis pela Avaliação de Riscos à Saúde devem assinalar que as conclusões obtidas no estudo foram determinadas pela disponibilidade e integridade da informação referida.

b) Utilização de Valores de Referência

Com relação a utilização de valores de referência (VR), a Empresa alegou este é um critério a ser decidido pela equipe de ARSH que, em função de características de vulnerabilidade e susceptibilidade das populações expostas, fundamentados, pode escolher por valores mais

conservadores. Expôs ainda que, na maioria dos casos, a equipe adota os valores de referência utilizados pela legislação brasileira. Foi dito pela Ambios na carta em questão que vários dos valores de referência utilizados nos estudos de ARSH no Brasil ainda não dispõem de valores de referência específicos que atendam às necessidades específicas do Setor Saúde, e para exemplificar a Ambios relata que não existe um valor de referência para poeira domiciliar e que na sua ausência, utilizaram os valores de referência para solo; que não existe um valor de referência para “solo superficial” de, no máximo, até 10 cm de profundidade (requerido pelos critérios de ARSH) e nesses casos utilizaram o VR disponível do CONAMA; e ainda que não existe um valor de referência adequado para sedimentos, sendo que a empresa utilizou um VR do CONAMA relacionado a sedimentos dragados.

Sobre os VR para solo, discuti as limitações do fato de se ter utilizado os Valores de Referência para solo determinados pela Resolução CONAMA 420/2009. Ressalta que a equipe de ARSH, na falta de normas mais específicas e adequadas para uma avaliação de riscos à saúde, e seguindo os critérios da precaução, principalmente na determinação de rotas de exposição humana aos contaminantes e suas implicações à saúde pública, utilizou sempre o Valor de Prevenção da Resolução CONAMA 420/2009.

c) Utilização de concentrações basais

Os pesquisadores salientam que nos estudos de ARSH, comumente, e somente em casos excepcionais, são utilizados valores de concentração dos contaminantes resultante de modelagem ou projeções estatísticas. Pelo contrário, que os estudos de ARSH utilizam sempre a concentração máxima encontrada de cada contaminante em cada compartimento ambiental, diferente das utilizadas na determinação dos “valores basais”, sempre calculada como valores médios.

d) Avaliação local e temporal dos dados ambientais

A Empresa discute a escolha de realizar o estudo pela estratégia de “pior cenário”, que é a considerada pela equipe de ARSH da Ambios como a de realização possível sob os condicionantes dos estudos, onde destacam que os dados ambientais levantados pela equipe de ARSH da Ambios seguiram claramente este pressuposto, conforme detalhado nos procedimentos de amostragem ambiental descritos no Relatório Final.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preservação, promoção e reabilitação da saúde dos afetados é competência dos órgãos públicos responsáveis, que necessariamente precisam de evidências técnicas e científicas para, bem embasados, realizarem a política pública adequada para a remediação dos problemas identificados.

Ao se ponderar as avaliações realizadas pela equipe da NewFields, da FGV e da Planitox e as manifestações da AMBIO na Carta Resposta citada, é possível compreender as razões de alguns dos vícios apresentados no Relatório Final. Todavia, estas justificativas não modificam o problema existente com a ausência das informações no Relatório Final. Tome-se por exemplo a utilização de Valores de Referência.

Não dispor de valores de referência específicos que atendam às necessidades específicas do Setor Saúde para poeira domiciliar, e a subsequente escolha pelo valor de referência do solo, é algo que precisa ser discutido no Relatório. Para se realizar uma discussão apropriada do resultado, é necessário que seja apresentado de forma clara as motivações e o embasamento

científico que culminaram na escolha de um valor de referência de outro compartimento, e porque foi esta a referência escolhida.

Ainda, nem todos os quesitos apresentados pelas equipes avaliadoras, foram respondidas, a exemplo da notação das coordenadas geográficas, entre outras.

A SES-MG compreende os pontos levantados e justificados na Carta Resposta da Empresa Ambios, todavia, considerando e em consonância com a normativa do órgão nacional de saúde, ainda assim, corroborando com as revisões apresentadas, ressalta que para a garantia de que o estudo esteja em conformidade com a metodologia da Diretriz do Ministério da Saúde, a fim de ser utilizado para a elaboração de estratégias de ações em saúde da população dos municípios impactados, recomenda-se que as adequações apontadas nesse documento sejam realizadas.

Rosiane Aparecida Pereira

Química - Referência Técnica da Coordenação de Vigilância dos Fatores de Riscos Não-biológicos

Michelle Souza Costa

Coordenadora de Vigilância dos Fatores de Riscos Não-biológicos

Ângela Ferreira Vieira

Diretora de Vigilância de Alimentos e Vigilância Ambiental

Filipe Curzio Laguardia

Superintendente de Vigilância Sanitária



Documento assinado eletronicamente por **Rosiane Aparecida Pereira, Servidor (a) Público (a)**, em 19/06/2020, às 15:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Michelle Souza Costa, Coordenador(a)**, em 22/06/2020, às 16:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Filipe Curzio Laguardia, Superintendente**, em 22/06/2020, às 17:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Angela Ferreira Vieira, Diretor(a)**, em 23/06/2020, às 09:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **15494307** e o código CRC **EB1DD957**.

Anexo II-h



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS
Secretaria de Estado de Saúde
Coordenação de Vigilância em Saúde

Memorando.SES/SUBVS-SVS-DVAA-CVSA.nº 113/2020

Belo Horizonte, 18 de agosto de 2020.

Para: Dario Brock Ramalho
Subsecretário de Vigilância em Saúde

Assunto: Resposta ao OFÍCIO n. 00024/2020/NMAF/SAP/PFMG/PGF/AGU
Referência: [Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 1320.01.0054941/2020-15].

Prezado Subsecretário,

Em resposta ao OFÍCIO n. 00024/2020/NMAF/SAP/PFMG/PGF/AGU, da Advocacia-Geral da União, que solicita subsídios em relação ao Eixo 2 do processo judicial da 12ª Vara Federal com o objetivo de identificar se há ou não questões de crítica técnica relativas ao Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão, desenvolvido pela Ambios, vimos através desse parecer técnico apresentar a manifestação da Coordenação de Vigilância em Saúde Ambiental como representante dessa Subsecretaria de Vigilância em Saúde:

1. Há indicativo de potenciais problemas técnicos, metodológicos, de execução ou limitação de escopo do Estudo Ambios?

Sim, verificam-se problemas técnicos tanto metodológicos quanto de execução. Podem ser destacados:

1. Ausência de análise histórica e descrição sobre o uso e ocupação do solo e dos recursos naturais na região estudada;
2. Não foram apresentadas informações para a realização de uma análise completa das rotas ambientais, faltando informações consideradas essenciais pelas Diretrizes do MS, como por exemplo topografia, cobertura do solo e hidrogeologia;
3. Não foi apresentada discussão com relação à topografia e padrões de direção dos ventos nas áreas estudadas para melhor compreensão da rota de exposição da poeira;
4. As coordenadas geográficas apresentadas não permitem a identificação da notação utilizada para reportar latitude e longitude, gerando incertezas para o georreferenciamento e confirmação dos pontos

de coleta das amostras;

5. Descrição da etapa de levantamento das preocupações da comunidade é incompleta: não inclui o processo de construção e validação da seleção da área e da amostra da população, detalhamento do número de entrevistas realizadas, tipo de entrevistas, grupo de indivíduos, metodologia de análise de dados que foi aplicada;
6. População receptora definida de forma incompleta, como por exemplo, alguns receptores como trabalhadores que não foram considerados;
7. Não apresentou os procedimentos de garantia e controle da qualidade dos dados;
8. Não foram apresentados procedimentos padronizados para a validação dos dados coletados, como por exemplo coleta e uso de brancos (brancos de equipamento, de campo, de viagem e de temperatura);
9. A avaliação de concentrações basais é um requisito das Diretrizes do MS para ARSH que não é apresentado pela Ambios, assim como a discussão da distribuição espacial e temporal dos contaminantes;
10. Não foi discutida a distribuição espacial das concentrações detectadas e o quanto a dose de exposição obtida é representativa da exposição dos receptores;
11. Embora acima dos limites estabelecidos pelo padrão de potabilidade, os metais ferro e manganês presentes na água para consumo humano não foram considerados substâncias químicas de interesse;
12. Em relação aos laboratórios utilizados para realização das análises, devem ser apresentados os escopos de acreditação, para todos os compartimentos ambientais amostrados e todos os compostos químicos analisados;
13. Necessita ainda indicar claramente todas as considerações utilizadas para seleção das concentrações das substâncias químicas de interesse;
14. Os autores apresentam um Termo de Consentimento Livre e esclarecido e Questionário individual no relatório final. Entretanto, não foi identificado no relatório desta pesquisa e na coleta de informações de saúde envolvendo seres humanos, a aprovação pelo Sistema CEP/CONEP, como garantia de que os princípios éticos estão contemplados e previstos nas atividades e ações propostas, visando fundamentalmente a proteção do indivíduo;

Ainda, existem limitações de escopo devido ao número de amostras que foram realizadas, que possibilitam identificar substâncias químicas de interesse, mas não possibilitam a avaliação do comportamento da substância no território. O tamanho da amostra dificulta encontrar relações e generalizações a partir dos dados, sendo importante que se tenha um tamanho amostral maior para garantir uma tendência, uma distribuição mais representativa.

Todavia, apesar achar-se limitações no estudo em questão, os seus achados podem e devem subsidiar as ações de saúde a serem realizadas no território investigado. Diversas ações de saúde podem ser implementadas tendo como base os resultados apresentados pelo Estudo, bem como a adoção das recomendações apresentadas pelos pesquisadores no relatório final, sem prejuízo algum de que outras ações para o enriquecimento dos achados encontrados pela AMBIOS sejam executadas.

Embora o Estado de Minas Gerais tenha proposto a Integração com relação aos Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana, com o entendimento de que a análise integrada entre saúde e meio ambiente traz ganhos consideráveis de escala e conhecimento, reconhecemos que o material já apresentado pela AMBIOS é relevante e de grande valia como subsídio para as ações de proteção à saúde da população.

Cabe destacar que nenhum estudo ou produção científica é isenta de limitações. Discutir essas limitações não desmerece o trabalho realizado, ao contrário, propicia a reprodutibilidade e o aprimoramento das metodologias utilizadas, em benefício da comunidade científica, do interesse público e da defesa à saúde.

2. A eventual sequência para as denominadas fases seguintes convalidaria eventuais problemas?

Não, porque as fases seguintes serão realizadas em outros territórios que podem resultar em outros desenhos amostrais. Isto decorre tanto do Levantamento de Informações do Local, que levará em conta outros tipos de antecedentes históricos, de dados geográficos, de uso e ocupação do solo, e de demografia, como também do Levantamento de Preocupações da Sociedade com a sua saúde. Nesta fase, a sociedade local apresenta suas preocupações associadas com a exposição aos contaminantes do local, que podem ser ambientais, de saúde ou, ainda, relativas a aspectos de ordem econômica, social, psicológica, entre outras.

O estudo é norteado não só por estabelecer o risco existente para a população exposta, mas também procurar as respostas às questões apresentadas pela mesma.

Num desastre dessa magnitude, é razoável supor que as preocupações associadas à exposição não são homogêneas, de forma que o estudo não será norteado de forma homogênea, pois cada região apresentará preocupações particulares, que são norteadoras do desenvolvimento do estudo.

Nesse sentido, inclusive, não seriam sanadas as questões metodológicas e de execução identificadas no estudo realizado em Mariana e Barra Longa, pois elas não serão abordadas, incorrendo na possibilidade de reincidirem nas próximas áreas.

O ideal é a resolução das questões técnicas, em especial as relacionadas à execução e o aprimoramento da metodologia aplicada.

3. É possível construir soluções e atuações a serem objeto de decisão do CIF a partir do Estudo?

Sim, apesar das limitações apontadas acima, as conclusões apresentadas pelo Estudo podem culminar em ações a serem objeto de decisão do CIF.

Além das ações ambientais apontadas, como remoção e disponibilização adequada do rejeito das áreas atingidas, é possível desenvolver ações de saúde com base no estudo, principalmente no escopo de fortalecimento do serviço público, por meio do SUS, em resposta à mudança provocada no território pelo Desastre, inclusive no contexto de vida das pessoas, como empregos e locais de moradia, bem como as alterações ocasionadas no ambiente.

São ações de atenção, promoção e prevenção à saúde, bem como de saúde mental. Ainda, aponta para estudos complementares e a construção de protocolo assistencial para a população atingida e exposta a área de risco ou potencialmente contaminada.

O próprio Estudo realizado pela Ambios no território de Mariana e Barra Longa após classificar as localidades estudadas como “Local de Perigo Categoria A: Perigo urgente para a Saúde Pública”, considera que existe um perigo para a saúde das populações expostas aos contaminantes definidos através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas.

Afirmam que esta exposição pode determinar a ocorrência de efeitos lesivos sobre a saúde das mesmas, imediatos ou de longo prazo, devendo ser objeto de recomendações de ações de saúde pertinentes para sua prevenção e assistência.

Dentre as recomendações apresentadas, destacamos as seguintes:

1. Estruturação de um Programa de Atenção e Vigilância à Saúde inserido no âmbito do Sistema Único de Saúde e dos Programas de Atenção Básica e de Saúde da Família de cada município, abrangendo ações de promoção, prevenção, assistência e vigilância da saúde.

Para a estruturação deste Programa devem ser realizadas as seguintes ações:

1.1. Estruturação de equipes multidisciplinares de atenção à saúde, que devem ser parte integrante do SUS de cada município, cujo dimensionamento tanto numérico, quanto do perfil profissional, deve obedecer às necessidades de atenção à saúde dos grupos populacionais expostos.

1.2. Estabelecimento de uma rede hierárquica de atenção à saúde, composta por profissionais e serviços especializados e estruturados para a investigação, diagnóstico e tratamento destes agravos, assim como responsáveis pela orientação e supervisão das equipes de base deste Programa.

1.3. Organização, implantação e implementação de um sistema de informações em saúde com o objetivo de monitorar todos os eventos relacionados à saúde das populações expostas para identificação precoce e monitoramento dos agravos à saúde decorrentes da contaminação ambiental.

1.4 Estabelecimento de parcerias com instituições de pesquisa e ensino para:

Elaborar um programa de educação continuada para as equipes de saúde deste Programa, com o objetivo de capacitar seus membros, de acordo com as especificidades de formação profissional, para a prevenção e identificação precoce da ocorrência dos agravos à saúde associados com a exposição aos contaminantes de interesse definidos.

Realizar pesquisas em temas específicos para elucidação dos mecanismos de ação e efeitos à saúde dos contaminantes presentes, estudos genéticos e outros que contribuam para a melhoria da assistência à saúde destas populações e o aumento do conhecimento científico existente;

Elaborar um programa de educação em saúde e comunicação de risco para a população a fim de que ela possa apropriar-se de conhecimentos para melhor conduzir-se, com autonomia, para a proteção e promoção de sua saúde.

2. Identificação e cadastramento de todos os moradores das zonas urbana e rural do município de Barra Longa e Mariana.

3. Elaboração do perfil sociodemográfico, de condições de vida e saúde e história de exposição incluindo informações sobre o local e distância da residência do leito do rio e o tempo de residência no local.

4. Elaboração de um protocolo clínico-assistencial para acompanhamento da população exposta.

5. Análise laboratorial dos Indicadores biológicos de exposição e de efeito para os compostos determinados como contaminantes de interesse: chumbo, cádmio, níquel, cobre e zinco, nas matrizes biológicas padronizadas nacionalmente. É necessário que se estabeleçam laboratórios de referência que realizem estrito controle de qualidade de seus procedimentos.

Essa pesquisa pode ser realizada no escopo do convênio que está sendo estabelecido com as instituições FAPES e FAPEMIG.

6. Fortalecimento da rede de Saúde Mental com suporte profissional e oferta de atividades de promoção da saúde para prevenção e assistência aos processos de sofrimento psíquico e adoecimento mental.

Cabe ressaltar que os municípios de Mariana e Barra Longa possuem Planos de Ação em Saúde pactuados e aprovados na Câmara Técnica de Saúde, nos quais, retratam diversas ações reparatórias construídas pelo poder público local.

4. Há, e se positivo quais, lacunas de estudo e planejamento que devem ser fornecidas ao CIF para fins de condução do Eixo?

Existe a necessidade de realização e conclusão dos estudos epidemiológicos e toxicológicos, que estão em andamento com o convênio FAPES/FAPEMIG, e já foram objeto de Decisão da 12ª Vara Federal.

5. Solicito demais informações tidas por necessárias.

Complementarmente apresenta-se a Nota Técnica nº 13/SES/SUBVS-SVS-DVAL-CVFRNB/2020 e documentos de Peer Review utilizados para conhecimento e tratativas.

Cabe ressaltar que a Subsecretaria de Políticas e Ações de Saúde foi instada a se manifestar acerca das ações relativas a assistência à saúde da população, não sendo objeto de análise dessa Coordenação.

Atenciosamente,



Documento assinado eletronicamente por **Michelle Souza Costa, Coordenador(a)**, em 18/08/2020, às 16:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Filipe Curzio Laguardia, Superintendente**, em 20/08/2020, às 08:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **18356486** e o código CRC **5D99473A**.



Referência: Processo nº 1320.01.0054941/2020-15

SEI nº 18356486

Anexo II-i

NOTA TÉCNICA CT-SAÚDE nº 28/2020

Assunto: Considerações sobre o estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana da empresa AMBIOS.

1. INTRODUÇÃO

Visando o cumprimento dos estudos estabelecidos pelas cláusulas 111 e 112 do TTAC, e atendendo a cláusula 107, a CT-Saúde publicou a Nota Técnica SUBVPS/SES-MG Nº 11/2017 com as bases mínimas para a realização dos estudos epidemiológico e toxicológico da população atingida direta e indiretamente.

Após a publicação da deliberação nº 106 de 2017 do CIF, que aprova com ressalvas o documento “Bases Mínimas para os Estudos Epidemiológico e Toxicológico da população atingida direta e indiretamente”, os membros da CT-Saúde aprovaram a realização do Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH) pela empresa Ambios Engenharia e Processos LTDA, doravante denominada Ambios, conforme documento do Ministério da Saúde “ Diretrizes para elaboração de estudos de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos”.

Concomitante à realização do estudo de ARSH pela empresa Ambios, a Fundação Renova contratou, sem a aprovação e a ciência dos membros da CT-Saúde, a empresa Tecnohidro Engenharia São Paulo LTDA, doravante denominada Tecnohidro, para também realizar um estudo de ARSH nos municípios definidos para atuação da empresa Ambios. Apesar de ser um estudo de avaliação de risco à saúde humana, o objetivo e foco desse estudo foi o gerenciamento de áreas contaminadas a partir do impacto ambiental e construção denexo causal em desacordo com o estabelecido pelas diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos do Ministério da Saúde.

No dia 17 de maio de 2019, foi protocolado na Cidade Administrativa pela Fundação Renova e destinado à Secretaria Estadual de Saúde de Minas Gerais, o documento intitulado “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão” (OFI.NI 1.052019.6569). Este documento foi elaborado pela empresa Ambios considerando as bases mínimas para os estudos epidemiológico e toxicológico da população atingida direta e indiretamente estabelecidas na Nota Técnica SUBVPS/SES-MG Nº 11/2017.

No dia 28 de novembro de 2019 houve a apresentação do estudo realizado pela empresa Tecnohidro, assim como da avaliação realizada pela empresa NewFields, na Cidade Administrativa com a participação de membros e convidados da CT-Saúde, assim como técnicos da coordenação de Vigilância Ambiental da SES-MG.

Os estudos de Avaliação de Risco a Saúde Humana têm por objetivo fundamentar recomendações para o setor saúde atuar na promoção e proteção à saúde da população exposta a substâncias químicas, entendendo que as decisões sobre as recomendações e conclusões devam ser tomadas pelos gestores dos territórios impactados, uma vez que esses atores possuem o conhecimento sobre a realidade de seu território e população atingida. Baseada nas diretrizes metodológicas do Ministério da Saúde, o estudo deve abordar **(i)** o levantamento das preocupações da comunidade, população atingida, decorrente da contaminação ambiental ocasionada pelo rompimento da barragem de rejeito denominada Fundão, pertencente à empresa de mineração Samarco, **(ii)** a definição dos contaminantes de interesse, **(iii)** a identificação e avaliação das rotas de exposição, **(iv)** a determinação das implicações para a saúde da população decorrentes da exposição aos contaminantes de interesse presentes nos compartimentos ambientais analisados. Ao final do estudo de ARSH, pode-se categorizar o risco como: **(i)** perigo urgente para a saúde pública; **(ii)** perigo para a saúde pública; **(iii)** perigo indeterminado para a saúde pública; **(iv)** perigo não aparente para a saúde pública; ou **(v)** não há perigo para a saúde pública.

2. ANÁLISES

A primeira avaliação realizada pelos membros e convidados da CT-Saúde teve como objetivo inicial validar os estudos em relação as diretrizes do Ministério da Saúde sobre a metodologia de ARSH, como foi estabelecido no documento de bases mínimas para realização dos estudos, Nota Técnica SUBVPS/SES-MG N° 11/2017.

O estudo da empresa AMBIOS foi elaborado considerando a estrutura disposta nas diretrizes metodológicas do Ministério da Saúde para realização de estudos de avaliação de risco à saúde humana. Apresentou análise dos estudos ambientais e da saúde realizados nos municípios de Mariana e Barra Longa, dos dados existentes sobre a situação de saúde dos municípios, das preocupações, percepções e aflições da população com a sua saúde perante a exposição aos contaminantes presentes na área, levando em consideração os cenários no passado, no presente e no futuro. Discutiu a caracterização das matrizes ambientais em relação a presença de substâncias químicas que possam representar um perigo imediato ou potencial à saúde humana, apresentou a seleção dos contaminantes de interesse prioritários de interesse para o estudo, os mecanismos de transporte dos contaminantes e as rotas de exposição. Baseado nos resultados provenientes dos dados de metais pesados encontrados nas matrizes ambientais amostradas, foi realizada a avaliação toxicológica, a partir de cálculos de dose e exposição da população aos químicos de interesse e os principais efeitos e agravos à saúde. Ao final, apresenta conclusões e recomendações para promoção e proteção à saúde humana, assim como classifica o risco de exposição da população atingida.

A Fundação Renova realizou questionamentos sobre o estudo em escritórios direcionados à empresa. Os questionamentos foram respondidos integralmente pela Ambios em documento enviado à Fundação e até o momento sem resposta.

Em relação ao estudo da empresa Tecnohidro, não foi possível identificar o cumprimento das etapas previstas nas diretrizes do MS, como determinado na Nota Técnica SUBVPS/SES-MG Nº 11/2017, uma vez que o estudo evadiu o foco da perspectiva da saúde humana e abordou a perspectiva ambiental para gerenciamento de áreas contaminadas.

Observou-se no relatório apresentado pela empresa Tecnohidro à SES-MG, que desde a amostragem ambiental, até a proposição das recomendações finais, foram mesclados aspectos metodológicos previstos em modelos de avaliação de risco ambiental e do setor saúde, como a utilização de modelos conceituais e estatísticos, buscando estabelecer relação de causalidade, ao passo que o setor saúde trabalha com o conceito de risco adicional à saúde, devido ao fato de muitos dos agravos e doenças ocasionados por exposição a substâncias químicas, ao longo dos anos, poderem não ser comprovados pelo estabelecimento denexo causal.

Em exposições passadas, dependendo do intervalo de tempo decorrido entre a dosagem dos compostos e a interrupção da exposição, e das características do processo metabólico das substâncias e do organismo dos indivíduos estes podem não ser mais “dosáveis” nos indivíduos, ou estarem dentro dos valores de referência aceitáveis. Sob esta condição, o estabelecimento da relação causa/efeito – a relação entre os efeitos encontrados na população com os níveis de exposição pode ser difícil de realizar.

Nas situações de exposição humana, como a do presente caso, a exposição ocorre a múltiplas substâncias, geralmente são compostos que interagem com o meio e que penetram no organismo humano por diferentes vias, podendo desenvolver múltiplas formas de interação dos seus mecanismos de ação, metabolismo e efeitos. (Ministério da Saúde, 2010, p. 61)¹

Os estudos de risco à Saúde Humana, não tem por objetivo a definição do nexode causalidade em relação aos contaminantes achados e sua fonte de emissão.

A estratégia de execução para o estudo realizado em Mariana, Barra Longa e Linhares (Fase I) pactuada e acordada entre CT-Saúde e Fundação Renova foi a de pior cenário, mesma visão do setor Saúde, no que tange à exposição da população as substâncias químicas desta forma excluir qualquer possibilidade de ação prejudicial dos contaminantes sobre a saúde humana que contribua para o processo de adoecimento. O estudo da Tecnohidro buscou dados de contaminação ambiental fora do perímetro

¹ Ministério da Saúde (2010). Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à Saúde Humana por exposição a contaminantes químicos.

impactado pela lama de rejeito, de maneira a minimizar o impacto à saúde decorrente do rompimento da barragem de Fundão.

Além disso, o estudo da empresa Tecnohidro não atende as premissas de utilização de equipe multidisciplinar, uma vez que não houve a participação de profissionais do setor saúde no estudo. Destaca-se também que as Secretarias Municipais, de Mariana e Barra Longa, e a Secretaria Estadual de Saúde de Minas Gerais não foram inseridas no processo do estudo e os territórios não atingidos também foram objetos do estudo.

3. CONCLUSÃO

Após a avaliação, concluiu-se que os estudos não poderiam ser comparados visto que tinham objetivos e metodologias distintas.

A apresentação do estudo de ARSH pela empresa Ambios esclareceu as dificuldades encontradas na realização do estudo que impediram a melhor avaliação dos dados ambientais. Os estudos ambientais já realizados pela Fundação Renova não puderam ser utilizados, uma vez que as coletas não foram conduzidas de acordo com a metodologia estabelecida pelas diretrizes do Ministério da Saúde. A empresa ainda relatou que o contrato com a Fundação Renova não previa a coleta e análise de um número maior de amostras ambientais, uma vez que a Fundação alegou a existência de dados já coletados na mesma região em pesquisas e estudos anteriores que poderiam complementar as análises toxicológicas.

Como alternativa, a CT-Saúde sugere que os órgãos ambientais sejam responsáveis por realizar amostragens ambientais, ou estudos, seguindo estritamente as recomendações de amostragem de matrizes ambientais presentes nas Diretrizes do Ministério da Saúde para estudos de ARSH obtendo dados de caracterização das matrizes ambientais relevantes para análises do setor saúde.

É sugerido que a Ambios apresente um sumário executivo com o resumo dos resultados, recomendações e conclusões encontrados ao longo de todo o estudo, visando uma análise mais simplificada e objetiva pelos membros da CT-Saúde e técnicos estaduais e municipais. Como também a descrição da formação profissional da equipe multidisciplinar que participou do estudo, como disposto e determinado na Nota Técnica SUBVPS/SES-MG Nº 11/2017. Além disso, pede-se que a empresa esclareça a exclusão dos elementos ferro e manganês como contaminantes de interesse, assim como justifique a não resposta de algumas preocupações levantadas pela população que não estão relacionados a exposição aos contaminantes de interesse.

O estudo da Ambios atendeu as demandas propostas pela CT-Saúde, uma vez que a metodologia utilizada se adequa à identificação de risco à saúde humana levando em consideração a preocupação da comunidade e a presença dos técnicos de todas as instâncias do SUS. Para a completude dos objetivos propostos pela Ambios e o real entendimento dos efeitos e risco à saúde decorrentes do rompimento da barragem de

rejeito de Fundão é fundamental que haja a conclusão de todas as etapas do estudo proposto.

Contudo, reconhecendo a urgência em trazer respostas e ações concretas do setor saúde à população atingida é de entendimento dos membros da CT-Saúde a necessidade de execução imediata da continuidade do estudo de avaliação de risco à saúde humana pela empresa Ambios, uma vez que apenas essa empresa seguiu a metodologia definida pela CT-Saúde em Nota Técnica SUBVPS/SES-MG Nº 11/2017.

Nota Técnica aprovada em 16/01/2020, na 31ª Reunião Ordinária da CT-Saúde.



Gian Gabriel Guglielmelli

Coordenador – CT-Saúde

Anexo II-j

NOTA TÉCNICA CT-SAÚDE nº 40/2020

ASSUNTO: Pedido de Subsídios IAJ-AGU sobre o Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão, desenvolvido pela Ambios

1. INTRODUÇÃO

Em atenção ao **Ofício nº 00024/2020/NMAF/SAP/PFMG/PGF/AGU**, elaborado pela Advocacia Geral da União – Procuradoria Federal no Estado de Minas Gerais, em que solicita subsídios à IAJ-AGU para *identificar se há ou não questões de crítica técnica relativas ao Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão, desenvolvido pela Ambios. O objetivo é levar ao Judiciário, aos atores processuais e aos atores sociais informações claras quanto à existência de problemas metodológicos, técnicos e de execução que comprometem em si o próprio Estudo para fins de condução do CIF e das CTs* (grifos no original), esta Câmara Técnica de Saúde (CT-Saúde) do Comitê Interfederativo (CIF) apresenta as suas considerações na forma que se segue:

2. ANÁLISE

De forma a prestar os melhores subsídios à IAJ-AGU, uma breve contextualização se faz necessária sobre os processos que envolvem a realização do Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana, no âmbito do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada, sobre o qual compete a esta Câmara Técnica, conforme o artigo 9º do Regimento Único das Câmaras Técnicas do Comitê Interfederativo, o papel de auxiliar o CIF em sua finalidade de orientar, monitorar e fiscalizar o referido programa e suas ações.

1. A contratação da empresa Ambios Engenharia LTDA, para a realização do estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana, conforme as “Diretrizes para Elaboração de Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana por Exposição a Contaminantes Químicos”, elaboradas pelo Ministério da Saúde, foi

efetivada no contexto do atendimento ao disposto na Nota Técnica CT-Saúde nº 11/2017 e Deliberação CIF nº 106/2017. Dessa forma, a seleção da referida empresa obedeceu ao disposto na letra “e” do item 4 da Nota Técnica CT-Saúde nº 11/2017:

A(s) instituição (ões) interessadas deverão comprovar capacidade, competência e experiência para a execução dos estudos listados nesse documento. A seleção das propostas apresentadas pelas instituições interessadas deverá ser realizada por comitê técnico, criado especificamente para este fim, composto por, no mínimo, 4 representantes, sendo 2 da Fundação Renova e 2 da CT-Saúde, mantendo sempre a paridade na representação das duas instâncias.

2. A necessidade de condução pericial, no entendimento desta Câmara Técnica, advém da definição, proferida em decisão judicial pelo douto juízo da 12ª Vara Federal, de aplicação da metodologia GAISMA, desenvolvida pela Fundação Renova, para a realização de estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana e Risco Ecológico. Por sua vez, esta Câmara Técnica já se manifestou tanto sobre o Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana conduzido pela empresa Ambios, através da Nota Técnica CT-Saúde nº 28/2020, assim como acerca da GAISMA, por meio da Nota Técnica CT-Saúde nº 32/2020;
3. Sobre o Estudo conduzido pela empresa Ambios, a Nota Técnica CT-Saúde nº 28/2020 avaliou o relatório final do estudo conduzido nos municípios de Mariana/MG e Barra Longa/MG¹ e suas considerações na ocasião foram:

A apresentação do estudo de ARSH pela empresa Ambios esclareceu as dificuldades encontradas na realização do estudo que impediram a melhor avaliação dos dados ambientais. Os estudos ambientais já realizados pela Fundação Renova não puderam ser utilizados, uma vez que as coletas não foram conduzidas de acordo com a metodologia estabelecida pelas diretrizes do Ministério da Saúde. A empresa ainda relatou que o contrato com a Fundação Renova não previa a coleta e análise

¹ Ainda que a Fase 1 do referido estudo contemplasse o município capixaba de Linhares, até o presente momento a Fundação Renova não disponibilizou o relatório final produzido pela empresa Ambios à CT-Saúde, o que inviabilizou sua análise e avaliação técnica por esta Câmara Técnica.

de um número maior de amostras ambientais, uma vez que a Fundação alegou a existência de dados já coletados na mesma região em pesquisas e estudos anteriores que poderiam complementar as análises toxicológicas.

(...)

O estudo da Ambios atendeu as demandas propostas pela CT-Saúde, uma vez que a metodologia utilizada se adequa à identificação de risco à saúde humana levando em consideração a preocupação da comunidade e a presença dos técnicos de todas as instâncias do SUS. Para a completude dos objetivos propostos pela Ambios e o real entendimento dos efeitos e risco à saúde decorrentes do rompimento da barragem de rejeito de Fundão é fundamental que haja a conclusão de todas as etapas do estudo proposto.

Contudo, reconhecendo a urgência em trazer respostas e ações concretas do setor saúde à população atingida é de entendimento dos membros da CT-Saúde a necessidade de execução imediata da continuidade do estudo de avaliação de risco à saúde humana pela empresa Ambios, uma vez que apenas essa empresa seguiu a metodologia definida pela CT-Saúde em Nota Técnica SUBVPS/SES-MG Nº 11/2017.

4. No contexto da realização do estudo conduzido pela empresa Ambios, cumpre ainda destacar e subsidiar esta IAJ-AGU com informações trazidas pela própria empresa à CT-Saúde e à Fundação Renova;
5. Através do OFI.NII.032019.5770, de 26 de março de 2019, a Fundação Renova informou a esta CT-Saúde a existência de questionamentos e considerações sobre o relatório elaborado pela empresa Ambios para os municípios de Mariana/MG e Barra Longa/MG, condicionando a entrega do referido relatório para o Sistema CIF após a empresa Ambios responder aos questionamentos e considerações;
6. Através da Carta 003-00-4800011168_190327, a Fundação Renova apresentou considerações e questionamentos sobre o Relatório Final de Mariana e de Barra Longa à empresa Ambios;
7. Em carta direcionada à Fundação Renova, datada de 14 de abril de 2019, a empresa Ambios Engenharia e Processos LTDA respondeu aos questionamentos e considerações apresentadas pela Fundação Renova;

8. Da Carta enviada pela empresa Ambios (Anexo I) destacamos os seguintes pontos:

- a. Aplicação de Sigilo: na manifestação da empresa Ambios, a mesma relata tentativa de imposição de cláusula de Sigilo/Confidencialidade por parte da Fundação Renova:

Devemos recordar, neste contexto, que a Fundação Renova, após a assinatura do Contrato entre a Fundação Renova e a Ambios, efetivada em 6 de junho de 2018 e com início de validade do Contrato no referente à prazos para o dia 15 de junho de 2018, tentou impor à Ambios a assinatura de um documento de Sigilo/Confidencialidade. Na ocasião, rejeitamos tal demanda da Fundação Renova por considerá-la

- a) extemporânea; e*

Afora isto, em razão de:

- b) os estudos de ARSH envolver de forma direta e sem subterfúgios – inclusive de troca de informações – gestores de saúde, das municipalidades e comunidades atingidas e, principalmente;*
- c) c) por considerar que os estudos de ARSH constituem uma ferramenta fundamental, do Setor Saúde para o Setor Saúde, para elaborar protocolos de saúde para as populações expostas, não podendo sob quaisquer critérios, ser realizados com cláusulas de sigilo ou confidencialidade (Ambios p. 7-8).*

Cumprе destacar que qualquer tentativa de Sigilo/Confidencialidade no processo de realização da Avaliação de Risco à Saúde Humana, no caso específico, atenta contra as Diretrizes estabelecidas pelo Ministério da Saúde, assim como as Deliberações do CIF e os acordos firmados pelas partes:

*Finalmente, para a tomada de decisão, gerenciamento e comunicação do risco **é necessário que o processo de avaliação de risco seja claro e transparente, conhecido pelas partes envolvidas: população, especialmente os expostos, cientistas, governo, justiça, legisladores, indústria, entre outros, para garantir a preservação da saúde e qualidade de vida da população** (Ministério da Saúde, 2010 p. 69 – grifos nossos).*

TTAC:

Os dados brutos e as análises produzidas no curso do Estudo deverão ser disponibilizados para ampla consulta pública e enviados às Secretarias Estaduais de Saúde, ou equivalentes, dos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo (Parágrafo Único – Cláusula 112 TTAC)

Deliberação CIF nº 106 (Bases Mínimas para os Estudos Epidemiológico e Toxicológico):

2) Os referidos estudos:

(...)

d. deverão ser disponibilizados gratuitamente, sempre que solicitados, aos órgãos que integram o Sistema Único de Saúde – SUS; e

e. assim que finalizados, deverão ser disponibilizados pela rede mundial de computadores

b. Amostragem Ambiental: segundo a empresa Ambios, havia previsão e foi feita proposta para a realização de amostragens ambientais que não foram aceitas pela Fundação Renova:

No caso específico dos estudos de avaliação de risco à saúde humana decorrente do rompimento da barragem de rejeitos da Samarco em Mariana, as negociações para a contratação da equipe de ARSH da Ambios para a realização dos estudos passou por uma longa fase de negociação.

A cada nova proposta da Ambios houve a busca de melhores condições de preço por parte da Fundação Renova encarregada das negociações.

As propostas iniciais da Ambios continham o planejamento (e custos) para a realização de procedimentos de amostragem ambiental com a coleta de amostras em duplicatas para todas as matrizes, com exceção das amostras de poeira domiciliar imposto pela quantidade exígua deste material possível de ser coletado.

As propostas da Ambios com a realização de amostras duplicatas não foram aceitas. *Independente disto, a equipe de ARSH da Ambios coletou com custo próprio, não planejado no orçamento do Contrato de Serviços, a realização de coleta de amostras em duplicatas (Ambios p 11 – grifos nossos).*

Com relação ao processo de definição da amostragem ambiental, em nenhum momento a CT-Saúde foi informada pela Fundação Renova do escopo e proposta apresentada pela empresa Ambios e nem tão pouco da negativa daquilo que foi apresentado pela empresa, assim como as justificativas e fundamentações que ensejaram essa restrição por parte da Fundação Renova.

Em que pese as restrições e limites que a imposição da Fundação Renova possa, por ventura, ter ocasionado comprometimentos à integralidade do estudo, maiores informações e esclarecimentos serão apresentados nas respostas aos questionamentos feitos.

9. Com relação ao Parecer Técnico elaborado pela empresa New Fields, mencionado e referenciado pela AGU, cumpre destacar que até o presente momento não está claro para esta Câmara Técnica qual o papel desta empresa e a sua atuação no âmbito do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada. Ou seja, não está claro se é uma empresa que presta serviços e apoio técnico à equipe da Fundação Renova ou se sua atuação está vinculada ao escopo do Programa monitorado e acompanhado por esta Câmara Técnica. Não obstante, qualquer informação técnica relevante, validada e pertinente de apreciação e avaliação por esta Câmara Técnica será prontamente procedida. Todavia, entende esta Câmara Técnica que a análise, avaliação, emissão de pareceres e posicionamentos acerca de ações, estudos e proposições ao CIF, no âmbito do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada, compete ao corpo técnico que compõe esta CT-Saúde.

Feitos os esclarecimentos e contextualizações necessárias, passamos às respostas aos questionamentos apresentados pela AGU:

a) há indicativo de potenciais problemas técnicos, metodológicos, de execução ou limitação de escopo do Estudo Ambios?

Resposta CT-Saúde: Para uma resposta mais precisa, é necessário segmentar os potenciais problemas em seus tipos:

Execução: Confirmadas as alegações e afirmações trazidas pela empresa Ambios, os principais problemas identificados no contexto da execução do estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana realizado estariam relacionados à gestão e ingerências conduzidas e produzidas pela Fundação Renova.

Escopo: Não foram identificados problemas no escopo do estudo da Ambios. Os municípios previstos na Fase 1 foram aqueles investigados e apresentados no relatório pela empresa Ambios, **validados e acordados entre a CT-Saúde e a Fundação Renova.**

Técnicos e Metodológicos: Antes de um aprofundamento técnico e contextualização sobre a existência ou não de indicativos de eventuais problemas, é oportuno salientar que o GT-Estudos desta Câmara Técnica se reuniria no mês de maio de 2020, exatamente, para uma análise técnica aprofundada sobre o estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana realizado em Mariana/MG e Barra Longa/MG pela empresa Ambios. Todavia, em virtude do PARECER DE FORÇA EXECUTÓRIA nº 00012/2020/NMAF/SAP/PFMG/PGF/AGU, desta Advocacia Geral da União, a referida reunião foi suspensa até que a coordenação desta CT-Saúde tivesse maiores informações e orientações sobre como proceder. Nesse sentido, reforçamos que as considerações aqui

apresentadas são **preliminares** e não devem ser utilizadas como posicionamento e/ou parecer desta CT-Saúde acerca do estudo. Ressalta-se ainda que a Fundação Renova sequer disponibilizou a esta CT-Saúde a totalidade dos relatórios previstos da FASE 1, se recusando a entrega do Relatório Final do estudo realizado em Linhares/ES.

Coordenadas Geográficas: No parecer elaborado pela empresa New Fields, contratada pela Fundação Renova, há a afirmação de que as coordenadas geográficas apresentadas geram incertezas quanto ao seu correto georreferenciamento e confirmação dos pontos de coleta. O correto georreferenciamento e confirmação dos pontos de coletas é informação necessária e deve ser apresentada na sua forma devida. Todavia, é importante salientar que todo o processo de coleta das amostras ambientais realizados pela empresa Ambios na FASE 1 foi acompanhado e supervisionado por servidores e técnicos do Ministério da Saúde, Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais, Secretaria de Estado da Saúde do Espírito Santo, Secretarias Municipais de Saúde de Mariana/MG, Barra Longa/MG e Linhares/ES.

Qualidade dos Dados: Nesse aspecto os problemas técnicos e metodológicos se confundem com aspectos da execução. Na carta da empresa Ambios, a mesma alegou ter apresentado proposta com procedimentos de amostragem ambiental com a coleta de amostras em duplicatas para todas as matrizes, com exceção das amostras de poeira domiciliar. Todavia tal procedimento não foi aceito pela Fundação Renova. Alegou ainda a empresa Ambios que procedeu tais coletas com custeio próprio. Sobre este ponto, cumpre salientar que a empresa Ambios apresentou indagações acerca da falta de representatividade de brancos de campo de amostras de poeira/sedimentos/solo superficial, tendo sido recebido o retorno, por uma carta resposta da NewFields (Anexo II), de 23 de abril de 2019, com a confirmação que para tais matrizes a obtenção de brancos de campo não é necessária.

Exclusão Ferro e Manganês: Através da Nota Técnica CT-Saúde nº 28/2020 foi considerada a necessidade de que a empresa Ambios esclareça melhor a exclusão desses elementos como contaminantes de interesse. Na carta resposta elaborada pela empresa Ambios ela justifica a exclusão com base nas afirmações de seu relatório final, mas considerando a possibilidade de uma rota de exposição futura:

Para [água de] consumo humano foram encontradas situações de concentrações de ferro e manganês acima dos padrões de potabilidade prescritos pelo Ministério da Saúde.

Entretanto, pelas razões já assinaladas no Capítulo III Contaminantes de Interesse, a equipe de ARSH descartou a inclusão de rota de exposição da água para consumo humano nas avaliações do Capítulo VI Implicações para a Saúde Pública.

No entanto, em função das fontes de emissão presente, principalmente no solo e sedimentos, não descarta a possibilidade de que fontes de captação de água para consumo

humano, principalmente as de captação subterrânea, venham a ser contaminadas futuramente.

Assim sendo, a equipe de ARSH da Ambios considera esta uma rota potencial futura, exigindo o monitoramento permanente das águas para consumo humano de todas as formas de captação (Ambios, 2019 p. 287).

Em linhas gerais e análises preliminares, esses são alguns dos apontamentos feitos por esta CT-Saúde sobre os questionamentos apresentados. Ressalta-se ainda que apesar das eventuais limitações ou restrições, apontadas em caráter estritamente preliminar, o estudo seguiu as Diretrizes do Ministério da Saúde e pode servir de subsídio para as ações do setor saúde, não havendo limitações e/ou restrições que comprometam a sua integridade ou possibilidade de continuidade.

Nesse sentido, ressalta-se que deve haver maior controle, participação e envolvimento de todas as partes interessadas em todo o processo de Avaliação de Risco à Saúde Humana, desde as etapas de planejamento, execução e tomada de decisão.

b) a eventual sequência para as denominadas fases seguintes convalidaria eventuais problemas?

Resposta CT-Saúde: Diante do que foi apresentado como resposta ao item anterior, não há dúvidas em afirmar que **não existem problemas que poderiam ser convalidados com a eventual sequência das demais fases do estudo da Ambios**. Em complemento, vemos como oportuno de estarem registrados no escopo desta resposta recomendações que se fazem pertinentes, principalmente, em relação à conduta futura da Fundação Renova na eventual sequência para as denominadas fases.

Primeiramente, destaca-se que os pontos recorrentemente apresentados como potenciais problemas do estudo, classificados na resposta ao item anterior como problemas de execução, estão diretamente relacionados às estratégias adotadas pela empresa Ambios para conduzir etapas da ARSH sob condições de restrições de recursos impostas pela própria Fundação Renova. Conforme discutido, entendemos que tais estratégias não fogem ao escopo das diretrizes metodológicas do MS para ARSH e, portanto, não são prejudiciais ao principal propósito desta.

Entretanto, é razoável ter em conta que qualquer estudo, seja ele acadêmico-científico ou aplicado aos serviços de saúde, como é o caso dos EARSH, sofrem invariavelmente de limitações de diversas ordens. Por essa razão, inferimos que as limitações das próximas fases dos estudos de avaliação de risco serão tão menores quanto melhores forem as condições e disponibilidade de recursos necessários para sua execução.

Nesse sentido, recomendamos que, na ocasião da sequência das demais fases do estudo, as práticas de transparência por parte da Fundação Renova perante à CT-Saúde sejam aprimoradas no que tange aos aspectos fundacionais da celebração do contrato com a empresa Ambios para as fases em tela. Esse aprimoramento de práticas de transparência certamente possibilitará a todas as instituições representadas na CT-Saúde o conhecimento prévio sobre o planejamento das etapas do estudo, a sua avaliação pelos

membros e a eventual solicitação de ajustes, especialmente com relação aos problemas de execução descritos na resposta anterior, que têm potencial de embotamento de aspectos técnicos do estudo à revelia dos termos acordados previamente.

Adicionalmente, é relevante destacar que qualquer estudo dessa natureza, realizado no bojo de um desastre dessa magnitude, em territórios tão diversos, deve contar com flexibilidade e dinamismo suficientes para se adaptar ao território e população abordados. Assim, as fases seguintes serão realizadas em outros territórios que podem resultar em outros desenhos amostrais. Isto decorre tanto do Levantamento de Informações do Local, que levará em conta outros tipos de antecedentes históricos, de dados geográficos, de uso e ocupação do solo, e de demografia, como também do levantamento de preocupações da sociedade. Nesta fase, a sociedade local apresenta suas preocupações associadas com a exposição aos contaminantes do local, que podem ser ambientais, de saúde ou, ainda, relativas a aspectos de ordem econômica, social, psicológica, entre outras. O estudo é norteado não só por estabelecer o risco existente para a população exposta, mas também para procurar as respostas às questões apresentadas pela mesma. As preocupações associadas à exposição não são homogêneas, de forma que o estudo não será norteado de forma homogênea, pois cada região apresentará preocupações particulares, que são norteadoras do desenvolvimento do estudo.

c) é possível construir soluções e atuações a serem objeto de decisão do CIF a partir do Estudo?

Resposta CT-Saúde: Para responder a esta pergunta, considera-se relevante transcrever trecho oriundo das Diretrizes para Elaboração de Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana, do Ministério da Saúde (página 1, segundo parágrafo) que trata justamente da razão de existir dos EARSH:

“Diante dos riscos à saúde humana, as autoridades nos países industrializados criaram procedimentos de avaliação que, além de dimensionar o risco, determinam recomendações para eliminação da exposição humana, ações de saúde direcionadas às populações expostas, bem como ações de remediação das fontes de emissão. A avaliação de risco à saúde das populações expostas a contaminantes ambientais representa um instrumento importante para a tomada de decisões e implementação, de maneira sistemática, de articulações e de ações intra e intersetoriais visando à promoção e proteção da saúde, melhorando as condições sociais e de vida.”

Isso posto, os achados do estudo da empresa Ambios classificam os municípios de Mariana e Barra Longa, com base nas categorias definidas pela ATSDR e utilizadas pela metodologia de ARSH do Ministério da Saúde, como **local de perigo categoria A: perigo urgente para a Saúde Pública**. Isso significa que existe um perigo para a saúde das populações expostas aos contaminantes definidos (cádmio, chumbo, cobre, zinco e níquel) através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas e que pode determinar a ocorrência de efeitos lesivos sobre a saúde das mesmas, imediatamente ou a longo prazo.

Nesse sentido, a partir do momento em que o estudo foi apresentado e validado por esta CT-Saúde, já poderiam ter sido iniciadas ações de saúde relacionadas tanto com a promoção da saúde e prevenção de agravos, quanto com a assistência e o

tratamento de doenças e agravos já manifestados. Para além das competências estritas do setor saúde, medidas de intervenção para interrupção da exposição já poderiam ter sido articuladas com outros setores e com a própria Fundação Renova, na condição de responsável pelo processo de reparação e representante das empresas poluidoras-pagadoras.

Portanto, apesar das eventuais limitações de ordem técnica e, especialmente, as de execução, analisadas nos itens anteriores, as conclusões apresentadas pelo Estudo podem culminar em ações a serem objeto de decisão do CIF. Além das ações ambientais apontadas, como remoção e disponibilização adequada do rejeito das áreas atingidas, é possível desenvolver ações de saúde com base no estudo, principalmente no escopo de fortalecimento do serviço público, por meio do SUS, em resposta à mudança do território, inclusive no contexto de vida das pessoas, como empregos e locais de moradia, bem como as alterações ocasionadas no ambiente. São ações de atenção, promoção e prevenção à saúde, bem como de saúde mental. Ainda, aponta para estudos complementares e a construção de protocolo assistencial para a população atingida e exposta a área de risco ou potencialmente contaminada.

Destacamos abaixo, de forma sintética, quais seriam estas ações, considerando as principais recomendações apresentadas aos municípios de Mariana e Barra Longa no referido estudo:

- 1. Estruturação de um Programa de Atenção e Vigilância à Saúde inserido no âmbito do Sistema Único de Saúde e dos Programas de Atenção Básica e de Saúde da Família de cada município, abrangendo ações de promoção, prevenção, assistência e vigilância em saúde.*
- 2. Identificação e cadastramento de todos os moradores das zonas urbana e rural do município de Barra Longa, considerando a exposição disseminada nestas áreas aos contaminantes definidos, através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas.*
- 3. Identificação e cadastramento de todos os moradores das localidades do município de Mariana, onde se constate exposição aos contaminantes definidos, através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas.*
- 4. Elaboração do perfil sociodemográfico, de condições de vida e saúde e história de exposição, incluindo informações sobre o local e distância da residência do leito do rio e o tempo de residência no local.*
- 5. Elaboração de protocolo assistencial que contemple avaliação de saúde completa, incluindo exames clínicos e laboratoriais, bem como avaliação psicológica.*
- 6. Análise laboratorial dos Indicadores biológicos de exposição e de efeito para os compostos determinados como contaminantes de interesse: chumbo, cádmio, níquel, cobre e zinco, nas matrizes biológicas padronizadas nacionalmente. É necessário que se*

estabeleçam laboratórios de referência que realizem estrito controle de qualidade de seus procedimentos.

7. Implantação e implementação de uma rede de prevenção e assistência aos processos de sofrimento psíquico e adoecimento mental, com suporte profissional e oferta de atividades de promoção da saúde.

8. Sensibilização e capacitação das Equipes de pré-natal para a atenção à gestação e parto com particular vigilância ao crescimento e desenvolvimento intrauterino, parto e período neonatal.

9. Para a faixa etária infantil, desde o nascimento, deve ser previsto a avaliação e monitoramento do desenvolvimento neuromotor, cognitivo e psicológico. Implantação de uma rede para o desenvolvimento de atividades de promoção da saúde e de estímulo ao desenvolvimento infantil.

10. Deve ser estabelecido um padrão de periodicidade para o monitoramento clínico dos grupos populacionais expostos, assim como para o biomonitoramento da exposição aos contaminantes listados. Recomenda-se que o monitoramento clínico-laboratorial deva ser realizado pelo período mínimo de 10 anos.

Seguindo o fluxo de um processo de ARSH, tendo em mãos o estudo e suas recomendações, o próximo passo deve ser dado pelos gestores das três esferas do Sistema Único de Saúde e diz respeito à elaboração dos protocolos de atenção à saúde para a população exposta aos contaminantes químicos, que permitirão planejar as ações de gestão e comunicação do risco, bem como organizar o processo de atenção e cuidado às pessoas com o devido seguimento na rede de atenção à saúde.

As recomendações contidas no relatório final do estudo para ações de assistência e vigilância à saúde das populações expostas e/ou potencialmente expostas são consideradas válidas e pertinentes, sob a ótica da proteção da saúde das populações e prevenção de doenças e agravos. Nesse sentido, esta Câmara Técnica, por meio do Ofício CT-Saúde/CIF nº 116/2019 solicitou ao Ministério da Saúde apoio para elaboração dos protocolos de saúde necessários, o que não pôde, ainda, ser realizado, dada a disputa judicial iniciada exatamente a partir da definição do eixo 2.

Neste sentido, destacamos a importância do fator temporalidade como relevante para tomada de decisão:

“lembrando que os efeitos do desastre sobre a saúde se diferenciam ao longo do tempo, assim como têm sua ampliação ou redução diretamente relacionadas à capacidade de resposta imediata e do tempo que se leva para a recuperação e para a reconstrução das áreas afetadas” (Fiocruz & Ministério da Saúde, 2018 p. 104 – grifos nossos)².

² Guia de preparação e respostas do setor saúde aos desastres/Carlos Machado de Freitas, Maíra Lopes Mazoto e Vânia da Rocha – Rio de Janeiro, RJ: Fiocruz/Secretaria de Vigilância em Saúde, 2018.

d) há, e se positivo quais, lacunas de estudo e planejamento que devem ser fornecidas ao CIF para fins de condução do Eixo?

Resposta CT-Saúde: A CT-Saúde pugna pela continuidade e execução das demais fases dos estudos de ARSH da empresa Ambios, com as ressalvas e considerações já apresentadas.

Assim como, a imediata entrega do relatório final do estudo de ARSH desenvolvido em Linhares/ES, entregue pela Ambios à Fundação Renova em 15 de maio de 2019, conforme Carta da Ambios datada de 24/05/2019, já solicitado reiteradamente por esta CT por meio do Ofício CT-Saúde/CIF nº 19/2020 e do Ofício CT-Saúde/CIF nº 08/2020.

Ainda, são necessárias a realização e conclusão dos estudos epidemiológicos e toxicológicos, conforme definido nas Cláusulas 111 e 112 do TTAC, na Nota Técnica CT-Saúde nº 06/2018 e Deliberação CIF nº 197/2018.

e) solicito demais informações tidas por necessárias.

Resposta CT-Saúde: As informações apresentadas nos itens anteriores são aquelas consideradas essenciais e necessárias para o presente momento.

Levado a deliberação, registro abstenção da SESA/ES e SETADES/ES. Registro, ainda, voto contrário da SES/MG, conforme Cláusula 45ª do TAC-Gov.

Nota Técnica aprovada em 16/07/2020, em Reunião Extraordinária da CT-Saúde.



Gian Gabriel Guglielmelli

Coordenador – CT-Saúde



São Paulo, 14 de abril de 2019.

Prezados Representantes da Fundação Renova,

Conforme salientado e enfatizado desde o primeiro encontro havido com os representantes da Fundação Renova, reiterado na apresentação da metodologia para todo o corpo técnico da Fundação Renova, quando também estavam presentes membros convidados da Câmara Técnica de Saúde (CT-Saúde), deixamos claro, sem margens a dúvidas, que os estudos de avaliação de risco à saúde humana por substâncias perigosas, conhecida também pela sigla ARSH, é um instrumento do Setor Saúde para o Setor Saúde.

Esta apresentação foi realizada por solicitação da Fundação Renova, em sua sede em Belo Horizonte, na mesma época da assinatura do contrato para a realização dos estudos de ARSH decorrente do rompimento da barragem de rejeitos da Samarco em Mariana.

Naquela ocasião, assinalamos que a metodologia de avaliação de risco à saúde humana por substâncias perigosas foi desenvolvida inicialmente pela agência do governo dos Estados Unidos da América ATSDR (sigla em inglês para Agency for Toxic Substances and Disease Registry).

No final da década de 90 do século passado, por solicitação e com o suporte financeiro da OPAS (Organização Pan Americana da Saúde), o Prof.Dr. Volney de Magalhães Câmara (UFRJ) e o Dr. Alexandre Pessoa da Silva (AMBIOS) foram incumbidos de divulgar a metodologia de ARSH no Brasil com vistas a vir a se tornar um instrumento da Saúde Pública.

No ano de 1999, o Ministério da Saúde do Brasil, responsável pela contaminação por organoclorados em Cidade dos Meninos, localidade de Duque de Caxias/RJ, decorrente dos resíduos abandonados em sua fábrica naquela localidade, mesmo após as dezenas de estudos contratados pelo



Ministério da Saúde às mais reconhecidas instituições nacionais e internacionais (CETESB, FEEMA, PUC/RJ, UNICAMP, GTZ-Alemanha) e outras dezenas de teses de mestrado e doutorado, resolveu convocar um workshop internacional com a participação de especialistas nacionais e internacionais. Então, já se passavam mais de 15 anos desde as primeiras denúncias sobre a contaminação em Cidade dos Meninos.

Os especialistas de vários países recomendaram a utilização da metodologia de ARSH desenvolvida pela agência americana que, apesar de relativamente nova (1992) apresentava as melhores condições de resposta para as demandas de identificação da exposição e de base para o acompanhamento das populações expostas. Além disso, por ter sido desenvolvida sob a pressão do movimento social americano, principalmente em decorrência do caso conhecido como “Love Canal”, diferentemente do que ocorria com as demais metodologias de avaliação de risco existentes na ocasião, era formulada especificamente para o Setor Saúde e tendo como um dos seus componentes a interação com as populações expostas durante a realização dos estudos e apresentação dos seus resultados.

O Ministério da Saúde, financiado pelo OPAS, no governo sob a presidência de Fernando Henrique Cardoso, contratou a Ambios Engenharia e Processos Ltda para a realização dos estudos de ARSH em Cidade dos Meninos, tendo os Doutores Volney Câmara e Alexandre Pessoa como seus coordenadores técnico-científico, sendo o último designado como coordenador geral dos estudos.

Utilizando as equipes formadas, em pouco mais de nove meses os estudos de ARSH foram concluídos cobrindo detalhadamente todas suas etapas com participação ativa dos entes de saúde e das populações expostas. Assim, não somente foi explicitado o processo de contaminação, as preocupações da população com sua saúde, os contaminantes de interesse, os mecanismos de transporte ambiental dos contaminantes, suas rotas de exposição, a classificação de risco, as implicações para a saúde pública e, por último, as



conclusões e recomendações que permitiram ao Ministério da Saúde, finalmente, planejar ações para eliminação da exposição humana, elaborar os protocolos de saúde para as populações expostas, providenciar a necessária educação em saúde para os profissionais na área, bem como planejar estudos complementares de saúde.

Diante dos resultados alcançados, o Ministério da Saúde, financiado pelo Banco Mundial, organizou uma concorrência pública para a utilização da metodologia da ATSDR em outras cinco áreas contaminadas com exposição humana a resíduos perigosos. A empresa Ambios Engenharia e Processos Ltda foi a vencedora da concorrência.

O Ministério da Saúde tinha como objetivo a aplicação da metodologia da ATSDR para o desenvolvimento de uma metodologia própria adequada aos princípios, procedimentos e estrutura do Sistema Único de Saúde brasileiro (SUS), bem como da Constituição Brasileira de .

Assim, os estudos de ARSH contratados à Ambios Engenharia foram se adequando às demandas do Ministério da Saúde até que, com as adequações aos princípios e diretrizes do SUS implementadas pela equipe da Ambios na realização dos estudos, o Ministério da Saúde do Brasil desenvolveu sua ferramenta do Setor Saúde.

Assim, em 2005, já sob a presidência de Luís Lula da Silva, O Ministério da Saúde publica¹:

A metodologia brasileira leva em consideração a realidade político-institucional, jurídica e, principalmente, os direitos e garantias fundamentais do cidadão previstas no Art. 5º, incisos XIV e XXXIII da [Constituição Federal](#), os princípios e diretrizes do SUS ([Art. 7º, Lei nº 8.080/90](#)) e participação da comunidade conforme a [Lei nº 8.142/90](#).

¹ <http://portals.saude.gov.br/vigilancia-em-saude/vigilancia-ambiental/vigipeq/vigisolo/avaliacoes-de-risco-e-protocolos-de-saude>



Desta forma, apresenta-se a metodologia de avaliação de risco à saúde humana em áreas contaminadas, que se baseia na experiência adquirida com os estudos já realizados no nosso país, a partir da aplicação da metodologia da ATSDR, com as devidas e progressivas adaptações com a realidade.

E disponibiliza na mesma fonte os sites sobre os estudos até então contratados pelo Ministério da Saúde e realizados pela equipe de ARSH da Ambios:

[Avaliação de riscos Baixada Santista](#)

[Avaliação de riscos Barão de Mauá, São Paulo](#)

[Avaliação de riscos mansões Santo Antônio, Campinas, SP](#)

[Avaliação de riscos Paulínia, São Paulo](#)

[Avaliação de risco à saúde humana por resíduos de pesticidas em cidade dos Meninos, Duque de Caxias, Rio de Janeiro 2002](#)

[Avaliação de risco à saúde humana por metais pesados em Santo Amaro da Purificação, Bahia, 2003](#)

Finalmente, em 2010, baseado nos resultados de praticidade e efetividade dos estudos de ARSH realizados pela equipe da Ambios como instrumento essencial para o acompanhamento de saúde das populações expostas a contaminantes químicos, o Ministério da Saúde publica suas “Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos”.

Já na sua Introdução, assinalando ser uma metodologia ainda recente, o documento² determina:

Por esta razão, a classificação de risco assinalada no relatório, bem como as recomendações daí decorrentes, devem ser avaliadas como um instrumental técnico científico fundamental pelas esferas governamentais

² <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2014/outubro/24/Avaliacao-de-Risco---Diretrizes-MS.pdf>



responsáveis pela tomada de decisão, mas com a devida adequação a realidade brasileira e aos recursos disponíveis.

Adiante, nas “Diretrizes”, é assinalado:

Desta forma, a presente metodologia de avaliação de risco à saúde humana em áreas contaminadas se baseia na experiência adquirida com os estudos já realizados no nosso país, a partir da aplicação da metodologia da ATSDR, com as devidas e progressivas adaptações consoantes com a realidade.

Desta forma, e de retorno ao ponto inicial, e fundamental neste esclarecimento, os estudos de ARSH, realizados pela equipe da Ambios e por outras instituições, como Secretarias Estaduais (TO, PR, RS, SP), é um instrumento do Setor Saúde para o Setor Saúde.

Como tal, cabe ao Setor Saúde, e somente a ele, avaliar e discutir seus resultados com a equipe realizadora dos estudos.

No caso específico, dos estudos de avaliação de risco à saúde humana tendo como foco a exposição humana decorrente das emissões de contaminantes pelo rompimento da barragem da Samarco em Mariana, cabe exclusivamente ao Setor Saúde representado pela Câmara Técnica de Saúde (CT-Saúde) no caso em voga avaliar se os objetivos demandados foram realizados por nossa equipe, se existem dúvidas ou esclarecimentos necessários.

Esta condição é tanto mais imperiosa quando se constata que, além dos interesses eminentemente de atenção à saúde das populações expostas aos contaminantes, existem outros interesses nem sempre e nem necessariamente vinculados aos interesses da saúde pública.

Afora isto, e já antecipando esclarecimentos ao Setor Saúde, na visão da equipe de ARSH da Ambios, o pior resultado dos estudos de ARSH ocorre quando produzimos um resultado “falso negativo”, ou seja, uma determinada contaminação com potencial de gerar uma ou várias rotas de exposição humana tenha passado despercebida. Um outro resultado equivocados, um



“falso verdadeiro”, não tem implicações tão desastrosas como no caso do “falso negativo”, como detalhado a seguir.

Como sabemos, após a fase de avaliação de risco, a implementação das recomendações dos estudos de ARSH passa por uma etapa de “gestão do risco” com ações também de “comunicação de risco”. Esse ciclo de gerenciamento do risco (avaliação/gestão/comunicação) é o mesmo que utilizado para qualquer área de saúde pública, como por exemplo o gerenciamento de riscos sanitários (medicamentos, cosméticos, agrotóxicos, domissanitários, equipamentos de saúde, dentre outros)

Em cada uma dessas etapas, posteriores à “avaliação de riscos”, o Setor Saúde prioriza ações e seu escalonamento de acordo com a força das evidências de riscos assinalada nos resultados dos estudos.

Assim sendo, na ocorrência de um resultado “falso negativo”, a não percepção de riscos à saúde humana pela equipe de ARSH, resultará em não planejamento de ações de acompanhamento de saúde das populações expostas a um ou a vários riscos. Isto poderia ter consequências desastrosas para as populações expostas.

No entanto, para um resultado equivocado da equipe de ARSH, no caso de um resultado “falso positivo”, as etapas de “gestão do risco”, na intensidade e sequência consideradas pelos gestores em função da força das evidências e dos esclarecimentos com a equipe de ARSH, não resultarão em consequências negativas de monta.

Isto é reforçado no Documento “Diretrizes” quando assinala:

Por esta razão, a classificação de risco assinalada no relatório, bem como as recomendações daí decorrentes, devem ser avaliadas como um instrumental técnico científico fundamental pelas esferas governamentais responsáveis pela tomada de decisão, mas com a devida adequação a realidade brasileira e aos recursos disponíveis.



Por último, nessas considerações iniciais, é importante ressaltar que os resultados dos estudos de ARSH contém informações para a Saúde Pública e que, desde sua formulação inicial pela ATSDR, que teve sua continuidade na metodologia estabelecida pelo Ministério da Saúde do Brasil, prevê a Socialização das Informações e Comunicação de Risco (Item 4.3):

Ao término de todo o estudo de avaliação de risco, a equipe de investigadores deve fazer uma reunião com a população, com o objetivo de transmitir todo o conteúdo dos estudos. Dados de análises ambientais e de saúde devem ser transmitidos de modo consolidado, para que não se crie um clima de conflito dentro da comunidade. Aqueles que desejarem informações específicas sobre o local de sua moradia, a possível contaminação de seus alimentos e resultados de exames de saúde individual, caso tenham sido realizados, podem e devem receber informações detalhadas e, preferencialmente, por escrito.

Devemos recordar, neste contexto, que a Fundação Renova, após a assinatura do Contrato entre a Fundação Renova e a Ambios, efetivada em 6 de junho de 2018 e com início de validade do Contrato no referente à prazos para o dia 15 de junho de 2018, tentou impor à Ambios a assinatura de um documento de Sigilo/Confidencialidade. Na ocasião, rejeitamos tal demanda da Fundação Renova por considerá-la

a) extemporânea; e

Afora isto, em razão de:

b) os estudos de ARSH envolver de forma direta e sem subterfúgios – inclusive de troca de informações – gestores de saúde, das municipalidades e comunidades atingidas e, principalmente;



c) por considerar que os estudos de ARSH constituem uma ferramenta fundamental, do Setor Saúde para o Setor Saúde, para elaborar protocolos de saúde para as populações expostas, não podendo sob quaisquer critérios, ser realizados com cláusulas de sigilo ou confidencialidade.

Por outro lado, a equipe de ARSH concorda plenamente com a posição, também aceita pela Fundação Renova:

Todos os dados, informações e relatórios produzidos por meio dos estudos listados nesse documento são proibidos de serem publicados pelas instituições contratadas e pela Fundação Renova, sem a autorização da CT- Saúde/CIF, órgão responsável por sua guarda e divulgação. A CT- Comunicação, Participação, Diálogo e Controle Social será responsável pela estratégia de comunicação das informações disponibilizadas pela CT-Saúde junto à população.

Desta forma, assim como a Fundação Renova, a Ambios reconhece a Câmara Técnica de Saúde (CT-Saúde), e sua entidade superiora, o CIF, como únicas com autoridade e competência para estabelecer as condições de confidencialidade e sigilo.

Foi com base nesta compreensão sobre este tema que a equipe de ARSH da Ambios tem agido e assim agirá no futuro. Foi assim em todos nossos encontros e participações em eventos de órgãos, entidades ou grupos de atingidos aceitos e credenciados pela CT-Saúde/CIF.

Especificamente em relação aos estudos de ARSH no caso da emissão de contaminantes metálicos pelo rompimento da barragem da Samarco em Mariana, existem outras considerações que classificamos como importantes e gostaríamos de esclarecer:



1) A realização dos estudos de ARSH sob a estratégia de “piores cenário”:

Conforme detalhadamente fundamentado no relatório final dos estudos de ARSH para as localidades de Mariana e Barra Longa, mas que serve também como fundamentação para a realização das demais fases dos estudos, os estudos de ARSH tiveram que ser realizados sob a estratégia de “piores cenário”. Os critérios para a realização dos estudos de ARSH sob esta perspectiva, principalmente no tocante ao levantamento dos dados ambientais, que determinam os “contaminantes de interesse” e as “rotas de exposição”.

Neste contexto, além de plenamente fundamentado e explicitado para o Setor Saúde como também para a Fundação Renova, todas as atividades de amostragem realizadas pela equipe da Ambios contou com a participação ativa de entes do Setor Saúde das três esferas federativas, inclusive na elaboração do plano de amostragem resultante também dos contatos com as comunidades dos atingidos em cada localidade dos dois municípios.

2) Citações da metodologia da ATSDR para questionar a metodologia brasileira de ARSH

Como já assinalado acima, apesar de ter sua base de elaboração na ATSDR, a metodologia de ARSH utilizada pela equipe de ARSH da Ambios tem como base as “Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos”.

Ou seja, tentativas de avaliar os resultados dos estudos de ARSH realizados pela equipe da Ambios no caso do rompimento da barragem da Samarco em Mariana são improcedentes, independente de quais interesses possam estar representando.



3) Qualidade dos dados existentes

Nas etapas iniciais dos estudos, a equipe de ARSH tem que avaliar a informação existente. Nos dados ambientais, afora a credibilidade da fonte, as “Diretrizes” do Ministério da Saúde recomenda que se avalie os dados ambientais sob diversos aspectos: *“deve-se revisar a falta de adequação, insuficiências e discrepâncias nos dados ou nas técnicas analíticas e de amostragem utilizadas para obter a informação.”* (Item “5.3. Avaliação dos Dados e Técnicas de Amostragem” e “5.8. Amostragens Ambientais Representativas e Confiáveis do Local”, ambos das “Diretrizes”).

Isto foi devidamente realizado pela equipe de ARSH da Ambios em relação aos dados disponibilizados pela Fundação ou de outras fontes, como assinalado nos relatórios parciais e no relatório final concernentes às etapas de Mariana e Barra Longa.

Os critérios de avaliação para a validação de dados de terceiros são tanto mais conservadores quando a fonte dos dados possa ter algum interesse que não os da saúde pública nos resultados dos estudos de ARSH.

Quando a fonte dos dados e informações é absolutamente confiável, por exemplo, instituições e órgãos públicos, os critérios quanto à qualidade são os mesmos, mas podem exigir algum grau de adaptação para fins de saúde pública.

Assim, como se sabe, muitos laboratórios importantes de instituições públicas, apesar de seguir rigorosos critérios de GQ/CQ e serem bastante confiáveis nos seus resultados, por razões de orçamento, pelos custos envolvidos, não possuem acreditação com escopo para todas as matrizes e compostos a ser analisados.

A proximidade dos laboratórios analíticos das áreas de estudos de ARSH, desde que bem aparelhados e com normas estabelecidas para GQ/CQ podem também ser considerados como responsáveis pelas análises de ARSH.



Todos os laboratórios utilizados pela Ambios para as análises laboratoriais das amostras ambientais **são laboratórios acreditados**.

Outras questões que poderiam ser levantadas sobre a acreditação de laboratórios para uma determinada análise são improcedentes. Por exemplo, não existe uma acreditação específica para a análise de amostras de poeira domiciliar, sabidamente um importante indicador para a contaminação dos compartimentos atmosféricos. Assim, deve-se utilizar o procedimento analítico mais próximo, no caso, o utilizado para a análise de solo.

No caso específico dos estudos de avaliação de risco à saúde humana decorrente do rompimento da barragem de rejeitos da Samarco em Mariana, as negociações para a contratação da equipe de ARSH da Ambios para a realização dos estudos passou por uma longa fase de negociação.

A cada nova proposta da Ambios houve a busca de melhores condições de preço por parte da Fundação Renova encarregada das negociações.

As propostas iniciais da Ambios continham o planejamento (e custos) para a realização de procedimentos de amostragem ambiental com a coleta de amostras em duplicatas para todas as matrizes, com exceção das amostras de poeira domiciliar imposto pela quantidade exígua deste material possível de ser coletado.

As propostas da Ambios com a realização de amostras duplicatas não foram aceitas. Independente disto, a equipe de ARSH da Ambios coletou com custo próprio, não planejado no orçamento do Contrato de Serviços, a realização de coleta de amostras em duplicatas.

Neste contexto, deve-se ressaltar que a coleta e análise de duplicatas tem uma importância na qualidade da amostragem muito superior à realização de amostras branco. Em relação à amostras branco, principalmente (mas não somente) na realização dos estudos de ARSH sob os critérios de pior cenário, cabe as questões:

- Como utilizar amostra branco representativa para poeira domiciliar?



- Como utilizar amostra branco representativa para sedimentos?
- Como utilizar amostra branco representativa para solo superficial?

Afora os esclarecimentos acima, vale lembrar que a própria metodologia da ATSDR, tão insistentemente citada pela Fundação Renova, apesar de não ser a metodologia utilizada no estudo em pauta pela equipe de ARSH da Ambios, não desclassifica um estudo de ARSH por ausência de certos requisitos de GQ/CQ. No seu item 5.3.2. (Qualidade dos Dados de Laboratório)³, assinala:

Caso não se disponha de informação sobre Garantia de Qualidade/Controle de Qualidade (GQ/CQ) dos dados laboratoriais, os responsáveis pela Avaliação de Riscos à Saúde devem assinalar que as conclusões obtidas no estudo foram determinadas pela disponibilidade e integridade da informação referida.

4) Utilização de valores de referência

A utilização de valores de referência é um critério a ser decidido pela equipe de ARSH que, em função de características de vulnerabilidade e susceptibilidade das populações expostas, fundamentados, pode escolher por valores mais conservadores. Na maioria dos casos, a equipe adota os valores de referência utilizados pela legislação brasileira.

Vários dos valores de referência utilizados nos estudos de ARSH no Brasil ainda não dispõem de valores de referência específicos que atendam as necessidades específicas do Setor Saúde.

Assim, por exemplo:

³ ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1992. Evaluación de Riesgos en Salud por la Exposición a Residuos Peligrosos. Servicio Nacional de Información Técnica (SNIT) del Departamento de Comercio de los E.E.U.U. Numero: PB92-147164.



- Não existe um valor de referência para poeira domiciliar. Na sua ausência, utilizamos o valor de referência para solo, não adequado;
- Não existe um valor de referência para “solo superficial” de, no máximo, até 10 cm de profundidade (requerido pelos critérios de ARSH). Utilizamos o VR disponível do CONAMA;
- Não existe um valor de referência adequado para sedimentos. Utilizamos um VR do CONAMA relacionado a sedimentos dragados.

5) Incorreções nas tabelas de resultados quanto às referências normativas

No Relatório Final de ARSH para Mariana e Barra Longa, na Tabela 2, página 207, (*Resultados analíticos das amostras de frutas coletadas nos distritos de Mariana-MG*), foram utilizadas como referências normativas:

- A Resolução Normativa da ANVISA RDC Nº 42, de 29 de agosto de 2013, que dispõe sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos; e
- General standard for contaminants and toxins in food and feed CXS 193-1995 do *Codex Alimentarius*.

O *Codex Alimentarius* foi adotado em 1995 e revisto em edições dos anos 1997, 2006, 2008, 2009 e com alterações nos anos de 2010, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018. Devemos ressaltar, neste contexto, que o *Codex Alimentarius* é um padrão de referência para alimentos voluntários e que não há obrigatoriedade para os países adotar os padrões do *Codex* como membros do *Codex* ou qualquer outra organização internacional de comércio.

No caso específico das alegações sobre incorreções na Tabela 2 do Relatório Final, além da não obrigatoriedade do uso do *Codex Alimentarius*, todas



amostras de frutas e de leite de vaca apresentaram resultados abaixo da quantificação do método analítico utilizado para os metais arsênio, cádmio e chumbo. Ou seja, independente do valor de referência do *Codex Alimentarius*, e da sua não obrigatoriedade de utilização, não deveria ser utilizado como uma impropriedade do Relatório Final. O mesmo arrazoado é válido também para as Tabela 4 (página 209); Tabela 9 (página 217) e Tabela 11 (219).

6) Valores de referência para solo

A CONAMA 420/2009 tem como base para a fixação de valores limites critérios ecológicos e não de saúde humana como se observa no seu Art. 9º:

Art. 9o - Serão adotados como VPs os valores apresentados no Anexo II, os quais foram estabelecidos com base em ensaios de fitotoxicidade ou em avaliação de risco ecológico.

Por outro lado, admite a avaliação de risco à saúde humana na fixação desses valores, quando determina:

Artigo 3º, Parágrafo único, Item V - Contaminação: presença de substância(s) química(s) no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para os usos atual ou pretendido, definidas com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado ou específico;

Bem como no Art. 26:

“Art. 26. Será declarada Área Contaminada sob Intervenção-ACI, pelo órgão ambiental competente, aquela em que for constatada a presença de substâncias químicas em fase livre ou for comprovada, após



investigação detalhada e avaliação de risco, a existência de risco à saúde humana.”

Por outro lado, a Resolução CONAMA 420/2009 é muito clara quanto aos seus objetivos normativos quando estabelece, já de início no Artigo 3º:

Art. 3o A proteção do solo deve ser realizada de maneira preventiva, a fim de garantir a manutenção da sua funcionalidade ou, de maneira corretiva, visando restaurar sua qualidade ou recuperá-la de forma compatível com os usos previstos.

Parágrafo único. São funções principais do solo:

I - servir como meio básico para a sustentação da vida e de habitat para pessoas, animais,

plantas e outros organismos vivos;

II - manter o ciclo da água e dos nutrientes;

III - servir como meio para a produção de alimentos e outros bens primários de consumo;

IV - agir como filtro natural, tampão e meio de adsorção, degradação e transformação de

substâncias químicas e organismos;

V - proteger as águas superficiais e subterrâneas;

VI - servir como fonte de informação quanto ao patrimônio natural, histórico e cultural;

VII - constituir fonte de recursos minerais; e

VIII - servir como meio básico para a ocupação territorial, práticas recreacionais e propiciar outros usos públicos e econômicos.



Afora isto, desde uma perspectiva de avaliação de risco à saúde humana, os valores de referência da Resolução CONAMA 420/2009 são resultados de amostragem composta de litologias dominantes a profundidades maiores da que é utilizada nos estudos de avaliação de risco à saúde humana (até 10 cm). A grande maioria dos contaminantes (orgânicos ou inorgânicos) se concentra na parte mais superficial do solo, pois não apresentam mobilidade vertical.

As amostras mais profundas (até 30 cm de profundidade) diluem a concentração dos contaminantes e falseiam a concentração real dos contaminantes; O solo mais superficial é aquele com o qual as pessoas (principalmente crianças) têm o contato mais direto (e não com o solo abaixo). O solo mais superficial é o gerador da poeira (e não o solo abaixo). Por isso, sem satisfazer totalmente as premissas e necessidades da Saúde, consideramos como parâmetro normativo os valores para solo superficial “Prevenção”.

Portanto, levando em consideração todas as limitações dos Valores de Referência para solo determinados pela Resolução CONAMA 420/2009 em relação aos critérios e objetivos dos estudos de ARSH, a equipe de ARSH, na falta de normas mais específicas e adequadas para uma avaliação de riscos à saúde, e seguindo os critérios da precaução, principalmente na determinação de rotas de exposição humana aos contaminantes e suas implicações à saúde pública, utilizará sempre o Valor de Prevenção da Resolução CONAMA 420/2009.

Assim sendo, apesar do erro de impressão quanto aos valores de referência da Resolução CONAMA 420/209 impresso na Tabelas 6 (página 213) e Tabela 8 (página 215), a interpretação dos resultados obtidos nas amostras de solo superficial está correta.



7) Os valores de referência para sedimentos

Inicialmente, a equipe de ARSH da Ambios assinala suas reservas quanto ao valor de referência utilizado para a avaliação dos sedimentos. A única norma brasileira com vistas à qualidade dos sedimentos é a Resolução CONAMA 454/2012 que se baseia nas normas canadenses TELs e PELs.

As diretrizes de qualidade do sedimento canadense foram desenvolvidas pelo Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente como ferramentas de proteção ambiental visando ecossistemas aquáticos saudáveis (CCME, 2001). Eles são baseados em programas de pesquisa de campo que demonstraram associações entre produtos químicos e efeitos biológicos, estabelecendo relações de causa e efeito em organismos específicos. A comparação das concentrações medidas de vários contaminantes dentro dos sedimentos com esses valores de referência fornecerá, portanto, uma indicação básica sobre o grau de contaminação e provável impacto na ecologia.

As diretrizes consistem em níveis de efeito de limiar (TELs) e níveis de efeito provável (PELs). Os TELs e PELs são usados para identificar as três faixas de concentrações químicas a seguir com relação aos efeitos biológicos. Os níveis TELs são geralmente adotados como os ISQGs (Interim Marine Sediment Quality Guidelines).

Como assinalado, as normas do CONAMA 454 se baseiam nas normas canadenses que, por sua vez, tem uma perspectiva de avaliação dos sedimentos com objetivos ecológicos. Afora isto, há de se considerar que os valores da norma canadense, com pequenas alterações, foram utilizados pelo CONAMA 454 para a normalização de material dragado a ser depositado sobre solo ou em águas sob jurisdição nacional.

Resolução CONAMA 454/2012 determina valores de referência para água doce sob dois critérios:



- a) Nível 1- limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota;
- b) Nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

Sob a ótica de avaliação de risco à saúde humana, onde se busca a amostragem ambiental sob o viés de pontos e circunstâncias que mais provavelmente resultarão em rotas de exposição dos contaminantes aos humanos, e reforçado pela estratégia de pior cenário adotada na realização dos estudos de ARSH, os pontos de amostragem de sedimentos foram localizados preferencialmente em áreas de menor velocidade de fluxo das drenagens, onde ocorre uma deposição de material particulado mais leve e de menor granulometria, e que caracterizam-se por serem os principais carreadores dos contaminantes orgânicos ou metálicos. Adicionalmente, numa perspectiva de pior cenário, buscou-se a coleta do sedimento dos 5 cm mais superficiais, representativos do “novo sedimento” formado pela lama de rejeito.

Em função das reservas explicitadas acima, e numa visão de precaução, mais conservadora, a equipe de ARSH da Ambios tem utilizado nos seus estudos o valor de referência do nível 1.

Assim sendo, apesar do erro de impressão quanto aos valores de referência da Resolução CONAMA 454/2012 impresso na Tabelas 7 (página 214) e Tabela 16 (página 224), a interpretação dos resultados obtidos nas amostras de sedimentos está correta.

8) Utilização de concentrações basais

Possivelmente, algum interessado nos resultados dos estudos, que não do Setor Saúde, poderiam demandar que a equipe de ARSH utilizasse os valores basais dos contaminantes como base para a determinação dos “contaminantes de interesse”.



Conforme assinalamos no Relatório Final para os estudos de ARSH para as localidades dos municípios de Mariana e Barra Longa, os valores basais podem ser utilizados nos estudos de ARSH como norteadores da seleção de “contaminantes de potencial interesse”, ou seja, na seleção dos contaminantes que *poderiam* estar presente nas áreas a ser avaliadas pelos estudos de ARSH.

Como se sabe, os valores basais são resultados de levantamentos regionais utilizando critérios estatísticos e de cálculos médios. Afora isto, os valores basais, por exemplo para “solos”, não são determinados para “solo superficial” de até 10 cm de profundidade conforme requerido nos critérios da ARSH. Quando o solo superficial é considerado para a determinação de “valores basais” são consideradas profundidades maiores, de até um metro de profundidade. Nos estudos de ARSH, comumente, e somente em casos excepcionais, são utilizados valores de concentração dos contaminantes resultante de modelagem ou projeções estatísticas. Por último, os estudos de ARSH utilizam sempre a concentração máxima encontrada de cada contaminante em cada compartimento ambiental, diferente das utilizadas na determinação dos “valores basais”, sempre calculada como valores médios.

Afora isto, a própria ATSDR, insistentemente citada nos questionamento da Fundação Renova, apesar de não ser a metodologia utilizada nos estudos em pauta realizados pela equipe de ARSH da Ambios, assinala na sua metodologia, versão em espanhol (Item 6.2.5. Modelos de Transporte Ambiental):

El investigador debe reconocer que los modelos contienen suposiciones que influyen en la validez de sus predicciones; por lo tanto, antes de basarse en los datos derivados del modelaje, el investigador tiene que asegurarse, cuando sea posible, de que el modelo empleado ha sido validado y calibrado con información específica de la zona de estudio. Debido a que la validez de dichas suposiciones, por lo general, son difíciles de establecer para cada zona de estudio, la política de la ATSDR



plantea que tales modelos o expresiones matemáticas son herramientas que sólo deben ser usadas como guías para ayudar a tomar ciertas decisiones con relación a salud pública, y no deben reemplazar a las decisiones basadas en muestras ambientales validadas y amplias. El asesor de salud no debe usar las concentraciones ambientales predichas a partir de modelos para estimar las dosis de exposición humana o para obtener conclusiones relacionadas con la Salud. También la ATSDR establece que la información proporcionada por modelos no puede servir como sustituto de mediciones actuales de las condiciones existentes cuando se determinan las implicaciones en la salud pública. En caso de que el investigador use los datos provenientes de modelos debe ser claramente señalado.

Aunque ATSDR recomienda fuertemente el uso de información analítica validada, como fundamento para las conclusiones en materia de salud pública, puede ser necesario basarse en información derivada de modelos en caso de que no hubiere datos analíticos. Si se utiliza información derivada de modelos en los estudios de evaluación de salud, tal información deberá ser claramente identificada en el reporte y las incertidumbres o limitaciones de ella deberán ser explícitamente reconocidas.

9) Avaliação local e temporal dos dados ambientais

A realização dos estudos sob a estratégia de “pior cenário”, considerada pela equipe de ARSH da Ambios como a de realização possível sob os condicionantes dos estudos – principalmente os relativos à urgência para embasar as ações de acompanhamento de saúde – foi apresentada nos diversos encontros iniciais mantidos com os técnicos da Fundação, com a Câmara Técnica de Saúde (CT-Saúde), antes da realização dos estudos de ARSH.



Os dados ambientais levantados pela equipe de ARSH da Ambios seguiram claramente este pressuposto, conforme detalhado nos procedimentos de amostragem ambiental descritos no Relatório Final sobre Mariana e Barra longa.

Os resultados analíticos demonstraram, entre outros, uma indiscutível contaminação do material particulado suspenso avaliado nas amostras de poeira domiciliar em vários pontos nas proximidades das áreas de deposição da lama de rejeitos trazidas a partir do rompimento da barragem da Samarco em Mariana.

Nas localidades de Mariana, em residências próximas às áreas de deposição da lama de rejeitos nas margens e várzeas do rio Gualaxo do Norte, a presença do contaminante **cádmio** foi constatada na maioria das amostras de poeira domiciliar, muitas apresentando concentrações de cádmio até 14,32 mg/kg, acima dos valores de referência utilizado (1,3 mg/kg).

Nas localidades de Barra Longa, os resultados foram ainda piores. O contaminante **cádmio** foi detectado em praticamente todas as amostras coletadas nas residências. Em 70% das amostras, as concentrações de cádmio superaram os valores de referência, chegando a apresentar uma concentração máxima de 131 mg/kg, ou seja, 100 vezes o valor de referência utilizado (1,3 mg/kg).

O cádmio emitido para a atmosfera pode estar associado a particulados muito pequenos que estão na faixa respirável (<10 µm) e estão sujeitos a transporte de longo alcance. O cádmio pode ser transportado de cem a alguns milhares de quilômetros e têm um tempo de residência atmosférico típico de cerca de 10 dias antes da deposição⁴.

⁴ Shevchenko V, Lisitzin A, Vinogradova A, et al. 2003. Heavy metals in aerosols over the seas of the Russian Arctic. Sci Total Environ 306:11-25.



Neste contexto, devemos lembrar os estudos de ARSH desenvolvidos pela equipe da Ambios, onde foi comprovado que a poeira contaminou a produção de alimentos em áreas distantes de quilômetros dos focos de contaminação⁵.

Desta forma, considerando um único dos contaminantes metálicos encontrado, o cádmio, agente cancerígeno, podendo ser transportado por quilômetros pela poeira, é impossível deixar de considerar distâncias em quilômetros a partir das fontes geradoras da poeira contaminada, no caso, a lama de rejeito depositada nas margens e áreas de várzeas afetadas.

Cabe aos gestores das ações de saúde elaborar estratégias de gradualismo na identificação das populações expostas e o nível da exposição.

No entanto, a avaliação de risco deduzida pelos estudos de ARSH da equipe da Ambios induz, inicialmente, uma ampla abrangência quanto às áreas e possíveis populações expostas, quando mais se observa a permanência das fontes de emissão de tais contaminantes.

10) Rota de exposição completa

No seu item 6.6.1, “Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos” assinala:

Uma rota de exposição completa é aquela em que os cinco elementos ligam a fonte de contaminação à população receptora. Independente de ter ocorrido no passado, presente ou futuro, em todos os casos em que a rota seja completa, a população será considerada exposta. Cada rota de exposição completa deve ser discutida separadamente e apresentada com os cinco elementos (fonte de contaminação, meio afetado, ponto de exposição, via de exposição e população receptora) conectados entre si.

⁵ [Avaliação de risco à saúde humana por resíduos de pesticidas em cidade dos Meninos, Duque de Caxias, Rio de Janeiro 2002](#)



No Relatório Final relativo às etapas Mariana e Barra Longa, a equipe de ARSH da Ambios, em relação à lama de rejeito oriunda do rompimento da barragem da Samarco em Mariana, assinala:

É este material, de permanência quase perene ou por muitas décadas, que formou o “novo solo” superficial nas áreas de deposição da lama. Além de seu arraste para as drenagens, principalmente pelas águas das chuvas, formando o “novo sedimento”, quando seco, será transportado na forma de poeira, inclusive para as áreas residenciais. (página 283).

A partir desta fonte de emissão, a lama de rejeito (de permanência quase perene ou por muitas décadas), formaram-se ou poderão se formar rotas de exposição humana potenciais ou completas.

Com base na amostragem ambiental, e levando em conta também os mecanismos de transporte dos contaminantes considerados de interesse em cada compartimento ambiental avaliado (respaldados por vastíssima referência bibliográfica), a equipe de ARSH da Ambios determinou as seguintes rotas de exposição humana e suas respectivas classificações, fundamentando-as:

(em azul, transcrições de textos do Relatório Final das etapas de ARSH Mariana e Barra Longa).

Em relação às **rotas de exposição potencial futuras** deve-se ressaltar que elas poderão ser evitadas caso sejam realizadas ações que eliminem as circunstâncias de sua existência.

Alimentos

Aparentemente, pela forma como se apresentam no material da lama de rejeitos, os metais avaliados não se encontram, atualmente, em forma disponível para absorção pelos vegetais e gramíneas.

No entanto, futuramente, em razão de eventos naturais, de mecanismos de transporte e transformação, inclusive com participação microbiana, até agora desconsiderada, não é possível se afirmar se uma maior

disponibilidade dos metais e absorção pelos vegetais relacionados não possam ocorrer e gerar rotas de exposição humana no futuro. (página 284).

E concluiu:

Assim, a equipe de ARSH considera que os alimentos, principalmente aqueles produzidos nas áreas de deposição da lama de rejeitos, como os tubérculos, cujos resultados da amostragem ambiental não indicaram a presença atual de contaminantes de interesse, podem representar uma **rota de exposição potencial futura**, caso as condições físico-químicas do solo superficial se alterem permitindo a biodisponibilização dos contaminantes metálicos. (página 285).

No relativo aos alimentos produzidos em áreas de deposição da lama de rejeitos, ou em solos de áreas próximas a elas onde a deposição da poeira contaminada, a classificação se justifica já que os 5 elementos componentes de uma rota de exposição futura são plausíveis, como assinalado pela Tabela 20 do Relatório (página 285):

Tabela 20: ROTAS DE EXPOSIÇÃO: ALIMENTOS

ELEMENTOS DA ROTA DE EXPOSIÇÃO						
ROTA NOME	FONTE	MEIO AMBIENTE	PONTO DE EXPOSIÇÃO	VIA DE EXPOSIÇÃO	POPULAÇÃO RECEPTORA	TEMPO
Alimentos	Solo contaminado	Tubérculos e raízes Vegetais	Local de consumo	Ingestão	Consumidores dos alimentos	Futuro

A potencialidade da existência desta **rota de exposição potencial futura** é dada pelas circunstâncias: caso as condições físico-químicas do solo superficial se alterem permitindo a biodisponibilização dos contaminantes metálicos.



Água de consumo humano

O Relatório Final de ARSH referente às etapas Mariana e Barra Longa assinala:

A detecção de cádmio e chumbo nas amostras de água para consumo humano, mesmo que abaixo dos valores máximos permitidos, indicam uma prevalência ambiental nas captações que exige o contínuo monitoramento dos metais nas águas de captação. (página 286).

E conclui, descartando a inclusão de ferro e manganês por razões fundamentadas no Relatório:

No entanto, em função das fontes de emissão presente, principalmente no solo e sedimentos, não descarta a possibilidade de que fontes de captação de água para consumo humano, principalmente as de captação subterrânea, venham a ser contaminadas futuramente.

Assim sendo, a equipe de ARSH da Ambios considera esta uma **rota potencial futura**, exigindo o monitoramento permanente das águas para consumo humano de todas as formas de captação.

Os componentes da **rota de exposição potencial futura** são apresentados na Tabela 21 do Relatório⁶.

Tabela 21: ROTAS DE EXPOSIÇÃO POTENCIAL FUTURA

ÁGUA DE CONSUMO HUMANO ELEMENTOS DA ROTA DE EXPOSIÇÃO						
ROTA NOME	FONTE	MEIO AMBIENTE	PONTO DE EXPOSIÇÃO	VIA DE EXPOSIÇÃO	POPULAÇÃO RECEPTORA	TEMPO
Água	- Água superficial; - Água Subterrânea	Água consumo humano	- Nas residências - Outros locais de uso e consumo	- Ingestão - contato dérmico	- Consumidores das águas contaminadas	Futuro

⁶ Doravante, sempre que for utilizado, o termo “Relatório” refere-se ao Relatório Final relativo às etapas Mariana e Barra Longa



A potencialidade da existência desta **rota de exposição potencial futura** é dada pelas circunstâncias:

- Caso as ocorrências de metais pesados, já constatadas, aumentem em concentração;
- Caso não se realize um monitoramento contínuo da qualidade das águas de captação para consumo humano; e
- Caso, na não observância dos dois itens acima, os sistemas de tratamento não sejam adequados para a eficiente remoção dos metais pesados.

Solo Superficial

Os dados da amostragem ambiental assinalam o cádmio como contaminante de interesse no solo superficial em ambas as localidades: Mariana e Barra longa.

Ou seja, o solo superficial foi determinado como contaminado por cádmio. Assim sendo, a equipe de ARSH considera o solo superficial nas áreas de deposição da lama de rejeito como uma **rota completa de exposição no passado**, desde o rompimento da barragem, e **no presente**, pelo contato direto, inalação e ingestão (involuntária, adultos; e crianças, principalmente na fase de engatinhar) de poeira contaminada para os residentes dessas áreas. (página 288).

O Relatório assinala os componentes da **rota de exposição completa** por solo superficial (Tabela 22, página 289 do Relatório).

Tabela 22: ROTAS DE EXPOSIÇÃO COMPLETA: SOLO SUPERFICIAL.

ELEMENTOS DA ROTA DE EXPOSIÇÃO						
ROTA NOME	FONTE	MEIO AMBIENTE	PONTO DE EXPOSIÇÃO	VIA DE EXPOSIÇÃO	POPULAÇÃO RECEPTORA	TEMPO
Solo superficial	Solo superficial contaminado	- Solo Contaminado ; - Poeira	- Nas residências - Outros locais de contato	- Ingestão - Inalação - contato dérmico	- Residentes - Pessoas c/ atividades nessas áreas	- Passado, - Presente

Como observado no Relatório, com exceção do cádmio, os metais pesados não foram identificados, até o momento, como contaminantes de interesse. Os metais pesados, mesmo o cádmio, pelas condições atuais do solo, não apresentam características de biodisponibilização, como demonstra os resultados das amostras de alimentos produzidos sobre o novo solo formado nas áreas de deposição da lama de rejeitos.

Entretanto, conforme assinalado no relatório (página 287), a Fundação Renova, possivelmente para promover um rápido crescimento de cobertura vegetal nas áreas de deposição da lama de rejeitos e, provavelmente, para inibir o arraste desses rejeitos para outros compartimentos ambientais, têm realizado adubação desses solos com misturas de caráter alcalino. Conforme observado pela equipe de ARSH, a Fundação Renova tem realizado o plantio de vegetais diversos que, acredita-se, possa objetivar a remoção dos metais pelas raízes dessas plantas. Mesmo que a remoção não seja efetiva, essa vegetação plantada formará seguramente um ambiente de solo com maior teor orgânico.

Nessas condições, além de mecanismos químicos e físico-químicos poderá emergir a atividade bacteriana com potencial de enriquecimento e biodisponibilização dos contaminantes metálicos contidos no solo formado pela lama de rejeito.

Há de se considerar, como exemplo, que as alterações estruturais e composicionais do solo superficial, como demonstrado na ampla literatura científica disponível (ver Capítulo Mecanismos de Transporte, do Relatório)

criam condições para o enriquecimento e biodisponibilização dos contaminantes, mesmo quando esses solos contenham anteriormente concentrações diminutas dos contaminantes.

Sob esta perspectiva de avaliação, a equipe de ARSH da Ambios considera que o solo superficial representa uma **rota potencial de exposição futura** principalmente para os residentes das áreas na direção dos ventos predominantes para onde ocorra a deposição da poeira contaminada.

Os componentes da **rota de exposição potencial futura** são apresentados na Tabela 23 do Relatório (página 289).

Tabela 23: ROTAS DE EXPOSIÇÃO POTENCIAL FUTURA: SOLO SUPERFICIAL.

ELEMENTOS DA ROTA DE EXPOSIÇÃO						
ROTA NOME	FONTE	MEIO AMBIENTE	PONTO DE EXPOSIÇÃO	VIA DE EXPOSIÇÃO	POPULAÇÃO RECEPTORA	TEMPO
Solo superficial	Solo superficial contaminado	- Solo Contaminado; - Poeira	- áreas c/ deposição da poeira na direção dos ventos predominantes	- Ingestão - Inalação - contato dérmico	- Residentes - Pessoas c/ atividades nessas áreas	-Futuro

Sedimentos

Os sedimentos representam o testemunho da contaminação e os metais, como se sabe, não desaparecem ou se degradam para se tornarem atóxicos. As campanhas de amostragem ambiental assinalaram o **cádmio** como contaminante de interesse nos sedimentos das drenagens atingidas pela lama de rejeitos nas localidades de Mariana e Barra Longa.

Como já assinalado na revisão bibliográfica do Relatório (ver “Mecanismos de Transporte”), os organismos aquáticos e terrestres bioacumulam o cádmio. O fator de bioconcentração relatado (BCF) para cádmio varia de 3 a 4.190 para organismos aquáticos de água doce. Ou seja, em algum momento no futuro ocorrerá a revitalização dessas drenagens e o surgimento de outra fauna aquática. Os sedimentos contaminados, dependendo das características



hidrogeológicas das drenagens atingidas pela lama de rejeitos, poderão ser transportados lentamente em direção ao fluxo dos rios. Entretanto, sempre haverá áreas onde o material contaminado tenderá a se concentrar.

Por razões assinaladas no Relatório, principalmente pela extinção quase total da vida aquática nas drenagens das localidades de Mariana, não foi possível realizar a amostragem de organismos aquáticos comestíveis que pudessem servir de base para a avaliação da existência de rotas de exposição humana pelo consumo de organismos aquáticos.

Em Barra Longa, pela possibilidade do estabelecimento errôneo de um resultado “falso negativo”, ou seja, considerar como não contaminado os organismos aquáticos na avaliação de organismos provenientes de drenagens não contaminadas, também não foi realizada a avaliação desses organismos.

No caso dos contaminantes metálicos, principalmente os metais pesados, tóxicos, é comum, pelos dados da literatura e pela experiência da equipe de ARSH da Ambios em estudos anteriores, serem transportado pelo material particulado mais fino que se depositam preferencialmente em áreas de baixa velocidade de fluxo, nos “pontos de remanso” ou, mais adiante, em áreas estuarinas.

Por outro lado, é de conhecimento geral que as amplas áreas de deposição da lama de rejeitos, nas margens e várzeas dessas drenagens, representam uma fonte de emissão de longa duração para o carreamento do “novo solo” superficial, contaminado, por ação dos elementos naturais, para as drenagens com novos aportes de contaminantes para os sedimentos.

Em função da contaminação já detectada dos sedimentos por cádmio, e com a possibilidade da revitalização dos ambientes aquáticos, do ressurgimento dos organismos aquáticos comestíveis, inclusive dos peixes, bem como da mobilização e biodisponibilização futura de outros metais pesados por possíveis mecanismos de transporte, incluindo a participação crescente da atividade microbiana, a equipe de ARSH da Ambios recomenda um amplo

monitoramento da contaminação por metais pesados dos organismos aquáticos comestíveis, utilizando os critérios de avaliação da ARSH, nos locais onde tais organismos aquáticos comestíveis já existam ou onde possam vir a reaparecer.

Desta forma, a equipe de ARSH considera os sedimentos contaminados pelo **cádmio** como uma **rota de exposição completa futura**. Os componentes da **rota de exposição completa futura** são apresentados na Tabela 24 (página 291 do Relatório).

Tabela 24: SEDIMENTOS. ROTAS DE EXPOSIÇÃO COMPLETA FUTURA

ELEMENTOS DA ROTA DE EXPOSIÇÃO						
ROTA NOME	FONTE	MEIO AMBIENTE	PONTO DE EXPOSIÇÃO	VIA DE EXPOSIÇÃO	POPULAÇÃO RECEPTORA	TEMPO
Sedimentos	Sedimentos e Solo superficial contaminado	- Fauna aquática	- Local de consumo da fauna aquática	- ingestão da fauna aquática contaminada	- Consumidores da fauna aquática contaminada	-Futuro

Poeira domiciliar

As amostras de poeira domiciliar coletada nas residências das localidades de Mariana e Barra Longa apresentaram concentrações dos contaminantes metálicos: **cádmio, níquel, zinco e cobre** acima dos valores de referência.

Em função da pouca distância dos pontos de coleta das áreas de deposição da lama de rejeitos, é razoável a suposição que a poeira, coletada nas residências das diversas localidades dos municípios de Mariana e Barra Longa, tenha como origem principal o “novo solo” superficial gerado pela deposição da lama de rejeitos trazida pelo rompimento da barragem de Fundão.

Essa afirmativa torna-se mais contundente quando se observam os resultados da poeira domiciliar em Barra Longa onde a lama de rejeitos invadiu as áreas das residências e, posteriormente, a remoção e transporte desses resíduos, com intensa atividade do tráfego de caminhões, aumentou a emissão de poeira a altos níveis em praticamente todas as áreas da sede do município de Barra

Longa, segundo relato dos moradores (ver Capítulo “Preocupações da comunidade com sua saúde”, do Relatório).

Dados da literatura indicam que o material particulado fino suspenso (poeira) pode, após sua mobilização, permanecer no ar até 30 dias e alcançar área de abrangência de até 1,5 quilômetros a partir do ponto de sua emissão. Sob esta perspectiva, há de se considerar que todas as localidades avaliadas pela equipe de ARSH da Ambios nos municípios de Mariana e Barra Longa, inclusive toda a área da sede do município de Barra Longa, estiveram e estão, conforme os resultados das amostragens, sob influência da poeira contaminada.

As altas concentrações dos contaminantes: **cádmio, níquel, zinco e cobre, na poeira domiciliar** nas residências das localidades avaliadas dos municípios de Mariana e Barra Longa, muito acima dos valores de referência utilizados, determinam a poeira domiciliar como uma **rota completa de exposição humana no passado**, desde o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, **no presente e no futuro**, tão longo não se consigam providências de remediação que inibam ou eliminem completamente a geração da poeira contaminante.

Os componentes da **rota de exposição completa** pela poeira domiciliar são apresentados na Tabela 25 (página 293 do Relatório).

ELEMENTOS DA ROTA DE EXPOSIÇÃO						
ROTA NOME	FONTE	MEIO AMBIENTE	PONTO DE EXPOSIÇÃO	VIA DE EXPOSIÇÃO	POPULAÇÃO RECEPTORA	TEMPO
Poeira domiciliar	Solo superficial Contaminado	Poeira domiciliar	- Residências a até 1,5 km a partir da emissão na direção dos ventos predominantes	- Ingestão involuntária; - Inalação	- Residentes a até 1,5 km a partir da emissão na direção dos ventos predominantes	-Passado; -Presente e -Futuro

11) Produção de alimentos nas áreas com deposição da lama de rejeitos

Inicialmente, como resposta às indagações sobre a produção de alimentos em áreas com deposição da lama de rejeitos, ou em áreas onde a deposição da



poeira contaminada possa contaminar o solo, deve-se observar o que já foi assinalado nas fundamentações da equipe de ARSH da Ambios.

Durante as diversas incursões às áreas de estudos, a equipe de ARSH da Ambios constatou ocorrências, registradas nos nossos relatórios, sobre anomalias em áreas onde ocorreu a deposição da lama de rejeitos.

Ouvimos relatos da população residente com produção de alimentos que afirmam que o crescimento de seus cultivos ocorre de forma rápida e com produção de frutas e legumes de tamanhos e exuberância impressionantes. Isto, aparentemente, afora nos despertar curiosidade, poderia ser um indício positivo, possivelmente derivado da expressiva adubação do solo promovida pela Fundação Renova nessas áreas com os objetivos já assinalados acima.

No entanto, também constatamos outras anomalias nessas áreas, também registradas em nossos relatórios, que nos causa apreensão e que, com o ferramental metodológico da ARSH, não nos permite elucidar suas causas nem avaliar os níveis de risco à saúde humana que possam advir de tais circunstâncias.

Assim, observamos a ocorrência de manchas brancas em diferentes substratos (na superfície do solo, em árvores e raízes, nas paredes das habitações atingidas pela lama de rejeito, etc). O mais provável é que essas manchas brancas sejam fungos. Mas não temos como avaliar sua natureza nem os males que possam causar.

Em outras ocasiões, na busca por amostras de tubérculos, nos defrontamos em duas situações onde os residentes com pequenos cultivos no mostravam total espírito de colaboração, mas nos indicava a impossibilidade de nos atender. Assinalava para as plantas de mandioca que, apesar de exuberantes no tamanho, estavam com seus tubérculos totalmente imprestável, tomado com uma degeneração caracterizada por uma massa enegrecida e porosa no seu bulbo. Como nos demonstraram, o mesmo ocorria nas suas raízes. Outros relatos de residentes também assinalavam ocorrências similares.



Por estas razões, a equipe de ARSH assinalou na avaliação das rotas de exposição por alimentos que solo nas áreas com deposição da lama de rejeitos, bem como naquelas áreas, cujos solos superficiais, em decorrência dos ventos dominantes, possam ser contaminados pela poeira, devem ser monitoradas **e deve-se evitar a produção de alimentos nessas áreas.** (página 285 do Relatório)

Entretanto, por não dispormos no ferramental metodológico da ARSH dos meios para esclarecer causas e consequências e tendo os contaminantes metálicos como foco de nossa avaliação de risco, desconhecendo como os contaminantes metálicos poderiam ter alguma relação com essas ocorrências, não levamos em consideração essas ocorrências para o Capítulo Conclusões e Recomendações do Relatório:

Pelo exposto, a equipe de ARSH da Ambios recomenda o monitoramento do solo superficial nas áreas de ocorrência de deposição da lama de rejeito e nas suas proximidades. Nestas últimas, em função do arraste e deposição do solo contaminado pela poeira, pode ocorrer também a contaminação de cultivos de verduras foliares.

Sugere-se a realização pesquisas acadêmicas que tratem sobre a dinâmica de mobilização e biodisponibilização de metais em tais solos.(página 341 do Relatório).

12) Critérios de seleção das taxas de ingestão aplicados nos cálculos das doses de exposição

No documento “Public Health Assessment – Guidance Manual. Appendix G: Calculating Exposure Doses”⁷ da ATSDR não há recomendação específica para o uso dos valores sugeridos pelo Exposure Factors Handbook da USEPA.

⁷ <https://www.atsdr.cdc.gov/hac/phamannual/appg.html>, visto em 14/04/2019



Conforme texto na página 2, reproduzido abaixo, a Agência descreve esta referência (Exposure Factors Handbook) como uma boa fonte que pode ser relevante para a área em avaliação. No entanto, também ressalta que as condições específicas da área determinam os valores a serem usados para os cálculos.

*“The site-specific exposure conditions will determine what values you should use in the exposure dose equation. The U.S. Environmental Protection Agency's (EPA's) Exposure Factors Handbook (1997) is a **good source** for locating ranges and percentiles for various exposure information **that may be relevant to the site being evaluated**. The key to calculating the most accurate exposure dose is to identify values that specifically relate to the exposure situation being assessed. **If site-specific information is not available, several conservative exposure assumptions can be applied.**”*

As taxas “standard” para ingestão de solo e poeira aplicadas para crianças (0,0002 kg/dia ou 200mg/dia) e adultos (0,0001 kg/dia ou 100 mg/dia) foram aplicadas no Estudo de Avaliação de Risco realizado em Santo Amaro da Purificação/BA, em uma situação de contaminação do solo por metais oriundos dos rejeitos de uma mineradora. As condições de vida e exposição da população observadas no Estudo de AR de Santo Amaro eram semelhantes às observadas neste Estudo. Em Santo Amaro, como no presente Estudo, não havia também os parâmetros necessários para o cálculo das doses dos contaminantes aderidos à poeira e inalados. A não estimativa da dose de inalação dos contaminantes de interesse na poeira determina na verdade uma **subestimativa** da dose de exposição total às quais crianças e adultos estão expostos. Sob esta condição, a equipe de ARSH fez a opção de manter a escolha do uso dos mesmos parâmetros utilizados no Estudo de avaliação de risco de Santo Amaro, considerado adequado e aceito segundo as Diretrizes do MS.



13) Princípio da Precaução

Na Conferência RIO 92 foi proposto formalmente o Princípio da Precaução. A sua definição, dada em 14 de junho de 1992, foi a seguinte:

O Princípio da Precaução é a garantia contra os riscos potenciais que, de acordo com o estado atual do conhecimento, não podem ser ainda identificados. Este Princípio afirma que a ausência da certeza científica formal, a existência de um risco de um dano sério ou irreversível requer a implementação de medidas que possam prever este dano.

Antes disto, ao longo do século 20, inúmeros documentos buscaram estabelecer diretrizes e normas para a pesquisa em seres humanos. Em todos eles, desde o documento editado na Prússia em 1901, passando pelo Código de Nuremberg, em 1947, e pelas diferentes edições da Declaração de Helsinki, a partir de 1964, buscou-se conceituar o Princípio da Precaução. Muitas das deduções sobre este conceito, a partir da Declaração de Helsinki, foram comumente utilizadas por interesses econômicos numa avaliação da relação risco-benefício. Sabemos que esta visão pode levar a resultados desastrosos.

No entendimento da equipe de ARSH da Ambios, a aplicação do Princípio da Precaução consiste em que *a ausência da certeza científica formal, a existência de um risco de um dano sério ou irreversível requer a implementação de medidas que possam prever este dano.*

Assim procedemos na avaliação dos dados e informações que nos levaram a identificar as rotas de exposição potencial, conforme reafirmada neste documento.

Assim procedemos quando, na incompreensão e incerteza sobre as anomalias que observamos nas nossas incursões às áreas avaliadas, recomendamos evitar a produção de alimentos nas áreas de deposição da lama de rejeito.

Ou seja, na nossa avaliação de riscos à saúde podemos até superestimar os riscos avaliados, onde poderemos assinalar riscos maiores que serão



devidamente dimensionados quando da realização das ações posteriores do Setor Saúde e do Meio Ambiente.

No entanto, com a utilização de nosso conceito do Princípio da Precaução, nunca deixaremos de subestimar quaisquer riscos à saúde de populações expostas aos contaminantes. As nossas avaliações se baseiam fundamentalmente nas informações e dados coletados mas também na experiência desenvolvida na nossa equipe de ARSH nos muitos estudos já realizados.

Posteriormente aos nossos estudos de ARSH, os gestores, tanto do Setor Saúde como do Meio Ambiente, poderão se utilizar de outros critérios ou condicionantes para desempenhar suas ações, porém com a segurança que nenhum risco à saúde humana foi desconsiderado ou subestimado por nossa equipe de ARSH.

14) Dose de Referência (RfD) para exposição crônica ao cobre

Na referência indicada (*Heast Table 1: Subchronic and Chronic Toxicity other than Carcinogenicity. July 1997*) trata-se de ingestão de uma dose única oral de 1.3 mg/L causando irritação do sistema digestivo (pág. 073). Esta concentração (1.3 mg/L) é referida como valor standard atual (1997) para água de consumo humano. Não consta desta tabela uma dose de exposição (RfD) em mg/kg/dia. A referência utilizada na construção da tabela, DWCD (1987) concluiu que os dados de toxicidade foram inadequados para o cálculo de uma RfD para exposição crônica para o Cobre (005374 US EPA. 1987. *Drinking Water Criteria Document for Copper. Prepared by The Office of Health and Environmental Assessment. Environmental Criteria and Assessment Office. Cincinnati. OH for The Office of Drinking Water. Washington. DC*).

No documento HEAST é descrito que a informação referente à avaliação de risco à saúde do contaminante cobre listada é provisória [RfD] e ainda não teve



uma revisão consistente para a existência de consenso quanto à qualidade da informação (pg. 6):

“The HEAST is a comprehensive listing consisting almost entirely of PROVISIONAL RISK ASSESSMENT INFORMATION relative to oral and inhalation routes for chemicals of interest to Superfund, the Resource Conservation and Recovery Act (RCRA), and the EPA in general. Although these entries in the HEAST have undergone review and have the concurrence of individual Agency Program Offices, and each is supported by an Agency reference, they have not had enough review to be recognized as high quality, Agency-wide consensus information.”

Quando considerada na forma acima descrita na tabela HEAST, “provisional”, a dose não está referida como parte do sistema IRIS, o qual é o repositório oficial da USEPA das informações de avaliação de risco à saúde por exposição crônica que têm amplo consenso na EPA. Segundo documentos constantes no site da USEPA IRIS^{8,9} a última revisão significativa realizada para o cobre foi em 07 de setembro de 1988.

Com base nestas considerações, a equipe de avaliação de risco mantém o entendimento e afirmativa referente à não existência de limite de referência estabelecido (MRL ou RfD) para a exposição crônica ao cobre por ingestão.

15) Parâmetros científicos para a exposição ao chumbo

Porque são modelos teóricos que sugerem cenários de exposição, **não estabelecem a presença ou ausência de perigo à saúde**. Eles referem uma média geométrica estimada de chumbo no sangue, a partir de uma faixa de concentração específica no meio ambiental na área estudada, e a

⁸ https://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/atoz.cfm?list_type=alpha, visto em 12/04/2019

⁹ https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0368_summary.pdf, visto em 12/04/2019



probabilidade estimada de concentrações de chumbo no sangue acima do valor de referência, naquela área estudada.

A proposta metodológica utilizada neste estudo de avaliação de risco, preconizada pelo Ministério da Saúde, exige o estabelecimento da existência ou não de perigo à saúde.

O contaminante chumbo foi encontrado na poeira em Mariana, o que permite uma diversidade de vias de exposição (inalação, ingestão, contato dérmico) e faixas etárias, com particular preocupação para as crianças menores de 5 anos. Paralelamente, embora para esta faixa etária a concentração de 5 µg/dL em sangue seja considerada limítrofe, vários estudos têm assinalados efeitos sobre o desenvolvimento neuromotor, em especial na exposição intra-útero e em recém-natos, com concentrações na faixa de 3.5µg/dL.

16) Não utilização dos guias ambientais EMEGs E REMEGs da ATSDR

Quando da realização dos estudos na localidade Cidade dos Meninos, em Duque de Caxias/RJ, relativos à contaminação ambiental por uma fábrica de pesticidas organoclorados de responsabilidade do Ministério da Saúde, a equipe de ARSH da Ambios considerou que os EMEGs não eram suficientemente conservadores ou específicos e a equipe de ARSH decidiu utilizar, na falta de valores de referência nacionais, à época, os valores da “Lista Holandesa”.

Naquele estudo e em outros seguintes, utilizávamos a metodologia de ARSH da ATSDR¹⁰ na sua integridade. Posteriormente, como já relatado neste documento, por solicitação do Ministério da Saúde, passamos a introduzir modificações que adequassem a metodologia de ARSH da ATSDR aos critérios e procedimentos do SUS. Nesses estudos posteriores, mesmo

¹⁰ ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1992. Evaluación de Riesgos en Salud por la Exposición a Residuos Peligrosos. Servicio Nacional de Información Técnica (SNIT) del Departamento de Comercio de los E.E.U.U. Numero: PB92-147164



naqueles que seguimos total ou parcialmente a metodologia de ARSH da ATSDR, não utilizamos as EMEGs como valor referencial. As REMEGs somente surgiram bem mais tarde, em edições recentes frutos de acordos entre a ATSDR e a USEPA, respectivamente, órgãos do governo americano para os setores saúde e de meio ambiente dos EUA.

Desde então, buscando fortalecer a especificidade nacional dos estudos dos estudos, a equipe de ARSH da Ambios tem utilizado, preferencialmente, valores de referência nacionais.

Para demonstrar mais claramente as razões de não utilização desses valores de referência pela equipe de ARSH da Ambios, afora os já acima mencionados, discutiremos abaixo mais detalhadamente o significado e limitações desses valores de referência.

No que se refere às referências EMEGs e REMEGs, a ATSDR desenvolveu diretrizes de saúde e diretrizes ambientais para uso na condução de triagem de substâncias encontradas em locais sob investigação.

Conforme publicação da ATSDR¹¹, as diretrizes de saúde são doses ou concentrações específicas de substâncias derivadas de informações toxicológicas. Onde existirem dados adequados de dose-resposta, as diretrizes de saúde são derivadas para as rotas de ingestão ou de inalação da exposição. As diretrizes de saúde incluem os níveis mínimos de risco da ATSDR (MRLs) que são utilizados na formulação dos EMEGs.

Adicionalmente, como valores referenciais de saúde, a USEPA, órgão de controle ambiental americano, desenvolveu as RfDs dose de referência para efeitos crônicos pela ingestão e RfCs para inalação como estimativas de exposições diárias a uma substância que provavelmente não apresentará risco discernível de efeitos deletérios para a população humana. Os RfDs e RfCs são derivados do NOAEL ou LOAEL pela aplicação de fatores de incerteza e

¹¹ <https://www.atsdr.cdc.gov/hac/phamanual/appf.html>, visto em 12/04/2019.



um fator modificador adicional, que é baseado em um julgamento profissional de todo o banco de dados do produto químico.

As diretrizes ambientais da ATSDR incluem diretrizes de avaliação ambiental (EMEGs), diretrizes de avaliação de dose de referência (RMEGs) e diretrizes de avaliação de risco de câncer (CREGs) disponíveis para contato com substâncias na água, no solo e no ar. Nenhuma diretriz ambiental foi desenvolvida pela ATSDR para contato com contaminantes em alimentos ou biota.

MRLs (Minimal Risk Level)

Os MRLs são definidos abaixo dos níveis que podem causar efeitos adversos à saúde, sendo estabelecidos quando existem dados confiáveis e suficientes para identificar o(s) órgão(s) alvo dos efeitos mais sensíveis para a saúde durante um período específico de uma determinada via de exposição. Os MRLs são uma estimativa da exposição humana diária à substância que provavelmente não apresentará risco apreciável de efeitos adversos para a saúde durante uma duração específica de exposição. Os MRLs são baseados em efeitos não-cancerígenos. Os LMRs são apenas valores de rastreio e não são indicadores de efeitos na saúde.

O cálculo para a obtenção do nível de risco mínimo (MRL = Minimal Risk Level) é o seguinte:

$$\text{MRL} = \text{NOAEL}/\text{FI}$$

Onde:

MRL = Nível de risco mínimo

NOAEL = Nível de efeito adverso não observado
(No-Observed-Adverse-Effect-Level) (mg/Kg/dia)

FI = Fator de incerteza

Ao usar MRLs, considera-se que exposições estão ocorrendo para uma única substância e que somente efeitos de saúde não-cancerígenos ocorrerão. A



evidência científica atual indica que as substâncias podem interagir e interagem umas com as outras para alterar as toxicidades das substâncias. Com a falta de dados sobre interações, os avaliadores de saúde tipicamente assumem que os efeitos tóxicos são aditivos.

Guias de Avaliação Ambiental

(EMEGs - Environmental Media Evaluation Guides)

Segundo a ATSDR, os valores de referência EMEGs representam concentrações dos contaminantes na água, no solo e no ar aos quais os seres humanos podem ser expostos durante um período de tempo específico (agudo, intermediário ou crônico) sem apresentar efeitos adversos à saúde. Os valores de EMEG foram calculados para substâncias para as quais a ATSDR desenvolveu perfis toxicológicos utilizando informações sobre a substância de toxicidade (MRLs) e pressupostos de exposição.

A ATSDR utiliza os valores das EMEGs somente na condução de procedimentos de triagem para um grande local. Substâncias encontradas em concentrações acima do EMEG exigem avaliação adicional antes de se chegar a uma conclusão de saúde pública. A ATSDR enfatiza que as EMEGs são apenas valores de triagem e não são indicadores de efeitos adversos à saúde pública.

Adicionalmente, a ATSDR adverte sobre outras limitações para a utilização das EMEGs:

- exposições estão ocorrendo através do contato com um único meio;
- exposições estão ocorrendo para uma única substância, e
- somente efeitos não-cancerígenos à saúde ocorrerão.

Cálculo para as EMEGs (exemplo: água de consumo humano)

$$EMEG_W = (MRL \times PC) / I_{ing.}$$

Onde:



$EMEG_W$ = Guia para avaliação de água para consumo humano (mg/L)

MRL = Nível de Risco Mínimo (mg/kg/dia)

PC = Peso Corpóreo

$I_{ing.}$ = Índice de ingestão (L/dia)

Guia Ambiental para Dose de Referência

Reference Dose Media Evaluation Guides (RMEG)

A ATSDR desenvolveu as guias ambientais REMEG para as situações de inexistência de um valor de MRL ou de premissas de exposição padrão, responsáveis pelas variações nas taxas de ingestão entre adultos e crianças. A ATSDR utiliza as guias RMEGs quando não há EMEGs disponíveis.

As concentrações de referência da EPA (RfCs) servem como RMEGs para exposições ao ar. Como os EMEGs, os RMEGs representam concentrações de substâncias (na água, no solo e no ar) às quais os seres humanos podem ser expostos sem sofrer efeitos adversos à saúde. Os RfDs e os RfCs consideram as exposições ao longo da vida, portanto, os RMEGs se aplicam às exposições crônicas. Como as EMEGs, as RMEGs são desenvolvidos assumindo que: 1) as exposições estão ocorrendo através do contato com um único meio, 2) exposições estão ocorrendo para uma única substância, e 3) somente efeitos de saúde não carcinogênicos ocorrerão.

Da mesma forma como com as EMEGs, a ATSDR utiliza as RMEGs somente como uma ferramenta de triagem na definição de diretrizes ambientais onde concentrações encontradas acima dessas guias exigem uma avaliação adicional antes de tirar uma conclusão de saúde pública. Ou seja, os RMEGs servem apenas como valores de triagem e não indicadores de riscos para a saúde pública.



17) Por que não são apresentadas discussões relacionadas à indução de tolerância oral por níquel?

Porque os estudos que observam a indução de tolerância oral são experimentais, controlados para a via de exposição, tempo de exposição e dose de exposição. No caso da área de estudo existem múltiplas vias de exposição (oral, contato dérmico, inalação) em uma população heterogênea quanto ao sexo, faixa etária, história de sensibilização prévia, história familiar de alterações imunológicas (alergias), temporalidade e dose de exposição. As condições de exposição ao cobre descritas nos estudos referentes à tolerância oral, não são similares às condições de exposição observadas em Barra Longa.

A avaliação das implicações à saúde decorrentes da exposição a um contaminante de interesse em um estudo de avaliação de risco tem por objeto final a recomendação de ações de saúde pública que construam protocolos de investigação e monitoramento clínico da população exposta.

18) O zinco é selecionado como contaminante de interesse em Mariana e Barra Longa. Por que não são apresentadas discussões relacionadas a esse composto nas seções de implicações à saúde e conclusões e recomendações?

Porque a definição de contaminante de interesse refere-se ao contaminante estar em concentrações acima dos valores de segurança utilizados para comparação no meio ambiental em estudo. A análise dos possíveis riscos à saúde é realizada a partir desta classificação. O zinco não apresentou doses de exposição que indicassem risco à saúde, por isto recomendações de saúde específicas não foram realizadas, porém, o contaminante permanece como de interesse, pois esta é uma definição oriunda da avaliação ambiental.



19) Critérios para regionalização dos resultados de ARSH

O estabelecimento das implicações sobre a saúde humana (capítulo VI, pág. 317) embora apresente considerações iniciais que abordam as populações de ambos os municípios, Mariana e Barra Longa, já que os aspectos relacionados às alterações das trajetórias de vida que permanecem sem resolutividade após 3 anos são semelhantes, analisa a existência destas implicações para cada contaminante, e faixa etária, para cada município onde foram identificados (pág.319).

Adicionalmente, os critérios de categorização para a existência de perigo para a saúde humana são apresentados e discutidos para cada município em estudo, Mariana e Barra Longa, especificamente por contaminante de interesse identificado em cada município.

Toda a população do município de Barra Longa é considerada exposta porque as estimativas de exposição ao contaminante cádmio estão acima dos limites de risco mínimo à saúde para todas as faixas etárias. Esta condição ocorre pela ingestão (e possível inalação) da poeira contaminada existente tanto nas áreas rurais, como urbanas do município (capítulo VI, pág. 306). Os estudos realizados pelo EPISUS, em 2016 e 2018, tanto descritivo dos atendimentos realizados em todo o município, como por inquérito populacional com amostragem representativa de todo o município, zonas rural e urbana, identificam o aumento de queixas respiratórias e diagnósticos médicos associados com a exposição à poeira, em todas as faixas etárias (capítulo I, pág. 97; capítulo VII, pág. 335).

O capítulo VII conclui que existe um perigo para a saúde das populações expostas aos contaminantes definidos **através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas**, portanto, a população de Mariana é delimitada pela condição de existência de exposição às partículas da poeira domiciliar ou solo



contaminados, ou seja, pessoas que vivam ou frequentem locais onde haja contato com a poeira contaminada.

MEMORANDO

De: NewFields
Para: Kelly Cardoso e Wagner Tonon, Programa de Saúde - Renova
Assunto: Retorno a Carta Resposta da Ambios
Data: 23 de abril de 2019

1 INTRODUÇÃO

A Ambios Engenharia e Processos (Ambios) elaborou o “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH) em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG” (Relatório Final) referente aos municípios de Mariana e Barra Longa, o qual foi entregue em sua versão final à Fundação Renova (Fundação) em 21 de março de 2019. Após recebimento e análise inicial, a Fundação encaminhou à Ambios duas cartas com considerações sobre o Relatório Final: a primeira carta foi encaminhada em 21 de março de 2019; e a segunda carta foi encaminhada em 2 de abril de 2019. Ambas as cartas apresentavam questionamentos que demandavam esclarecimentos por parte da Ambios.

Como resposta a estes questionamentos, a Ambios encaminhou à Fundação: (1) uma carta resposta em 14 de abril de 2019 (carta resposta); e (2) o “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG” revisado (Relatório Final Revisado) em 17 de abril de 2019.

Este memorando técnico apresenta a avaliação da NewFields em relação a carta resposta da Ambios à Fundação e das alterações realizadas no Relatório Final. Além disto, este memorando leva em consideração o Parecer Técnico elaborado pela NewFields (*Peer Review*) e entregue à Fundação em 15 de abril de 2019.

Cabe salientar que, conforme determinado na Nota Técnica SUBVPS/SES-MG nº 11/2017 (aprovada com ressalvas pela Deliberação nº 106 do Conselho Interfederativo - CIF), o estudo de ARSH deve ser elaborado utilizando a metodologia do Ministério da Saúde (MS) denominada “Diretrizes para a Elaboração de um Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana por Exposição a Contaminantes Químicos” (Diretrizes), publicada em 2010.

2 CONSIDERAÇÕES INICIAIS DA AMBIOS

Legitimidade da Fundação Renova para revisar o estudo de ARSH:

A Ambios enfatiza que o estudo de ARSH é “um instrumento do Setor Saúde para o Setor Saúde” e, desta maneira, “cabe ao Setor Saúde, e somente a ele, avaliar e discutir seus resultados com a equipe realizadora dos estudos” (Ambios). A NewFields compreende e concorda que o estudo de ARSH é um instrumento para o Setor Saúde, porém, conforme determinado pela Nota Técnica SUBVPS/SES-MG nº 11/2017, a responsabilidade de contratação do estudo é da Fundação Renova.

Portanto, a NewFields entende que é responsabilidade da Fundação garantir a entrega - ao setor saúde - de um estudo de alto rigor técnico, que siga corretamente as Diretrizes do MS, utilize as melhores e mais atuais práticas científicas, e que seja válido perante todos os órgãos fiscalizadores (incluindo a Câmara Técnica de Saúde). Assim, a Fundação, responsável pelo estudo ante os órgãos fiscalizadores, possui total competência de apresentar sua avaliação e requisitar esclarecimentos.

Importante salientar que o principal interesse da avaliação deste estudo é a saúde pública da comunidade atingida. E que, juntamente com a Ambios, a Fundação é responsável pela entrega



de um estudo de qualidade científica, que traga respostas claras as comunidades atingidas e que esteja em conformidade com as Diretrizes do MS.

Falso positivo e negativo:

A carta da Ambios discute que, “na visão da equipe de ARSH da Ambios, o pior resultado dos estudos de ARSH ocorre quando produzimos um resultado *falso negativo*”, enquanto que “*falso verdadeiro*, não tem implicações tão desastrosas”.

A NewFields concorda que um falso negativo é extremamente negativo em um estudo de ARSH, concorda com todos os impactos listados pela Ambios e relacionados a esta situação e, por isso, salienta a necessidade de seguir todos os requerimentos das Diretrizes do MS. As Diretrizes, em diversas seções, salientam e descrevem as incertezas inerentes à metodologia de ARSH, incluindo ampla discussão sobre os fatores de segurança e incerteza aplicados a cada uma delas, aumentando a garantia de que as exposições não serão subestimadas.

Salientamos o trecho da seção “8.2. Processo de Adoecimento e Limitações do Modelo de Avaliação de Risco”, que diz:

“Portanto, os fatores de segurança são utilizados para responder questões não conhecidas como as diferenças nas respostas entre as espécies, bem como a variabilidade espacial, temporal e entre os indivíduos, e a sensibilidade potencial aumentada em determinados grupos da população, como crianças, por exemplo.”

Além disso, a NewFields entende que comunicar à uma população que ela está exposta à uma contaminação que não é real tem implicações sobre a saúde da mesma (incluindo saúde mental) e é capaz de alterar sua dinâmica e estilos de vida.

Socialização das informações

Em sua carta, a Ambios também salienta que o estudo de ARSH “prevê a socialização das informações e comunicação de risco”. A NewFields concorda que todos os resultados de uma ARSH devem ser socializados com as comunidades, desde que seja possível garantir a qualidade científica das informações compartilhadas. Conforme enfatizado pelas Diretrizes, “dados de análises ambientais e de saúde devem ser transmitidos de modo *consolidado*, para que não se crie um clima de conflito dentro da comunidade.”

Uso da estratégia de pior cenário

- item 1 da carta resposta da Ambios.

É importante destacar que a Fundação não se opõe à utilização da estratégia de pior cenário, quando em consonância com as Diretrizes do MS.

Para o cálculo de dose de exposição, o uso da concentração máxima é uma das abordagens sugeridas pelas Diretrizes do MS quando se considera o “pior cenário”. Outra abordagem sugerida pelo Ministério para esse cálculo é usar a média das concentrações detectadas acima do valor de referência para cada contaminante de interesse selecionado.

Entretanto, a NewFields entende que a apresentação dos conjuntos de dados de maneira mais robusta (analisando todos os resultados disponíveis) também atende às orientações do MS e fornece uma avaliação mais clara dos dados disponíveis. Além disso, esta avaliação possibilitaria o atendimento a outros requisitos das Diretrizes, tais como discussão sobre concentrações basais, distribuição espacial e sequenciamento temporal dos dados, três itens que não foram discutidos



pela Ambios no Relatório Final. Cabe ressaltar, que as Diretrizes do MS não tratam especificamente sobre a não necessidade de avaliação desses três itens quando se adota a estratégia do “pior cenário” para o cálculo da dose de exposição.

Do ponto de vista da comunidade, o objetivo é entender a variabilidade dos dados e suas possíveis implicações para a saúde. A NewFields entende que as premissas conservadoras de saúde são apropriadas, mas a análise não deve ser restrita ao pior cenário. Portanto, as abordagens utilizadas pela Ambios para seleção de contaminantes e cálculo de dose de exposição estão previstas nas Diretrizes de ARSH do Ministério da Saúde, mas sua aplicação sem a discussão dos itens mencionados no parágrafo anterior não fornece uma perspectiva ampla dos reais perigos e eventuais implicações à saúde das comunidades.

Aplicabilidade da ATSDR

- item 2 da carta resposta da Ambios.

A metodologia de ARSH foi estabelecida no Brasil pelo MS, no ano de 2010. Tais Diretrizes se baseiam nas experiências adquiridas pelo MS na aplicação de avaliações de risco utilizando a metodologia desenvolvida pela *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR) e adequação desta metodologia à realidade brasileira. Como consequência, a ATSDR é constantemente mencionada e referenciada nas Diretrizes do MS.

Dessa forma, a NewFields entende que a metodologia de ARSH da ATSDR deve ser a principal bibliografia consultada quando não são detalhados procedimentos específicos nas Diretrizes do MS. Caso não seja utilizada a metodologia da ATSDR para completar tais lacunas, devem ser utilizadas outras metodologias ou procedimentos reconhecidos, tais como: Agência Nacional de Águas (ANA), Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Companhia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

Como exemplos de procedimentos não detalhados pelas Diretrizes do MS podemos destacar: requisitos mínimos para avaliação de dados ambientais e das técnicas de amostragem; taxas de cálculos de dose de exposição; e o detalhamento da aplicação da comparação das doses de exposição aos Níveis de Risco Mínimo (MRL) da ATSDR e à Dose de Referência (RfD) da EPA. Nesse sentido, não é - de forma alguma - improcedente buscar respaldo em outras metodologias de avaliação de risco à saúde humana, dando ênfase à metodologia da ATSDR, cujo documento mais recente data de 2005.

Argumentar que, pela realidade brasileira, os procedimentos citados acima não são aplicáveis ao estudo realizado pela Ambios não é compatível com os esforços de órgãos reguladores de todo o país em desenvolver diretrizes e recomendações para validar procedimentos de amostragem e de controle de qualidade da amostragem e dos dados coletados. Em especial, os procedimentos de controle de qualidade da amostragem e de dados, que são exigências dos órgãos reguladores, que têm como objetivo garantir que a amostra coletada seja representativa do compartimento ambiental e assegurar a validade dos dados laboratoriais.

3 RESPOSTA AOS QUESTIONAMENTO E ADEQUAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL

A solicitação de esclarecimentos encaminhada pela Fundação à Ambios contém 18 questionamentos. Dessas questões, 3 foram respondidas pela Ambios e adequadas no Relatório Final Revisado (questão 3, 4 e 5 relativas a erros de valores de referência nas tabelas de resultados).

A questão 8 (Qual a justificativa para a combinação dos contaminantes de interesse de Mariana e Barra Longa?) não foi respondida pela Ambios.



As demais questões foram abordadas pela Ambios em sua resposta, mas a NewFields considera que não foram respondidas de forma satisfatória. Tais questionamentos serão abordados individualmente a seguir.

Questão 1: *Quais procedimentos de controle de qualidade da amostragem foram utilizados pela Ambios? Foram coletadas amostras duplicatas e brancos?*

- item 3 da carta resposta da Ambios.

Conforme descrito na resposta da Ambios e em seus relatórios, foram feitas coletas de amostras duplicatas para diversas matrizes ambientais. Entretanto, a Ambios não apresenta a avaliação dos resultados obtidos para essas amostras duplicatas. Conforme o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da ANA, a variação dos resultados das amostras duplicatas deve ser avaliada a fim de analisar a precisão e repetitividade da amostragem.

Diferentemente do que é afirmado pela Ambios, o mesmo Guia da ANA discute sobre o uso de brancos de amostragem e, em conjunto com o descrito na ABNT NBR 16435/2015, permite concluir que os resultados obtidos nas amostras de branco de amostragem são importantes para a verificação de potenciais contaminações das amostras advindas dos procedimentos de coleta.

Como salientado pela Ambios, brancos de campo não são necessários para as amostras de matriz sólida (solo, sedimento, poeira domiciliar, alimentos). Entretanto, brancos de campo são necessários para as amostras de matriz líquida e não foram coletados pela Ambios. Adicionalmente, brancos de equipamento são importantes para avaliar a eficiência da descontaminação dos equipamentos utilizados durante as coletas de amostra (ANA, 2011 e ABNT NBR 16435/2015), e também não foram coletados pela Ambios.

Ao citar a ATSDR para dizer que, na ausência de procedimentos de controle de qualidade, os dados podem ser utilizados desde que os avaliadores assinalem que as conclusões da ARSH foram “determinadas pela disponibilidade e integridade da informação referida”, a Ambios utiliza o documento da ATSDR de 1992, que não é o documento mais recente.

As considerações apresentadas na Seção 5 do “*Public Health Assessment Guidance Manual (Update)*” da ATSDR (2005), quanto a avaliação da contaminação ambiental, são pontos importantes da validação dos dados ambientais utilizadas para a avaliação de risco à saúde humana que não foram adequadamente discutidos pela Ambios.

Questão 2: *Os laboratórios utilizados para as análises possuem acreditação com escopo para todas as matrizes e compostos para os quais foram utilizados?*

- item 3 da carta resposta da Ambios.

Conforme descrito nos questionamentos da Fundação Renova, não foram encontradas acreditações do laboratório Tommasi Ambiental para análise de metais em amostras de leite e ovo, segundo os escopos de acreditação disponibilizados pelo próprio laboratório em seu website (mesmo escopo disponibilizados pela Ambios nos anexos do Relatório Final Revisado).

É importante salientar o seguinte trecho da carta resposta da Ambios:

“Os critérios de avaliação para a validação de dados de terceiros são tanto mais conservadores quando a fonte dos dados possa ter algum interesse que não os da saúde pública nos resultados dos estudos de ARSH.



Quando a fonte dos dados e informações é absolutamente confiável, por exemplo, instituições e órgãos públicos, os critérios quanto à qualidade são os mesmos, mas podem exigir algum grau de adaptação para fins de saúde pública.

Assim, como se sabe, muitos laboratórios importantes de instituições públicas, apesar de seguir rigorosos critérios de GQ/CQ e serem bastante confiáveis nos seus resultados, por razões de orçamento, pelos custos envolvidos, não possuem acreditação com escopo para todas as matrizes e compostos a ser analisados.”

A qualidade e idoneidade dos dados deve ser verificada e validada com base científica. Pré-estabelecer que dados provenientes de instituições e órgão públicos são “absolutamente confiáveis” e dados de empresas privadas “possam ter algum interesse que não os da saúde pública” não possui respaldo técnico.

O principal ponto de questionamento da Fundação Renova diz respeito à validade dos resultados dessas amostras, já que possuir acreditação pela NBR ISO 17.025/2017 não implica que o laboratório possui escopo acreditado para todas as matrizes ambientais e para todas as análises. A confiabilidade do laboratório não pode ser atestada sem a devida acreditação para o escopo realizado.

Questão 6: *Como foram utilizadas as concentrações basais na análise dos contaminantes de interesse selecionados?*

- item 8 da carta resposta da Ambios.

Conforme exposto nos questionamentos encaminhados pela Fundação Renova, a avaliação dos níveis de concentrações basais é um requisito da etapa de seleção de contaminantes de interesse das Diretrizes do MS para ARSH. A seção 5 das Diretrizes afirma que “*deve ser realizada uma revisão dos níveis de concentração natural dos contaminantes nos compartimentos ambientais locais*”.

O uso dessas concentrações, que não é amplamente discutido pelas Diretrizes, é discutido na metodologia de avaliação de risco à saúde humana da ATSDR de 2005 (documento mais recente) e possui como principal função:

“Yet understanding the contributions from ‘background’ concentrations is an important element of your site-specific analysis. In some cases, contaminants cannot be attributed exclusively to a particular site (e.g., ‘part of the arsenic in residential soil downwind from the smelter is naturally occurring’); in others, contaminants can be attributed primarily to a given source (e.g., ‘PCBs are not naturally occurring compounds, and the levels observed in the fish are believed to originate predominately from the capacitor manufacturing plant’s discharges’), or multiple sources (e.g., ‘concentrations of PCE in drinking water downgradient from the commercial/industrial zone may be related to merging plumes from multiple dry cleaning facilities in the area’). It is important for public health assessments to include this perspective.”

A Ambios, ao afirmar que “possivelmente, algum interessado nos resultados dos estudos, que não do Setor Saúde, poderiam demandar que a equipe de ARSH utilizasse os valores basais dos contaminantes como base para a determinação dos *contaminantes de interesse*” está interpretando incorretamente as Diretrizes e o questionamento da Fundação.

Conforme as Diretrizes, dentre os benefícios da avaliação das concentrações basais, em conjunto com a distribuição espacial e temporal das concentrações, salienta-se o entendimento de: distribuição espacial; “pontos críticos”; mudanças de concentração no tempo; diferenças de contaminação entre os compartimentos ambientais; contaminantes que tenham sido detectados



em altas concentrações com maior frequência; e comprovar a integridade e representatividade da amostragem.

Questão 7: *Por que não foi apresentada avaliação espacial e temporal dos dados ambientais disponíveis para Mariana e Barra Longa?*

- item 9 da carta resposta da Ambios.

A Ambios responde a este questionamento explicando o uso da estratégia de pior cenário. Entretanto, utilizar a estratégia de pior cenário não dispensa a necessidade de realizar uma avaliação local e temporal dos dados. A seção 5 das Diretrizes afirma que “*devem ser utilizados os dados obtidos em análises das amostras ambientais (análise temporal e espacial, quando possível) para identificar os contaminantes de interesse no passado, presente e futuro, bem como verificada a probabilidade de transferência entre os compartimentos ambientais*”.

Questão 9: *Quais os critérios utilizados para a definição das futuras rotas de exposição completas? Foram observadas as condições descritas nas Diretrizes do MS (6.6.1. Rotas de Exposição Completa)?*

- item 10 da carta resposta da Ambios.

O questionamento da Fundação Renova não foi relativo a definição de rotas de exposição completa e, sim, a definição das *futuras* rotas de exposição completas.

As Diretrizes do MS para ARSH (seção 6.6.1. Rotas de Exposição Completa) descrevem as condições necessárias para uma rota de exposição ser considerada completa no futuro devendo, obrigatoriamente, apresentar a “*existência de uma contaminação atual em um ponto de exposição ou em um compartimento ambiental que poderia chegar a ser um ponto de exposição em dias, semanas ou meses (áreas em via de urbanização em local contaminado)*.” Sendo assim, como não há evidências da contaminação atual da biota aquática, por exemplo, esta rota de exposição não pode ser considerada completa, mesmo que futuramente.

Dessa forma, por existirem poucas evidências técnicas que embasem a conclusão dessa rota de exposição aos sedimentos como completa, essa rota de exposição deve ser considerada uma rota de exposição *potencial* futura.

Questão 10: *Por que a Ambios afirma“(...) o solo nas áreas com deposição da lama de rejeitos, bem como naquelas áreas, cujos solos superficiais, em decorrência dos ventos dominantes, possam ser contaminados pela poeira, devem ser monitoradas e deve-se evitar a produção de alimentos nessas áreas”, se não foram encontrados contaminantes de interesse nas amostras de alimento coletadas?*

- item 11 da carta resposta da Ambios.

Os argumentos apresentados pela Ambios em sua carta resposta são baseados em incursões a campo e relatos da comunidade, ambos mecanismos válidos para o levantamento de preocupação e matrizes a serem estudadas. Porém, não são informações suficientes para determinar a suspensão da produção de alimentos nessas áreas.

Conforme exposto nas Diretrizes, quando os “*dados disponíveis (são) insuficientes para caracterizar a exposição; e não existem dados, ou são insuficientes, que indiquem que o local teve um impacto adverso sobre a saúde humana*” as recomendações de ações de saúde devem “*identificar os dados ou informações necessárias para avaliar adequadamente os riscos à saúde pública originados do local, por meio de estudos e pesquisas de saúde e ambiente para complementar as informações como proposto na metodologia*”.



Questão 11: *Quais foram os critérios de seleção das taxas de ingestão aplicadas nos cálculos das doses de exposição?*

- item 12 da carta resposta da Ambios.

Em sua carta resposta, a Ambios afirma que o Apêndice G do “*Public Health Assessment Guidance*” (ATSDR, 2005a) não especifica a obrigatoriedade de uso dos valores de fatores de exposição do “*Exposure Factors Handbook*” da US EPA.

A ATSDR (2005a) é categórica em indicar que, na ausência de fatores de exposição específicos da área de estudo: “deve-se buscar as estimativas de exposição derivadas com base em estudos populacionais, como aquelas descritas no *Exposure Factors Handbook* da US EPA”.

Ao se avaliar o “*Exposure Factors Handbook*” da US EPA, a versão mais recente do capítulo que trata da exposição ao solo e poeira (Capítulo 5) apresenta discussões a respeito dos valores de taxas de ingestão que foram aplicadas pela Ambios para estimativa da dose de exposição das áreas de estudo (Mariana e Barra Longa).

O primeiro ponto que deve ser ressaltado é que, para ambas as taxas de ingestão aplicadas pela Ambios, a US EPA indica que esses valores são referentes a ingestão de “solo + poeira” (*soil + dust*). Conforme o que foi definido no Capítulo 5 do “*Exposure Factors Handbook*” (US EPA, 2017):

“The soil + dust recommendations would include soil, either from outdoor or containerized indoor sources, dust that is a combination of outdoor settled dust, indoor settled dust, and air-suspended particulate matter that is inhaled, subsequently trapped in mucous and moved from the respiratory system to the gastrointestinal tract, and a soil-origin material located on indoor floor surfaces that was tracked indoors by building occupants.” (US EPA, 2017).

Dessa forma, as taxas de ingestão utilizadas pela Ambios já consideram a ingestão combinada de solo e poeira, de modo que aplicar a mesma taxa individualmente para ambas as vias de exposição (ingestão de solo e ingestão de poeira) não reflete um cenário realístico conforme a literatura científica mais atual sobre o assunto. Caso seja interesse de se avaliar as doses de exposição por essas vias separadamente, o Capítulo 5 do “*Exposure Factors Handbook*” (US EPA, 2005) apresenta valores específicos de taxa de ingestão de solo e taxa de ingestão de poeira para diversas faixas etárias.

O segundo ponto a ser discutido é que as taxas de ingestão utilizadas pela Ambios não correspondem necessariamente às respectivas faixas etárias indicadas pelo Capítulo 5 do “*Exposure Factors Handbook*” (US EPA, 2005). Especificamente, a US EPA considera que para crianças abaixo de 6 meses de idade, 100 mg/dia seria o percentil 95 da ingestão combinada de solo + poeira. Essa mesma taxa de ingestão seria o percentil 95 para crianças acima de 12 anos de idade e adultos. Para essas faixas etárias (crianças menores que 6 anos de idade; e crianças entre 12 e 17 anos de idade) a Ambios aplica o valor de 200 mg/dia para estimativa da dose de exposição, sem adequada discussão que justifique a aplicação desses valores.

A Ambios está correta em fazer essa afirmação de que a ATSDR não especifica a obrigatoriedade de uso dos valores de fatores de exposição do “*Exposure Factors Handbook*” da US EPA, porém, a NewFields não considera adequada a avaliação de um apêndice sem o devido contexto do texto principal, assim como não considera adequada a seleção de um fator de exposição sem devida justificativa e respaldo técnico.



Questão 12: *Quais os critérios definidos pela Ambios para o uso do princípio da precaução?*

- item 13 da carta resposta da Ambios.

A NewFields concorda com as referências bibliográficas e conclusão apresentadas pelas Ambios: “No entendimento da equipe de ARSH da Ambios, a aplicação do Princípio da Precaução consiste em que a ausência da certeza científica formal, a existência de um risco de um dano sério ou irreversível requer a implementação de medidas que possam prevenir este dano”.

Entretanto, esta não é a maneira que a Ambios está aplicando este princípio. O Relatório Final utiliza este princípio para concluir sobre as implicações na saúde, citando a falta de parâmetros conhecidos para a exposição humana e uma subestimativa de exposição para os municípios estudados. Porém, a Ambios está utilizando o princípio da precaução até mesmo em situações onde existem métodos e dados científicos validados para estimar a exposição, por exemplo, ao chumbo.

A NewFields entende que o princípio da precaução só deve ser invocado quando houver uma significativa ausência de informações toxicológicas. Esta situação não existe para os contaminantes de interesse selecionados pela Ambios.

Questão 13: *A afirmação feita pela Ambios de que não existe dose de referência (RfD) para exposição crônica ao cobre através da ingestão não está correta. A Fundação requer a retificação dessa afirmação e das conclusões relacionadas à mesma, para adequação às Diretrizes do MS.*

- item 14 da carta resposta da Ambios.

A Ambios afirma em sua carta resposta que mantém o seu entendimento de que não existe dose de referência para exposição oral crônica ao cobre por essa dose não ser definida pelo *Integrated Risk Information System (IRIS)* da US EPA.

Conforme salientado no questionamento apresentado à Ambios, existe uma dose de referência que é derivada dos resultados da tabela HEAST da US EPA e utilizada pela Agência para a definição dos valores de referência denominados *Regional Screening Levels (RSLs)*. Acesso ao website da Agência sobre RSLs permite obter o valor de referência para exposição oral mencionado (0,04 mg/kgPC.dia).

A NewFields considera que deve ser salientado no relatório a justificativa pela não adoção do valor de dose de referência mencionado acima, indicando os motivos pelos quais a Ambios considera que essa dose de referência não é válida, mesmo quando essa é utilizada pela US EPA.

Questão 14: *Por que a Ambios considera que não existem parâmetros científicos para avaliação da exposição ao chumbo? Por que não foram aplicadas as recomendações da ATSDR para tal avaliação? Por que não foram utilizados modelos PBPK (Physiologically Based Pharmacokinetic) como o IEUBK e o ALM para avaliação da exposição ao chumbo?*

- item 15 da carta resposta da Ambios.

A Ambios afirma em sua carta resposta que não adotou modelos PBPK (*Physiologically Based Pharmacokinetic*), como o IEUBK, pois esses modelos não estabelecem a presença ou ausência de perigo à saúde.

Conforme salientado nos questionamentos encaminhados à Ambios, esses modelos, em especial o IEUBK, conforme o perfil toxicológico de chumbo desenvolvido pela ATSDR (2007), são modelos que permitem avaliar a exposição ao chumbo para uma determinada área de estudo. Além disso, o modelo IEUBK foi validado por observações de estudos epidemiológicos (ATSDR, 2007),



indicando resultados consistentes com observações de crianças cuja exposição ao chumbo é predominantemente proveniente de suas residências.

O modelo IEUBK é inclusive aplicado pela ATSDR em casos de destaque, como a avaliação da exposição ao chumbo presente na água superficial do rio Reedy, na Carolina do Sul/EUA (ATSDR, 2016). Essa avaliação da ATSDR foi baseada nos dados ambientais coletados como parte da investigação ambiental do Site US Finishing/Cone Mill NPL, uma antiga indústria têxtil de branqueamento e acabamento. Nessa avaliação, os resultados do modelo IEUBK indicaram um potencial perigo à saúde de crianças abaixo de 7 anos de idade que nadam no rio Reedy. Entretanto, apesar desses resultados, a ATSDR conclui que a avaliação da exposição ao chumbo está limitada pelos dados de água superficial analisados, que são provenientes de cinco amostras de água coletadas no ano de 2013 em locais rasos que não permitem o uso recreacional do rio para natação, e que não foram coletadas amostras em locais onde de fato crianças menores de 7 anos nadam. Além disso, a ATSDR salienta nessa avaliação que dados coletados no Site US Finishing/Cone Mill NPL nos anos anteriores (2011 e 2012) apresentaram concentrações de chumbo aproximadamente três ordens de magnitude menores que as detectadas em 2013. Por fim, a ATSDR também salienta que não teve acesso aos relatórios analíticos dos dados avaliados, assim como aos relatórios de garantia de qualidade dos dados da campanha de amostragem de 2013, para a qual apenas chumbo e cobre foram detectados na água superficial. Como recomendações de sua avaliação, a ATSDR indica a necessidade de coleta de amostras de água superficial em locais onde é possível o uso recreacional do rio para natação por crianças menores de 7 anos de idade, bem como a determinação da fonte de contaminação por chumbo no rio.

Dessa forma, ao afirmar que os modelos PBPK não permitem estabelecer presença ou ausência de perigo à saúde humana não está de acordo com o entendimento científico de avaliação de exposição ao chumbo. O uso desses modelos, em especial o IEUBK, com adequado embasamento técnico, fornece informações relevantes para a avaliação de risco à saúde humana dos municípios de Mariana e Barra Longa, objeto do estudo da Ambios.

Questão 15: *Por que as concentrações de níquel na poeira encontradas em Barra Longa não foram comparadas com os valores de RMEG definidos pela ATSDR?*

- item 16 da carta resposta da Ambios.

A Ambios afirma em sua carta resposta que não utilizou os valores de referência ambientais (EMEGs e RMEGs) da ATSDR por não serem considerados “suficientemente conservadores ou específicos”. Para tornar a seção de avaliação da exposição mais transparente, é necessário que sejam apresentados os argumentos técnicos completos para tal consideração.

Além disso, em sua carta resposta, a Ambios utiliza a definição dos valores de EMEGs e RMEGs apresentada no Apêndice F do documento “*Public Health Assessment Guidance Manual (Update)*” da ATSDR (2005) como uma forma de demonstrar o motivo de não utilização desses parâmetros. O principal argumento baseia-se na afirmação da ATSDR de que esses valores (EMEGs e RMEGs) são “valores de triagem e não são indicadores de efeitos adversos à saúde”. No Apêndice F da metodologia de avaliação de risco à saúde humana, a ATSDR especifica a mesma consideração para os MRL definidos pelo órgão:

(1) “MRLs are screening values only and are not indicators of health effects.” (Apêndice F, pg F-2, ATSDR, 2005)

(2) “(...) EMEGs are screening values only, and not indicators of adverse public health effects.” (Apêndice F, pg F-8, ATSDR, 2005)



(3) "(...) RMEGs also serve only as screening values and not indicators of public health hazards." (Apêndice F, pg F-13, ATSDR, 2005)

Dessa forma, os argumentos apresentados pela Ambios como justificativa para não utilizar os EMEGs e RMEGs, além de não serem válidos, são inconsistentes com as conclusões apresentadas pela Ambios no Relatório Final. Já que, ao observar excedências das doses de exposição calculadas ao MRL, em seu relatório final, a Ambios faz conclusões acerca da exposição das populações avaliadas. Além disso, também de acordo com a ATSDR (2005),

"a comparação com valores de referência de saúde permitirá identificar (1) substâncias que se encontram abaixo de valores de referência conservadores e que não possuem potencial de representar perigo à saúde; (2) substâncias que se encontram acima de valores de referência e requerem avaliações mais detalhadas".

Conforme a ATSDR (2005a), na ausência de MRLs, "RfDs ou RfCs da USEPA devem ser utilizados". A Ambios não segue essa determinação em seu relatório final, e não discute sobre os valores de dose de referência da US EPA para os compostos selecionados como contaminantes de interesse.

Conforme o exposto acima, conclui-se que a Ambios não utiliza adequadamente os valores de referência ambientais e de saúde citados pelas Diretrizes do MS para ARSH.

Questão 16: *Por que não são apresentadas discussões relacionadas à indução de tolerância oral por níquel?*

- item 17 da carta resposta da Ambios.

Em sua carta resposta, a Ambios afirma que discussões sobre indução de tolerância oral ao níquel não foram apresentadas pelo fato de as condições de exposição da comunidade de Barra Longa não serem similares aos estudos sobre esse assunto, uma vez que a população de Barra Longa estaria exposta através de múltiplas vias de exposição.

Conforme o questionamento apresentado à Ambios, indução de tolerância oral ao níquel diz respeito à via de exposição de ingestão (oral) desse composto e, portanto, sua discussão não interfere na avaliação da exposição a esse metal. De fato, a apresentação dessa discussão indicaria que todos os efeitos de exposição ao níquel através de diferentes vias de exposição foram avaliados em sua totalidade. A indução de tolerância oral ao níquel é discutida no perfil toxicológico desse composto elaborado pela ATSDR (ATSDR, 2005b) e indica um valor limite de exposição oral de aproximadamente 0,01 mg/kgPC.dia não resultaria em efeitos cutâneos como dermatites.

Questão 17: *O Zinco é selecionado como contaminante de interesse em Mariana e Barra Longa. Por que não são apresentadas discussões relacionadas a esse composto nas seções de implicações à saúde e conclusões e recomendações?*

- item 18 da carta resposta da Ambios.

Omitir as discussões sobre um composto somente por ele não ter apresentado dose de exposição acima do MRL não está de acordo com o requisito das Diretrizes:

"Finalmente, para a tomada de decisão, gerenciamento e comunicação do risco é necessário que o processo de avaliação de risco seja claro e transparente, conhecido pelas partes envolvidas: população, especialmente os expostos, cientistas, governo, justiça, legisladores, indústria, entre outros, para garantir a preservação da saúde e qualidade de vida da população." (Diretrizes para ARSH do MS, 2010)



As Diretrizes do MS não especificam a forma de apresentação dos resultados da comparação das doses de exposição estimadas com os valores de referência de saúde. Nesse sentido, a metodologia de avaliação de risco à saúde humana da ATSDR (2005) indica que na apresentação dos resultados da comparação com valores de referência de saúde:

“In presenting the results, provide a discussion of what substances were selected for further evaluation and why they were selected. Also, briefly describe what substances were determined to pose no public health hazards and eliminated from further evaluation.”
(ATSDR, 2005)

Dessa forma, conclui-se que apresentar um breve discussão salientando que não foram observadas excedências ao valor de referência de saúde para exposição crônica oral ao Zinco é importante para se obter um estudo transparente e completo com relação à avaliação da exposição das comunidades aos contaminantes de interesse selecionados pela Ambios.

Questão 18: *Quais os critérios para a regionalização dos resultados da Avaliação de Risco à Saúde Humana? Por que as mesmas implicações à saúde são descritas para Mariana e Barra Longa, sendo que os contaminantes de interesse são diferentes? Por que toda a população de Barra Longa é considerada exposta, já que os resultados das análises laboratoriais são diferentes para cada região do município? Qual a delimitação da população exposta de Mariana?*

- item 19 da carta resposta da Ambios.

Importante salientar que no item 9 da carta resposta a Ambios afirma que “cabe aos gestores das ações de saúde elaborar estratégias de gradualismo na identificação das populações expostas e o nível da exposição”. Entretanto, as Diretrizes são bem claras quanto à identificação de populações receptoras (seção 6.5 e seus subitens) ao afirmar que as populações “devem ser identificadas com a maior precisão possível”.

A afirmação da Ambios que “toda a população do município de Barra Longa é considerada exposta porque as estimativas de exposição ao contaminante cádmio estão acima dos limites de risco mínimo à saúde para todas as faixas etárias” está incorreta. O risco para a faixa etária determina o limite de idade da população exposta, não o limite geográfico da exposição.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). “Public Health Assessment Guidance Manual (Update)”. Atlanta, USA, 2005a.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). “Toxicological Profile for Nickel”. Atlanta, USA, 2005b.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). “Toxicological Profile for Lead”. Atlanta, USA, 2007.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). “Letter Health Consultation - Evaluation of Lead Concentrations in the Reedy River Surface Water - US FINISHING/CONE MILLS NPL SITE”, Greenville, South Carolina, USA, 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2010 “Diretrizes Para Elaboração De Estudo De Avaliação De Risco À Saúde Humana Por Exposição A Contaminantes Químicos”.

U.S. EPA. Exposure Factors Handbook 2011 Edition (Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-09/052F, 2011.

Anexo II-k

NOTA TÉCNICA CT-SAÚDE nº 49/2020

Assunto: Análise e Parecer Técnico sobre o Relatório do Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana conduzido pela empresa Ambios Engenharia e Processos LTDA nos municípios de Mariana/MG e Barra Longa/MG.

1. Introdução

Em 17 de maio de 2019, a Secretaria Estadual de Saúde de Minas Gerais recebeu o documento intitulado “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão” (OFI.NI 1.050195569). O documento em questão foi elaborado pela empresa Ambios Engenharia e Processos LTDA (Ambios), e foi desenvolvido em atendimento ao disposto na Nota Técnica SUBVPS/SES-MG nº 11/2017 e Deliberação CIF nº 106/2017, que determinou, no âmbito do *Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada*, a realização de estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana, utilizando a metodologia do Ministério da Saúde denominada “Diretrizes para a elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos”.

No dia 16/01/2020, esta CT-Saúde apresentou a Nota Técnica nº 28/2020 na qual concluía que o estudo atendia as demandas propostas pela CT-Saúde e apontava para a necessidade de conclusão das demais etapas deste, que seriam realizadas nas demais localidades atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão.

Ainda que esta manifestação já tenha reforçado a identificação desse estudo como instrumento válido para orientar a atuação do setor saúde - a ser financiada pela Fundação Renova com recursos reparatórios -, nota-se que pouco se avançou na adoção das ações recomendadas nas conclusões dos estudos e manifestações desta Câmara Técnica.

Desde o envio do estudo à CT Saúde, a Fundação Renova em diversas ocasiões apresentou documentos e relatórios que se dedicam a avaliar os resultados deste, realizando apontamentos acerca de supostos problemas de ordem técnico-metodológicos e, com base nisso, desconsiderando os resultados apresentados no estudo realizado pela empresa Ambios. Esses acontecimentos vêm ocasionando uma morosidade deliberada e injustificada na reparação integral dos impactos à saúde da população, sendo isto um fator de risco e agravamento das condições de saúde da população atingida.

Neste sentido, esta Câmara Técnica alerta, conforme recomendações nacionais e internacionais do setor saúde, para o fator da temporalidade como um elemento fundamental e determinante no processo de tomada de decisão em contextos de desastres e de exposições ambientais a contaminantes químicos:

Procuramos incorporar a temporalidade como fator importante na tomada de decisão, lembrando que os efeitos do desastre sobre a saúde se diferenciam ao longo do tempo, assim como têm sua ampliação ou redução

diretamente relacionadas à capacidade de resposta imediata e do tempo que se leva para a recuperação e para a reconstrução das áreas afetadas (Freitas, Mazoto e Rocha, 2018 p. 104 – grifos nossos)¹.

Além da manifestação apresentada através da Nota Técnica CT-Saúde nº 28/2020, este colegiado também manifestou sua avaliação e posicionamentos a partir da Nota Técnica CT-Saúde nº 40/2020, elaborada para atendimento ao pedido de subsídios exarado através do Ofício nº 00024/2020/NMAF/SAP/PFMG/PGF/AGU da Instância de Assessoramento Jurídico do Comitê Interfederativo (IAJ/CIF).

Na ocasião, a IAJ/CIF solicitou manifestação quanto a potenciais problemas e lacunas do estudo realizado pela empresa Ambios e a sua validade como instrumento orientador de ações, indicando Parecer Técnico realizado pela empresa Newfields, contratado pela Fundação Renova como possível evidência da existência de tais entraves.

Através da Nota Técnica CT-Saúde nº 40/2020 esta Câmara Técnica apresentou, além dos subsídios solicitados, uma contextualização sobre os processos que envolvem a realização do Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana no âmbito do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada, como forma de cumprir o seu papel de auxiliar o CIF em sua finalidade de orientar, monitorar e fiscalizar o referido programa e suas ações.

Com relação aos posicionamentos solicitados pela IAJ/CIF, assim se manifestou esta CT-Saúde, *in verbis*:

“Em linhas gerais e análises preliminares, esses são alguns dos apontamentos feitos por esta CT-Saúde sobre os questionamentos apresentados. Ressalta-se ainda que apesar das eventuais limitações ou restrições, apontadas em caráter estritamente preliminar, o estudo seguiu as Diretrizes do Ministério da Saúde e pode servir de subsídio para as ações do setor saúde, não havendo limitações e/ou restrições que comprometam a sua integridade ou possibilidade de continuidade.”

Ressalta-se ainda que, na mesma manifestação, considerando a classificação de perigo atribuída pela empresa Ambios nas áreas investigadas como **categoria A**, ou seja, aquela que apresenta maior perigo à saúde das populações expostas, esta CT-Saúde destacou que:

“Nesse sentido, a partir do momento em que o estudo foi apresentado e validado por esta CT-Saúde, já poderiam ter sido iniciadas ações de saúde relacionadas tanto com a promoção da saúde e prevenção de agravos, quanto com a assistência e o tratamento de doenças e agravos já manifestados. Para além das competências estritas do setor saúde, medidas de intervenção para interrupção da exposição já poderiam ter sido articuladas com outros setores e com a própria Fundação Renova, na condição de responsável pelo processo de reparação e representante das empresas poluidoras-pagadoras.”

Dessa forma, em consonância com os pareceres e manifestações anteriores desta CT-Saúde, as recomendações e orientações nacionais e internacionais para intervenção em contextos de desastres, assim como os princípios e diretrizes do Sistema Único de Saúde, principalmente

¹ Guia de preparação e respostas do setor saúde aos desastres / Carlos Machado de Freitas, Máira Lopes Mazoto e Vânia da Rocha. — Rio de Janeiro, RJ : Fiocruz/Secretaria de Vigilância em Saúde, 2018.

sob a perspectiva da adoção de medidas de proteção à saúde das populações e comunidades expostas e/ou potencialmente expostas aos contaminantes químicos em decorrência do rompimento da Barragem do Fundão, a Câmara Técnica de Saúde apresenta seu parecer sobre o estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana conduzido pela empresa Ambios no âmbito do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada, na forma que se segue:

2. Documentos Analisados

- Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em localidades atingidas pelo rompimento da Barragem do Fundão – MG (Etapa I – Mariana/MG e Barra Longa/MG) e seus anexos – Ambios Engenharia e Processos LTDA;
- Parecer Técnico: Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG” executada pela Ambios Engenharia e Processos, elaborado pela NewFields, empresa contratada pela Fundação Renova;
- Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG);
- Nota Técnica nº 13/SES/SUBVS-SVS-DVAL-CVFRNB/2020 – Coordenação de Vigilância de Fatores de Riscos Não Biológicos - Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais;

3. Validade do estudo como instrumento de orientação do setor saúde

Esta Câmara Técnica de Saúde, por meio da Nota Técnica n. 28/2020, teceu considerações sobre o estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana realizado pela empresa AMBIOS. Nesta, destacou-se que o referido estudo:

- foi elaborado considerando a estrutura disposta nas diretrizes metodológicas do Ministério da Saúde para realização de estudos de avaliação de risco à saúde humana;
- apresentou análise de dados ambientais e da saúde coletados nos municípios de Mariana e Barra Longa, dos dados existentes sobre a situação de saúde dos municípios, das preocupações, percepções e aflições da população com a sua saúde perante a exposição aos contaminantes presentes na área, levando em consideração os cenários no passado, no presente e no futuro;
- discutiu a caracterização das matrizes ambientais em relação a presença de substâncias químicas que possam representar um perigo imediato ou potencial à saúde humana, apresentou a seleção dos contaminantes de interesse prioritários de interesse para o estudo, os mecanismos de transporte dos contaminantes e as rotas de exposição;
- baseado nos resultados provenientes dos dados de metais pesados encontrados nas matrizes ambientais amostradas, realizou avaliação toxicológica, a partir de cálculos de dose e exposição da população aos químicos de interesse e os principais efeitos e agravos à saúde;
- apresentou conclusões e recomendações para promoção e proteção à saúde humana, assim como classificou o risco de exposição da população atingida.

Destacou-se, ainda, que o estudo realizado pela AMBIOS considerou as bases mínimas para os estudos epidemiológico e toxicológico da população atingida direta e indiretamente estabelecidas na Nota Técnica SUBVPS/SES-MG N° 11/2017, bem como as diretrizes metodológicas estabelecidas pelo Ministério da Saúde.

Nessa perspectiva, lembramos que os estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana têm por objetivo fundamentar recomendações para o setor saúde atuar na promoção e proteção à saúde da população exposta a substâncias químicas. Não objetivam, portanto, apontar para a existência ou para a inexistência denexo de causalidade em relação às substâncias e sua fonte de emissão. A vigilância em saúde ambiental, no âmbito do Sistema Único de Saúde, atua na promoção e proteção à saúde independente da existência confirmada de nexode causalidade entre uma exposição ambiental e um determinado efeito verificável, uma vez que considera a exposição a substâncias químicas como um risco adicional à saúde das pessoas e, portanto, já é suficiente para justificar uma atuação preventiva da vigilância e assistência à saúde das comunidades estudadas.

Para além da exposição a substâncias químicas, considerando que a saúde é socialmente e ambientalmente determinada, é evidente que o desastre provocado pelo rompimento da barragem de Fundão trouxe ou modificou fatores e processos de risco para o adoecimento e consequências para as condições e qualidade de vida da população oriunda das localidades afetadas, que extrapolam o mecanismo tóxico (molecular, bioquímico, tecidual) específico das substâncias e que perduram até hoje. O comprometimento da saúde e as doenças ocorrem de modo diferente nas pessoas, nos distintos grupos populacionais, apesar das semelhanças biológicas entre os corpos dos seres humanos.

Isso posto, esta Câmara Técnica de Saúde se posiciona pela validade do estudo e destaca o prejuízo, para as comunidades envolvidas, da falta de transparência e celeridade por parte da Fundação Renova, agravada ainda pela elevação dos custos econômicos, pagos com dinheiro público, nas contratações de empresas pareceristas e pelas controvérsias judiciais que têm imputado maior postergação da implantação das medidas de proteção à saúde das comunidades e populações expostas, impactando de forma negativa o processo de reparação.

4. Validade dos documentos, pareceres e apontamentos realizados pela Fundação Renova

Nesta seção passamos à análise da documentação produzida e/ou encaminhada pela Fundação Renova acerca do estudo conduzido pela empresa Ambios.

Foram apresentados os seguintes documentos com análises e avaliações sobre o estudo:

1. *Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG);*
2. *Parecer Técnico: Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG” executada pela Ambios Engenharia e Processos, elaborado pela NewFields, empresa contratada pela Fundação Renova.*

Neste parecer iremos nos referir a estes documentos como 1. *Relatório de Consolidação* e 2. *Parecer NEWFIELDS*.

4.1 Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG)

O Relatório de Consolidação se propõe a analisar as técnicas, metodologias e dados utilizados nos estudos realizados pela Ambios e pela empresa Tecnohidro com vistas a concluir a respeito: (1) da validação dos dados; (2) da comparabilidade e suficiência dos dados validados; (3) das conclusões com base no conjunto de dados validados; (4) da correlação com o rompimento; (5) de recomendações.

Antes de quaisquer considerações de ordem técnica a serem realizadas por esta CT-Saúde acerca de apontamentos realizados no Relatório de Consolidação, chamamos atenção ao fato de que o referido documento foi elaborado por equipe técnica que contou com a participação de dois profissionais da empresa Tecnohidro, sendo um deles o seu diretor executivo, responsável pelo estudo que o relatório se propõe a avaliar, conforme Figura 1 e Figura 2

1.3 EQUIPE TÉCNICA

Contribuíram para o desenvolvimento deste documento os seguintes especialistas:

Validação, comparabilidade e suficiência dos dados, conclusões e correlação com o rompimento:

- Dr. Gary Krieger, médico (MD), mestre em saúde pública (MPH), toxicologista certificado pelo Conselho Americano de Toxicologia (DABT), diploma em medicina e higiene tropical (DTM&H);
- Dr. Shahrokh Rouhani, PhD, PE.

Ações de saúde:

- Dr. Gary Krieger;

7 / 93

-
- Dr. Flávio Zambrone, médico (MD), especialização em Saúde Pública, aperfeiçoamento em Toxicologia, doutor em Saúde Coletiva.

Ações ambientais:

 - Alexandre Maximiano, MSc, Engenheiro Geólogo.

Figura 1 - Equipe Técnica Relatório de Consolidação. Fonte: Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG)

EQUIPE TÉCNICA



TECNOHIDRO ENGENHARIA SÃO PAULO LTDA.

Especialista em Avaliação de Risco	MSc. Engenheiro Geólogo
Alexandre Maximiano	
Igor Haruiti Hirayama	Geólogo
Tiago Fabrin Manzoli	Geólogo
Dr. Flávio Ailton Duque Zambrone	Toxicologista
Guilherme Navarro D.Tavares	Geólogo
Paulo Eiji Koki	Geólogo
Felipe Augusto Nascimento de Jesus	Geofísico
Emerson Rocha	Cadista

Departamento de Investigação de Área Contaminada - DIAC - Rua João Adolfo,
118, Conjunto 103 - Anhangabaú, São Paulo/SP

Figura 2 - Equipe Técnica Tecnohidro - Fonte: Relatório de Avaliação de Risco à Saúde Humana Metodologia Ministério da Saúde Mariana/MG - Áreas Alvo 1,2 e 3 - Tecnohidro

Há que se pontuar que tal situação representa um explícito conflito de interesses assim como a ausência de confiabilidade técnica do documento produzido, o que caracteriza a sua nulidade. Tal situação é ainda mais gravosa considerando-se o contexto de judicialização em que o processo de realização da Avaliação de Risco à Saúde Humana foi absorvido pelo Eixo Prioritário 2 – Risco à Saúde Humana e Risco Ecológico, em que as empresas e a Fundação Renova defendem a utilização do referido documento como balizador para a tomada de decisão das ações de saúde.

Em um exercício hipotético, a situação se assemelha a um processo de revisão por pares em que o autor que submete um estudo/artigo/pesquisa é propriamente quem estaria responsável por avaliá-lo.

Dessa forma, a CT-Saúde considera **nulo e inválido** o documento *Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG)*, elaborado e apresentado pela Fundação Renova, recomendando ao CIF que (i) o referido documento não deve ser utilizado como ferramenta para a tomada de decisão ou balizador para as ações de saúde no contexto das ações de reparação em saúde; (ii) considere o mesmo nulo e inválido e (iii) determine à Fundação Renova a imediata retirada do documento dos seus meios de comunicação, portais e sítio eletrônico.

4.2 Relatório de Avaliação de Risco à Saúde Humana Metodologia Ministério da Saúde Mariana – MG Áreas Alvo - 1, 2 E 3 (TECNOHIDRO)

Ainda que a avaliação do estudo conduzido pela empresa Tecnohidro não seja objeto de análise deste parecer, uma contextualização e considerações sobre o processo de sua execução devem ser apresentadas por esta Câmara Técnica, uma vez que o referido estudo tem sido utilizado pela Fundação Renova como um dos balizadores para a tomada de decisão nas ações de saúde e consta do Relatório de Consolidação.

Dessa forma, nesta seção, faremos uma breve contextualização e considerações sobre o estudo conduzido e realizado pela empresa Tecnohidro em áreas localizadas nos municípios de Mariana/MG e Barra Longa/MG.

Segundo o documento *Relatório de Avaliação de Risco à Saúde Humana Metodologia Ministério da Saúde Mariana – MG Áreas Alvo - 1, 2 E 3*, a empresa Tecnohidro foi contratada pela Fundação Renova a partir de um Termo de Referência, desenvolvendo o referido estudo a partir da abordagem metodológica denominada GAISMA:

A TECNOHIDRO Engenharia São Paulo (TECNOHIDRO) foi contratada para desenvolver a presente Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH) em alinhamento com o Termo de Referência Técnica de ARSH ATSDR (FASE III GAISMA) desenvolvido pela Fundação RENOVA, utilizando a metodologia Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos (MS, 2010) desenvolvida pelo Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador (Tecnohidro, 2019 p. 48 – grifos nossos).

Na sequência relata ainda a empresa Tecnohidro que os serviços de campo para a caracterização e investigação geoambiental foram executados pela empresa EPA Engenharia de Proteção Ambiental (Grupo EPA):

o escopo dos serviços de campo destinados a caracterização e investigação geoambiental foram executados pela EPA Engenharia de Proteção Ambiental (Grupo EPA) em alinhamento com o Termo de Referência Técnica de Caracterização e Investigação GeoAmbiental (FASE II GAISMA) desenvolvido pela Fundação RENOVA (Tecnohidro, 2019 p. 48).

Inicialmente, dois aspectos relacionados ao estudo conduzido pela empresa Tecnohidro precisam ser aqui apresentados e contextualizados.

Os termos de referências mencionados pela empresa Tecnohidro: *Termo de Referência Técnica de ARSH ATSDR (FASE III GAISMA)* e *Termo de Referência Técnica de Caracterização e Investigação GeoAmbiental (FASE II GAISMA)*, que motivam a contratação das empresas, dão orientação e diretrizes para a condução do estudo **não** foram apresentados, discutidos e, principalmente, avaliados ou validados por esta Câmara Técnica de Saúde.

Como expresso no relatório elaborado pela empresa Tecnohidro, todo o processo de execução do seu estudo esteve orientado pela abordagem metodológica denominada GAISMA. Tal abordagem metodológica não tem a aprovação e/ou validação desta CT-Saúde.

Por fim, cumpre ainda salientar que todo o processo de execução do estudo conduzido pela empresa Tecnohidro não foi acompanhado e nem teve o conhecimento desta CT-Saúde, dos órgãos que integram Sistema Único de Saúde (SUS) nas suas três esferas de gestão – União, Estados e Municípios, entre outros atores interessados no processo. Tal situação fere uma das orientações presentes nas Diretrizes do Ministério da Saúde para a realização de estudos de avaliação de risco à saúde humana:

*Finalmente, para a tomada de decisão, gerenciamento e comunicação do risco **é necessário que o processo de avaliação de risco seja claro e transparente, conhecido pelas partes envolvidas:** população, especialmente os expostos, cientistas, governo, justiça, legisladores, indústria, entre outros, para garantir a preservação da saúde e qualidade de vida da população (Ministério da Saúde, 2010 p. 69 – grifos nossos).*

Outras considerações e avaliações sobre o estudo conduzido pela empresa Tecnohidro foram apresentadas através da Nota Técnica CT-Saúde nº 28/2020, aprovada na 31ª Reunião Ordinária da CT-Saúde, em 16/01/2020. Neste sentido, ressaltamos a avaliação realizada na ocasião, somando-se às considerações e contextualizações aqui elaboradas.

Dessa forma, ante a avaliação e análise produzida através da Nota Técnica CT-Saúde nº 28/2020 e as considerações e apontamentos ora apresentados, avaliamos que o estudo conduzido pela empresa Tecnohidro traz no bojo do seu processo de execução a necessidade transparência, além de aspectos metodológicos, que impedem a sua validação por esta CT-Saúde.

Ainda assim, sob a ótica dos mandatos constitucionais do direito à saúde que apregoam a necessidade de adoção de medidas que visem à redução do risco de adoecimento, bem como do atendimento integral à saúde, com prioridade para atividades preventivas, caso o estudo realizado pela empresa Tecnohidro tenha identificado rotas de exposição e contaminantes químicos, bem como populações expostas e/ou potencialmente expostas, esta Câmara Técnica irá se manifestar quanto a validade das conclusões, informações, recomendações e análises realizadas, incorporando, em caráter adicional, às conclusões, recomendações e análises conduzidas através do estudo que foi demandado, acompanhado e validado por esta Câmara Técnica.

4.3 Parecer Técnico: Avaliação do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG” executada pela Ambios Engenharia e Processos, elaborado pela NewFields, empresa contratada pela Fundação Renova

Nesta seção iremos abordar e analisar o parecer elaborado pela empresa NewFields para a Fundação Renova sobre o estudo conduzido pela empresa Ambios.

Todavia, antes de passarmos às considerações de ordem técnica e metodológica do referido documento, ressaltamos as considerações já apresentadas por esta Câmara Técnica na Nota Técnica CT-Saúde nº 40/2020, *in verbis*:

até o presente momento não está claro para esta Câmara Técnica qual o papel desta empresa e a sua atuação no âmbito do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada. Ou seja, não está claro se é uma empresa que presta serviços e apoio técnico à equipe da Fundação Renova ou se sua atuação está vinculada ao escopo do Programa monitorado e acompanhado por esta Câmara Técnica. Não obstante, qualquer informação técnica relevante, validada e pertinente de apreciação e avaliação por esta Câmara Técnica será prontamente procedida.

Por outro lado, é importante destacar que os apontamentos e questionamentos apresentados no parecer elaborado pela empresa NewFields já constavam e estavam sendo incorporados em comunicações endereçadas à empresa Ambios pela Fundação Renova. Com a submissão do relatório final, a empresa Ambios apresentou manifestação em resposta aos diversos questionamentos realizados pela Fundação Renova.

4.4 Nota Técnica nº 13/SES/SUBVS-SVS-DVAL-CVFRNB/2020 – Coordenação de Vigilância de Fatores de Riscos Não Biológicos - Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

A referida Nota Técnica informa, em seu item CONSIDERAÇÕES INICIAIS que:

“tem por objeto emitir parecer a respeito do relatório intitulado ‘Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG’, que contempla os municípios de Mariana/MG e Barra Longa/MG. Baseando-se nas avaliações realizadas pela Newfields, Fundação Getúlio Vargas (FGV) e Planitox, foram consolidados os principais aspectos do estudo realizado pela empresa Ambios que necessitam de revisões e adequações em atendimento às Diretrizes estabelecidas pelo Ministério da Saúde. Esse parecer versa somente sobre a avaliação das questões técnicas e metodológicas do referido estudo, com o objetivo de promover aprimoramentos e aperfeiçoamentos dos elementos teóricos, metodológicos e procedimentais ao mesmo, não cabendo neste documento discussão sobre as credenciais da empresa executora do estudo, tampouco das empresas avaliadoras do mesmo.”

A seguir, no item “CONSOLIDAÇÃO DOS PARECERES TÉCNICOS A RESPEITO DO ESTUDO DE AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA”, são listados em forma de tópicos uma série de transcrições ou sínteses de questões levantadas pelas empresas NewFields, Planitox, AMBIOS e pela Fundação Getúlio Vargas em seus pareceres de avaliação, sem acréscimo de detalhamentos ou análises.

Por fim, no item “CONSIDERAÇÕES FINAIS”, lê-se a seguinte análise:

*“A preservação, promoção e reabilitação da saúde dos afetados é competência dos órgãos públicos responsáveis, que necessariamente precisam de evidências técnicas e científicas para, bem embasados, realizarem a política pública adequada para a remediação dos problemas identificados. Ao se ponderar as avaliações realizadas pela equipe da NewFields, da FGV e da Planitox e as manifestações da AMBIOS na Carta Resposta citada, é possível compreender as razões de alguns dos vícios apresentados no Relatório Final. Todavia, estas justificativas não modificam o problema existente com a ausência das informações no Relatório Final. **Tome-se por exemplo a utilização de Valores de Referência. Não dispor de valores de referência específicos que atendam às necessidades específicas do Setor Saúde para poeira domiciliar, e a subsequente escolha pelo valor de referência do solo, é algo que precisa ser discutido no Relatório. Para se realizar uma discussão apropriada do resultado, é necessário que seja apresentado de forma clara as motivações e o embasamento científico que culminaram na escolha de um valor de referência de outro compartimento, e porque foi esta a referência escolhida. Ainda, nem todos os quesitos apresentados pelas equipes avaliadoras, foram respondidas, a exemplo da notação das coordenadas geográficas, entre outras.**”*

O grifo do trecho acima contém apontamentos cuja análise técnica e extensiva foi devidamente feita no quadro apresentado abaixo, no item 4.5 da presente nota. Ou seja, as discussões técnicas, motivações e embasamento científico e técnico solicitados estão contidos não só nos esclarecimentos prestados pela empresa AMBIOS como também na análise técnica feita pela CT Saúde.

*“A SES-MG compreende os pontos levantados e justificados na Carta Resposta da Empresa Ambios, todavia, considerando e em consonância com a normativa do órgão nacional de saúde, ainda assim, corroborando com as revisões apresentadas, **ressalta que para a garantia de que o estudo esteja em conformidade com a metodologia da Diretriz do Ministério da Saúde, a fim de ser utilizado para a elaboração de estratégias de ações em saúde da população dos municípios impactados, recomenda-se que as adequações apontadas nesse documento sejam realizadas.**”* Fim da nota.

O grifo do trecho acima contrasta com o fato de que a análise técnica do Relatório Final dos estudos de ARSH da empresa AMBIOS e seus esclarecimentos prestados posteriormente foram cuidadosamente analisados pelo Ministério da Saúde, órgão detentor da competência de formulação de diretrizes nacionais (Lei nº 8080/90) e membro da CT Saúde e do GT Estudos desta CT. Assim, entende-se que a conformidade do estudo em tela com as Diretrizes para

Elaboração de Estudos de Avaliação de Risco à Saúde já foi avaliada pela CT Saúde, por meio do balizamento técnico e institucional do Ministério da Saúde.

4.5 Análise da CT-Saúde

Dessa forma, buscando avaliar a completude das manifestações e informações, bem como dar maior profundidade e robustez técnica na análise e avaliação do estudo conduzido pela empresa Ambios, esta Câmara Técnica, através do seu GT – Estudos convidou um grupo de especialistas e pesquisadores de universidades, organizações não governamentais e outras entidades.

O quadro abaixo, portanto, apresenta os principais questionamentos, considerações e manifestações apresentadas pela Fundação Renova e a empresa NewFields, as manifestações e considerações elaboradas pela empresa Ambios e por fim, as considerações desta Câmara Técnica apoiada pelo grupo de especialistas e pesquisadores convidados para contribuir e colaborar no processo de avaliação técnica do estudo.

Item		Parecer Técnico NewFields	Manifestações e respostas da empresa Ambios	Análise GT-Estudos/CT-Saúde
3.1. Antecedentes	1	“Entretanto, o Relatório Final não faz uma análise do histórico do uso e ocupação do solo da região. Analisar apenas os impactos do rompimento da barragem de Fundão nas áreas em estudo, não incorporando acontecimentos prévios ao rompimento e o contexto econômico regional, está em discordância com as Diretrizes. “(p. 8)		Não vemos óbice na ênfase realizada na atividade de mineração na medida em que esta é uma das principais atividades econômicas desenvolvidas na área e que está relacionada as alterações antrópicas de maior escala em comparação às atividades de menor porte. Há aspectos que se relacionam ao uso e ocupação do solo que são tratados no “Capítulo I: Avaliação dos dados existentes” que, entretanto, somente não são abordados em seção específica e destinada a tal. Não consideramos, portanto, que o objeto de questionamento comprometa o estudo da Ambios.
3.2. Aspectos demográficos	2	“Entretanto, a Ambios descreve de maneira rasa as informações sociodemográficas de Barra Longa, incluindo apenas uma breve descrição da localização, população e escolaridade do município. Desta maneira, o Relatório Final traz informações insuficientes para a		Ainda que em termos comparativos a descrição mencionada seja menos aprofundada que a realizada para Mariana é importante salientar que em termos populacionais o município de Barra Longa é cerca de dez vezes menor o que, inevitavelmente, irá se refletir na descrição dos aspectos demográficos realizados para esta localidade. Não consideramos, contudo, que as informações apresentadas sejam

		compreensão dos aspectos demográficos de Barra Longa.” (p. 8)		“insuficientes para a compressão” dos seus aspectos demográficos. Estão contempladas boa parte das suas características que dizem respeito à esses aspectos: população total, proporção por sexo, densidade demográfica, IDH e índice Gini, escolaridade e infraestrutura educacional, estrutura e ações de saúde, principais agravos e doenças relatados e notificados no SINAN.
3.3 Uso do solo e recursos naturais	3	“O Relatório Final não apresenta uma descrição do uso do solo e dos recursos naturais dos municípios estudados, apenas descreve os impactos do rompimento à vegetação, biota, recursos hídricos e infraestruturas físicas. Sendo assim, a análise dos compartimentos ambientais possivelmente impactados fica prejudicada e desprovida de informações importantes para contextualização das condições das áreas estudadas.” (p. 9)		Conforme mencionado anteriormente, são descritos aspectos relacionados ao uso e ocupação do solo tratados no “Capítulo I: Avaliação dos dados existentes” que, entretanto, somente não são abordados em seção específica e destinada a tal. Da mesma forma são salientados aspectos relacionados ao uso do solo e recursos naturais. Os aspectos em questão dizem respeito, principalmente, às informações acerca das atividades econômicas desenvolvidas nos municípios. Mesmo que não concordemos que a análise dos compartimentos ambientais possivelmente impactados está “desprovida de informações importantes para a contextualização das condições das áreas estudadas”,

				entendemos que esta poderia ser engrandecida ao se dedicar uma seção específica para a descrição objeto de questionamento, especialmente para implementação de futuras medidas de remediação/recuperação ambiental.
3.4. Contaminação ambiental	4	De acordo com o 1º relatório parcial da Ambios, quatro estudos desenvolvidos pela Fundação Renova foram analisados e validados em relação aos dados ambientais coletados em Mariana e Barra Longa. A Ambios concluiu em seu primeiro relatório parcial que os dados ambientais desses estudos seriam usados para avaliar qualitativamente as tendências dos dados coletados durante suas campanhas de amostragem. No entanto, no Relatório Final, nenhuma análise de tendências de dados é apresentada e os quatro estudos validados pela Ambios não estão sendo referenciados para consideração das	“Como se sabe, os valores basais são resultados de levantamentos regionais utilizando critérios estatísticos e de cálculos médios. Afora isto, os valores basais, por exemplo para “solos”, não são determinados para “solo superficial” de até 10 cm de profundidade conforme requerido nos critérios da ARSH. Quando o solo superficial é considerado para a determinação de “valores basais” são consideradas profundidades maiores, de até um metro de profundidade. Nos estudos de ARSH, comumente, e somente em casos excepcionais, são utilizados valores de concentração dos contaminantes resultante de modelagem ou projeções estatísticas. Por último, os	<p>A Ambios em seu estudo menciona que “os dados e informações contidos nesses Relatórios poderão – à critério da equipe de ARSH – ser usados (ou não) de forma orientativa de tendências qualitativas, desde que ajudem a caracterizar rotas de exposição humana aos contaminantes” (p. 127).</p> <p>Infere-se, portanto, que a não utilização dos relatórios se deu mediante o não cumprimento do condicionante estabelecido pela Ambios em concordância com os critérios da AHSB, diferente dos critérios para remediação ambiental.</p> <p>No que diz respeito às Diretrizes do MS esta estabelece que “Concentrações dos contaminantes nos compartimentos ambientais – devem ser utilizados os dados obtidos em análises das amostras ambientais (análise temporal e espacial, quando possível) para identificar os contaminantes de interesse no passado,</p>

		<p>concentrações basais das áreas de estudo. É fundamental que tanto a distribuição espacial quanto o sequenciamento temporal dos dados sejam considerados. Esta é uma prática padrão e consistente com a orientação das Diretrizes do MS.” (p. 9)</p>	<p>estudos de ARSH utilizam sempre a concentração máxima encontrada de cada contaminante em cada compartimento ambiental, diferente das utilizadas na determinação dos “valores basais”, sempre calculada como valores médios.” (p. 19)</p>	<p>presente e futuro, bem como verificada a probabilidade de transferência entre os compartimentos ambientais.” Em relação à consideração das concentrações basais será tecido comentário adicional no texto, afora o comentário realizado na carta da Ambios.</p>
<p>3.4.1 Considerações sobre a inércia da lama de rejeitos</p>	<p>5</p>	<p>“A Ambios não leva em consideração que, após o pico observado, a concentração de cádmio voltou a apresentar concentrações dentro da faixa histórica.</p> <p>Dessa forma, considera-se que as observações da Ambios em sua seção “Considerações Sobre a Inércia Ambiental da Lama de Rejeitos” não levam em consideração todo o conteúdo discutido nos estudos de caracterização geoquímica dos rejeitos, solos e sedimentos afetados e não afetados, apesar destes estudos serem citados no Relatório Final. Da mesma</p>		<p>Em relação a consideração das tendências cabe o comentário acima realizado de que as Diretrizes do MS mencionam a utilização destas apenas quando possível. A questão que se coloca é que, mesmo na hipótese de uma suposta inércia da lama, o avanço físico da mesma é apontado como um dos fatores que pode ter remobilizado contaminantes presentes na região levando estes à potencial exposição humana, o que não ocorreria naturalmente.</p>

		forma, as observações da Ambios não consideram as tendências observadas pelos dados de monitoramento ambiental da Fundação coletados até o presente momento.” (p. 11)		
3.4.2 Amostragem ambiental realizada pela Ambios	6	“A Ambios não apresentou procedimentos padronizados para as campanhas de amostragem realizadas em Mariana e Barra Longa.” (p. 11)		Os planos de amostragem são apresentados no Anexo 4 do Estudo da Ambios, bem como os procedimentos utilizados nestes.
	7	“A notação utilizada para apresentação das coordenadas deve ser ajustada pela Ambios, trazendo transparência à localização dos pontos de coleta. Além disso, para facilitar o entendimento da localização espacial das amostras, é sugerido a inclusão de mapas identificando as amostras coletadas para cada compartimento ambiental.” (p. 11)		Conforme já expresso na Nota Técnica CT-Saúde nº 40/2020, o correto georreferenciamento e confirmação dos pontos de coletas é informação necessária e deve ser apresentada na sua forma devida. Todavia, é importante salientar que todo o processo de coleta das amostras ambientais realizados pela empresa Ambios na FASE 1 foi acompanhado e supervisionado por servidores e técnicos do Ministério da Saúde, Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais, Secretaria

			de Estado da Saúde do Espírito Santo, Secretarias Municipais de Saúde de Mariana/MG, Barra Longa/MG e Linhares/ES.
8	<p>“De acordo com o Anexo 4 e 5, algumas das amostras de poeira foram coletadas em casas onde não há moradores; entretanto, esta informação não é apresentada para todas as amostras. A aplicabilidade dos dados coletados em casas inabitadas deve ser discutida, a fim de definir se esses dados podem ser considerados relevantes e representativos de uma exposição domiciliar real. Além disso, deve ser realizada uma análise de como esses resultados podem ser utilizados para o estabelecimento de uma rota de exposição completa. (p. 11)</p>		<p>Entendemos que é legítima a amostragem realizada, na medida em que a poeira coletada dessa forma é representativa do tipo de particulado que pode ser transportado e acumulado no interior de uma residência. Ainda que na residência inabitada não se possua uma rota de exposição completa, em residências habitadas na mesma região de influência dos fenômenos de transporte desse particulado pode ocorrer uma rota de exposição completa a poeira com características físico-químicas similares.</p>
9	<p>“Com relação aos laboratórios utilizados para realização das análises laboratoriais, devem ser apresentados os escopos de acreditação conforme os</p>	<p>“A proximidade dos laboratórios analíticos das áreas de estudos de ARSH, desde que bem aparelhados e com normas estabelecidas para GQ/CQ podem também ser</p>	

		<p>requisitos do Inmetro e da norma brasileira para todos os compartimentos ambientais amostrados e todos os compostos químicos analisados. De acordo com o escopo de acreditação CRL 0442, o laboratório Tommasi Ambiental não possui em seu escopo a análise de metais em amostras de leite e ovo” (p. 11-12)</p>	<p>considerados como responsáveis pelas análises de ARSH.</p> <p>Todos os laboratórios utilizados pela Ambios para as análises laboratoriais das amostras ambientais são laboratórios acreditados.</p> <p>Outras questões que poderiam ser levantadas sobre a acreditação de laboratórios para uma determinada análise são improcedentes. Por exemplo, não existe uma acreditação específica para a análise de amostras de poeira domiciliar, sabidamente um importante indicador para a contaminação dos compartimentos atmosféricos. Assim, deve-se utilizar o procedimento analítico mais próximo, no caso, o utilizado para a análise de solo.” (p. 10-11)</p>	
	<p>10</p>	<p>“As Diretrizes do MS para ARSH salientam que os dados ambientais devem ser avaliados para validação</p>	<p>“Afora os esclarecimentos acima, vale lembrar que a própria metodologia da ATSDR, tão insistentemente</p>	

	<p>antes de serem utilizados no estudo de avaliação de risco. Em sua seção 5.3.2, é citado como parte integrante da avaliação dos dados e técnicas de amostragem: [...] Essa revisão resumida dos dados não é apresentada no Relatório Final da Ambios e deve ser parte integrante do documento, garantindo a validação dos resultados analíticos das amostras coletadas.” (p.12)</p>	<p>citada pela Fundação Renova, apesar de não ser a metodologia utilizada no estudo em pauta pela equipe de ARSH da Ambios, não desclassifica um estudo de ARSH por ausência de certos requisitos de GQ/CQ. No seu item 5.3.2. (Qualidade dos Dados de Laboratório), assinala:</p> <p>“Caso não se disponha de informação sobre Garantia de Qualidade/Controle de Qualidade (GQ/CQ) dos dados laboratoriais, os responsáveis pela Avaliação de Riscos à Saúde devem assinalar que as conclusões obtidas no estudo foram determinadas pela disponibilidade e integridade da informação referida.” (p.12)</p>	
<p>11</p>	<p>“É importante ressaltar que os planos de amostragem apresentados pela Ambios (Anexo 4 e 5 do Relatório Final) não fazem menção à coleta e uso de brancos (brancos de equipamento, de campo, de viagem e de</p>	<p>“A cada nova proposta da Ambios houve a busca de melhores condições de preço por parte da Fundação Renova encarregada das negociações.</p> <p>As propostas iniciais da Ambios continham o planejamento (e custos) para a</p>	

	<p>temperatura) durante as campanhas de amostragem. Essas amostras são parte integrante de campanhas de amostragem de compartimentos ambientais e visam garantir o controle de qualidade da amostragem e das análises laboratoriais.” (p. 12)</p>	<p>realização de procedimentos de amostragem ambiental com a coleta de amostras em duplicatas para todas as matrizes, com exceção das amostras de poeira domiciliar imposto pela quantidade exígua deste material possível de ser coletado.</p> <p>As propostas da Ambios com a realização de amostras duplicatas não foram aceitas. Independente disto, a equipe de ARSH da Ambios coletou com custo próprio, não planejado no orçamento do Contrato de Serviços, a realização de coleta de amostras em duplicatas.</p> <p>Neste contexto, deve-se ressaltar que a coleta e análise de duplicatas tem uma importância na qualidade da amostragem muito superior à realização de amostras branco. Em relação às amostras branco, principalmente (mas não somente) na realização dos estudos de ARSH sob os</p>	
--	---	--	--

			<p>critérios de pior cenário, cabe as questões:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Como utilizar amostra branco representativa para poeira domiciliar? - Como utilizar amostra branco representativa para sedimentos? - Como utilizar amostra branco representativa para solo superficial?" (p. 12) 	
3.5 Rotas ambientais	12	<p>“O Relatório final não apresenta informações para a realização de uma análise completa das rotas ambientais, faltando informações consideradas essenciais pelas Diretrizes do MS, como por exemplo topografia, cobertura do solo e hidrogeologia.” (p. 12)</p>		<p>Ao contrário do que é afirmado pela empresa NewFields, as informações constam, por exemplo, das páginas 78 e 79, 268 e 269 do Relatório Final da empresa Ambios.</p>
5. Determinação dos contamina	13	<p>“Os valores de referência para alimentos, advindos da FAO - Codex Alimentarius (FAO, 2011), apresentados no Relatório Final nas Tabelas 2 (página 207), Tabela 4</p>	<p>“No caso específico das alegações sobre incorreções na Tabela 2 do Relatório Final, além da não obrigatoriedade do uso do Codex Alimentarius, todas amostras de frutas e de</p>	<p>A colocação da NewFields é pertinente, porém, como salientado pela Ambios, entendemos que o fato não se configuraria como uma impropriedade do estudo apresentado.</p>

<p>ntes de interesse</p>		<p>(página 209), Tabela 9 (página 217) e Tabela 11 (página 219) não estão corretos. [...]. A Ambios está utilizando o valor de essencialidade de 0,05 mg/kgPC de cobre como valor de referência, enquanto o correto é o valor PMTDI de 0,5 mg/kg de peso corporal por dia, o que significa que um adulto pesando 70 kg tem um PMTDI de 3,5 mg de cobre.” (p.15-16)</p>	<p>leite de vaca apresentaram resultados abaixo da quantificação do método analítico utilizado para os metais arsênio, cádmio e chumbo. Ou seja, independente do valor de referência do Codex Alimentarius, e da sua não obrigatoriedade de utilização, não deveria ser utilizado como uma impropriedade do Relatório Final. O mesmo arrazoado é válido também para as Tabela 4 (página 209); Tabela 9 (página 217) e Tabela 11 (219).” (p. 13-14)</p>	
	<p>14</p>	<p>“Os valores de referência para solo, valores de prevenção advindos da Resolução CONAMA nº 420/2009, apresentados no Relatório Final nas Tabelas 6 (página 213) e Tabela 8 (página 215) não estão corretos.”(p. 16)</p>	<p>“Portanto, levando em consideração todas as limitações dos Valores de Referência para solo determinados pela Resolução CONAMA 420/2009 em relação aos critérios e objetivos dos estudos de ARSH, a equipe de ARSH, na falta de normas mais específicas e adequadas para uma avaliação de riscos à saúde, e seguindo os critérios da precaução, principalmente na determinação de rotas de</p>	

		<p>exposição humana aos contaminantes e suas implicações à saúde pública, utilizará sempre o Valor de Prevenção da Resolução CONAMA 420/2009.</p> <p>Assim sendo, apesar do erro de impressão quanto aos valores de referência da Resolução CONAMA 420/209 impresso na Tabelas 6 (página 213) e Tabela 8 (página 215), a interpretação dos resultados obtidos nas amostras de solo superficial está correta.” (p. 16)</p>	
15	<p>“Os valores de referência para sedimentos, valores para água doce - Nível 1 advindos da Resolução CONAMA nº 454/2012, apresentados no Relatório Final nas Tabelas 7 (página 214) e Tabela 16 (página 224) não estão corretos.” (p. 16)</p>	<p>“Sob a ótica de avaliação de risco à saúde humana, onde se busca a amostragem ambiental sob o viés de pontos e circunstâncias que mais provavelmente resultarão em rotas de exposição dos contaminantes aos humanos, e reforçado pela estratégia de pior cenário adotada na realização dos estudos de ARSH, os pontos de amostragem de sedimentos foram localizados</p>	

			<p>preferencialmente em áreas de menor velocidade de fluxo das drenagens, onde ocorre uma deposição de material particulado mais leve e de menor granulometria, e que caracterizam-se por serem os principais carreadores dos contaminantes orgânicos ou metálicos. Adicionalmente, numa perspectiva de pior cenário, buscou-se a coleta do sedimento dos 5 cm mais superficiais, representativos do “novo sedimento” formado pela lama de rejeito.</p> <p>Em função das reservas explicitadas acima, e numa visão de precaução, mais conservadora, a equipe de ARSH da Ambios tem utilizado nos seus estudos o valor de referência do nível 1.</p> <p>Assim sendo, apesar do erro de impressão quanto aos valores de referência da Resolução CONAMA 454/2012 impresso na Tabelas 7 (página 214) e Tabela 16 (página 224), a</p>	
--	--	--	--	--

		interpretação dos resultados obtidos nas amostras de sedimentos está correta.” (p. 18)	
16	<p>“Inicialmente, a seleção de contaminantes de interesse foi feita separadamente para Mariana e Barra Longa. Subsequentemente, a Ambios combinou as excedências para ambos os municípios e elaborou uma lista única de contaminantes de interesse. Esse tipo de combinação para duas áreas distintas não é recomendado pelas Diretrizes do MS para ARSH, conforme sua Seção 5.7.” (p. 16)</p>		<p>Não concordamos que tenha ocorrido uma combinação das excedências para ambos os municípios. Na realidade, o que é feito pela Ambios é uma discussão conjunta das excedências. Em relação à poeira domiciliar, por exemplo, relata-se que:</p> <p>“Nas localidades de Mariana, em residências próximas às áreas de deposição da lama de rejeitos nas margens e várzeas do rio Gualaxo do Norte, a presença do contaminante cádmio foi constatada na maioria das amostras de poeira domiciliar, muitas apresentando concentrações de cádmio até 14,32 mg/kg, acima dos valores de referência utilizado (1,3 mg/kg).[...]</p> <p>Situação pior foi constatada nas amostras de poeira coletadas nas localidades de Barra Longa, principalmente na sede do município. Ali, onde a lama de rejeito inundou boa parte da cidade, e a proximidade do foco gerador foi total, a mobilização da poeira foi intensificada pelos trabalhos</p>

			<p>de remoção dos rejeitos com intenso tráfego de caminhões de transporte da lama.” (p. 229)</p> <p>Avaliando as excedências para cada local conclui-se que os contaminantes de interesse seriam os mesmos. O chumbo, no caso, ainda que não tenha excedido os valores de referência para matrizes ambientais em Barra Longa, entretanto, chega próximo disso. Por outro lado, reconhecemos a pertinência de se apresentar listas de contaminantes de interesse específicas para cada local, contudo, no caso presente as listas seriam iguais.</p>
17	<p>“É importante salientar que, independente da adoção da premissa de pior cenário, as Diretrizes do Ministério da Saúde especificam em sua Seção 5 que, para a seleção de contaminantes de interesse: “deve ser realizada uma revisão dos níveis de concentração natural dos contaminantes nos compartimentos ambientais locais”. O Relatório Final da Ambios não apresenta</p>	<p>“Conforme assinalamos no Relatório Final para os estudos de ARSH para as localidades dos municípios de Mariana e Barra Longa, os valores basais podem ser utilizados nos estudos de ARSH como norteadores da seleção de “contaminantes de potencial interesse”, ou seja, na seleção dos contaminantes que poderiam estar presente nas áreas a ser avaliadas pelos estudos de ARSH.</p>	

		<p>discussão relacionada a essas concentrações basais.” (p.16)</p>	<p>Como se sabe, os valores basais são resultados de levantamentos regionais utilizando critérios estatísticos e de cálculos médios. Afora isto, os valores basais, por exemplo para “solos”, não são determinados para “solo superficial” de até 10 cm de profundidade conforme requerido nos critérios da ARSH. Quando o solo superficial é considerado para a determinação de “valores basais” são consideradas profundidades maiores, de até um metro de profundidade. Nos estudos de ARSH, comumente, e somente em casos excepcionais, são utilizados valores de concentração dos contaminantes resultante de modelagem ou projeções estatísticas. Por último, os estudos de</p> <p>ARSH utilizam sempre a concentração máxima encontrada de cada contaminante em cada compartimento ambiental,</p>	
--	--	--	--	--

			diferente das utilizadas na determinação dos “valores basais”, sempre calculada como valores médios.” (p. 19)	
	18	<p>“Também não foi apresentada avaliação espacial e temporal dos dados ambientais disponíveis para Mariana e Barra Longa, conforme especificado pelas Diretrizes do MS em sua Seção 5.1.1, que afirma que na etapa de seleção de contaminantes de interesse, “o avaliador deve assinalar as tendências ao discutir os dados (...) Considerando, de forma específica, a distribuição espacial, os ‘pontos críticos’, as mudanças de concentração no tempo e as diferenças de contaminação entre os compartimentos ambientais.” (p. 16)</p>		<p>No que diz respeito às Diretrizes do MS esta estabelece que “Concentrações dos contaminantes nos compartimentos ambientais devem ser utilizados os dados obtidos em análises das amostras ambientais (análise temporal e espacial, quando possível) para identificar os contaminantes de interesse no passado, presente e futuro, bem como verificada a probabilidade de transferência entre os compartimentos ambientais.”</p>
6.Rotas de exposição	19	<p>“No entanto, embora os metais não estejam sendo absorvidos pelos vegetais e não terem sido apresentados argumentos baseados em</p>	<p>“O cádmio emitido para a atmosfera pode estar associado a particulados muito pequenos que estão na faixa respirável (<10 µm) e estão sujeitos a</p>	

6.1 Alimentos		estudos técnicos que discutem o potencial dos metais se tornarem biodisponíveis, a Ambios conclui que a ingestão de vegetais, tubérculos e raízes é uma via de exposição potencial futura.” (p. 17)	transporte de longo alcance. O cádmio pode ser transportado de cem a alguns milhares de quilômetros e têm um tempo de residência atmosférico típico de cerca de 10 dias antes da deposição ⁴ . Neste contexto, devemos lembrar os estudos de ARSH desenvolvidos pela equipe da Ambios, onde foi comprovado que a poeira contaminou a produção de alimentos em áreas distantes de quilômetros dos focos de contaminação ⁵ .” (p. 21-22)	
	20	“A Ambios deve basear suas suposições sobre a biodisponibilidade de metais em solos impactados e absorção de metais por vegetais e gramíneas em referências bibliográficas e, quando possível, em estudos conduzidos na Bacia do Rio Doce. Além disso, a Ambios deve apresentar uma discussão detalhada sobre quais seriam as condições que		É fundamental destacar que o nível de detalhamento solicitado é incompatível com o escopo dos estudos de ARSH, com base principalmente nos seguintes trechos do documento de Diretrizes para Elaboração de Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana do Ministério da Saúde: “6.6.2. <i>Rotas de Exposição Potenciais: Uma rota deste tipo existe quando falta um ou mais dos elementos que constituem uma rota de exposição. Também se incluem nesta categoria aquelas rotas para as quais</i>

	<p>poderiam alterar a mobilização de metais no futuro. Conforme descrito na seção 3.4.1 deste Parecer Técnico, segundo a Golder (2017a), os solos e sedimentos afetados e não afetados têm baixo potencial para mobilização de metais na área estudada.” (p. 17)</p>	<p><i>se empregou a modelagem a fim de completar lacunas de informação. Uma rota potencial indica que a exposição a um contaminante pode haver ocorrido no passado, que pode ocorrer no presente ou que poderá ocorrer no futuro. Recomenda-se assumir que uma rota potencial poderia ocorrer no futuro, quando no ponto de exposição não se encontra evidência atual de contaminação. Por exemplo, uma futura rota potencial de exposição se estabelece quando: a contaminação pode migrar a algum ponto de exposição; ou calculou-se (mediante modelos) ou projetou-se que a contaminação se apresentará em algum ponto de exposição. Se existem possibilidades de que um poço privado de água potável seja afetado pelo contaminante encontrado à montante dele, pode-se então antecipar a existência de uma futura rota de exposição potencial.</i></p> <p><i>Em geral, a discussão das rotas potenciais no documento final deve ser breve. Entretanto, condições particulares da área de estudo, como a descoberta de um aquífero contaminado, com uma pluma à</i></p>
--	--	---

				<p><i>montante de um reservatório para abastecimento público de água, pode ser de suficiente importância para prestar-lhe maior atenção como rota potencial. As avaliações de saúde devem incluir uma lista das rotas potenciais com uma estimativa da magnitude das populações por elas afetadas.” Apesar disso, é necessário reforçar que a dinâmica de mobilidade de metais em solos é uma condição largamente conhecida e estudada na literatura ambiental e que é influenciada por uso e ocupação do solo, por fatores inerentes ao elemento químico, ao tipo de solo e às interações entre esses componentes.</i></p>
21	<p>“A Ambios também conclui que as áreas impactadas pela lama de rejeitos e áreas no entorno, que podem vir a se tornar impactadas pela poeira, deveriam ser monitoradas e que a produção de alimentos deveria ser evitada nessas localidades. Essa recomendação não é corroborada pelos dados ambientais disponíveis e é capaz de gerar uma percepção</p>	<p>Inicialmente, como resposta às indagações sobre a produção de alimentos em áreas com deposição da lama de rejeitos, ou em áreas onde a deposição da poeira contaminada possa contaminar o solo, deve-se observar o que já foi assinalado nas fundamentações da equipe de ARSH da Ambios.</p> <p>Durante as diversas incursões às áreas de estudos, a equipe de</p>		

	<p>de risco equivocada na população dos municípios estudados.” (p. 17)</p>	<p>ARSH da Ambios constatou ocorrências, registradas nos nossos relatórios, sobre anomalias em áreas onde ocorreu a deposição da lama de rejeitos.</p> <p>Ouvimos relatos da população residente com produção de alimentos que afirmam que o crescimento de seus cultivos ocorre de forma rápida e com produção de frutas e legumes de tamanhos e exuberância impressionantes.</p> <p>Isto, aparentemente, afora nos despertar curiosidade, poderia ser um indício positivo, possivelmente derivado da expressiva adubação do solo promovida pela Fundação Renova nessas áreas com os objetivos já assinalados acima.</p> <p>No entanto, também constatamos outras anomalias nessas áreas, também registradas em nossos relatórios, que nos causa apreensão e que, com o ferramental metodológico da</p>	
--	--	--	--

			<p>ARSH, não nos permite elucidar suas causas nem avaliar os níveis de risco à saúde humana que possam advir de tais circunstâncias.</p> <p>Assim, observamos a ocorrência de manchas brancas em diferentes substratos (na superfície do solo, em árvores e raízes, nas paredes das habitações atingidas pela lama de rejeito, etc). O mais provável é que essas machas brancas sejam fungos. Mas não temos como avaliar sua natureza nem os males que possam causar.</p> <p>Em outras ocasiões, na busca por amostras de tubérculos, nos defrontamos em duas situações onde os residentes com pequenos cultivos no mostravam total espírito de colaboração, mas nos indicava a impossibilidade de nos atender. Assinalava para as plantas de mandioca que, apesar de exuberantes no tamanho, estavam com seus tubérculos totalmente</p>	
--	--	--	--	--

			<p>imprestável, tomado com uma degeneração caracterizada por uma massa enegrecida e porosa no seu bulbo. Como nos demonstraram, o mesmo ocorria nas suas raízes. Outros relatos de residentes também assinalavam ocorrências similares. Por estas razões, a equipe de ARSH assinalou na avaliação das rotas de exposição por alimentos que solo nas áreas com deposição da lama de rejeitos, bem como naquelas áreas, cujos solos superficiais, em decorrência dos ventos dominantes, possam ser contaminados pela poeira, devem ser monitoradas e deve-se evitar a produção de alimentos nessas áreas. (página 285 do Relatório)” (p. 33)</p>	
<p>6.Rotas de exposição 6.1 Solo superficial</p>	22	<p>“Nas discussões relativas à rota de exposição relacionada ao solo superficial, a Ambios faz diversas considerações que não são adequadamente embasadas por estudos realizados no local ou por bibliografia científica</p>	<p>Entretanto, conforme assinalado no relatório (página 287), a Fundação Renova, possivelmente para promover um rápido crescimento de cobertura vegetal nas áreas de deposição da lama de rejeitos e, provavelmente, para inibir o</p>	

		<p>específica. Tal embasamento deve ser apresentado pela Ambios.” (p. 17)</p>	<p>arraste desses rejeitos para outros compartimentos ambientais, têm realizado adubação desses solos com misturas de caráter alcalino. Conforme observado pela equipe de ARSH, a Fundação Renova tem realizado o plantio de vegetais diversos que, acredita-se, possa objetivar a remoção dos metais pelas raízes dessas plantas. Mesmo que a remoção não seja efetiva, essa vegetação plantada formará seguramente um ambiente de solo com maior teor orgânico.</p> <p>Nessas condições, além de mecanismos químicos e físico-químicos poderá emergir a atividade bacteriana com potencial de enriquecimento e biodisponibilização dos contaminantes metálicos contidos no solo formado pela lama de rejeito.</p> <p>Há de se considerar, como exemplo, que as alterações estruturais e composicionais do</p>	
--	--	---	---	--

		<p>solo superficial, como demonstrado na ampla literatura científica disponível (ver Capítulo Mecanismos de Transporte, do Relatório) criam condições para o enriquecimento e biodisponibilização dos contaminantes, mesmo quando esses solos contenham anteriormente concentrações diminutas dos contaminantes.” (p.27-38)</p>	
23	<p>“A discussão apresentada pela Ambios indica que não foi feita nenhuma consideração sobre concentrações basais e locais de referência – a discussão de ambos os tópicos são recomendações importantes das Diretrizes do MS para ARSH. Além disso, a Ambios não faz qualquer consideração em relação a outras fontes potenciais dos contaminantes de interesse selecionados, conforme indicado na seção 6.3 das Diretrizes. O cádmio é um</p>	<p>Vide questionamento ID 17.</p>	

		contaminante muito comum em fertilizantes usados no Brasil e isso é bem documentado por cientistas brasileiros em publicações recentes como Gonçalves et al. (2014).” (p. 17)		
6.Rotas de exposição 6.1 Sedimentos	24	<p>“As Diretrizes do MS para ARSH descrevem as condições necessárias para uma rota de exposição ser considerada completa no futuro devendo, obrigatoriamente, apresentar a “existência de uma contaminação atual em um ponto de exposição ou em um compartimento ambiental que poderia chegar a ser um ponto de exposição em dias, semanas ou meses (áreas em via de urbanização em local contaminado).” Sendo assim, como não há evidências da contaminação atual da biota aquática, esta rota de exposição não pode ser considerada completa, mesmo que futuramente.</p>	<p>“Por razões assinaladas no Relatório, principalmente pela extinção quase total da vida aquática nas drenagens das localidades de Mariana, não foi possível realizar a amostragem de organismos aquáticos comestíveis que pudessem servir de base para a avaliação da existência de rotas de exposição humana pelo consumo de organismos aquáticos.</p> <p>Em Barra Longa, pela possibilidade do estabelecimento errôneo de um resultado “falso negativo”, ou seja, considerar como não contaminado os organismos aquáticos na avaliação de organismos provenientes de drenagens não contaminadas,</p>	<p>Trata-se de uma situação atípica na qual, conforme mencionado no relatório final da Ambios, não foi possível obter uma amostra da biota referente à condição presente da época. As diretrizes do MS, em sua seção 6.6.1, não contemplam situações de indefinição como esta. Contudo, mencionam que:</p> <p>“Alguns exemplos de atividades humanas que poderiam resultar em exposições a partir de futuras rotas completas incluem as seguintes:</p> <p>[...]</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consumo de carnes e outros sub produtos de origem animal criados em área contaminada;” (p. 47) <p>Assim, considerando o trecho relatado, é possível considerar o sedimento no contexto de uma rota completa futura. Independentemente da classificação</p>

	<p>Todas as considerações da Ambios relacionadas a como a concentração de cádmio encontrada nos sedimentos seria bioacumulada nos organismos aquáticos não permitem conclusões sobre a possibilidade desses organismos serem contaminados. São citados fatores de bioacumulação em organismos de água doce variando de 3 a 4.190, faixa extremamente ampla para concluir assertivamente sobre a bioacumulação.</p> <p>Dessa forma, por existirem poucas evidências técnicas que embasem a conclusão dessa rota de exposição aos sedimentos como completa, essa rota de exposição deve ser considerada potencial” (p. 17-18)</p>	<p>também não foi realizada a avaliação desses organismos.[...]</p> <p>Em função da contaminação já detectada dos sedimentos por cádmio, e com a possibilidade da revitalização dos ambientes aquáticos, do ressurgimento dos organismos aquáticos comestíveis, inclusive dos peixes, bem como da mobilização e biodisponibilização futura de outros metais pesados por possíveis mecanismos de transporte, incluindo a participação crescente da atividade microbiana, a equipe de ARSH da Ambios recomenda um amplo monitoramento da contaminação por metais pesados dos organismos aquáticos comestíveis, utilizando os critérios de avaliação da ARSH, nos locais onde tais organismos aquáticos comestíveis já existam ou onde possam vir a reaparecer.</p>	<p>dessa rota em potencial ou completa, fato de maior importância são as ações voltadas para o monitoramento do pescado da área, que pode se alimentar dos seres bentônicos, os quais estão inseridos nos sedimentos.</p>
--	---	--	---

			<p>Desta forma, a equipe de ARSH considera os sedimentos contaminados pelo cádmio como uma rota de exposição completa futura. Os componentes da rota de exposição completa futura são apresentados na Tabela 24 (página 291 do Relatório).” (p. 29-30)</p>	
<p>6.Rotas de exposição 6.1 Poeira</p>	<p>25</p>	<p>“A Ambios afirma que, pela localização da coleta de amostras, é razoável assumir que a poeira é proveniente principalmente do “novo solo superficial” gerado pelos rejeitos. Entretanto, como não são consideradas localidades de referência e o Relatório Final não apresenta uma discussão sobre as concentrações basais da região estudada, essa ARSH não permite conclusões sobre a correlação entre as detecções encontradas pela Ambios e o rompimento da barragem.” (p. 18)</p>	<p>“Em função da pouca distância dos pontos de coleta das áreas de deposição da lama de rejeitos, é razoável a suposição que a poeira, coletada nas residências das diversas localidades dos municípios de Mariana e Barra Longa, tenha como origem principal o “novo solo” superficial gerado pela deposição da lama de rejeitos trazida pelo rompimento da barragem de Fundão.</p> <p>Essa afirmativa torna-se mais contundente quando se observam os resultados da poeira domiciliar em Barra Longa onde a lama de rejeitos invadiu as áreas das residências</p>	

		e, posteriormente, a remoção e transporte desses resíduos, com intensa atividade do tráfego de caminhões, aumentou a emissão de poeira a altos níveis em praticamente todas as áreas da sede do município de Barra Longa, segundo relato dos moradores (ver Capítulo “Preocupações da comunidade com sua saúde”, do Relatório).” (p. 31)	
26	“Adicionalmente, o Relatório Final não apresenta discussão com relação à topografia e padrões de direção dos ventos nas áreas estudadas, fatores importantes para embasar a suposição de que a poeira domiciliar coletada é predominantemente formada pelo material particulado de áreas afetadas pela lama de rejeitos.” (p. 18)		Consideramos ser importante a consideração dos aspectos salientados pela NewFields. Contudo, vemos que o critério adotado pela Ambios para a amostragem (proximidade da residência com a lama de rejeitos) é válido e, também, legitimado e justificado com os relatos dos moradores (Capítulo “Preocupações da comunidade com sua saúde”, do Relatório).” (p. 31).
27	“Além disso, a amostragem de poeira domiciliar ocorreu em locais de difícil acesso e raramente limpos. Isso pode significar que os		Entendemos que é legítima a amostragem realizada, na medida em que a poeira coletada dessa forma é representativa do tipo de particulado que pode ser transportado e acumulado

	<p>contaminantes estavam presentes antes do rompimento. Isso também implica que, se os contaminantes vieram dos rejeitos, então a concentração encontrada pode ser acumulada dos 3 anos que se passaram após o rompimento. Dessa forma, as concentrações detectadas na poeira não seriam concentrações às quais a população estaria exposta constantemente durante sua rotina diária e, portanto, essas concentrações não representariam condições passadas, atuais ou futuras de exposição.” (p. 18)</p>		<p>no interior de uma residência. Ainda que na residência inabitada não se possua uma rota de exposição completa, em residências habitadas na mesma região de influência dos fenômenos de transporte desse particulado pode ocorrer uma rota de exposição completa a poeira com características físico-químicas similares. Isto é suficiente para ser considerado nas atividades de prevenção na atenção integral à saúde.</p>
28	<p>“Alguns locais de amostragem de poeira para Mariana e Barra Longa estavam dentro de casas e edificações atualmente abandonadas. A Ambios não apresenta uma discussão sobre como os dados de poeira coletados para esses locais serão interpretados,</p>		<p>Entendemos que é legítima a amostragem realizada, na medida em que a poeira coletada dessa forma é representativa do tipo de particulado que pode ser transportado e acumulado no interior de uma residência. Ainda que na residência inabitada não se possua uma rota de exposição completa, em residências habitadas na mesma região de influência dos</p>

		uma vez que não há receptores. Isso deve ser esclarecido pela Ambios.” (p. 18)		fenômenos de transporte desse particulado pode ocorrer uma rota de exposição completa a poeira com características físico-químicas similares.
6.5 Considerações adicionais	29	“Adicionalmente, o Quadro 10 não é totalmente consistente com o discutido na seção sobre rotas de exposição do Relatório Final. A rota de exposição relacionada à água para consumo é discutida como uma rota de exposição futura, e no Quadro 10 é apresentada como uma rota de exposição no presente e passado. Estas informações devem ser corrigidas, evitando interpretações errôneas dos resultados apresentados.” (p. 19)		Concordamos com a necessidade de correção do Quadro 10, de forma que fique harmônico com a Tabela 20.
	30	“O Relatório Final não apresenta uma discussão em relação a identificação das populações receptoras em Mariana e Barra Longa, deixando de fora um elemento fundamental do	“Toda a população do município de Barra Longa é considerada exposta porque as estimativas de exposição ao contaminante cádmio estão acima dos limites de risco mínimo à saúde para todas as	

		<p>estabelecimento das rotas de exposição.” (p. 19)</p>	<p>faixas etárias. Esta condição ocorre pela ingestão (e possível inalação) da poeira contaminada existente tanto nas áreas rurais, como urbanas do município (capítulo VI, pág. 306). Os estudos realizados pelo EPISUS, em 2016 e 2018, tanto descritivo dos atendimentos realizados em todo o município, como por inquérito populacional com amostragem representativa de todo o município, zonas rural e urbana, identificam o aumento de queixas respiratórias e diagnósticos médicos associados com a exposição à poeira, em todas as faixas etárias (capítulo I, pág. 97; capítulo VII, pág. 335). O capítulo VII conclui que existe um perigo para a saúde das populações expostas aos contaminantes definidos através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas, portanto, a</p>	
--	--	---	---	--

			<p>população de Mariana é delimitada pela condição de existência de exposição às partículas da poeira domiciliar ou solo.</p> <p>O capítulo VII conclui que existe um perigo para a saúde das populações expostas aos contaminantes definidos através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas, portanto, a população de Mariana é delimitada pela condição de existência de exposição às partículas da poeira domiciliar ou solo contaminados, ou seja, pessoas que vivam ou frequentem locais onde haja contato com a poeira contaminada.” (p. 44-45)</p>	
7. Implicações à saúde pública	31	<p>“O estudo realizado pela Ambios não contemplou o levantamento de informações específicas a respeito das taxas de ingresso no organismo humano. Nesse</p>	<p>“As taxas “standard” para ingestão de solo e poeira aplicadas para crianças (0,0002 kg/dia ou 200mg/dia) e adultos (0,0001 kg/dia ou 100 mg/dia) foram aplicadas no Estudo de</p>	

<p>7.1 Cálculo da dose de exposição</p> <p>7.1.2 Taxa de Ingresso de Substâncias Químicas no Organismo Humano</p>	<p>sentido, a Ambios utilizou valores de taxa de ingresso pré-definidos.” (p. 20)</p> <p>“A Ambios assume a mesma taxa de ingestão tanto para ingestão de solo quanto para ingestão de poeira, sendo: 200 mg/dia para crianças de todas as idades abaixo de 17 anos; e 100 mg/dia para adultos.</p> <p>Para ambas as taxas de ingestão, a Ambios não justifica o uso desses valores, os quais não são consistentes com as orientações mais atuais de exposição a solo e poeira publicadas pela USEPA em 2017.” (p. 21) [...]</p> <p>Ao aplicar as taxas de ingestão sugeridas pela USEPA (que são baseadas nos mais recentes estudos científicos relacionados aos fatores de exposição ao solo e à ingestão de poeira) na equação citada pelas Diretrizes do MS, as doses de exposição são reduzidas em cerca de 50% quando</p>	<p>Avaliação de Risco realizado em Santo Amaro da Purificação/BA, em uma situação de contaminação do solo por metais oriundos dos rejeitos de uma mineradora. As condições de vida e exposição da população observadas no Estudo de AR de Santo Amaro eram semelhantes às observadas neste Estudo. Em Santo Amaro, como no presente Estudo, não havia também os parâmetros necessários para o cálculo das doses dos contaminantes aderidos à poeira e inalados. A não estimativa da dose de inalação dos contaminantes de interesse na poeira determina na verdade uma subestimativa da dose de exposição total às quais crianças e adultos estão expostos. Sob esta condição, a equipe de ARSH fez a opção de manter a escolha do uso dos mesmos parâmetros utilizados no Estudo de avaliação de risco de Santo Amaro, considerado</p>	
---	---	---	--

		<p>comparadas aos resultados da Ambios” (p. 22) [...]</p> <p>Ao comparar os resultados da Tabela 7-4 com a soma das doses de exposição calculadas pela Ambios para ingestão de solo e poeira, os resultados da Ambios são duas vezes mais altos, corroborando a superestimativa da dose de exposição.” (p. 23)</p>	<p>adequado e aceito segundo as Diretrizes do MS.” (p. 34)</p>	
<p>7.2 Comparaç ão do nível de exposição com “Valores de Referência ”</p>	<p>32</p>	<p>“Dentre os valores de referência ambientais criados pela ATSDR, encontram-se os parâmetros denominados EMEGs (Environmental Media Evaluation Guidelines – Guias de Avaliação dos Compartimentos Ambientais), mencionados na seção 5 (Seleção de Contaminantes de Interesse) das Diretrizes do MS para ARSH, e que são calculados com base nos MRLs desenvolvidos pela ATSDR. Além dos EMEGs, a ATSDR desenvolveu também valores de referência ambientais denominados RMEGs</p>	<p>“A ATSDR utiliza os valores das EMEGs somente na condução de procedimentos de triagem para um grande local. Substâncias encontradas em concentrações acima do EMEG exigem avaliação adicional antes de se chegar a uma conclusão de saúde pública. A ATSDR enfatiza que as EMEGs são apenas valores de triagem e não são indicadores de efeitos adversos à saúde pública.[...]</p> <p>Da mesma forma como com as EMEGs, a ATSDR utiliza as RMEGs somente como uma ferramenta de triagem na</p>	

	<p>(Reference Dose Media Evaluation Guides – Guias de Avaliação de Compartimentos Ambientais a partir de Doses de Referência), que são calculados com base nas doses de referência de exposição oral crônica da USEPA.</p> <p>O relatório final da Ambios não faz menção a esses valores de referência ambientais, mesmo sendo existentes para exposição crônica aos compostos químicos selecionados como contaminantes de interesse, com exceção de cobre e chumbo.” (p. 24)</p>	<p>definição de diretrizes ambientais onde concentrações encontradas acima dessas guias exigem uma avaliação adicional antes de tirar uma conclusão de saúde pública. Ou seja, os RMEGs servem apenas como valores de triagem e não indicadores de riscos para a saúde pública.” (p. 41-42)</p>	
33	<p>“Conforme a ATSDR (2005a), na ausência de MRLs, “RfDs ou RfCs da USEPA devem ser utilizados”. A Ambios não segue essa determinação em seu relatório final, e não discute sobre os valores de dose de referência da USEPA</p>	<p>“Na referência indicada (Heast Table 1: Subchronic and Chronic Toxicity other than Carcinogenicity. July 1997) trata-se de ingestão de uma dose única oral de 1.3 mg/L causando irritação do sistema digestivo (pág. 073). Esta concentração (1.3 mg/L) é</p>	

	<p>para os compostos selecionados como contaminantes de interesse. Como exemplo, a Ambios afirma que não existem doses de referência estabelecidas para exposição crônica oral ao cobre, mesmo existindo valor de RfD para esse composto, determinado nas tabelas HEAST desenvolvidas pela USEPA (ver Seção 7.3.2 deste Parecer Técnico).” (p. 24)</p>	<p>referida como valor standard atual (1997) para água de consumo humano. Não consta desta tabela uma dose de exposição (RfD) em mg/kg/dia. A referência utilizada na construção da tabela, DWCD (1987) concluiu que os dados de toxicidade foram inadequados para o cálculo de uma RfD para exposição crônica para o Cobre (005374 US EPA. 1987. Drinking Water Criteria Document for Copper. Prepared by The Office of Health and Environmental Assessment. Environmental Criteria and Assessment Office. Cincinnati. OH for The Office of Drinking Water. Washington. DC).</p> <p>No documento HEAST é descrito que a informação referente à avaliação de risco à saúde do contaminante cobre listada é provisória [RfD] e ainda não teve uma revisão consistente para a existência de</p>	
--	--	---	--

		<p>consenso quanto à qualidade da informação (pg. 6): [...]</p> <p>Quando considerada na forma acima descrita na tabela HEAST, “provisional”, a dose não está referida como parte do sistema IRIS, o qual é o repositório oficial da USEPA das informações de avaliação de risco à saúde por exposição crônica que têm amplo consenso na EPA. Segundo documentos constantes no site da USEPA IRIS^{8,9} a última revisão significativa realizada para o cobre foi em 07 de setembro de 1988. Com base nestas considerações, a equipe de avaliação de risco mantém o entendimento e afirmativa referente à não existência de limite de referência estabelecido (MRL ou RfD) para a exposição crônica ao cobre por ingestão” (p.37)</p>	
34	<p>“A avaliação de risco à saúde humana deve incluir um resumo do processo de comparação das doses de</p>		<p>Trata-se de recomendações gerais específicas da ATSDR (2005) para realizar a apresentação dos resultados obtidos. Consideramos que é relevante</p>

	<p>exposição com os valores de referência de saúde. Esse resumo deve ser escrito em termos não-técnicos e deve incluir uma descrição do uso e das limitações desse tipo de comparação;</p> <p>Esse resumo deve salientar que o processo de estimativa das doses de exposição e comparação com os valores de referência é uma etapa de triagem das substâncias;" (p. 24-25)</p>		<p>a inclusão do resumo mencionado, ainda que isto não seja exigido explicitamente nas Diretrizes do MS.</p>
35	<p>"O documento de avaliação de risco à saúde humana deve indicar claramente todas as considerações utilizadas para a seleção das concentrações das substâncias químicas de interesse, valores de referência ambientais, variáveis para a estimativa da dose de exposição e valores de referência de saúde;" (p. 24-25)</p>		<p>Trata-se de recomendações gerais específicas da ATSDR (2005) para realizar a apresentação dos resultados obtidos. Em geral o relatório da Ambios atentou-se a esses aspectos.</p>
36	<p>"Deve também ser indicado claramente quais substâncias foram selecionadas para uma</p>		<p>Trata-se de recomendações gerais específicas da ATSDR (2005) para realizar a apresentação dos resultados</p>

		avaliação mais detalhada da exposição e o porquê dessa seleção; assim como quais substâncias foram determinadas como não tendo potencial de representar perigo à saúde e o porquê.” (p. 25)		obtidos. Em geral o relatório da Ambios atentou-se a esses aspectos.
7.3 Estabelecimento das implicações sobre a saúde das populações expostas das localidades de Mariana e Barra Longa	37	“Absorção dérmica não é considerada uma via de exposição para a rota de exposição de poeira domiciliar apresentada pela Ambios no Capítulo V do relatório final. A seção de implicações à saúde apresentada no relatório final da Ambios deve ser consistente com as rotas de exposição apresentadas no Capítulo V, e o texto deve ser reescrito de forma a deixar claro quais vias de exposição são consideradas para cada compartimento ambiental. Caso a Ambios considere que absorção dérmica é uma via de exposição da rota de exposição de poeira domiciliar, devem ser		<p>No caso, a tabela 25 do Capítulo V no relatório da Ambios, de fato na inclui a poeira domiciliar como rota de exposição completa por poeira contaminada. O trecho salientado pela NewFields é o seguinte:</p> <p>“existe um perigo para a saúde das populações expostas aos contaminantes definidos através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas.”</p> <p>No caso trata-se de uma questão de adequação da redação realizada, de forma que a absorção dérmica se refira apenas ao solo superficial.</p>

	apresentados argumentos devidamente embasados em estudos científicos disponíveis, que indiquem que esta é uma rota relevante para indivíduos expostos à poeira domiciliar.” (p. 25)		
38	<p>“Para embasar sua principal conclusão, a Ambios afirma que seus estudos ambientais observaram concentração de cádmio no solo superficial acima dos limites de segurança, estando a população exposta à estas concentrações desde o rompimento da barragem de Fundão. Considerando que esta consideração é baseada no resultado de um único evento de amostragem, a Ambios deve esclarecer qual o seu critério para considerar tal ocorrência temporal (3 anos) da concentração detectada. Além disso, salienta-se novamente que, como a Ambios não considerou localidades de referência e o Relatório Final</p>	<p>Vide questionamento ID 17 quanto às considerações acerca das concentrações basais.</p>	<p>Sobre esse ponto, transcreve-se o Relatório Final da empresa Ambios (p. 283-84): “ [...] sendo a lama depositada nas margens e áreas de várzeas ao longo das drenagens atingidas, em dimensões, massas e volumes ainda não mensurados com precisão, considerando-se também que sua permanência poderá perdurar por décadas, é factível se considerar a lama de rejeitos decorrente do rompimento da barragem de Fundão em Mariana como a fonte primária de emissão dos contaminantes metálicos com potencial de contaminação de outros compartimentos ambientais. [...] Há que se considerar que os contaminantes metálicos, ao contrário de muitos compostos orgânicos, não “desaparecem” ou “degradam” para espécies menos tóxicas. Por outro lado, como já salientado anteriormente, por sua composição granulométrica e</p>

	<p>não apresenta uma discussão sobre as concentrações basais da região estudada, esta ARSH não permite conclusões sobre a correlação entre as detecções encontradas pela Ambios e o rompimento da barragem. Dessa forma, todas as conclusões relacionadas a esta correlação não possuem embasamento técnico.” (p. 25)</p>	<p><i>química, os rejeitos pesados e mais inertes, formados majoritariamente pelos silicatos, devem ter sido carreados prioritariamente para o fundo das drenagens e se depositado em pontos como nas três barragens das hidrelétricas ao longo da bacia do rio Doce. Ou seja, os sedimentos das drenagens atingidas pela lama de rejeito, também contendo os contaminantes metálicos, além de testemunho para sempre da contaminação representará uma fonte de emissão perene desses contaminantes. [...] é indiscutível que a avalanche de lama trouxe uma importante contribuição adicional para os níveis elevados de contaminantes metálicos para toda drenagem principal da área, desde sua emissão a partir do local do rompimento da barragem em Mariana até a foz do rio Doce em Linhares, como demonstrado em estudos posteriores também contratados pela Fundação Renova. O material “mais leve” dos rejeitos da barragem de Fundão, formados primordialmente pelos óxidos e oxihidróxidos de ferro e manganês, reconhecidamente grandes coletores de</i></p>
--	---	--

			<p><i>metais traços, inclusive os altamente tóxicos metais pesados, constitui, desde o momento de rompimento da barragem de rejeitos, o material sobrenadante que inundou as margens e várzeas das drenagens atingidas. É este material, de permanência quase perene ou por muitas décadas, que formou o “novo solo” superficial nas áreas de deposição da lama. Além de seu arraste para as drenagens, principalmente pelas águas das chuvas, formando o “novo sedimento”, quando seco, será transportado na forma de poeira, inclusive para as áreas residenciais. As demais possíveis contaminações de outros compartimentos ambientais se dão a partir desses mecanismos centrais. A forma e intensidade como isto se dará no futuro, ocasional e localmente, é de difícil previsão.”</i></p>
39	<p>“A Ambios também afirma que não é possível calcular as doses de exposição por inalação de partículas de poeira. Essa afirmação é correta para as áreas avaliadas no município de Mariana.</p>		<p>Sobre a qualidade do ar em Barra Longa e os resultados, dados e informações do monitoramento realizado pela Fundação Renova, ressaltamos e reafirmamos as considerações e conclusões exaradas na Nota Técnica</p>

		Entretanto, existem estações de monitoramento da qualidade do ar em Barra Longa que fornecem informações relevantes para avaliação da exposição a partículas de poeira relacionadas às atividades de recuperação da área urbana de Barra Longa, incluindo a caracterização química do material particulado em suspensão na atmosfera de Barra Longa, feita pela empresa Ecosoft em 2016 (Ecosoft, 2017). A Ambios teve acesso a essas informações, porém, não discute ou avalia os resultados de monitoramento da qualidade do ar em Barra Longa em nenhum momento em seu relatório final.” (p. 25)		Intercâmaras CT-Saúde/CT-GRSA nº 01/2020.
7.3 Estabelecimento das implicações sobre a saúde das populações	40	“Cabe ressaltar que as doses de exposição da Ambios são superestimadas, conforme discutido na seção 7.1.2 deste documento. Apesar disso, utilizando as taxas de ingestão de solo e poeira	Vide questionamento ID 33	

<p>expostas das localidades de Mariana e Barra Longa</p> <p>7.3.1 Cádmi</p>	<p>atualizadas da USEPA (2017), o MRL de exposição crônica oral ao cádmio também é excedido para crianças com menos de 1 ano para Mariana e para todas as faixas etárias de Barra Longa – considerando as concentrações máximas detectadas nessas localidades.” (p. 26)</p>		
	<p>41 “Um ponto a ser também levado em consideração na avaliação da exposição ao cádmio diz respeito a comparação com concentrações basais e avaliação de todas as fontes de contaminação existentes nas áreas de estudo. A avaliação de concentrações basais é um requisito das Diretrizes do MS para ARSH que não é apresentado pela Ambios, assim como a discussão da distribuição espacial e temporal dos contaminantes.” (p. 26)</p>	<p>Ver questionamento ID 17</p>	<p>Vide comentários feitos no item 40.</p>

<p>7.3 Estabelecimento das implicações sobre a saúde das populações expostas das localidades de Mariana e Barra Longa</p> <p>7.3.2 Cobre</p>	<p>42</p>	<p>“Em sua seção sobre cálculo das doses de exposição aos contaminantes de interesse a Ambios afirma que a utilização do MRL definido para exposição intermediária “falha ao dimensionar adequadamente o risco da ocorrência de efeitos à saúde em situações de exposição crônica” e que, em geral, observa-se uma associação positiva entre maior duração de exposição e ocorrência de efeitos adversos à saúde. Essa afirmação não está correta, considerando o processo de desenvolvimento dos MRLs feito pela ATSDR.</p> <p>Conforme o Apêndice G da ATSDR (2005a), os MRLs são desenvolvidos quando existem dados suficientes e confiáveis para identificar órgãos alvo dos contaminantes e/ou os efeitos a saúde mais sensíveis relacionados à uma determinada duração de exposição para uma via de</p>	<p>O entendimento deste GT-Estudos é que a Ambios ao mencionar que “o uso de um limite de risco mínimo para exposição intermediária falha em dimensionar adequadamente o risco da ocorrência de efeitos à saúde em situações de exposição crônica” está simplesmente reconhecendo que não se pode adotar o MRL para exposição intermediária – para o qual se dispõe de um valor - no contexto do estudo em questão, que envolve exposição crônica. Inferimos, pelo comentário da NewFields, mencionando o Apêndice G da ATSDR (2005), que esta também não veria como adequada tal utilização.</p>
--	------------------	---	---

		<p>exposição específica. Dessa forma, a ausência de um MRL definido para exposição crônica não necessariamente implica no fato de que a essa exposição estaria relacionada à maior ocorrência de efeitos adversos à saúde (como exposto pela Ambios), mas sim que não existem estudos conclusivos e confiáveis para permitir a elaboração de MRL para exposição crônica.” (p. 26-27)</p>		
	43	<p>“Adicionalmente, não é correto afirmar que não existe dose de referência oral para cobre. A USEPA desenvolveu as tabelas HEAST (Health Effects Assessment Summary Tables), que apresentam dose de referência (RfD) oral para cobre, que inclusive é utilizada para a determinação dos valores de referência da USEPA denominados Regional Screening Level’s. Conforme exposto anteriormente, o uso dos</p>	Vide questionamento ID 37	

		valores de RfD é recomendado pelas Diretrizes do MS.” (p. 27)		
<p>7.3 Estabelecimento das implicações sobre a saúde das populações expostas das localidades de Mariana e Barra Longa</p> <p>7.3.3 Chumbo</p>	44	<p>“É correto afirmar que não existem valores de referência de saúde (MRL e RfD) para exposição crônica ao chumbo. Entretanto, existem metodologias consolidadas e validadas, desenvolvidas pela USEPA, para avaliar a exposição ao chumbo em crianças (de 0 a 7 anos) e/ou adultos através dos compartimentos ambientais solo e poeira: o modelo Integrated Exposure Uptake BioKinetic (IEUBK) para avaliação de exposição de crianças ao chumbo; e o Adult Lead Model (ALM) para avaliação de exposição de adultos ao chumbo. As crianças são tipicamente consideradas o receptor mais sensível; portanto, se a exposição estimada para crianças não for significativa, é improvável que as</p>	<p>A Ambios questiona a utilização do IEUBK “Porque são modelos teóricos que sugerem cenários de exposição, não estabelecem a presença ou ausência de perigo à saúde. Eles referem uma média geométrica estimada de chumbo no sangue, a partir de uma faixa de concentração específica no meio ambiental na área estudada, e a probabilidade estimada de concentrações de chumbo no sangue acima do valor de referência, naquela área estudada. A proposta metodológica utilizada neste estudo de avaliação de risco, preconizada pelo Ministério da Saúde, exige o estabelecimento da existência ou não de perigo à saúde.</p> <p>O contaminante chumbo foi encontrado na poeira em Mariana, o que permite uma</p>	

	<p>exposições de adultos sejam relevantes.</p> <p>[...]</p> <p>Os cálculos do IEUBK podem ser facilmente executados para os dados de Mariana e Barra Longa; no entanto, um nível alvo de chumbo no sangue deve ser definido. Cálculos iniciais no modelo IEUBK foram realizados pela NewFields e indicam que, se um nível alvo de chumbo no sangue de 10 µg/dL – valor abaixo dos resultados encontrados na população de estudo de da Rocha Silva et al (2018) – fosse utilizado, uma exposição significativa ao chumbo não ocorreria. Um nível alvo de chumbo no sangue de 10 µg/dL (comparado ao valor de 5 µg/dL utilizado nos EUA) seria um valor apropriado para a realidade brasileira, dado o valor do percentil 97,5% de 13,9 µg/dL</p>	<p>diversidade de vias de exposição (inalação, ingestão, contato dérmico) e faixas etárias, com particular preocupação para as crianças menores de 5 anos. Paralelamente, embora para esta faixa etária a concentração de 5 µg/dL em sangue seja considerada limítrofe, vários estudos têm assinalados efeitos sobre o desenvolvimento neuromotor, em especial na exposição intra-útero e em recém-natos, com concentrações na faixa de 3.5µg/dL.” (p. 38)</p>	
--	---	--	--

		observado no estudo de da Rocha Silva et al (2018).” (p.27-28)		
<p>7.3 Estabelecimento das implicações sobre a saúde das populações expostas das localidades de Mariana e Barra Longa</p> <p>7.3.4 Níquel</p>	45	<p>“É incorreto afirmar que não existem parâmetros científicos para avaliar exposição crônica ao níquel. A ATSDR possui RMEGs que devem ser utilizados para avaliação das concentrações de níquel observadas nos compartimentos ambientais amostrados. [...]</p> <p>Este limiar é significativamente maior que a maior dose de exposição (0,0017 mg/kgPC, considerando o exposto na seção 7.1.2) associada ao níquel em Barra Longa considerando a ingestão de solo e poeira. Assim, para aquelas crianças que apresentam sensibilização pré-existente ao níquel, a dose potencial de exposição estimada em Barra longa não apresenta risco toxicológico significativo. [...]</p>	<p>“17) Por que não são apresentadas discussões relacionadas à indução de tolerância oral por níquel?</p> <p>Porque os estudos que observam a indução de tolerância oral são experimentais, controlados para a via de exposição, tempo de exposição e dose de exposição. No caso da área de estudo existem múltiplas vias de exposição (oral, contato dérmico, inalação) em uma população heterogênea quanto ao sexo, faixa etária, história de sensibilização prévia, história familiar de alterações imunológicas (alergias), temporalidade e dose de exposição. As condições de exposição ao cobre descritas nos estudos referentes à tolerância oral, não são similares às condições de</p>	

		<p>Desta maneira, utilizar o princípio da precaução como justificativa para considerar todas as faixa etárias com exposição significativa ao níquel é incorreto e não justificado por (i) cálculos reais da dose de exposição que compreendam crianças alérgicas ou previamente sensibilizadas ao níquel e limites de novas exposições que possam desencadear um efeito adverso, e (ii) uma consideração do fenômeno de indução de tolerância oral.” (p. 29)</p>	<p>exposição observadas em Barra Longa.</p> <p>A avaliação das implicações à saúde decorrentes da exposição a um contaminante de interesse em um estudo de avaliação de risco tem por objeto final a recomendação de ações de saúde pública que construam protocolos de investigação e monitoramento clínico da população exposta.” (p. 43)</p>	
<p>7.3 Estabelecimento das implicações sobre a saúde das populações expostas das localidades de Mariana e</p>	<p>46</p>	<p>“Embora a Ambios tenha selecionado zinco como um contaminante de interesse para as vias de exposição de ingestão e inalação de poeira no passado, presente e futuro, e terem sido calculadas doses de exposição ao zinco pela ingestão de poeira, a exposição ao zinco não é discutida na seção relacionada às implicações</p>	<p>“Porque a definição de contaminante de interesse refere-se ao contaminante estar em concentrações acima dos valores de segurança utilizados para comparação no meio ambiental em estudo. A análise dos possíveis riscos à saúde é realizada a partir desta classificação. O zinco não apresentou doses de exposição que indicassem risco à saúde, por isto recomendações de</p>	<p>Nesse caso devem ser observadas as considerações manifestadas na Nota Técnica CT-Saúde nº 28/2020</p>

<p>Barra Longa</p> <p>7.3.5 Zinco</p>		<p>para a saúde humana do Relatório Final. [...]</p> <p>Tendo em vista o exposto acima, zinco não deve ser incluído como um composto de interesse na seção de recomendações de saúde apresentadas pela Ambios.” (p. 29)</p>	<p>saúde específicas não foram realizadas, porém, o contaminante permanece como de interesse, pois esta é uma definição oriunda da avaliação ambiental.” (p. 43)</p>	
<p>7.3 Estabelecimento das implicações sobre a saúde das populações expostas das localidades de Mariana e Barra Longa</p> <p>7.3.6 Considerações Adicionais</p>	<p>47</p>	<p>“O Relatório Final utiliza este princípio para concluir sobre as implicações na saúde, citando a falta de parâmetros conhecidos para a exposição humana e uma subestimativa de exposição para os municípios estudados. A Ambios está utilizando o princípio da precaução até mesmo em situações onde existem dados científicos para estimar a exposição, por exemplo: os cálculos para exposição da Ambios (dados científicos) determinam que concentrações de cobre em Mariana excedem o limite de risco mínimo a saúde para crianças de até 1 ano em casos</p>		<p>Em decorrência das recomendações da ARSH, um dos objetivos das ações de atenção integral à saúde, que inclui monitoramento da população é caracterizar a exposição visando a delimitação de grupos conforme a intensidade da exposição e estabelecimento de condutas de cuidado à saúde.</p>

		de ingestão de poeira; a partir disto, eles consideram que existe exposição crônica (que não pode ser concluída sem a avaliação de dados históricos) e usa o princípio da precaução para extrapolar o risco para todas as faixas etárias, e não apenas para ingestão mas para inalação e absorção dérmica.” (p. 29-30)		
7.4 Respostas às preocupações da comunidade e	48	“Diferente da abordagem realizada no levantamento das preocupações da comunidade, na qual a Ambios trata as preocupações de Mariana e Barra Longa separadamente, a Ambios responde às preocupações de maneira agrupada. Conforme descrito anteriormente, o agrupamento de áreas distintas não é recomendado pelo MS, tanto pelo fato de as preocupações das comunidades serem distintas, quanto pelo fato de as áreas serem fisicamente diferentes (contaminantes de		No caso trata-se de uma questão de adequação da redação realizada, trazendo maior clareza ao tratamento dado entre as preocupações levantadas e as respostas às mesmas.

		<p>interesse diferentes). Sendo assim, as preocupações devem ser respondidas em separado para cada área de estudo. As preocupações da comunidade relacionadas a câncer, labirintite, Alzheimer, problemas oftalmológicos e o consumo de carne não foram respondidas no estudo da Ambios” (p. 30)</p>		
7.4.1 Poeira	49	<p>Conforme discutido na Seção 6.4, como a Ambios não considerou localidades de referência e o Relatório Final não apresenta uma discussão sobre as concentrações basais da região estudada, essa ARSH não permite conclusões sobre a correlação entre as detecções encontradas pela “Ambios e o rompimento da barragem. Dessa forma, todas as conclusões relacionadas a esta correlação não possuem embasamento técnico.</p>		Vide item 40.

		<p>Em seguida a Ambios afirma que “a poeira domiciliar analisada a partir dos estudos ambientais está contaminada por cádmio, chumbo, níquel, cobre e zinco.” Entretanto, a Ambios não indica para qual município esta afirmação é aplicável. É importante destacar que os dados de poeira de Mariana não apresentam resultados acima do valor de referência para níquel. Da mesma forma, os dados de poeira para Barra Longa não apresentam resultados acima dos valores de referência para chumbo. Generalizar os resultados detectados para ambos os municípios não é apoiado pelas Diretrizes do MS.” (p. 30-31)</p>		
7.4.2 Dengue, Febre Amarela e Saúde Mental	50	<p>“a) Dengue: Utilizando dados do SINAN, a Ambios realiza uma comparação dos dados de casos dengue em 2015 e 2016 para Mariana e Barra Longa e,</p>		<p>O relatório da Ambios relata os principais agravos e doenças mencionados pelos profissionais de saúde e população atingida de Barra Longa, entre eles o aumento do número de casos de dengue no município após</p>

	<p>também, compara estes dados com dados de municípios de aporte populacional semelhante a estes. A conclusão apresentada pela Ambios para ambos os municípios é que houve aumento nos casos de dengue quando se compara 2015 e 2016, mas que este aumento também é evidenciado nos municípios de referência, o que indica um aumento generalizado de casos no Brasil entre 2015 e 2016. Entretanto, para ambos os municípios, a Ambios conclui que estudos detalhados deveriam ser conduzidos para realização de uma avaliação adequada. O texto não apresenta argumentos para requerer informações adicionais para avaliação da ocorrência de casos de Dengue nos dois municípios.” (p. 31)</p>		<p>o desastre (página 176), como parte da etapa de levantamento das preocupações da comunidade com a sua saúde, prevista nas Diretrizes do Ministério da Saúde para o processo de elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana. Além disso, de acordo com informações apresentadas no documento “Análise de Agravos Notificados às Bases do DATASUS - Parte 1” (FGV, dezembro de 2019), entre os agravos que tiveram aumento da incidência nos municípios atingidos estão a dengue. Portanto, diante deste cenário, esta CT-Saúde entende como factual a recomendação de realização de estudos mais detalhados, conforme apontado no estudo da Ambios.</p>
51	“b) Febre Amarela:		Idem.

	<p>A Ambios menciona um boletim epidemiológico publicado pelo Ministério da Saúde em 2017, que afirma que em 2017 o Brasil passaria por um dos maiores surtos de febre amarela da história recente. O texto também salienta que houveram casos de febre amarela em municípios vizinhos não atingidos e que muitos casos de Mariana ocorreram em localidades não atingidas.</p> <p>Para Mariana é concluído que mais estudos são necessários para avaliar a situação e para Barra Longa não é apresentada uma conclusão. O texto não apresenta argumentos para requerer informações adicionais para avaliação da ocorrência de casos de febre amarela nos dois municípios.” (p. 31)</p>		
--	--	--	--

5. Conclusões

O conjunto de questões das empresas pareceristas e as respectivas respostas assinaladas no quadro acima apontam para a diferença do olhar dos profissionais sobre o objeto (problema ambiental ou problema de saúde-ambiente). O objetivo do olhar voltado para caracterização ambiental requer analisar especificidades cujas conclusões não atendem às especificidades requeridas para responder às necessidades de cuidado e atenção integral à saúde individual e coletiva das pessoas afetadas.

Dessa forma, com base nas análises e considerações aqui manifestadas, conclui-se que:

(i) o estudo conduzido pela empresa Ambios atendeu aos requisitos, parâmetros e critérios da metodologia do Ministério da Saúde para Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana, podendo suas conclusões e recomendações serem utilizadas e empregadas para adoção das ações de saúde no âmbito do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada;

(ii) é necessário que a empresa apresente manifestação e considerações sobre as pontuações aqui elaboradas, no formato de um apêndice a ser incluído no Relatório Final;

(iii) o documento intitulado *Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG)* deve ser considerado nulo e inválido devido aos evidentes conflitos de interesses identificados, não devendo ser utilizado ou considerado para adoção das ações de saúde no âmbito do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada;

As análises e considerações aqui apresentadas coadunam e reforçam as conclusões já expressas nas manifestações desta CT-Saúde, através das Notas Técnicas CT-Saúde nº 28/2020 e 40/2020.

6. Recomendações

Recomenda-se, portanto, que sejam adotadas as seguintes medidas:

1. Que seja determinado à Fundação Renova o início imediato de tratativas junto ao Ministério da Saúde, Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais e Secretarias de Saúde dos municípios de Mariana e Barra Longa para implementar, de forma célere, às ações de proteção e cuidado à saúde das populações expostas conforme recomendado no relatório de ARSH;

2. Considerar nulo e inválido o *Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG)*, não devendo ser utilizado ou considerado para adoção das ações de saúde no âmbito do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada;

3. Que seja determinado à Fundação Renova a retirada imediata do *Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG)* de todos os meios e canais de comunicação da Fundação Renova;

4. Que seja determinada a retomada das demais fases previstas do estudo conduzido pela empresa Ambios, devendo ser apresentado planejamento de retomada pela empresa contratada, observando as restrições sanitárias impostas pelo contexto da pandemia da COVID-19, no prazo de 20 dias da aprovação desta recomendação para análise técnica da CT-Saúde.

Equipe Técnica Responsável pela elaboração deste Nota Técnica:

Roberto da Costa Laperrière Junior – Secretaria de Estado da Saúde do Espírito Santo

Thais Cavendish – Ministério da Saúde

Felipe Nisiyama – Ministério da Saúde

Rita Daniela Fernandez Medina – FGV/MPF

Ana Rosa Linde – FGV/MPF

Alyne Chirmici – Ramboll/MPF

Sergio Rossi Ribeiro – Ramboll/MPF

Prof. Dr. Heleno Rodrigues Corrêa Filho - Universidade de Brasília (UnB)

Prof. Dr. Herling Gregorio Aguilar Alonzo - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Prof. Dr. Volney Câmara - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Prof. Dr. Carlos Machado de Freitas - Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ)

Prof. Dr. Guilherme Franco Netto – Coordenador do Programa de Saúde, Ambiente e Sustentabilidade da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ)

Nota Técnica aprovada em 18/12/2020, como encaminhamento da 37ª Reunião Ordinária da CT-Saúde

GIAN GABRIEL Assinado de forma digital por
GIAN GABRIEL
GUGLIELMELLI: GUGLIELMELLI:12242421654
12242421654 Dados: 2020.12.21 22:56:25
-03'00'

Gian Gabriel Guglielmelli

Coordenador – CT-Saúde

Em atenção ao artigo 38 do Regimento Único das Câmaras Técnicas do Comitê Interfederativo, registra-se as manifestações de divergências expressas pela

representação da Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (SES/MG) na forma que se segue:

Com relação ao item 4.1 e Recomendação 2 – A SES/MG se abstém de qualquer manifestação sobre o referido relatório.

Com relação ao item 4.4 – A SES/MG mantém seus entendimentos, com base nos princípios do federalismo, autonomia dos entes federados e atribuições comuns (art. 15, Lei Federal 8080/90).

Com relação ao id. 18 do item 4.5 – A SES/MG tem a posição da necessidade de realização de avaliação espacial e temporal dos dados ambientais disponíveis para Mariana e Barra Longa, conforme especificado pelas Diretrizes do Ministério da Saúde em sua Seção 5.1.1, assinalando as tendências ao discutir os dados, considerando a distribuição espacial, os ‘pontos críticos’, as mudanças de concentração no tempo e as diferenças de contaminação entre os compartimentos ambientais, conforme já apontado pela NewFields. Tendo em vista a possibilidade de metais se tornarem biodisponíveis e serem absorvidos por vegetais e gramíneas no futuro, bem como pela conclusão de que a produção de alimentos na área ao entorno poderia ser impactada pela poeira causada pelo ‘novo’ solo superficial, a referida avaliação é considerada importante e deve constar no documento.

Com relação a Recomendação 3 – A SES/MG entende que a retirada dos documentos dos portais não é a melhor solução. John Stuart Mill, em “A Liberdade”, preceitua: “Todo o silenciar de uma discussão constitui uma pressuposição de infalibilidade. Pode-se deixar que a sua condenação assente neste argumento comum, que não é pior por ser comum”. (Cap. 2) A proposta de retirada de informações censura e suprime a liberdade e priva a sociedade da possibilidade da discussão e aprimoramento da verdade.

Com relação a Recomendação 4 – A SES/MG entende que é essencial a continuidade dos Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana. Entretanto, ante o princípio da Impessoalidade, que rege a Administração Pública, bem como da Livre Concorrência, discorda que seja realizado o apontamento nominal de empresas. Ainda, pondera pelas Deliberações do CIF, em especial a Deliberação 374/20, baseado no Relatório Técnico nº 1/FEAM/DIGA/2020, que já apontava pela necessidade da discussão conjunta entre saúde e meio ambiente, bem como a necessidade de se aguardar a conclusão dos encaminhamentos de reunião intercâmaras entre CT-GRSA e CT-Saúde, em 20/11/2020.

Anexo II-1

NOTA TÉCNICA INTERCÂMARAS CT-SAÚDE/CT-GRSA nº 01/2020

ASSUNTO: Análise do Parecer Técnico da Fundação Renova sobre a Deliberação CIF nº 403

1. INTRODUÇÃO

O rompimento da Barragem de Fundão em Mariana, Minas Gerais, no dia 05 de novembro de 2015 provocou a sedimentação de rejeitos provenientes dos processos de beneficiamento do minério de ferro no distrito de Bento Rodrigues e Santa Cruz do Escalvado, mais precisamente, nas zonas de planícies de inundação. A fim de estabelecer ações de reparação, restauração e reconstrução, foi estabelecido, por meio do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC), a execução de programas socioeconômicos e socioambientais capazes de reestabelecerem a qualidade ambiental e populacional.

Diante da situação, tornou-se evidente a necessidade da remoção dos rejeitos em alguns pontos, construção de vias de acesso, realização de obras civis, dentre demais atividades no âmbito da engenharia, portanto, frente a esse segmento, tornou-se evidente a emissão de material particulado na atmosfera, fator que se encontra intrinsecamente relacionada à saúde humana e qualidade ambiental.

No dia 19 de dezembro de 2019, foi expedida, no âmbito da Ação Civil Pública 69758-61.2015.4.01.3400, uma decisão que homologou alguns eixos prioritários temáticos com o objetivo de solucionar os principais desafios enfrentados no contexto do rompimento da barragem de Fundão. Nessa conjuntura foram estabelecidas, respectivamente a cada eixo prioritário, as entregas a serem apresentadas pela Fundação Renova ao Comitê Interfederativo (CIF), o qual reportará ao juízo, com subsídio técnico dos órgãos competentes, suas considerações a respeito dos estudos, avaliações, projetos, relatórios, cronogramas, planos de ação e demais documentos encaminhados.

Nesse contexto, insere-se o Eixo 2, focado nos estudos para avaliação do risco à saúde humana e ecológico, ambos provenientes da exposição direta ou indireta à contaminantes relacionados ao rompimento da barragem de Fundão.

A instauração do Eixo Prioritário 2 – Risco à Saúde Humana e Risco Ecológico (Processo 1000260-43.2020.4.01.3800) após decisão judicial proferida pelo juízo da 12ª Vara Federal Cível e Agrária da Seção Judiciária do Estado de Minas Gerais estabeleceu, entre as obrigações fixadas na decisão, o item 14 conforme segue:

“Apresentar ao Sistema CIF para manifestação técnica, e posterior validação e homologação judicial, proposta para a adoção de medidas efetivas para a redução de poeiras nas residências situadas nas localidades atingidas pela lama de rejeitos e equipamentos públicos, com os dados e indicadores de monitoramento que demonstrem a efetividade da mesma”.

Em resposta à obrigação estabelecida através do Item 14 do Eixo Prioritário nº 2, a Fundação Renova apresentou em 31 de março de 2020 o documento intitulado “Ações Realizadas pela Fundação Renova para redução de poeira para o ar”.

Anteriormente, a CT-Saúde já havia apresentado considerações a respeito do documento, por meio do Ofício CT-Saúde/CIF nº 11/2020 (Anexo 2). A partir da avaliação da CT-Saúde, o Comitê Interfederativo (CIF) definiu a rejeição da entrega do Item 14 do Eixo Prioritário 2 e a entrega de nova versão aos órgãos ambientais de Minas Gerais e do Espírito Santo com as adequações solicitadas através da Deliberação CIF nº 403 (Anexo 3) para análise e manifestação.

No âmbito das decisões judiciais da 12ª Vara Federal Cível e Agrária da Seção Judiciária do Estado de Minas Gerais, vem as Câmaras Técnicas de Saúde (CT-Saúde) e de Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental (CT-GRSA) apresentarem manifestação técnica ao Comitê Interfederativo, para subsidiar sua manifestação ao juízo da 12ª Vara Federal Cível e Agrária da Seção Judiciária do Estado de Minas Gerais, a respeito da adoção de medidas efetivas para a redução de poeiras nas residências situadas nas localidades atingidas pela lama de rejeitos e equipamentos públicos.

2. ANÁLISE

No documento “Parecer Técnico – Deliberação CIF nº 403 (agosto/2020)” a Fundação Renova contrapõe o ofício CT-Saúde/CIF nº 11/2020 diferenciando a abordagem metodológica GAISMA (Gestão Ambiental Integrada para Saúde e Meio Ambiente) do Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG).

O Relatório de Consolidação elaborado pela Fundação Renova executou uma avaliação e análise sobre dois estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana contratados pela Fundação Renova. Um destes estudos, aquele conduzido pela empresa Tecnohidro, seguiu a abordagem metodológica da GAISMA. Além disso, a análise realizada no Relatório de Consolidação seguiu e adotou premissas estabelecidas na GAISMA, tais como: a segmentação das áreas de impacto em Região de Exposição Direta (RED); Região de Exposição Indireta (REI); e Região de Não Exposição (RNE); o tratamento dado às substâncias químicas de interesse e os procedimentos adotados para a determinação de correlação com o rompimento da barragem de Fundão, por exemplo.

A consequência desse tratamento por um lado é o enfoque central nos resultados do estudo conduzido pela empresa Tecnohidro, ainda que cite constantemente estar “consolidando” resultados dos estudos conduzidos tanto pela empresa Ambios como pela Tecnohidro.

O documento cita:

“Ressalta-se que, seguindo as Diretrizes do Ministério da Saúde, o Relatório de Consolidação descreve, na seção 6.2, as rotas de exposição independentemente da relação com o rompimento da barragem de Fundão, e estas abrangeram todas as substâncias químicas que apresentaram excedências aos valores regulamentadores ambientais, denominadas Substâncias Químicas de Interesse (SQI).”

Porém, não apresenta todas as substâncias químicas de interesse, afinal, segundo estudo realizado pela AMBIOS, a poeira coletada também apresenta altas

concentrações das substâncias cádmio, chumbo, níquel e zinco, e não apenas de ferro e cobre como apresentado.

Ainda de acordo com o estudo conduzido pela empresa AMBIOS, tendo em vista as concentrações de cádmio, chumbo, níquel, zinco e cobre na poeira coletada em 2018 nas residências avaliadas em Mariana e Barra Longa, a poeira domiciliar consiste em uma rota de exposição completa passada, presente e futura. O Anexo 8 do “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão – MG”, que apresenta o detalhamento dos cálculos de risco à partir dos contaminantes e concentrações detectadas na poeira domiciliar, é reproduzido em anexo à esta Nota Técnica.

O documento discorre que apenas um ponto de coleta domiciliar apresentou concentração de Ferro acima do valor de referência da US EPA e que este não possuía correlação com o desastre ou possuía pontos de alta concentração de ferro no solo de sua proximidade, entretanto, em relatórios de análise química e morfológica das partículas inaláveis presentes nas estações de qualidade do ar de Barra Longa, foram identificadas concentrações diárias e horárias de ferro acima do limite mínimo de risco (MRL) estabelecido (Government of Ontario, 2019).

Nesse aspecto chama atenção o tratamento dado para o elemento Ferro a partir da sua classificação como metal essencial:

Com relação as excedências aos valores de referência de saúde dos metais apresentados acima, tem-se a dizer que tanto o Ferro quanto o Cobre são Metais Essenciais, ou seja, são metais necessários para o bom funcionamento do corpo humano.

Para Ferro, o valor de referência de saúde utilizado foi derivado de estudos que avaliaram a exposição a suplementos de ferro, que são constituídos de Ferro em sua espécie Fe^{2+} , íon ferroso. Destacando que a absorção oral do íon ferroso é aproximadamente três vezes maior que a absorção oral do íon férrico - Fe^{3+} (US EPA, 2006). Nesse sentido, para adequada interpretação dos resultados da quantificação de risco observados para Ferro, devem ser obtidas informações sobre a especificação de Ferro nas amostras coletadas, com o objetivo de identificar a proporção de íon ferroso e íon férrico.

A análise feita e comparação a partir da exposição de ferro presente em suplementos desconsidera questões centrais do campo da toxicologia ambiental e da

exposição ambiental a poeiras de rochas e minerais industriais. Como assinalam Castilhos et al. (2008)¹:

A presença de ferro é um ponto-chave para compreensão das razões da toxicidade dos minerais. Acredita-se que o ferro seja o catalisador da reação entre as espécies reativas de oxigênio (ROS) para produzir radicais hidroxila, um oxidante ainda mais poderoso (Castilhos et al., 2008, p. 970).

A mesma questão apresentada por Castilhos et al. (2008) é abordada no relatório da empresa Ambios ao analisar a rota de exposição “poeira domiciliar”:

Como já se tem relatado e fundamentado na revisão da literatura (ver “Mecanismos de Transporte”), o material particulado mais fino trazido inicialmente pela lama de rejeitos, por sua composição e densidade granulométrica, foi o principal material de deposição nas margens e várzeas das drenagens atingidas. Enquanto o material da barragem de rejeitos mais pesados, principalmente o de composição predominante dos silicatos, foi constituindo as camadas mais profundas no processo de arraste pelas águas, com deposição principal na calha do rio ou nas represas, o material mais leve, constituído pelos óxidos e oxi-hidróxidos de ferro e manganês formaram a “lama sobrenadante” que se espalhou além do leito regular das drenagens atingidas. Os dados da literatura assinalam que justamente este tipo de material, óxidos e oxi-hidróxidos de ferro e manganês, são captadores naturais dos contaminantes e, no caso aqui abordado, da lama de rejeitos proveniente do rompimento da barragem de Fundão, dos traços metálicos com forte participação dos metais pesados (Ambios, 2019, p. 293).

Cumprido destacar que as substâncias, mesmo as naturais e classificadas como elementos essenciais, são potencialmente tóxicas e podem causar efeitos adversos à saúde humana a depender, principalmente, das condições de exposição e da dose conforme afirma, por exemplo, M. Alice Ottoboni no livro sobre toxicologia “The Dose Makes the Poison”. Além disso, as discussões sobre a importância da dose para que uma substância cause efeitos adversos à saúde humana ocorrem desde o Século XVI com os primeiros estudos de Paracelso.

Mesmo a água, que é um dos principais elementos essenciais para os organismos, quando ingerida em grandes doses pode causar efeitos tóxicos à saúde

¹ CASTILHOS, Z.C.; NEUMANN, R.; BEZERRA, O. M. P. A. Exposição ocupacional e ambiental a poeiras de rochas e minerais industriais. IN: Rochas e Minerais Industriais no Brasil: usos e especificações. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 961-989.

humana através da eliminação na urina de elementos que são essenciais para o organismo, tal como os sais. O próprio Ferro, destacado como elemento essencial no Parecer Técnico da Fundação Renova, possui Dose de Referência Oral estabelecida, acima da qual, se ingerido, pode causar efeitos nocivos à saúde humana.

Destaca-se ainda a necessidade de se considerar uma característica dos eventos de exposição ambiental, que é a exposição a substâncias em baixas doses e por longos períodos, como já assinalado nas Diretrizes do Ministério da Saúde:

A comparação das doses de exposição com os níveis de risco mínimo agudos e intermediários tem o sentido de avaliar o risco que essas substâncias representam, considerando exposições de curta e média duração. É um importante parâmetro para se avaliar a necessidade de intervenção urgente. Porém, as referências prioritariamente utilizadas são as relativas aos experimentos com baixa dose e longa duração (crônicos), os que mais se assemelham à situação vivida na maioria dos casos de populações expostas a substâncias químicas (Ministério da Saúde, 2010, p. 65).

Por outro lado, o Relatório de Consolidação parte de um grave erro metodológico que impossibilita comparações e/ou consolidações de resultados e análises, uma vez que os estudos que, em tese seriam consolidados e/ou comparados, foram realizados a partir de abordagens metodológicas distintas.

Ademais, o referido Relatório de Consolidação não foi avaliado e validado pelo Sistema CIF, de modo que as suas conclusões e análises não podem ser assumidas como premissas para ações de saúde e/ou meio ambiente.

2.1. Considerações sobre o monitoramento (caracterização física e química) e medidas de intervenção

Considerando os resultados da caracterização física e química da poeira domiciliar e das partículas inaláveis, foi estabelecida a necessidade de medidas de intervenção para redução e eliminação da poeira nas residências e equipamentos públicos das localidades atingidas pelo rompimento da Barragem de Fundão. Portanto, foi estabelecido pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam) e a Fundação Renova, em dezembro de 2019, o Plano de Monitoramento da Qualidade do Ar e Controle de Emissões Atmosféricas - RTC190371-R3 e protocolado, em março de

2020, o relatório das Ações Realizadas pela Fundação Renova para Redução da Poeira para o Ar.

O relatório descreveu de forma sucinta as medidas tomadas pela Fundação Renova para a redução das emissões de materiais particulados na atmosfera. Dentre tais medidas foram elencadas ações como umectação de vias não pavimentadas, limpeza de vias pavimentadas através da lavagem da via e/ou varrição com varredeira, controle de fumaça negra de veículos a diesel dentre outros. Além disso, para uma completa análise e controle da qualidade do ar, foram estabelecidos pontos de coleta nos ambientes externos cuja ações foram desenvolvidas no âmbito da PMCQAr, documento aprovado pela FEAM enquanto, por sua vez, nos ambientes internos, a Fundação Renova utilizou como padrões de referência a Resolução CONAMA 420/2009, medida justificada pela empresa visto que “a poeira é tratada como solo considerando que a rota de exposição é a ingestão acidental da poeira”.

Conforme demonstrado pela CT-Saúde, foi expedido o Ofício CT-Saúde/CIF nº11/2020 de 15/04/2020 onde são elencados as insuficiências das ações e deficiências do relatório acerca das informações apresentadas, além de concluir que o documento refere-se a um recorte dos resultados do monitoramento da qualidade de ar e do relatório GAISMA. Em resposta, foi emitido o parecer técnico pela Fundação Renova, de agosto de 2020, que discute e avalia as informações e dados obtidos pelas empresas Ambios e Tecnohidro por meio do Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações à Saúde Humana.

Afim de ter maior subsídio técnico em resposta ao item 14 do Eixo Prioritário 2 da ACP, foi encaminhado aos membros e colaboradores da CT-GRSA e solicitado análise das documentações e relatórios apresentados pela Fundação Renova acerca do referido item, à Gerência de Qualidade do Solo e Áreas Contaminadas (QERAQ) e à Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões (GESAR) da Fundação Estadual do Meio Ambiente. Em resposta foram recebidas contribuições da Associação Estadual de Defesa Ambiental e Social (Anexo 4), e os Memorando.FEAM/GERAQ.nº 91/2020 (Anexo 5) e o Memorando.FEAM/GESAR.nº 69/2020 (Anexo 6).

Em esclarecimento ao histórico, a GERAQ/Feam informa que o último documento protocolado junto à Feam é o “Relatório Técnico de Avaliação de Risco à Saúde Humana” elaborado pela Tecnohidro e EPA, estudo realizado em campo entre 30

de outubro a 27 de novembro de 2018 abrangendo o trecho entre Mariana (Bento Rodrigues) e Barretos (Barra Longa). Foram amostrados “os compartimentos ambientais: solo superficial e subsuperficial, sedimentos de rios, água superficial, água subterrânea, água da rede de abastecimento, poeira domiciliar, raspagem de parede, leite bovino, ovos, frutas, tubérculos e hortaliças”, além da análise da exposição a substâncias químicas pela inalação e ingestão de partículas e poeira domiciliar.

As coletas realizadas nos ambientes internos foram separadas em 32 pontos domiciliares também divididos em regiões de cenários de exposição e, por sua vez, as áreas alvos das coletas contemplaram a região de Bento Rodrigues (AA1), duas sub bacias em Barra Longa, próximas ao distrito de Paracatu, Monsenhor Horta e Cláudio (AA2) e duas sub bacias próximas a Barra Longa, em torno do Distrito de Barretos (AA3). Como resultado das coletas de poeira domiciliar, foram obtidos resultados analíticos que detectaram, em dois pontos, superação nos limites normativos na AA2 para Sb e Pb e na AA3 para As, Ba, Cd, Cu, Fe e Zn, resultados estes comparados aos valores de investigação para solo agrícola e residencial. Também foram coletadas 34 amostras de raspagem de alvenaria ao longo do rio Gualaxo do Norte onde foram detectados concentração acima na AA2 para Sb, Ba, Cd, Pb, Co, Cr e Zn e na AA3 para Sb, Ba, Pb, Co, Cu e Cr.

Por meio dos resultados obtidos, foi realizado o cálculo de risco em que foram identificados risco não carcinogênicos na AA3 na RED (Cu), REI (As), RNE (Fe) e carcinogênico para poeira domiciliar na REI (As).

A partir dos resultados encontrados no estudo, o Memorando.FEAM/GERAQ.nº 91/2020 traz a seguinte consideração:

“A consultoria traz, como recomendações do estudo, o monitoramento continuado dos compartimentos ambientais que apresentaram risco, bem como a elaboração de estudos de alternativas de reabilitação e o monitoramento e controle de emissão de particulados (partículas de solo e poeira domiciliar). Considerando que o estudo da Tecnohidro e Grupo EPA foi desenvolvido no intuito de sombrear a áreas já avaliadas pela Ambios, no que tange a um mapeamento mais aproximado dos pontos de amostragem estabelecidos por esta consultoria, entende-se que o estudo requer adequações, o que, contudo, não inviabiliza, em caráter preventivo,

a tomada das ações elencadas dado os resultados identificados, em especial na Área Alvo 3, próxima ao município de Barra Longa, onde foram identificados riscos carcinogênicos e não carcinogênicos para os metais cobre e arsênio nas regiões classificadas como direta e indiretamente afetadas. Sendo assim, a luz do princípio da precaução, consideramos necessária a realização de ações de intervenção na área no tange ao controle das fontes potenciais de emissão de poeira que possam estar relacionadas ao evento, contribuindo na mitigação da exposição”.

A GESAR/Feam, por sua vez, afirma que as ações analisadas, previstas no PMCQAr, apresentam um bom acompanhamento das atividades de controle e mitigação referentes a emissão de poeira e, considerando que a qualidade do ar na região apresenta-se como “boa”, a GESAR afirma que não foi necessário revisar o PMCQAr.

As amostras coletadas nas estações de monitoramento contínuo apresentaram que os elementos Fe, Al e Si mostraram uma frequência maior dentre os elementos de maior relevância identificados (Fe, Si, Al, S, Ca, Na e k), além de identificar a possibilidade de nocividades à saúde com os valores resultantes da análise máxima de 24 horas e horária para Ferro.

Em relação ao “Relatório Ações de Redução de Poeira para o Ar”, a GESAR/Feam afirma que a proposta apresentada pela Fundação Renova para a medição de Partículas Sedimentáveis (PS) nas residências não é a mais adequada, devendo ser readequada conforme a ABNT NBR 12065:1991 intitulada “Atmosfera - Determinação da Taxa de Poeira Sedimentável Total - Método de Ensaio”. Ainda completa: *“Após seguida a correta metodologia de coleta das partículas sedimentáveis, tornando o monitoramento representativo do ponto de vista do monitoramento da qualidade do ar, recomendamos que, em caráter investigativo, seja feita a caracterização química das partículas coletadas a fim de se avaliar a presença de metais, tal qual já é feito com as partículas finas, conforme metodologia aprovada nacionalmente e na falta desta, internacionalmente e que os resultados sejam apresentados para apreciação e avaliação dessa gerência em conjunto com a secretaria da saúde, cada uma avaliando dentro de suas competências”*.

Diante do exposto, a Associação Estadual de Defesa Ambiental e Social (AEDAS) também pontua que o relatório apresenta uma grande lacuna ao “não realizar

um estudo detalhado e participativo com relação ao perfil dos receptores e grupos suscetíveis”, portanto, é de suma importância o levantamento populacional e identificação de forma quantitativa dos indivíduos de maiores fragilidades, como por exemplo, pessoas com deficiências, crianças, idosos além de realizar estudos comparativos acerca da interação e danos à respiração, vias orais e dérmicas das substâncias identificadas.

Outra grande deficiência apresentada e identificada baseia-se na desconsideração do aumento significativo de materiais suspensos corroborados pela presença de elementos potencialmente tóxicos para as comunidades, seja provenientes do rompimento ou das ações de reparação, tendo em vista as alterações dinâmicas no tráfego de veículos, maquinário, operadores dentre demais obras, nunca vivenciadas em Barra Longa. Também é notório a ausência de uma avaliação a longo prazo dos contaminantes presentes como potencializadores da ação de metais traço dando ênfase nas nocividades à população e meio ambiente e sua relação com o rejeito proveniente do rompimento da barragem de Fundão.

É evidente também uma carência na participação populacional quanto as decisões, preocupações e opiniões a respeito dos riscos à saúde, sendo enfatizado, que somente a divulgação dos resultados por meio do indicador índice de Qualidade do Ar (IQAR) não são suficientes para garantir o retorno do contato com a população. Destaca-se que a interrupção abrupta do contato, é observada também a partir da deslegitimação da Fundação Renova com a AMBIOS referentes aos estudos e recomendações feitos pela empresa.

O monitoramento contínuo, incluindo a caracterização física e química da poeira e das partículas inaláveis, é fundamental na avaliação da efetividade das medidas de intervenção implementadas. Tendo em vista que o documento de ações apresentado pela Fundação Renova não contempla tal monitoramento e faz referência apenas ao monitoramento contínuo da qualidade do ar através de rede estabelecida para medição das concentrações de material particulado, é necessária a reapresentação da proposta de remoção da poeira domiciliar nas localidades atingidas, incluindo esta medida de acompanhamento e avaliação das ações implementadas.

3. CONCLUSÃO

Em atenção aos documentos entregues pela Fundação Renova em atendimento ao item 14 do eixo 2:

“Apresentar ao Sistema CIF para manifestação técnica, e posterior validação e homologação judicial, proposta para a adoção de medidas efetivas para a redução de poeiras nas residências situadas nas localidades atingidas pela lama de rejeitos e equipamentos públicos, com os dados e indicadores de monitoramento que demonstrem a efetividade da mesma”

Considera-se que as medidas implementadas pela Fundação Renova não são efetivas para a redução de poeiras nas residências situadas nas localidades atingidas pela lama de rejeitos e equipamentos públicos, devendo a Fundação Renova proceder a atualização das ações conforme as recomendações desta nota técnica, devendo ser apresentado plano de trabalho com cronograma para efetivo atendimento as recomendações, dentro do prazo de 30 dias. Destacam-se aqui algumas das recomendações:

- Sob a égide dos mandamentos constitucionais que apregoam medidas que visem à redução do risco de adoecimento e do atendimento integral à saúde da população, priorizando a adoção de medidas preventivas, a CT-Saúde recomenda que sejam adotadas, de forma imediata, as recomendações presentes no relatório do estudo conduzido pela empresa Ambios Engenharia e Processos LTDA, que classificou a área estudada como Local de Perigo Categoria A, categoria de maior perigo para a Saúde Pública, identificando a poeira domiciliar como uma rota de exposição completa.
- A luz do princípio da precaução, a CT-GRSA recomenda que a Fundação Renova deve implementar imediatamente, ações de intervenção na área estudada (município de Barra Longa/MG), no que tange o controle das fontes potenciais de emissão de poeira que possam estar relacionadas ao evento, contribuindo na mitigação da exposição, conforme os resultados e recomendações do estudo “Relatório Técnico de Avaliação de Risco à Saúde Humana” elaborado pela Tecnohidro e EPA, que já identificou

riscos carcinogênicos e não carcinogênicos. Ademais, em relação a qualidade do ar e monitoramentos a serem executados pela Fundação Renova, a CT-GRSA recomenda que as medições devem respeitar as orientações do Memorando.FEAM/GESAR.nº 69/2020.

Equipe Técnica responsável pela elaboração da Nota Técnica:

- Gian Gabriel Guglielmelli – SES/CT-Saúde
- Gilberto Fialho Moreira - FEAM/CT-GRSA
- Patrícia Maciel Fernandes - FEAM/CT-GRSA
- Luiz Otávio Martins Cruz – FEAM/CT-GRSA
- Sergio Rossi Ribeiro - Ramboll/MPF/CT-Saúde
- Alyne Chirmici - Ramboll/MPF/CT-Saúde

Nota Técnica aprovada em 20/11/2020, na 01ª Reunião Intercâmaras da CT-Saúde e CT-GRSA.

GIAN GABRIEL
GUGLIELMELLI:12
242421654

Assinado de forma digital por
GIAN GABRIEL
GUGLIELMELLI:12242421654
Dados: 2020.11.23 10:09:01
-03'00'

Gian Gabriel Guglielmelli
Coordenador – CT-Saúde



Thales Del Puppo Altoé
Coordenador – CT-GRSA

Anexo 1: Print dos participantes da 01ª Reunião Intercâmaras da CT-Saúde e CT-GRSA

Pessoas

 Compartilhar convite

No momento ... (18) Ativar modo de

-  Gilberto Fialho Moreira (Fea...
-  Alyne Cetrangolo Chirmici
Fora da organização
-  Ana Rosa Linde Arias
Fora da organização
-  Maria Esther Silva Fonseca
Fora da organização
-  Canuta Rosa de Salles Barbo...
Fora da organização
-  Mariana D'Orey Gaivão Port...
Fora da organização
-  Cibele Souza FEAM (Convid...
Convidado
-  Marilene Romão Goçalves/ S...
Fora da organização
-  Clycia de Almeida Ferreira
Fora da organização
Organizador
-  Noelita da Silva Almeida
Fora da organização
-  Cristiany Pietro
Fora da organização
-  Patrícia Fernandes - Feam
Fora da organização
-  Gian Gabriel Guglielmelli
Fora da organização
-  **Priscila Koch (Convidado)**
Convidado
-  Jessica Luiza Nogueira Zon
Fora da organização
-  **Rita Daniela Fernandez Medina**
Fora da organização
-  Laís Raquel Mariano
Fora da organização
-  Sergio Rossi Ribeiro
Fora da organização

Anexo 2: Ofício CT-Saúde CIF nº 11/2020



COMITÊ INTERFEDERATIVO

Câmara Técnica de Saúde

Ofício CT-Saúde/CIF nº 11/2020

Belo Horizonte, 15 de abril de 2020.

À Senhora

Moara Menta Giasson

Secretária Executiva do Comitê Interfederativo

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis

SCEN Trecho 2 - Ed. Sede do IBAMA - Bloco B - Sub-Solo

CEP 70818-900 Brasília/DF

Assunto: Manifestação Técnica a respeito do Eixo Prioritário 2, item 14

Senhora Secretária Executiva,

Com cordiais cumprimentos, encaminho as considerações da Câmara Técnica de Saúde – CT-Saúde a respeito do documento apresentado pela Fundação Renova “Ações Realizadas pela Fundação Renova para Redução de Poeira para o Ar”.

1. Tendo em vista que o monitoramento nas áreas internas foi desenvolvido no âmbito do GAISMA, as substâncias químicas, apesar de identificadas acima dos valores legais aplicáveis, não foram relacionadas ao rompimento da barragem de Fundão, mesmo sendo comprovada que há uma via de exposição que se completa;

O documento não estabelece estratégias de controle do risco identificado em virtude das concentrações acima da referência não estarem relacionadas ao rompimento da barragem de Fundão, sendo definida apenas a ampliação da malha de monitoramento;

2. É realizada a comparação com doses orais, não sendo consideradas as concentrações de referência para a via de inalação;

3. Não foi avaliado o perfil dos receptores, bem como grupos susceptíveis. As Diretrizes do Ministério da Saúde para Avaliação de Risco à Saúde Humana, por exemplo, definem que crianças menores de 7 anos têm hábitos que favorecem uma exposição maior a poeira como engatinhar e brincar no chão;

4. Não há informações sobre estimativas ou cálculo das concentrações de inalação;

5. Não foi mapeado o perfil (idade, por exemplo) e hábitos dos receptores;

6. A via dérmica, o contato do receptor com a poeira, deve ser analisado;

7. O documento apresentado é um recorte do relatório consolidado do GAISMA e dos resultados do monitoramento da qualidade do ar e não apresenta as preocupações da comunidade; e

8. O documento também não apresenta informações sobre a distância entre a localização dos pontos de amostragem de solo superficial em relação à localização do ponto de amostragem de poeira domiciliar.

Sendo estas as contribuições que temos a apresentar, renovo votos de estima e consideração.

Cordialmente,



Gian Gabriel Guglielmelli
Coordenador
Câmara Técnica de Saúde
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

Anexo 3: Deliberação CIF nº 403



COMITÊ INTERFEDERATIVO

Deliberação CIF nº 403, de 29 de fevereiro de 2020.

Delibera sobre a manifestação do CIF perante os documentos protocolados pela Renova sobre a Entrega 14 do Eixo prioritário 02 da Decisão Judicial expedida em 19 de dezembro de 2019 pela 12ª Vara Federal Cível de Minas Gerais.

Em atenção ao TERMO DE TRANSAÇÃO E DE AJUSTAMENTO DE CONDUTA (TTAC) e ao TERMO DE AJUSTAMENTO DE CONDUTA GOVERNANÇA (TAC-Gov), celebrados entre órgãos e entidades da União, dos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, Ministérios Públicos, Defensorias Públicas e as empresas Samarco Mineração S/A, Vale S/A e BHP Billiton Brasil Ltda.; e

Considerando a Decisão Judicial expedida em 19 de dezembro de 2019 pela 12ª Vara Federal Cível de Minas Gerais, a qual definiu eixos prioritários temáticos com o objetivo de encontrar soluções concretas e reais para os principais desafios e problemas enfrentados no âmbito do desastre de Mariana;

Considerando o prazo concedido ao Sistema CIF, de 20 dias úteis a contar do protocolo, para encaminhar ao juízo as suas considerações de ordem fática, técnica e/ou jurídica sobre os respectivos estudos, avaliações, projetos, relatórios, cronogramas, propostas, conclusões, planos de ação e planos de execução apresentados pela Fundação Renova;

Considerando a Decisão Judicial no qual cita que caberá à Presidência do CIF adotar as providências internas necessárias para o fiel cumprimento do prazo judicialmente estabelecido, o que fica, desde já, autorizado;

Considerando o disposto no PARECER DE FORÇA EXECUTÓRIA n. 00005/2019/NMAF/SAP/PFMG/PGF/AGU;

Considerando o Art. 14 do Regimento Interno do CIF, o qual é facultado ao COMITÊ INTERFEDERATIVO designar Relator, constituir Comissão Especial de membros, ou instituir Grupo de Trabalho, para emitir manifestação sobre matérias submetidas a sua apreciação, fixando prazo para o seu atendimento, conforme a complexidade da matéria, sem prejuízo das competências das CÂMARAS TÉCNICAS;

Considerando a descrição da Entrega 14 referente ao Eixo Prioritário nº 02 definida como "Apresentar ao Sistema CIF para manifestação técnica, e posterior validação e homologação judicial, proposta para a adoção de medidas efetivas para a redução de poeiras nas residências situadas nas localidades atingidas pela lama de rejeitos e equipamentos públicos, com os dados e indicadores de monitoramento que demonstrem a efetividade da mesma.", pela Decisão Judicial referida acima e considerando ainda o disposto no Ofício CT-Saúde/CIF nº 11/2020, a respeito da documentação apresentada pela Fundação Renova, o **COMITÊ INTERFEDERATIVO** delibera:

https://sei.ibama.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=8575611&infra_sist... 1/2

1. Pela rejeição da entrega do Item 14 – Eixo Prioritário 2 – Risco à Saúde Humana e Risco Ecológico pela Fundação Renova, diante da demonstrada insuficiência das ações apresentadas, solicitando a correção pela Fundação Renova observadas as falhas apontadas pela manifestação técnica da CT-Saúde, quais sejam:

- a) Relacionar as substâncias químicas identificadas ao rompimento da barragem de Fundão, mesmo sendo comprovada que há uma via de exposição que se completa;
- b) Estabelecer estratégias de controle do risco identificado em virtude das concentrações acima da referência;
- c) Considerar as concentrações de referência para a via de inalação na comparação com as doses orais;
- d) Mapear e avaliar o perfil dos receptores, bem como grupos susceptíveis;
- e) Apresentar informações sobre estimativas ou cálculos das concentrações de inalação;
- f) Analisar a via dérmica de contato do receptor com a poeira;
- g) Apresentar informações sobre a distância entre a localização dos pontos de amostragem de solo superficial em relação à localização do ponto de amostragem de poeira domiciliar.

2. Pelo envio da documentação corrigida aos órgãos ambientais dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo para análise e manifestação em relação aos padrões de qualidade do ar.

Brasília/DF, 29 de abril de 2020.

(assinado eletronicamente)

THIAGO ZUCCHETTI CARRION

Presidente Suplente do Comitê Interfederativo



Documento assinado eletronicamente por **THIAGO ZUCCHETTI CARRION**, Presidente do Comitê Interfederativo Suplente, em 30/04/2020, às 18:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ibama.gov.br/autenticidade>, informando o código verificador **7507593** e o código CRC **451A58EF**.

Referência: Processo nº 02001.001577/2016-20

SEI nº 7507593

Anexo 4: Ofício nº 14/2020/AEDAS

Ofício nº 14/2020/AEDAS

Prezado Sr. Gilberto Fialho Moreira
Coordenador da Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental

Vimos, por meio deste, encaminhar considerações acerca da Nota Técnica conjunta entre CT-Saúde e CT-GRSA em resposta e análise ao documento da Fundação Renova em atendimento ao item 14 do eixo 2 da ACP.

Em primeiro lugar, gostaríamos de demonstrar o nosso reconhecimento visto que a minuta de documento elaborado em conjunto pela CT-Saúde e CT-GRSA contempla diversos aspectos importante para a garantia de direitos à população atingida, o que demonstra uma convergência importante entre os entendimentos de câmaras técnicas, atingidos organizados e assessorias técnicas.

Dito isto, pontuamos:

1. Com relação ao acúmulo de poeira domiciliar, entendemos que a Fundação Renova não poderia desconsiderar a realidade atual do aumento significativo da quantidade de poeira a que as famílias estão sujeitas, tanto por consequências do rompimento quanto das ações de reparação realizadas pela Fundação Renova. Há uma realidade territorial concreta e bem documentada do significativo aumento de diversos elementos potencialmente tóxicos e da poeira em geral. Em diversos espaços de diálogo com a população atingida há relatos de aumento de gastos, inclusive, com materiais de limpeza, pós rompimento, devido ao aumento de poeira nas residências. Deve-se levar em conta que antes do rompimento Barra Longa era uma cidade pacata com pouco tráfego de veículos e poucas obras, realidade muito distante da vista atualmente.
2. Uma grande lacuna do relatório é, como bem coloca a CT-Saúde, não realizar um estudo detalhado e participativo com relação ao perfil dos receptores e grupos suscetíveis, no sentido de levantar fragilidades no território que possam ser exacerbadas pelo rompimento (impactos diretos e indiretos) e que, dessa forma, precisam necessariamente ser discutidos no âmbito da reparação integral.
(ex: crianças menores de 07 anos, pessoas com deficiência, idosos, trabalhadoras domésticas, etc comparando as vias oral, dérmica, respiratória e as substâncias de interesse em cada via)
3. Levando em consideração a participação da população na reparação integral e a relevância das preocupações da comunidade como imprescindíveis para quaisquer conclusões a respeito dos riscos à saúde, que incluem a poeira domiciliar, torna-se necessário o retorno do contato com a população nos territórios visto que ele foi interrompido abruptamente. Tal interrupção pode ser observada, por exemplo, a partir da deslegitimação unilateral da Fundação Renova com relação ao estudo e recomendações da empresa AMBIOS e, posteriormente se amparando no discurso de que as discussões relativas ao entendimento com relação aos riscos e ações necessárias seriam feitas no

1

AEDAS - Associação Estadual de Defesa Ambiental e Social
CNPJ: 03.597.850/0001-07
Rua Frei Caneca 139, Belo Horizonte/MG - CEP 31210-530
Fone: (31) 3327-2831



âmbito judicial, situação recorrente inclusive nas reuniões ordinárias de Câmaras Técnicas.

4. A importância de se considerar os metais presentes no rejeito como potencializadores da ação de metais traço ao longo do tempo é relevante e deve ser reforçada no sentido em que dá profundidade ao debate sobre as possíveis consequências nocivas dos contaminantes ao ambiente e às pessoas e sua relação com o rompimento.

A partir da realidade apresentada no território de Barra Longa, dos dados relativos aos estudos realizados no município, torna-se urgente a proposição de “medidas emergenciais” relativas à poeira domiciliar visto que é necessária a utilização do princípio da precaução até que sejam finalizados os trâmites judiciais que podem se prolongar.

5. Há que se pensar na comunicação de risco aos atingidos a fim de que as informações possam chegar até os mesmos de maneira ética e segura, sempre com a visão de participação e tomada de decisão coletiva na construção da reparação integral, não através de propaganda na mídia e redes sociais das ações de reparação, como de praxe até o momento pela Fundação Renova, o que é, em nosso entendimento, totalmente inadequado tendo em vista a complexidade da situação atual.

6. Realização de um estudo abrangente e devidamente documentado sobre o perfil das populações atingidas pelo rompimento e pelas ações da Fundação Renova com relação aos efeitos do aumento da poeira domiciliar e os possíveis danos relacionados a ele. O planejamento de tal avaliação deve conter a apresentação minuciosa da metodologia proposta, que indique os documentos que serão produzidos e considere como parte fundamental do processo a apresentação para a população atingida como via de corroboração da veracidade das informações coletadas e da participação ativa e informada dos atingidos.

Certos da continuidade das tratativas conjuntas para melhor andamento do processo de reparação integral tendo como base a centralidade da população atingida, colocamo-nos à disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários.

Equipe AEDAS

Anexo 5: Memorando FEAM/GERAQ nº 91/2020



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS
Fundação Estadual do Meio Ambiente
Gerência da Qualidade do Solo e Áreas Contaminadas.

Memorando.FEAM/GERAQ.nº 91/2020

Belo Horizonte, 01 de outubro de 2020.

Para: Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental

Assunto: Atendimento à CT-GRSA sobre a avaliação Plano de Monitoramento e Controle da Qualidade do Ar

Referência: [Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 2090.01.0004047/2020-30].

Prezado Coordenador,

Com os nossos cordiais cumprimentos, em atenção ao email expedido em 21/09/2020 (20104831) por meio do qual solicita apoio da GERAQ quanto à análise do documento "Ações realizadas pela Fundação Renova para redução de poeira para o ar" protocolado pela Fundação Renova em atendimento ao item 14 do eixo 2 da Ação Civil Pública, vimos tecer algumas considerações no intuito de contribuir com esta CT-GRSA na elaboração da nota técnica.

Foi protocolado pela Fundação Renova junto à FEAM o Plano de Monitoramento da Qualidade do Ar e Controle de Emissões Atmosféricas (dezembro/2019) - RTC190371-R3, elaborado pela empresa EcoSoft. O plano apresenta as ações que visam a redução das emissões de poluentes atmosféricos provenientes dos programas executados pela Fundação Renova, e relativas ao acompanhamento das concentrações dos poluentes na atmosfera das áreas afetadas. O setor responsável pela análise do documento é a Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões, o qual emitiu parecer sobre o plano por meio do Ofício FEAM/GESAR nº. 9/2020, em 03/03/2020. Foi solicitada pela GESAR, como forma de complementação ao PMCQAr, a apresentação de um resumo interpretado das informações de campo. A resposta ao referido ofício foi dada pela Fundação Renova em junho de 2020.

Consta também protocolado pela Fundação Renova o relatório das Ações Realizadas pela Fundação Renova para Redução de Poeira para o Ar (março/2020), por meio do qual a empresa elenca as ações realizadas para redução de poeira em ambientes externos e internos. Com relação aos ambientes externos, a Fundação Renova detalha no documento as ações desenvolvidas no âmbito do PMCQAr, aprovado pela FEAM. Relativo aos ambientes internos, a empresa informa sobre a realização de amostragens de poeira depositadas nas residências, utilizando como referência os padrões da Resolução CONAMA 420/2009. A empresa justifica o uso desta normativa visto que "a poeira é tratada como solo considerando que a rota de exposição é a ingestão acidental da poeira". No documento é mencionado o Relatório de Consolidação dos Resultados dos Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana realizados em Mariana e Barra Longa, em que constam maior detalhamento sobre as análises efetuadas. O documento traz, em resumo, a identificação de dois pontos de superação dos limites normativos para os parâmetros cobre na Região de Exposição Direta (RED) e ferro na Região de Não Exposição (RNE), considerando uma amostragem de 35 pontos analisados. A empresa informa que, nos dois casos, não foi possível obter correlação com o rompimento da barragem de Fundão, recomendando novas amostragens nessas residências. A empresa conclui que, em relação às superações dos valores de referência, tanto ferro quanto cobre podem ser considerados como metais essenciais, portanto, para a adequada interpretação dos resultados recomenda a especificação do ferro para

https://www.sei.mg.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=23662797&infra... 1/4

identificação da proporção do íon ferroso e férrico e, quanto ao cobre, foi recomendado o mapeamento de possíveis fontes desse metal na poeira da residência avaliada.

Em manifestação a este relatório, foi expedido o Ofício CT-Saúde/CIF nº 11/2020, de 15/04/2020, por meio do qual a CT-Saúde informa que:

- o documento não estabelece estratégias de controle do risco identificado;
- não foram consideradas as concentrações de referência para a via de inalação e contato dérmico, bem como não foram apresentadas as estimativas ou cálculos das concentrações de inalação;
- não foi avaliado e mapeado o perfil dos receptores e seus hábitos, bem como dos grupos susceptíveis;
- não informa sobre a distância entre a localização dos pontos de amostragem de solo superficial em relação à localização do ponto de amostragem de poeira domiciliar;
- não apresenta as preocupações da comunidade.

O referido ofício conclui que o documento apresentado se refere a um recorte do relatório consolidado do GAISMA e dos resultados de monitoramento da qualidade do ar. Com base nesse ofício foi expedida a Deliberação CIF nº 403, de 29/02/2020 (assinada em 29/04/2020), por meio do qual o Comitê delibera sobre a rejeição da entrega do item 14 – Eixo Prioritário 2 – Risco à Saúde Humana e Risco Ecológico, “*diante da demonstrada insuficiência das ações apresentadas, solicitando a correção pela Fundação Renova observadas as falhas apontadas pela manifestação técnica da CT-Saúde*”. Foi deliberado, ainda, sobre o envio da documentação aos órgãos ambientais para análise e manifestação em relação aos padrões de qualidade do ar.

Em resposta à deliberação do CIF, a Fundação Renova emitiu parecer técnico, de agosto de 2020, apresentando esclarecimentos sobre o documento “Ações Realizadas pela Fundação Renova para Redução de Poeira”. No documento, a empresa informa que o Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa discute e avalia os dados e informações levantadas nos estudos de avaliação de risco realizados pelas empresas Ambios e Tecnohidro, justificando, portanto, que o documento em questão não equivale ao GAISMA. A Fundação Renova elenca, ainda, as respostas acerca das questões pontuadas pelo CIF e CT-Saúde, tendo como base técnica o Relatório de Consolidação.

O Relatório de Consolidação dos Resultados das Avaliações de Risco à Saúde Humana contratadas pela Fundação Renova para a região de Mariana e Barra Longa (MG), de novembro de 2019, refere-se a um parecer técnico expedido pela empresa a partir da análise dos seguintes estudos:

- Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão – MG, elaborado pela empresa Ambios Engenharia e Processos, de abril de 2019;
- Relatório técnico – Avaliação de Risco à Saúde Humana Metodologia Ministério da Saúde – Mariana – MG, elaborado pela empresa Tecnohidro Engenharia São Paulo, de outubro de 2019.

Este parecer teve como objetivo analisar as técnicas, metodologias e dados utilizados em ambos os estudos para o fornecimento de argumentos técnicos acerca da validação dos dados, comparabilidade e suficiência dos dados validados, conclusões com base no conjunto de dados validados, correlação com o rompimento e recomendações. No documento, a Fundação Renova informa sobre o desenvolvimento da estratégia GAISMA, no âmbito do Programa de Manejo de Rejeitos, contudo o tema não é objeto de análise neste relatório. Portanto, uma vez que o Relatório de Consolidação trata da temática afeta exclusivamente ao setor de saúde, no qual tem como base a metodologia do Ministério da Saúde denominada “Diretrizes para a Elaboração de um Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana por Exposição a Contaminantes Químicos”, não cabe manifestação do órgão ambiental acerca das informações apresentadas neste documento.

Em atenção à solicitação da CT-GRSA no que diz respeito às contribuições desta GERAQ acerca da minuta de Nota Técnica Intercâmaras CT-SAÚDE/CT-GRSA, por meio da qual analisam o Parecer Técnico da Fundação Renova sobre a Deliberação CIF nº 403, e considerando o histórico apresentado, vimos tecer as considerações abaixo, restritas às atribuições da gerência.

Considerando o histórico apresentado e no âmbito das atribuições desta GERAQ, cumpre esclarecer que o último documento protocolado junto à FEAM, *que não compõe o escopo do GAISMA*, refere-se ao Relatório Técnico de Avaliação de Risco à Saúde Humana – Metodologia US.EPA – V0R5, elaborado pela consultoria

https://www.sei.mg.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=23662797&infra... 2/4

Tecnohidro Engenharia São Paulo e pela EPA Engenharia de Proteção Ambiental, responsável pelos serviços de campo. O estudo foi realizado nas Áreas Alvo 1, 2 e 3, abrangendo o trecho entre Mariana (Bento Rodrigues) e Barretos (Barra Longa), conforme proposta de segmentação da região impactada pelo rompimento da barragem de Fundão. A Área Alvo 1 contemplou a região de Bento Rodrigues (Mariana) na proximidade do local de rompimento da barragem; a Área Alvo 2 contemplou duas sub bacias mais centrais na área de estudo no município de Barra Longa próximos aos Distritos de Paracatu, Monsenhor Horta, Cláudio; e a Área Alvo 3 contemplou as duas sub bacias mais próximas ao município de Barra Longa em torno do Distrito de Barretos. Entretanto, a consultoria informa que não foi autorizada a coleta de amostras das matrizes de interesse nas propriedades de Bento Rodrigues.

Os serviços de campo foram realizados entre 30 de outubro a 27 de novembro de 2018, durante o qual foram amostrados os compartimentos ambientais: solo superficial e subsuperficial, sedimentos de rios, água superficial, água subterrânea, água da rede de abastecimento, poeira domiciliar, raspagem de parede, leite bovino, ovos, frutas, tubérculos e hortaliças. Especificamente sobre a matriz poeira, a mesma foi considerada por meio do ingresso decorrente da exposição às substâncias químicas de interesse presentes no solo considerando as vias inalação e ingestão de partículas e poeira domiciliar. A amostragem de poeira domiciliar foi realizada em residências nas proximidades do eixo do rio Gualaxo do Norte, em cômodos internos de residências localizadas na área de estudo. Também foi realizada a coleta de poeira proveniente de paredes e portas com o objetivo de verificar se as concentrações obtidas na poeira domiciliar eram correlacionáveis com os resultados analíticos da poeira de tinta. Isso porque, segundo a consultoria, o estudo da Ambios Engenharia e Processos Ltda. apresentou presença de metais na poeira domiciliar não característicos do rejeito.

Ao todo foram 32 pontos de coleta de poeira domiciliar separados nas três áreas alvo, que por sua vez foram divididas em regiões de cenários de exposição (RED, REI e RNE). Destas 32 amostras realizadas, 6 estão localizadas na RED, 12 na REI e 14 na RNE. Os resultados analíticos foram comparados aos valores de investigação (VI) para solo agrícola e residencial. Foram detectadas concentrações acima do valor de investigação na AA-2 para Sb e Pb; na AA-3 para As, Ba, Cd, Cu, Fe e Zn. Foram coletadas, ainda, 34 amostras de raspagem de alvenaria nas residências ao longo do rio Gualaxo do Norte, nos locais coincidentes com a coleta de poeira domiciliar, sendo 5 na RED, 10 na REI e 14 na RNE. Os resultados analíticos também foram comparados aos valores de investigação para solo agrícola e residencial. Foram detectadas concentrações acima do VI na AA-2 para Sb, Ba, Cd, Pb, Co, Cr e Zn; e na AA-3 para Sb, Ba, Pb, Co, Cu e Cr. Quanto ao cálculo de risco, somente na AA3 foram identificados riscos não carcinogênicos para o compartimento ambiental poeira domiciliar na RED (Cu), REI (As) e RNE (Fe) e risco carcinogênico para poeira domiciliar na REI (As).

A consultoria traz, como recomendações do estudo, o monitoramento continuado dos compartimentos ambientais que apresentaram risco, bem como a elaboração de estudos de alternativas de reabilitação e o monitoramento e controle de emissão de particulados (partículas de solo e poeira domiciliar). Considerando que o estudo da Tecnohidro e Grupo EPA foi desenvolvido no intuito de sombrear a áreas já avaliadas pela Ambios, no que tange a um mapeamento mais aproximado dos pontos de amostragem estabelecidos por esta consultoria, entende-se que o estudo requer adequações, o que, contudo, não inviabiliza, em caráter preventivo, a tomada das ações elencadas dado os resultados identificados, em especial na Área Alvo 3, próxima ao município de Barra Longa, onde foram identificados riscos carcinogênicos e não carcinogênicos para os metais cobre e arsênio nas regiões classificadas como direta e indiretamente afetadas. Sendo assim, a luz do princípio da precaução, consideramos necessária a realização de ações de intervenção na área no tange ao controle das fontes potenciais de emissão de poeira que possam estar relacionadas ao evento, contribuindo na mitigação da exposição.

No que tange à estratégia GAISMA, esclarecemos que a mesma foi discutida entre a Fundação Renova, FEAM e SES, havendo consenso entre os órgãos de estado sobre o desenvolvimento desta estratégia no âmbito dos estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana para o meio ambiente e saúde, bem como do estudo de Avaliação de Risco Ecológico, desde que atendidas pela Fundação Renova todas as orientações técnicas apresentadas por essas instituições, respeitando as metodologias preconizadas para cada um dos estudos. Até o momento foram expedidas a Nota Técnica Conjunta FEAM/SES nº 01/2020 e a Nota Técnica Conjunta FEAM/SES nº 03/2020, afetas à matéria, contudo dada a Decisão Judicial pela 12ª Vara Federal a qual suspende toda e qualquer deliberação que verse sobre o GAISMA ou GAISMA-Aprimorado, as discussões sobre a estratégia GAISMA junto à Fundação Renova encontram-se suspensas.

Reforçamos nossos votos de estima e consideração e nos colocamos à disposição para quaisquer esclarecimentos.

https://www.sei.mg.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=23662797&infra... 3/4

Atenciosamente,

Cibele Mally de Souza

Analista Ambiental - Gerência da Qualidade do Solo e Áreas Contaminadas

Luiz Otávio Martins Cruz

Gerente da Qualidade do Solo e Áreas Contaminadas



Documento assinado eletronicamente por **Cibele Mally de Souza, Servidor(a) Público(a)**, em 02/10/2020, às 14:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Otávio Martins Cruz, Gerente**, em 02/10/2020, às 14:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **20101754** e o código CRC **9B6D118E**.

Anexo 6: Memorando FEAM/GESAR. N° 69/2020



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS
Fundação Estadual do Meio Ambiente
Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões

Memorando.FEAM/GESAR.nº 69/2020

Belo Horizonte, 30 de setembro de 2020.

Para: Gilberto Fialho Moreira
Coordenação CT-GRSA

Assunto: Entrega 14 do Eixo prioritário 02 - ações de redução de poeira - Resposta ao Despacho nº 300/2020/FEAM/GERAI (19129664), em que foi solicitado apoio da GESAR para análise do Parecer Técnico (19080934)

Referência: [Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 2090.01.0004047/2020-30].

Prezado Sr. Gilberto,

Em retorno ao Despacho nº 300/2020/FEAM/GERAI (19129664), em que foi solicitado apoio da GESAR para análise do Parecer Técnico (19080934), seguem considerações: O Parecer Técnico da Fundação Renova (19080934) foi encaminhado em 25/08/2020 ao Comitê interfederativo – CIF, com o objetivo de esclarecer sobre o relatório intitulado “Ações Realizadas pela Fundação Renova para Redução de Poeira” (19080826), apresentado como disposto no Item 14 do Eixo Prioritário nº 2, e em resposta aos itens levantados pela Deliberação CIF nº 403, de 29 de fevereiro de 2020 (19080455) e Ofício CT-Saúde/CIF nº 11/2020 (19080704).

A GESAR esclarece que no âmbito do monitoramento da qualidade do ar, as ações previstas no Plano de Monitoramento e Controle da Qualidade do Ar - PMCOAR foram avaliadas por essa gerência e a avaliação foi comunicada através do ofício Feam/Gesar nº 09-2020 (19625355), que em resumo considera que foi demonstrado, no entendimento da GESAR, um bom controle das atividades de controle e mitigação da emissão de poeira e do registro de informações. No entanto, conforme consta no Ofício Gesar 09-2020 era esperado para a segunda revisão a apresentação de dados, gráficos e análise da efetividade da primeira revisão do plano ou ao menos demonstração da efetividade das ações que vem sendo desenvolvidas pela Fundação Renova e suas empresas terceirizadas ou parceiras. Em resposta ao Ofício Gesar 09-2020, a Fundação Renova esclareceu que todos os indicadores são continuamente acompanhados pelas equipes operacionais da Fundação e documentados por meio dos relatórios específicos.

Diante do exposto, considerando que a qualidade do ar na região vem apresentando-se como "boa" conforme dados do monitoramento contínuo de qualidade do ar, que as medidas de controle utilizadas são adequadas para a tipologia das fontes emissoras em decorrência das atividades da Fundação (fontes difusas de material particulado), a GESAR entende que não foi necessário revisar o PLANO – Rev.02, entretanto, reitera que na próxima revisão sejam incluídas discussões sobre a motivação da revisão do PLANO, bem como as mudanças previstas nas atividades desenvolvidas pela Fundação, as ações de melhoria ou a manutenção e ajustes daquilo que já vem sendo executadas no âmbito do PLANO.

https://www.sei.mg.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=23596922&infra... 1/3

No que se refere ao monitoramento de PTS, PM10 e PM2,5 realizados pelas estações automáticas instaladas em locais aprovados pela GESAR, não houve ultrapassagem do padrão intermediário PI-1 para tais poluentes nos períodos avaliados coincidentes com os períodos em que os resultados de caracterização química e morfológica foram apresentados pela Ecosoft. A GESAR preparou um resumo das informações sobre período avaliado, métodos, resultados e análises críticas no RT GESAR Nº 016-2020 (20080731) incluído no Processo SEI 2090.01.0000200/2020-12. De forma geral o RT apresenta os resultados encaminhados a GESAR referentes às seguintes estações e períodos:

- Barra longa - Período de julho a dez/2017 e jan a ago/2018
- Barra Longa e Gesteira – Período de agosto/2018 a abril/2019
- Paracatu – Período de jan/2018 a mar/2019

Em resumo, nas amostras coletadas nos pontos receptores (estações de monitoramento contínuo), os elementos com maior relevância foram: Fe, Si, Al, S, Ca, Na e K, sendo que os elementos Fe, Al e Si apresentaram-se com maiores frequências de ocorrência em todas as amostras. Foram utilizados padrões de concentração em esfera federal e de referências internacionais disponíveis, com diferentes referências temporais, com as devidas ressalvas. Os valores resultantes da análise para máxima de 24 horas e também a horária para Ferro se apresentaram superiores ao limite de risco, existindo a possibilidade de ocorrência de efeitos à saúde e ressalta-se aqui a necessidade de que os resultados sejam também avaliados pela secretaria de saúde, que possui competência para concluir acerca dos efeitos à saúde. Quanto à morfologia, a maioria das partículas possuem formato circula/quadrado, com diâmetro circular equivalente menor que 3 µm.

Além disso, no Relatório Ações de Redução de Poeira para o Ar (19080826) a Fundação, cumprindo seu papel de atuação com postura proativa para controlar e mitigar emissões atmosféricas decorrentes das ações executadas durante a recuperação das áreas atingidas, expande a tipologia de poluentes monitorada e apresenta um método de medição de partículas sedimentáveis com o objetivo de avaliar o impacto da deposição de poeira nos ambientes internos. A Associação Brasileira de Normas Técnicas, através da ABNT MB-3402, 1991 define a poeira sedimentável como "*Poeira presente na atmosfera, suscetível à coleta por sedimentação livre, composta de partículas sólidas ou líquidas suficientemente grandes para se depositarem no frasco coletor e bastante pequenas para atravessarem a peneira de 0,84 mm*". Nesse sentido, as Partículas Sedimentáveis (PS) são importantes principalmente como uma fonte de incômodo à população, já que os efeitos das nuvens de poeira e da sua deposição são visíveis e tangíveis, inclusive dentro das residências e por isso a poeira é uma das principais causas de reclamação sobre a poluição do ar e podem ser objeto de estudo quanto a problemas de saúde, visto que essa fração contém também as partículas inaláveis.

No entanto, a GESAR considera que é um método equivocados fazer as amostragens conforme apresentado no Relatório Ações de Redução de Poeira para o Ar, sendo coletas estas realizadas no interior de residências, sujeitando os resultados às influências inerentes à própria edificação/residência, como suas características construtivas, existência de fontes internas emissoras de poluentes, hábitos de higiene, limpeza, dentre outros. Outras influências nos resultados podem vir de: tintas, solventes, materiais de limpeza, mofo, bolores, fogões, churrasqueiras, uso de inseticidas, hábitos e costumes, bem como a disposição de portas e janelas, conforme foi muito bem disposto no próprio relatório da Fundação. Dessa forma, a GESAR entende que esse monitoramento deve seguir unicamente as diretrizes normativas pertinentes no âmbito da qualidade do ar, a saber, ABNT NBR 12065:1991 intitulada "Atmosfera - Determinação da Taxa de Poeira Sedimentável Total - Método de Ensaio" e seus resultados devem ser comparados com padrão estabelecido pela DN COPAM 01/1981. Após seguida a correta metodologia de coleta das partículas sedimentáveis, tornando o monitoramento representativo do ponto de vista do monitoramento da qualidade do ar, recomendamos que, em caráter investigativo, seja feita a

https://www.sei.mg.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=23596922&infra... 2/3

caracterização química das partículas coletadas a fim de se avaliar a presença de metais, tal qual já é feito com as partículas finas, conforme metodologia aprovada nacionalmente e na falta desta, internacionalmente e que os resultados sejam apresentados para apreciação e avaliação dessa gerência em conjunto com a secretaria da saúde, cada uma avaliando dentro de suas competências.

Por fim, retomando o exposto no 2º parágrafo desse documento, há que se ressaltar que as ações de mitigação realizadas conforme o PMCQAR colaboram para a manutenção da qualidade do ar com índice "bom" frente aos monitoramentos de PTS, PM10 e PM2,5 realizados através das estações contínuas, dentro do alcance de representatividade espacial de cada uma, e acompanhados pela GESAR. No entanto, a eficiência dessas ações também deverão ser avaliadas frente aos resultados de monitoramento de partículas sedimentáveis, quando este ocorrer, conforme as metodologias adequadas ao monitoramento da qualidade do ar.

Atenciosamente,

Priscila Cristina Pizano de Souza Koch
Gerente de Qualidade do Ar e Emissões Atmosféricas



Documento assinado eletronicamente por **Priscila Cristina Pizano de Souza Koch, Gerente**, em 01/10/2020, às 14:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **20043511** e o código CRC **231A4D2F**.

Anexo II-m

1ª REUNIÃO INTERCÂMARA DAS CÂMARAS TÉCNICAS DE GESTÃO DOS REJEITOS E SEGURANÇA AMBIENTAL E DA CÂMARA TÉCNICA DE SAÚDE

No dia 20 de novembro de 2020, às 13 horas, iniciou-se a 1ª **Reunião Intercâmara da Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental (CT-GRSA) e da Câmara Técnica de Saúde (CT-Saúde)**, com abertura pelo coordenadores da CT-GRSA e CT-Saúde, Sr. Thales Del Puppo Altoé e Sr. Sr. Gian Gabriel Guglielmelli, respectivamente, que deram prosseguimento a pauta, conforme relatado a seguir. A reunião ocorreu por videoconferência e os participantes estão listados abaixo. Esta ata contém o resumo dos assuntos pautados previamente e dos principais debates ocorridos, conforme previsto no Art. 19 da Deliberação 7 do Comitê Interfederativo. O evento foi gravado e está disponível na íntegra em mídia digital para consultas de eventuais interessados.

Dos participantes, registro: Thales Altoé (CT-GRSA/IEMA); Flavia Mourão (CBH-Doce); Gilberto Fialho Moreira (CT-GRSA/Feam); Sebastião Domingos de Oliveira (Lactec/MPF); Luiz Otávio Martins Cruz (Geraq/Feam); Josemar de Carvalho Ramos (CT-GRSA/IBAMA); Patricia Fernandes Maciel (CT-GRSA/Feam); Paulo Sérgio de Jesus (Flacso); Priscila Cristin Pizano de Souza Koch (Gesar/Feam); Gian Gabriel Guglielmelli (CT-Saúde/SES/MG); Sérgio Rossi (Ramboll/MPF); Ana Rosa Arias (FGV/MPF); Cristiany Pietro (SETADES); Thais Cavendish (CT-SaúdeMS); Rita Daniela Medina (FGV/MPF); Felipe Nisiyama (CT-Saúde/MS); Alyne Chirmici (Ramboll/MPF).

1. Minuta de Nota Técnica de Avaliação do documento “Análise do Parecer Técnico da Fundação Renova sobre a Deliberação CIF nº 403”

Pauta	Discussão
<p>a. Apresentação: Análise do Parecer Técnico da Fundação Renova sobre a Deliberação CIF nº 403</p>	<p>O Sr. Thales Altoé, coordenador da CT-GRSA, deu início a reunião, cumprimentando a todos os presentes e propondo a forma de condução da mesma. Em seguida passou a palavra ao Sr. Gian Gabriel Guglielmelli, coordenador da CT-Saúde, que recomendou a apresentação da Nota Técnica (NT) pela CT-GRSA para posterior discussão.</p> <p>O Sr. Gilberto Fialho Moreira, representante da Feam, fez uma breve contextualização da construção da NT, ponderou que foram inseridas contribuições da Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões (Gesar/Feam), e da Gerência da Qualidade do Solo e Áreas Contaminadas (Geraq/Feam). Por fim, acrescentou que sentiu falta de maior participação da CT-Saúde na conclusão da referida NT.</p> <p>O Sr. Sérgio Rossi, representante da Ramboll/MPF, informou que a CT-Saúde estava aguardando, as análises técnicas da CT-GRSA sobre a qualidade do ar para apresentar uma conclusão conjunta.</p> <p>O Sr. Thales Altoé em apresentação da NT informou acreditar que a introdução, análise e desenvolvimento estavam bem pacificados e sugeriu análise direta das conclusões. O Sr. Gilberto Fialho Moreira informou que caso o texto colocado ao longo da NT não tenha sido alterado, que se colocava favorável à discussão da conclusão. O Sr. Thales informou que estava em análise a ultima versão da NT. Sem outros contrapontos, a discussão seguiu para as conclusões.</p> <p>O Sr. Sebastião Domingos de Oliveira, representante da Lactec/MPF, comentou que a conclusão da NT parece ser opinião dos servidores do órgão ambiental e que deveria explicitar que é parecer das CT's GRSA e Saúde. Após discussão, o Sr. Thales Altoé ponderou que faltava uma conclusão da CT-Saúde e questionou se haveria alguma proposta pelos membros da CT. Em seguida o Sr. Sérgio Rossi enviou sugestão da CT-Saúde.</p>

Durante a leitura da conclusão, com as ponderações apresentadas, a Sra. Patricia Fernandes Maciel, representante da Feam, explicou os motivos pelos quais a redação da conclusão da NT estava como opinião da Feam e que, portanto, se todos concordassem a conclusão passaria a ser das Câmaras Técnicas. Todos se mostraram favoráveis à alteração.

A Sra. Flavia Mourão, representante do CBH-Doce, questionou se a NT seria conjunta das duas CT's e se haveria contradição nos estudos da Tecnohidro e nos estudos da Ambios, pois são estudos ambientais, mas dizia respeito à saúde da população. O Sr. Thales Altoé respondeu que a NT era conjunta e que não haveria contradição, pois apesar de o nome de ambos os estudos ser "Avaliação de Risco da Saúde Humana", o tecnohidro tem finalidade ambiental e Ambios tem finalidade de saúde pública, , apesar dos nomes serem iguais, o foco e atuação seriam distintos.. A Sra. Patricia Fernandes acrescentou que os estudos analisados pela área técnica ambiental seriam estudos complementares e não foco principal do eixo e recomendou começar a conclusão com a discussão da saúde e depois detalhar com as análises do órgão ambiental.

O Sr. Sérgio Rossi questionou se seria necessário acrescentar recomendações em relação à caracterização química da poeira na NT. A Sra. Patricia Fernandes e a Sra. Priscila Koch, representante da Feam, concordaram que essa questão já tinha sido tratada na NT.

O Sr. Luiz Otávio Martins Cruz, representante da Feam, recomendou que a NT deixasse claro a necessidade de que a Fundação Renova devesse entregar outro projeto de intervenção com cronograma de execução. O Sr. Thales Altoé concordou e disse que a NT poderia prever essa recomendação. Posteriormente, o Sr. Sérgio Rossi ressaltou que o mais importante seria um cronograma de execução, pois além de adotar as medidas, a Fundação Renova deveria apresentar o que seria feito evitando um vai e vem de documentos que poderia resultar em morosidade. O Sr. Luiz Otávio Cruz ressaltou a importância de um novo projeto, pois através deste, a Fundação Renova informaria como e quando seria tratado o problema e, que com o documento especificando o prazo de execução seria possível dizer ao Juiz que conduz a ACP que as recomendações não estariam sendo cumpridas. A Sra. Patricia Fernandes demonstrou preocupação na solicitação de apresentação de um documento revisado, pois o documento entregue pela Fundação Renova continha menos informação do que foi tratado na NT e que essa recomendação poderia resultar na apresentação de um novo documento que não atenderia as recomendações desta NT e de outras. O Sr. Sergio Rossi concordou com a Senhora Patrícia Fernandes e sugeriu a apresentação pela Fundação Renova de um plano de trabalho com cronograma para atendimento as recomendações. Todos concordaram que a NT deveria conter a recomendação para que a Fundação Renova apresentasse em 30 dias um plano de trabalho para execução das recomendações. Assim, foi fechado o texto das conclusões contendo posicionamento de ambas câmaras técnicas, CT-Saúde e CT-GRSA.

Aprovação:

Sem objeções dos presentes, a Nota Técnica foi aprovada por unanimidade.

Às 14:30 horas, do dia 20 de novembro de 2020, o Sr. Thales Altoé, coordenador da Câmara Técnica Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental - CT-GRSA, finalizou a reunião agradecendo a participação de todos. O Sr. Gian Gabriel Guglieimelli, coordenador da CT-Saúde, agradeceu a participação de todos e ressaltou a importância da aprovação da NT.

Anexo II-n



NOTA TÉCNICA IEMA/CTECAD Nº 001/2021

Assunto: Bases mínimas para Avaliação de Risco a Saúde Humana para fins Ambientais de Gerenciamento de Áreas Contaminadas e outros esclarecimentos e considerações adicionais.

1. INTRODUÇÃO E HISTÓRICO

Esta Nota Técnica representa o posicionamento dos membros da Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental do estado do Espírito Santo, mais especificamente do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA.

Cabe esclarecer que o posicionamento do estado de Minas Gerais foi emitido em outro documento específico.

a. A resolução CONAMA 420

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 420 de 8 de dezembro de 2009 “Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.”

Destaca-se aqui o artigo 23 da referida resolução, na qual fica explícito que esta fornece apenas diretrizes ao Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC), cabendo a definição de procedimentos de execução aos órgãos ambientais:

Art. 23. Para o gerenciamento de áreas contaminadas, o **órgão ambiental competente deverá instituir procedimentos e ações de investigação e de gestão**, que contemplem as seguintes etapas, conforme ilustrado no Anexo III:

I - Identificação: etapa em que serão identificadas áreas suspeitas de contaminação com base em avaliação preliminar, e, para aquelas em que houver indícios de contaminação, **deve ser realizada uma investigação confirmatória, as expensas do responsável**, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes.

II - Diagnóstico: etapa que inclui a investigação detalhada e avaliação de risco, **as expensas do responsável, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes**, com objetivo de subsidiar a etapa de intervenção, após a investigação confirmatória que tenha identificado substâncias químicas em concentrações acima do valor de investigação.

III - Intervenção: etapa de execução de ações de controle para a eliminação do perigo ou redução, a níveis toleráveis, dos riscos identificados na etapa de diagnóstico, bem como o monitoramento da eficácia das ações executadas, considerando o uso atual e futuro da área, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes. **(grifo nosso)**

Conforme o destacado em negrito, pode-se verificar que compete única e exclusivamente aos órgãos ambientais definir os procedimentos de execução ao processo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC), respeitando as diretrizes da resolução, cabendo ao responsável pela contaminação às expensas por todo o procedimento de GAC da área degradada. Ressalta-se aqui



que, a resolução não fixa imutavelmente que o responsável seja o executor do processo de GAC, pois, **o Estado pode executar o Gerenciamento da Área Contaminada (entenda-se recuperá-la) imputando ao responsável somente os custos pelo processo de GAC.**

Ainda assim, no caso de os responsáveis pela contaminação realizarem seu gerenciamento, a resolução aponta diretrizes de como isso deve ocorrer:

Art. 34. Os responsáveis pela contaminação da área devem **submeter ao órgão ambiental** competente proposta para a ação de intervenção a ser executada sob sua responsabilidade, devendo a mesma, obrigatoriamente, considerar:

I - o controle ou eliminação das fontes de contaminação;

II - o uso atual e futuro do solo da área objeto e sua circunvizinhança;

III - a avaliação de risco à saúde humana;

IV - as alternativas de intervenção consideradas técnica e economicamente viáveis e suas consequências;

V - o programa de monitoramento da eficácia das ações executadas; e

VI - os custos e os prazos envolvidos na implementação das alternativas de intervenção propostas para atingir as metas estabelecidas. **(grifos nosso)**

Em síntese, o processo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas é de definição dos órgãos ambientais competentes. Quanto à execução, não há fixação na resolução de que o procedimento do GAC só pode ser executado pelo responsável, havendo diversas situações em que o Estado necessita ou é obrigado a executar o procedimento de GAC, cabendo cobrar às expensas do responsável pela contaminação.

A título de exemplo prático, cita-se o estado de São Paulo, referência neste tema, que possui estes procedimentos definidos por um “Manual de Gerenciamento de Área Contaminadas” (Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB). Neste contexto, as Avaliações de Risco a Saúde Humana, para fins de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, devem ser executadas obrigatoriamente por uma ferramenta de cálculo de risco desenvolvida pela CETESB, uma tabela automática de cálculo (Excel) corriqueiramente referenciada como “Planilha CETESB”, na qual foram fixados diversos parâmetros das equações que regem os cálculos ao contexto de São Paulo, sendo posteriormente validada por um processo público. Reitera-se aqui que todo o procedimento foi fixado pelo órgão competente, cabendo, em todas as situações, ao responsável pela contaminação apenas custear o GAC, já a sua execução caberá ao responsável ou ao Estado.

b. Do contexto do GAC do rio Doce no âmbito do sistema CIF

A metodologia de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC), conforme descrito na CONAMA 420, é composta de três etapas: identificação (composta pela investigação preliminar e confirmatória da contaminação), diagnóstico (investigação detalhada e avaliação de risco) e intervenção.

No âmbito do sistema CIF, o processo de GAC foi abarcado pelo Programa de Manejo de Rejeitos (PG 23). Dentro dos projetos que compõem o Programa de Manejo de Rejeitos se encontra



o Projeto de “Gerenciamento de Áreas Contaminadas”. Este projeto tem por objetivo reduzir os riscos à saúde humana por meio do conhecimento das características do local contaminado e dos impactos causados pelos contaminantes, proporcionando assim auxílio à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas. Em síntese, este projeto abarcou as Avaliações de Risco à Saúde Humana para fins de Gestão de Áreas Contaminadas.

c. Histórico do Espírito Santo acerca do Tema Avaliação de Risco a Saúde Humana referente a área de Meio Ambiente, ou seja, para fins Gestão de Áreas Contaminadas

Em 19 de novembro de 2018, a Fundação Renova encaminhou por meio do ofício OFI.NII.092018.4114 o intitulado "Relatório final de investigação complementar e estudo ambiental de avaliação de riscos à saúde humana (metodologia USEPA) – Linhares - ES".

Esse relatório aplicou três ferramentas de avaliação de risco distintas em uma área piloto do Espírito Santo para avaliar qual seria a mais adequada. Sendo elas:

- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2012). Versão Atualizada em Maio de 2013. Planilha para Avaliação de Risco em Áreas Contaminadas sob Investigação. São Paulo – SP;
- Groundwater Software (2010). Version 5. RISC Software (RISC 5) – Risk – Integrated Software For Clean-Ups. New Zealand;
- Connor et al. GSI Environmental Inc. (2007). RBCA Tool Kit for chemical releases version 2.6. Houston, Texas. USA.

Além disso, este relatório após concluir pela existência de “incongruências metodológicas nos softwares comumente utilizados para avaliações de riscos à saúde humana, como as Planilhas de Riscos da CETESB, RBCA tool Kit e RISC 5, quando aplicados no evento ocorrido do rompimento da Barragem de Fundão, devido às especificidades do mesmo,” recomenda a criação de uma ferramenta de cálculo de risco baseada no documento técnico Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS) (U.S. EPA, 1989), que é uma norma/guia da Agência de Proteção Ambiental Americana para Avaliação de Risco.

É oportuno esclarecer que até este momento a Fundação Renova não aborda o chamado GAISMA (Gerenciamento Ambiental Integrado para Saúde e Meio Ambiente) ou qualquer sobreposição da proposta de ferramenta com as Diretrizes para Elaboração de Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana do Ministério da Saúde (área de Saúde Pública). Tratava-se da criação de uma ferramenta visando tão somente atender as necessidades da área de meio ambiente.

Cabe ainda explanar que, todas as ferramentas de Avaliação de Risco, inclusive as três utilizadas pela Fundação Renova na área piloto, tem por base, normalmente, o mesmo conjunto de



equações, todavia, divergindo em algumas especificações como nas condições de contorno, modo de entrada de dados, banco de dados de toxicologia, entre outros, em decorrência do foco de cada ferramenta (o RISC 5 por exemplo é voltado para águas subterrâneas), ainda assim, com uma base de equações comum.

A proposta da Fundação Renova, em termos sintéticos, foi da criação de uma ferramenta de cálculo de risco à semelhança da Planilha CETESB de Avaliação de Risco, porém, com dados de toxicologia atualizados e dados de exposição específicos para receptores presentes na bacia do Rio Doce, além de superar outras incompatibilidades citadas. Sendo assim, **isso traria efetivamente um benefício, pois, apesar de se tratar de riscos potenciais e teóricos**, traria resultados de riscos mais próximos da realidade.

Durante a análise desta proposta, visando consolidar uma posição mais robusta, os membros do Espírito Santo da CT-GRSA solicitaram auxílio dos experts do MPF que realizaram uma análise robusta desta, contando com colaboradores de filiais dos Estados Unidos da América e Espanha, emitindo um parecer sucinto, a pedido da CT-GRSA, intitulado “Parecer Técnico – Avaliação de Risco à Saúde Humana na Comunidade do Areal, Espírito Santo” (Ramboll, 2019). Este parecer subsidiou a análise dos técnicos do Espírito Santo que emitiram a Nota Técnica CT-GRSA nº 23/2019 consolidando todas as recomendações.

Em decorrência da NT CT-GRSA nº 23/2019, o CIF emitiu a Deliberação CIF nº 358, de 17 de dezembro de 2019 que versa sobre a “Adequação do Relatório final de investigação complementar e estudo ambiental de avaliação de riscos à saúde humana (metodologia USEPA) – Linhares/ES”, na qual destaca-se o seu item 2: “2.Determinar que a Fundação Renova adeque as próximas Avaliações de Risco à Saúde Humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas as recomendações e solicitações da Nota Técnica CT-GRSA 23/2019.”.

No dia 07 de junho de 2019, a Fundação Renova encaminhou um e-mail solicitando a disponibilidade dos técnicos do IEMA conforme transcrição: “para reunião destinada a apresentação da metodologia de Gerenciamento Ambiental Integrado à Saúde e Meio Ambiente (GAISMA). [...] Desta forma, nossa sugestão é de realizar este encontro no próprio IEMA, na semana do dia 17 a 21 de junho. Fico no aguardo de uma resposta para agendamento junto aos consultores.”. Esta reunião ocorreu, todavia, constitui-se apenas de uma apresentação conceitual sem entrega de qualquer documento formal, sendo aguardado uma entrega formal da proposta para que os órgãos pudessem emitir um parecer sobre o tema, destaca-se que esta foi a primeira vez que a Fundação Renova abordou o GAISMA.

Nos dias 12 e 13/12/2019, foi realizada uma reunião gerencial entre os membros do IEMA da CT-GRSA, Fundação Renova e Ramboll/MPF para sanar dúvidas da Fundação, alinhar e discutir tecnicamente a respeito da NT CT-GRSA 23/2019.



Em 16 de dezembro de 2019, em atendimento aos Eixos Prioritários, a Fundação Renova entregou em juízo, o termo de referência completo com fundamentação teórico-metodológica e cronograma do GAISMA para toda a bacia do rio Doce, que foi encaminhado ao CIF para análise e emissão de posicionamento referente ao item 5.2 do eixo prioritário 2.

Em 19/12/2019 foi homologada a definição dos eixos prioritários temáticos, os chamados Eixos Prioritários, ACP nº 0069758-61.2015.4.01.3400 e este tema passou a ser de acompanhamento judicial, tendo o CIF um papel técnico-opinativo.

Neste contexto, o Instituto Estadual de Meio Ambiente-IEMA se posicionou acerca do tema por meio dos ofícios N°007-2020/DP-IEMA e N°11-2020/DP-IEMA. Nestes ofícios, o IEMA fez constar que era favorável **somente ao GAISMA na parte que lhe competia, ou seja, Avaliação de Risco a Saúde Humana (ARSH) para fins de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC)** e Avaliação de Risco Ecológico, ainda cabendo à Secretaria de Saúde do Estado do Espírito Santo se posicionar sobre as questões relacionadas a Saúde Pública (tendo esta se posicionado contrariamente ao GAISMA por meio do ofício OF/SESA/GEVS/NEVA/001/2020). Ainda, nos ofícios do IEMA, destacaram-se aspectos importantes a serem corrigidos, pela Fundação Renova, como a seleção e classificação inadequada das Substâncias Química de Interesse, ajuste no cronograma para o Espírito Santo e ausência de esclarecimentos sobre o processo de validação da ferramenta de cálculo de risco.

A este ponto, cabe esclarecer que a área de meio ambiente entendia que a proposta de gerenciamento integrado era apenas a junção meramente gerencial de ações, pois na proposta que consistia na criação de ferramenta específica de cálculo de risco para fins de GAC, não haviam sido apresentadas grandes alterações.

Em termos sintéticos, o posicionamento do IEMA era favorável à proposta, porém, que somente “poderá considerar a aprovação do GAISMA após o atendimento das sugestões anteriores com a avaliação e aprovação dos três produtos que ainda serão entregues”, a saber:

- Fundamentação Teórico-metodológica e cronograma de acordo com as expectativas do instituto;
- Validação da ferramenta de Avaliação de Risco a Saúde Humana para fins de Gerenciamento de Áreas Contaminadas;
- Relatório de avaliação de risco, utilizando ferramenta validada, em área piloto (comunidade de Areal) dentro do Estado do Espírito Santo.



Em 15/01/2020 foi emitida a relatoria supracitada, sob forma do documento “Relatório Técnico nº 1/FEAM/DIGA/2020”, do qual se destaca das considerações finais o seguinte trecho:

Entendemos que as falhas e lacunas metodológicas observadas pelo Ministério da Saúde e Secretaria de Estado da Saúde do Espírito Santo, que embasaram a manifestação pela reprovação da implementação do GAISMA, não inviabilizam a proposta, uma vez que são passíveis de retificação, por meio da realização das adequações e recomendações sugeridas na Nota Técnica Conjunta FEAM/SES 01/2020 e ofício/Nº007-2020/DP-IEMA.

Esta relatoria sugere ao CIF que as diretrizes deste Parecer e das NTs dos órgãos públicos, deverão ser consideradas pela Fundação Renova para a revisão da metodologia GASIMA, sendo que os próximos relatórios já devem ser elaborados conforme estas diretrizes. O documento revisado deverá ser protocolado junto ao CIF, como forma de comprovação das adequações. Adicionalmente, sugerimos a realização de reunião de trabalho entre Fundação Renova e órgãos públicos/CTs, para alinhamento das solicitações, visando celeridade na execução das próximas fases.

Em 21/01/2020, em reunião específica para tratar dos eixos prioritários onde a supracitada relatoria foi apresentada, o Comitê Interfederativo emitiu a Deliberação CIF nº 374, a qual “Delibera sobre a manifestação do CIF perante os documentos protocolados pela Renova sobre a Entrega 5.2 do Eixo prioritário 2 da Decisão Judicial expedida em 19 de dezembro de 2019 pela 2ª Vara Federal Cível de Minas Gerais.” da qual destaca-se:

Dar como cumprido parcialmente o item 5.2, demandando as seguintes ações:

[...]

b) Protocolar nos autos e junto ao CIF versão revisada do “Projeto de Gestão Ambiental Integrada para Saúde e Meio Ambiente (GAISMA)”, conforme as diretrizes da Nota Técnica Conjunta FEAM/SES 01/2020, Parecer Técnico Nº 1/2020-DSASTE/SVS/MS e ofício/Nº007 e 11-2020/DP-IEMA, Nota Técnica CT-GRSA 23/2019 e Relatório Técnico Aecom PM-0001-2020, considerando os principais tópicos:

[...]

O IEMA ainda solicitou, por meio do ofício Nº 11-2020/DP-IEMA, a alteração do parecer do relator do CIF, referente à reunião específica dos eixos prioritários, realizada em 21 de janeiro de 2020, em Brasília/DF, que dava a entender que o IEMA se posicionava favoravelmente a toda a proposta do GAISMA, para que o parecer deixasse claro que o Instituto apenas aprovava a parte que lhe competia, (meio ambiente/Gerenciamento de Áreas Contaminadas, segundo a CONAMA 420), contudo, isso não ocorreu.

Também foi solicitado, por parte do IEMA, no decorrer da elaboração da minuta da referida deliberação, a inclusão de outras condicionantes relativas à revisão do GAISMA.

Em 02/03/2020, foi emitida decisão judicial que, de maneira sucinta, determinava a Fundação a elaboração de uma versão revisada do GAISMA “incorporando, se cabíveis e pertinentes, os



aprimoramentos e aperfeiçoamentos constantes da Deliberação do Comitê Interfederativo - CIF nº 374, de 21 de janeiro de 2020, e outros que entender pertinentes.”

Em março de 2020 a Fundação Renova protocolou ao juízo, além de encaminhar ao CIF, a proposta do GAISMA revisado em atenção à decisão judicial. Essa proposta apresentada ficou usualmente referida como “GAISMA-Aprimorado”.

Em 14/04/2020 os membros do Estado do Espírito Santo da CT-GRSA emitiram a Nota Técnica CT-GRSA nº 09/2020, a qual representa apenas o posicionamento do Estado do Espírito Santo sobre o chamado “GAISMA-Aprimorado”. Transcreve-se aqui as conclusões por completo:

4 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Após as análises e observações aqui realizadas é possível concluir que a versão do GAISMA-Aprimorado, apresentada em março de 2020, pela Fundação Renova, não incorporou as alterações e correções já apontadas pelo Sistema CIF, não atendendo, portanto, o item 2.b da Deliberação CIF 374/2020.

Nesse sentido, sob o aspecto de Meio Ambiente, entende-se que o GAISMA-Aprimorado apresentado pelo documento “PROJETO DE GESTÃO AMBIENTAL INTEGRADA PARA SAÚDE E MEIO AMBIENTE (GAISMA) Março de 2020” **não é a ferramenta adequada para realização dos estudos de avaliação de risco.** (grifo nosso)

Em 17/04/2020, o Comitê Interfederativo, em reunião específica para tratar dos documentos entregues no âmbito dos Eixos Prioritários, emitiu a Deliberação CIF nº 398 que “Delibera sobre a manifestação do CIF perante os documentos protocolados pela Renova sobre a Entrega 5.2 do Eixo prioritário 02 da Decisão Judicial expedida em 19 de dezembro de 2019 pela 12ª Vara Federal Cível de Minas Gerais.”, destaca-se aqui o trecho:

Rejeitar o documento anexo enquanto "GAISMA aprimorado", uma vez que as adequações apresentadas para atendimento ao item 2.b da Deliberação CIF n. 374/2000 foram incipientes, não sendo sequer justificadas ou motivadas o seu não-acatamento, tratando-se, quanto à matéria de saúde, essencialmente de novo protocolo do mesmo documento apresentado anteriormente.

Cabe a este ponto um esclarecimento. O posicionamento do IEMA era favorável quanto a primeira proposta do GAISMA (somente a parte de meio ambiente do GAISMA), com a condição que a Fundação Renova entregasse uma versão do GAISMA (o chamado GAISMA-aprimorado) atendendo as adequações requeridas. Tendo em vista que essas adequações não foram atendidas, **o IEMA passou a se posicionar CONTRA a proposta inicial do GAISMA, conforme pontuado na conclusão da Nota Técnica CT-GRSA nº 09/2020, sendo este o último posicionamento do IEMA sobre integração de estudos de risco de meio ambiente e saúde pública.**



Em 04/05/2020, a Desembargadora Federal Daniele Maranhão Costa emitiu decisão:

Ante o exposto, DEFIRO PARCIALMENTE O PEDIDO DE TUTELA ANTECIPADA RECURSAL para suspender a decisão de origem e determinar a continuidade do processo de reparação com respaldo nos estudos anteriormente elaborados pela AMBIOS e pelo Grupo EPA Engenharia e Proteção Ambiental para avaliação de risco à saúde humana, cujas linhas de estudos deverão ser retomadas pela Fundação Renova, tendo em vista ser essa a metodologia chancelada pelo Ministério da Saúde; ressaltando-se a possibilidade de se proceder à adequação prévia da metodologia GAISMA aos contornos definidos pelo Ministério da Saúde e pela CT-Saúde (integrante do CIF), e desde que essa opção se mostre a mais adequada e eficaz para a condução dos trabalhos, tudo condicionado ao contraditório.

Em 05/05/2020, ciente da decisão do 1º TRJ, o juízo da 12ª vara proferiu decisão urgente ordenando que fosse cumprida a decisão de instância superior em seus exatos termos, adicionalmente, suspendendo qualquer deliberação nos autos sobre o GAISMA ou GAISMA-aprimorado.

Por fim, destaca-se que ocorreram outras reuniões das quais o Espírito Santo não participou e, portanto, não foram descritas neste histórico.

d. Outras reuniões e encaminhamentos relevantes paralelas ao histórico

Em 26/08/2020 foi realizada, a pedido do governo de Minas Gerais, uma reunião entre os estados do Espírito Santo (ES) e Minas Gerais (MG) para apresentação sobre “1 - Análise do Estudo da Ambios (área piloto Barra Longa e Mariana);” e “2 - Entendimento do Governo de Minas Gerais sobre Integração dos Estudos.”

Nesta reunião, de maneira sucinta, MG defendeu seu posicionamento de integração, enquanto o ES esclareceu que havia recebido recentemente o relatório final das Avaliações de Risco da área de Saúde Pública, estando este em análise e somente poderia apresentar um novo posicionamento após essa análise consolidada. Ficou acordado entre os dois estados que se daria prosseguimento das tratativas somente após o estado do Espírito Santo se posicionar.

e. Das discussões no âmbito da 48ª reunião ordinária do CIF, da reunião intercâmaras e da necessidade de bases mínimas

Na 48ª Reunião Ordinária do Comitê Interfedertativo ocorrida no dia 22/10/2020 foi proposto a criação de um Grupo de Trabalho (GT) “para o acompanhamento dos estudos de Riscos à Saúde Humana e Risco Ambiental, referente à avaliação e monitoramento quanto a **integração dos dados entre os Estados**”. Ainda se explanou sobre o tema e “que CT-GRSA e CT-SAÚDE são, atualmente, as Câmaras Técnicas no sistema de governança CIF que possuem competência de análise e respaldo Técnico quanto aos estudos de riscos à Saúde Humana e Riscos Ecológicos, e que, devido ao insucesso do avanço do assunto nas Câmaras Técnicas, a proposta é que o Grupo de Trabalho dê



andamento ao assunto para definição do escopo quanto ao processo de gestão, e, posteriormente acompanhar de maneira articulada a execução do processo de gestão pela Fundação Renova.”.

Durante a reunião o IEMA se posicionou contrário a criação do GT sugerindo que fosse retirado de pauta a criação de tal GT. Entre as razões para retirada de pauta perpassam: o fato de as CTs Saúde e GRSA não terem sido envolvidas na criação deste GT; o fato de se entender que as competências sobre o tema seriam retiradas das respectivas câmaras; o fato de que o corpo técnico evoluiu sobre o entendimento do tema de gestão integrada estando o entendimento sobre a continuidade ou não do apoio a esta proposta em plena revisão pela parte de meio ambiente; e por fim de que cabia um amadurecimento da proposta deste GT, por estar definido de antemão em seu escopo questões que estão atualmente suspensas (como a integração em si) por decisão judicial.

Adicionalmente, foi levantada a necessidade de uma visão do meio ambiente sobre as questões de saúde e vice-versa, dentro do tema das avaliações de risco. A partir deste apontamento, a presidência do CIF propôs e ficou como encaminhamento a realização de uma reunião intercâmaras para discutir e amadurecer o entendimento sobre a necessidade de criação do GT, conforme o encaminhamento:

Encaminhamento E48-1– 1.2: GT1 - Determinação de uma reunião Intercâmaras no prazo de 20 dias, a ser organizada pelo GAT com convocação de todos os membros das CTs. Tendo por objetivo abrir diálogo entre as duas CTs com interface nas avaliações de Risco, CT Saúde e Rejeitos, para tentativa de alcançar entendimento sobre a gestão do tema por ambas, e por fim avaliar a necessidade de criação de um Grupo de Trabalho para acompanhamento dos estudos de risco ecológico e dos estudos de risco à saúde humana, que são hoje tratados de forma apartada pela CT-GRSA, CT-Bio e CT-Saúde.

Tendo em vista que no dia 26/08/2020 foi realizada uma reunião entre representante de Minas Gerais e do Espírito Santo, em que se acordou que seria aguardado o posicionamento da Secretaria de Saúde do ES a respeito dos estudos de risco, para que assim o ES tivesse uma posição consolidada (Saúde e Meio Ambiente) para dar qualquer procedimento ao tema das avaliações de risco. Tem-se então que a proposição de um GT foi prematura, tendo em vista que não havia uma consolidação do posicionamento do ES à época.

Em 24/11/2020, durante a reunião Intercâmaras, houve uma mudança de entendimento e foi esclarecido que “A proposta ora em debate, portanto, é a avaliação do sistema CIF sobre a possibilidade de análises integradas dos estudos” e não da criação de um GT. A partir disso foram tecidos diversos comentários, alguns pontuando a necessidade de darmos encaminhamento aos estudos, bem como a necessidade de estabelecer diálogo entre as CTs, todavia, diante das semelhanças em diversos aspectos da proposta com o GAISMA, também foram tecidos muitos comentários externando preocupação ou contrários à proposta. Dentre os comentários, para fins de contextualização, cabe destacar o do representante “do IEMA e coordenador da CT-GRSA, pontuou



que a entrega das avaliações de risco à saúde humana ao estado do ES foi posterior à entrega ao estado de MG, o que impediu melhor posicionamento do estado em relação à questão”. Ainda, colocou que, “para melhor orientação da área de meio ambiente do estado do ES, fazia-se necessária a elaboração de documento que elencasse bases mínimas a serem cumpridas e pontos críticos de avaliação”, essa colocação resultou no seguinte encaminhamento:

O grupo participante da Reunião Intercâmaras, a pedido da representação do estado do Espírito Santo, irá aguardar as análises dos estudos relativos ao território capixaba [,incluindo a nota técnica de bases mínimas da área de meio ambiente do ES], a serem realizadas até o final de dezembro de 2020, para realização de nova Reunião Intercâmaras até segunda quinzena de janeiro de 2021, na qual o grupo se manifestará pela criação ou não de Grupo de Trabalho; em caso positivo, será definido também o escopo de trabalho.

Diante do exposto, esta Nota Técnica visa, portanto, atender parte deste encaminhamento da reunião intercâmaras, elencando bases mínimas para o encaminhamento de qualquer estudo de Avaliação de Risco a Saúde Humana para fins de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (área ambiental) e, aproveitando o oportuno, como já ficou exposto nos trechos anteriores, lançar luz sobre posicionamento passados, adicionalmente pontuando uma visão leiga da área de meio ambiente do ES sobre a Avaliação de Risco da área Saúde pública, tecendo por fim comentário sobre sua integração com a parte de meio ambiente.

2. BASES MÍNIMAS E DEFINIÇÕES OBRIGATÓRIAS PARA A EXECUÇÃO DA AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE HUMANA

a. Critérios obrigatórios gerais:

- Toda e qualquer reunião ou comunicação da Fundação Renova com o prestador de serviço que irá realizar a Avaliação de Risco deverá contar com a presença de representantes do sistema CIF/órgãos ambientais;
- Todos e qualquer documento emitido, mesmo que versão ainda não aprovada, que vier a ser enviado à Fundação Renova deve ser enviado em cópia ao sistema CIF/órgãos ambientais;
- A Fundação Renova deve apresentar o contrato com o prestador de serviço ao sistema CIF/órgãos ambientais;
- No caso de recusa de apresentação de plano de intervenção solicitado pelo sistema CIF/órgãos ambientais ou recusa da realização de intervenção ou da realização de qualquer outra ação que vise preservar a saúde da população, por parte da Fundação ou responsável, será pedido em juízo que esta ação seja realizada por terceiro a expensas



da Fundação/empresas em conformidade com a Resolução CONAMA nº 420. Este terceiro deverá submeter-se a todas as regras e obrigações que seriam aplicadas à Fundação Renova;

- Deverão ser realizadas apresentações mensais a respeito do andamento dos trabalhos.

b. Dos critérios obrigatórios para a seleção de Substâncias Química de Interesse

Antes de apontar os **procedimentos técnicos mínimos**, cabe contextualizar alguns pontos apresentados na Nota Técnica CT-GRSA nº 14/2020, em especial o item 2.1 desta:

2.1. Elementos químicos correlatos ao EVENTO – Rompimento da Barragem de Fundão Análise

O Termo de Transação de Ajustamento de Conduta (TTAC) define o EVENTO como sendo “o rompimento da barragem de Fundão, pertencente à SAMARCO, localizada no complexo minerário de Germano, em Mariana-MG, ocorrido em 5 de novembro de 2015”. Este rompimento, por sua vez, ocasionou a liberação de aproximadamente 40 milhões de metros cúbicos de rejeito com imensa energia. Estima-se que a vazão ocasionada pelo EVENTO foi equivalente a um Tempo de Retorno de 10.000 anos (Estigoni *et al.*, 2020 *apud* Golder, 2020).

Todo esse rejeito liberado com imensa energia escavou e revolveu as calhas dos rios atingidos, ressuscitando sedimentos que estavam estabilizados e “inertes” nestes, e assim, disponibilizando os componentes químicos desses sedimentos na coluna d’água, contribuindo para a alteração da qualidade da água.

Prova indiscutível disto pode ser obtida por análise simples e rápida dos monitoramentos de qualidade de água realizados emergencialmente durante os primeiros meses do desastre, alguns até com amostras do “branco” correspondendo as coletas antes da chegada da pluma de rejeitos. Nesses monitoramentos verifica-se a presença de diversos metais em quantidade elevadas e em uma variedade que vai além dos componentes principais dos rejeitos, que são Ferro, Silício, Alumínio e Manganês.

Destaca-se aqui, para exemplificar a narrativa do parágrafo anterior, a NOTA TÉCNICA GCA/CAIA Nº 031-2016, a qual analisa e compara frente a CONAMA 357 os dados de qualidade de água dos cinco pontos do rio Doce no Estado do Espírito Santo monitorados emergencialmente pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídrico, no período de novembro/2015 a março/2016. Na referida nota, além de relatar a condição de “branco”, classificam-se os parâmetros de qualidade de água que se “elevaram sua concentração com a chegada da lama” sem extrapolar os limites da classe II, e os que extrapolaram a classe II, respectivamente as colunas “Parâmetros que elevaram sua concentração com a chegada da lama” e “Parâmetro em desconformidade”. Pode-se concluir que, após a chegada da pluma de rejeitos, metais como alumínio, ferro, manganês, chumbo, cromo, cobalto, antimônio, arsênio, 4 bário, níquel, cobre, zinco entre outros parâmetros foram disponibilizados na coluna d’água, tanto pelo material extravasado, quanto pelo revolvimento do sedimento de fundo. Destaca-se que diversos desses metais são ditos “metais pesados” associados a efeitos deletérios à saúde humana e ao meio ambiente.

Todo o anteriormente exposto era de ciência da Fundação Renova, pois esses pontos foram discutidos, expostos e pontuados em diversas ocasiões, além de registrados em alguns documentos:



- NOTA TÉCNICA CT-GRSA nº 09/2020 - Assunto: Análise técnica do documento “PROJETO DE GESTÃO AMBIENTAL INTEGRADA PARA SAÚDE E MEIO AMBIENTE (GAISMA) Março de 2020”

o No item “3.1 Da Seleção das Substâncias Químicas de Interesse” pode-se ler: “A versão do GAISMA - Aprimorado, apresenta uma atualização do conceito de substâncias químicas de interesse nas páginas 6, 71, 73 e 76. Desta forma, o documento define como substâncias químicas de interesse aquelas “detectadas no meio acima do padrão legal aplicável ou aquela que não possui padrão legal aplicável para um determinado meio”, em consonância com as diretrizes da Norma ABNT NBR 16209:2013 e demais referências do setor ambiental para estudos de avaliação de risco.”

Em termos práticos, em sua proposta de avaliação de risco modelo GAISMA (suspensa judicialmente), a própria Fundação Renova usa uma ampla listagem de metais, os quais estavam acima do padrão legal (classe II da CONAMA 357 por exemplo), não somente os componentes majoritários do rejeito.

No mesmo documento, pode-se ler novamente a orientação quanto ao uso ampliado de metais disponibilizados pela energia do EVENTO, e da correta classificação das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) que deveriam ser adotadas em função disso:

“Entre as alterações de qualidade de água do rio Doce decorrentes do EVENTO se encontram diversos metais, alguns deles podendo não ser relacionados diretamente a composição do rejeitos, porém disponibilizados pela energia do EVENTO que revolveu o leito do rio. Nesse aspecto sempre foi discutido que as substâncias químicas de interesse (SQIs) deveriam ser as que apresentaram alteração em função do EVENTO, assim, na deliberação CIF nº 374, por meio dos documentos anexos solicitava-se a classificação das Substâncias Químicas de Interesse em classes ligadas: a composição dos rejeitos, as substâncias disponibilizadas pelo EVENTO, as de não interesse e as não relacionadas ao EVENTO. Todavia isto não se concretiza ao longo do documento, havendo apenas uma pequena sinalização no item 3 do documento em que se define “Substâncias Químicas de Interesse (SQI) não associadas à fonte primária (para áreas em que há indicação de outras substâncias não relacionadas ao rejeito);”, porém, não sendo o conceito mais abordado.”

Na Reunião Gerencial nº 29/2019, ocorrida nos dias 12 e 13/12/2019, que incluiu a presença dos membros do MPF/Ramboll, acerca da Nota Técnica nº 23/2019 da CT-GRSA que tratou do “Relatório final de investigação complementar e estudo ambiental de avaliação de riscos à saúde humana (metodologia USEPA) – Linhares – ES.” essa orientação também foi discutida e reiterada a Fundação Renova, no âmbito das avaliações de risco. Segue um trecho da resposta da Fundação Renova a Nota Técnica 23/2019, consolidando o que foi discutido na reunião dos dias 12 e 13/12/2019 (Resposta a NOTA TÉCNICA CT-GRSA nº 23/2019, sobre o Relatório final de investigação complementar e estudo ambiental de avaliação de riscos à saúde humana (metodologia USEPA) – Linhares – ES.) que confirma essa orientação.

“Resposta ao Parecer Técnico - Avaliação do Risco à Saúde Humana na Comunidade do Areal, Espírito Santo, emitido pela Ramboll Brasil

[...]

Identificação de Substâncias Químicas de Interesse

[Questionamento Parecer Ramboll] Conforme discutido na Seção 18.4.2 do relatório apresentado pela Fundação Renova, as Substâncias Químicas de Interesse foram selecionadas para incluir os compostos intrínsecos presentes nos rejeitos liberados da barragem (como, por exemplo, alumínio, ferro e manganês) e aquelas com



concentrações acima dos limites regulatórios (valores de intervenção - VI). Considera-se que esta abordagem geral é adequada.

Recomenda-se que a Avaliação de Risco deixe claro no início desta seção se o estudo avaliou apenas as substâncias químicas originárias do Complexo de Germano da Samarco/Barragem de Fundão ou se todas as substâncias químicas foram consideradas. Além das substâncias químicas originárias da barragem, se recomenda também considerar possíveis riscos à saúde humana de quaisquer substâncias químicas cuja mobilidade possa ter sido afetada pelo rompimento da barragem (por exemplo, Amônia proveniente do uso de fertilizantes e pesticidas em culturas agrícolas).

[Resposta Fundação Renova] Quanto à recomendação de que a Avaliação de Risco inicie a seção destacando as substâncias que de fato foram contempladas, considera-se prudente a recomendação.

Conforme pode ser observada na Tabela 30 - Resultados Analíticos para Amostras de Água Subterrânea de Linhares – ES (págs. 168 a 171), a Amônia foi contemplada.

Referente às demais substâncias químicas propostas para a Avaliação de Risco à Saúde Humana e não associadas a composição do rejeito ou aos metais em geral, mas que podem ter sido mobilizadas após o rompimento da barragem (compostos presentes em fertilizantes, por exemplo), esta abordagem não foi contemplada nos trabalhos, uma vez que o intuito do estudo foi refinar e avaliar as metodologias utilizadas (estudo piloto).

Ressalta-se que por recomendação dos órgãos ambientais, para a Avaliação de Risco à Saúde Humana deveriam ser considerados os metais constituintes do rejeito, bem como os que ultrapassassem os limites normativos.”

Até mesmo em alguns documentos da Fundação Renova, admite-se que estas orientações foram seguidas. Por exemplo, na última versão reprovada do GAISMA, havia uma conceituação de Substâncias Químicas de Interesse coerente com este fato:

- PROJETO DE GESTÃO AMBIENTAL INTEGRADA PARA SAÚDE E MEIO AMBIENTE (GAISMA) Março de 2020

“Substâncias Químicas de Interesse (SQI): Substâncias químicas detectadas no meio acima do padrão legal aplicável ou aquela que não possui padrão legal aplicável para um determinado meio;”

Apesar da ciência da Fundação Renova, desta que é considerada uma premissa fundamental do impacto ambiental resultante do EVENTO, por diversos membros da CT-GRSA para a execução dos trabalhos de avaliação de impactos e efeitos, esta não foi considerada no desenvolvimento do PMR 16, em que a Fundação Renova foca nos elementos majoritários do Rejeito de Mineração, ou seja, ferro, alumínio e manganês. O documento analisado por esta nota técnica já se fundamenta desde primeiro momento em premissa equivocada.

Requisição 1: A Fundação Renova deve considerar, em todos os trabalhos relacionados a avaliação de impactos ou riscos que desenvolve, ou vier a desenvolver, todos os elementos que sofreram alteração com o EVENTO (a passagem da pluma de rejeitos), com especial atenção a que extrapolaram os limite da classe II da CONAMA 357.

Cabe ante este histórico e defesa técnica acrescentar mais uma observação técnica. Os rejeitos de mineração são compostos por uma fração arenosa e uma fração lamosa, ou seja, havia



rejeitos com diferentes composições químicas e granulométricas. A fração de maior diâmetro, dita arenosa, é composta por óxidos de silício (maior constituinte da areia, quimicamente estável e de baixo risco), todavia, a fração de menor granulometria corresponde à fração lamosa, a qual em termos de composição química possui uma composição majoritariamente de óxidos de ferro e também as maiores concentrações de Elementos Potencialmente Tóxicos.

Temos então que partículas grandes e pequenas foram lançadas e transportadas para um ambiente de fluxo hidráulico, o rio Doce. Baseado nos mais básicos princípios da hidráulica e de transporte de sedimentos pode-se pontuar que há um transporte diferenciado dessas partículas, dos quais as partículas maiores serão transportadas mais lentamente pelo rio, pois é necessária mais energia para o líquido movê-las, enquanto as partículas mais finas (menores) irão ser transportadas mais facilmente. Esse fenômeno de transporte diferenciado pode gerar então algo incomum, para o gerenciamento de áreas contaminadas, que ao nos afastarmos da área fonte possa haver locais de concentração de contaminante por concentração dos particulados finos.

Para se exemplificar um local de concentração de particulados muito finos, tem-se que a Rede Rio Doce Mar já relatou, em seus seminários, a presença de lama na região marinha desde a foz do rio Doce; relatou ainda presença da chamada "lama fluida" composta por particulados muito finos, resultando numa mistura de densidade intermediária que fica ao fundo sem se sedimentar e ao mesmo tempo sem se dissipar.

Outro fenômeno que pode decorrer deste processo de transporte diferencial é que nas situações de extravasamento das águas do Rio Doce da calha regular, nas cheias do rio, essas partículas menores, com maiores teores de Elementos Potencialmente Tóxicos e mais facilmente transportáveis seriam transportadas preferencialmente para as planícies adjacentes, resultados numa expansão da contaminação. Se avaliarmos esse fenômeno de maneira cíclica, várias cheias e deposição de rejeitos finos nessas áreas, há a possibilidade de um aumento da concentração dos contaminantes ao longo do tempo.

Ainda cabe destacar que os óxidos de Ferro, principal componente das partículas menores, têm capacidade de adsorção (adesão superficial) de outras substâncias, como os Elementos Potencialmente Tóxicos, podendo ter atuado como carreador de outros contaminantes que foram remobilizados pela energia do EVENTO.

Nesse contexto de hipótese, cabe ainda destacar o exposto na Nota Técnica CT-GRSA nº 14/2020 ("5.1 Da análise do comparativo com os dados de Pacheco (2015)"), verifica-se um incremento de elementos, o qual serve de alerta para a possibilidade desta hipótese estar realmente ocorrendo:



Comparando a amostra de Cambissolo Háplico de Pacheco (2015) e os valores máximos obtidos no PMR 16 (solo propriedades rurais), pode-se observar que as amostras do PMR 16 apresentam maiores teores dos elementos Manganês (Mn), Arsênio (As) e Cádmiio (Cd), indicando assim um processo de enriquecimento desses elementos em momento posterior as coletas de Pacheco. Considerando que em janeiro de 2016, com a qualidade das águas do rio Doce ainda afetadas pelo desastre, conforme pode verificar pela NOTA TÉCNICA GCA/CAIA Nº 031-2016, ocorreu um cheia que inundou estas planícies adjacentes ao rio Doce, área em que estas amostras foram coletadas, pode-se considerar este enriquecimento uma comprovação de houve um impacto por incremento destes elementos, ou seja, tem-se uma evidência denexo de causalidade entre o rompimento da barragem e aumento de metais pesados no baixo Rio Doce.

Ante ao exposto, faz-se necessário definir alguns procedimentos e definições obrigatórias a Fundação Renova para a Seleção de Substâncias Químicas de Interesse:

i. Definições obrigatórias:

1. Substâncias Químicas de Interesse: são todas as substâncias ou elementos químicos presentes na composição do rejeito ou que sofreram alteração com o EVENTO ou que não possuem padrão legal aplicável para um determinado meio.

ii. Do procedimento técnico mínimo:

1. Para Definição das Substâncias Químicas de Interesse, devem ser consideradas minimamente todas as substâncias e elementos encontradas pela caracterização do rejeito realizada pela assessoria técnica do MPF, Lactec, em especial a publicação “Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão na bacia do rio Doce e região costeira adjacente” (Lactec, 2020).
2. Para Definição das Substâncias Químicas de Interesse, devem ser consideradas minimamente todas as substâncias químicas que não possuem padrão legal aplicável para um determinado meio;
3. Para Definição das Substâncias Químicas de Interesse, devem ser consideradas minimamente todas as substâncias e elementos encontrados que sofreram alteração durante o EVENTO. Para tal devem ser comparados os dados de qualidade de água pretéritos ao EVENTO com os dados de pós EVENTO identificando quais elementos sofreram alteração. b-Nesta comparação não devem ser desconsiderados valores extremos dos dados pós EVENTO, os referidos por vezes *outliers* (dados que se diferenciam drasticamente dos outros), pois o EVENTO foi uma situação extrema a qual se espera realmente um comportamento com variações bruscas de parâmetros. c- a metodologia de comparação, será baseada em metodologia estatística e deverá ser submetida a avaliação dos órgãos ambientais. d- Esta metodologia deve focar sua comparação em termos médios dos períodos chuvoso e seco, que serão foco do critério



de decisão, todavia, expondo, se possível, níveis de desvio padrão e/ou confiabilidade e/ou erro dos dados apresentados.

4. Deve ser utilizado para a comparação o maior banco de dados possível tanto pré quanto pós desastre.

Obs: para os dados do PMQQS (Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático do Rio Doce) devem ser utilizados apenas dados validados.

5. Devem ser observados os demais critérios técnicos listados a respeito deste tema na Notas Técnicas CT-GRSA nº 23/2019 e 09/2020. Caso a Fundação entenda que exista algum conflito de orientações entre os documentos, deve buscar imediatamente os órgãos ambientais para esclarecimento, pontuando claramente quais os trechos/orientações que entende conflitantes. Via de regra, o critério tenderá a orientação mais recente, a qual, foi certamente baseada em maior conhecimento técnico acumulado sobre o tema.
6. Devem ser apresentadas listagem das substâncias químicas por critério de inclusão: presentes na composição do rejeito ou que sofreram alteração com o EVENTO ou que não possuem padrão legal aplicável para um determinado meio.

c. Dos critérios obrigatórios para a coleta de amostras e área a ser investigada

i. Definições obrigatórias:

1. Toda a amostragem realizada deve conter análise estatística que justifique sua representatividade;
2. A amostragem deve contemplar, no mínimo, todos os tipos de solo por área investigada;
3. Toda a proposta de amostragem deve ser submetida ao CIF/órgãos ambientais; após as primeiras áreas submetidas, esse processo poderá ser feito por meio de apresentações, desde que a metodologia de amostragem não se altere;
4. A amostragem deve ser realizada inicialmente somente na área impactada;
5. A área impactada no Espírito Santo é composta minimamente pela área da sobreposição das manchas de inundação de 2016 e 2020, a qual deve ser submetida à aprovação dos órgãos ambientais. Caso esta não esteja consolidada, os órgãos poderão definir uma área precária de atuação, para que se iniciem as investigações, e após a consolidação da área das manchas de inundação a Fundação deve propor complementação se



necessário, ou justificar a sua não necessidade, todavia a decisão final fica a critério dos órgãos.

ii. Do procedimento técnico mínimo:

1. Os valores encontrados devem ser comparados com os Valores de Referência de Qualidade da CONAMA 420 para o estado do Espírito Santo.
2. Qualquer amostragem fora da área impactada, deve ocorrer somente em momento secundário e após a primeira amostragem; devem ser autorizadas pelo órgão ambiental competente e seguir os critérios técnicos de geração de Valores de Referência de Qualidade da CONAMA 420; e ser executado por convênio junto a órgão independente da Fundação Renova, no caso do Espírito Santo o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), o qual possui expertise no tema.

d. Dos critérios obrigatórios para a Ferramenta/Planilha (Excel) de Cálculo de Risco desenvolvida pela Fundação Renova para o Desastre da Samarco

i. Definições obrigatórias:

1. A planilha não deve utilizar qualquer análise estatística do tipo “monte carlo”;
2. Deve-se utilizar a metodologia do “pior cenário”;
3. A planilha deve se basear no mesmo conjunto de equações e base teórico-técnica da Planilha de Risco da CETESB, devendo ser apenas utilizados dados toxicológicos mais atuais e construídos cenários de exposição adequados e específicos para da realidade da área atingida pelo Desastre da SAMARCO;
4. Deve-se remover da ferramenta qualquer cálculo, aba ou outros que fuja ao contexto da ARSH para fins de GAC previsto na CONAMA 420 e adentre nas questões da ARSH para fins de saúde pública.

e. Dos critérios obrigatórios para a Validação da Ferramenta/Planilha (Excel) de Cálculo de Risco desenvolvida pela Fundação Renova para o Desastre da Samarco

i. Definições obrigatórias:

1. Após validada, a planilha será de domínio público;

ii. Do procedimento técnico mínimo:



1. A Fundação Renova deve realizar todo o procedimento de validação à semelhança do que foi executado para a Planilha de Risco da CETESB;
2. A Fundação deve submeter toda a proposta de validação aos órgãos ambientais;
3. A planilha deve ficar disponível em site público para download, desenhado especificamente para este fim sem logomarca e afins da Fundação Renova, contendo informações de contato (e-mail) e/outras meios de colaboração para apontamento de erros, questionamentos e demais colaborações. Serão recebidas colaborações para validação da planilha por um período mínimo de 3 meses, todavia, o site e o canal de envio de colaborações devem permanecer aberto por no mínimo 2 anos;
4. Será realizado um seminário ou semelhante, com os meios disponíveis para o momento, para lançar o processo de validação, não necessariamente na mesma data que a planilha será disponibilizada para download público e colaboração;
5. Após o período mínimo de recebimento de colaborações a Fundação Renova terá mais 30 dias para a entrega da planilha finalizada. Cabe observar aqui que a Fundação não necessita esperar o fim do período de colaboração para iniciar as correções apontadas;
6. Após o período mínimo de recebimento de colaborações (3 meses), terá mais 45 dias para finalizar relatório sucinto acerca de todas as colaborações realizadas, este será tornado público no mesmo site em que a planilha será disponibilizada.
7. O processo de validação será avaliado pelo sistema CIF/órgãos ambientais, devendo constar com ao menos um colaborador que seja órgão público de renome nacional externo ao sistema CIF/órgãos ambientais (exemplo CETESB) e, ao menos, um colaborador internacional (exemplo USEPA).

f. Dos critérios obrigatórios para aplicação em área piloto

i. Definições obrigatórias:

1. A área piloto será sugerida pela Fundação Renova;
2. Somente poderão ser realizadas outras avaliações de risco após o parecer do CIF/órgãos ambientais sobre o resultado do piloto;
3. Somente serão coletadas amostras em áreas impactadas, em um primeiro momento;
4. A coleta de amostras para investigação de fonte natural ou diversa de contaminação ocorrerá se identificado alguma amostra em valores em desconformidade com a



CONAMA 420, em um segundo momento e com aprovação do sistema CIF/órgãos ambientais.

ii. Do procedimento técnico mínimo:

1. Devem ser informados dias e horários das campanhas de coleta para potencial fiscalização dos trabalhos.

g. Dos dados para comparação com as concentrações anteriores ao desastre.

A forma mais simples e lógica da mensuração de um impacto, no presente caso, é comparar valores anteriores com valores posteriores ao desastre, nesse sentido especifica-se:

i. Definições obrigatórias:

1. A fundação deverá entregar um capítulo ou relatório consolidado com os dados de qualidade de solo, água subterrânea, sedimento e água superficial publicados ou gerados antes do desastre com base em: artigos científicos, publicações de referência ou dados de licenciamento. Devem ser apresentadas tabelas excel (concentração, localização, metodologia e fonte bibliográfica no mínimo), mapas de isolinhas de concentração, e análise estatística dos mesmos;
2. Os dados devem ser separados em dados com metodologia em conformidade com a CONAMA 420 (ou seja, metodologia USEPA 3050b ou 3051a) e dados que não seguem esta metodologia, por exemplo dados de metodologia de teor total.

ii. Do procedimento técnico mínimo:

1. A Fundação Renova deve realizar, obrigatoriamente, a comparação para solo com estes dados (artigos científicos, publicações de referência ou dados de licenciamento, ou seja, dados secundários não gerados pela fundação renova) e uma segunda com os valores de referência da CONAMA 420, devendo utilizar essas comparações prioritariamente para guiar o trabalho desenvolvido;
2. A Fundação Renova deve realizar, obrigatoriamente, a comparação para água superficial com estes dados (artigos científicos, publicações de referência ou dados de licenciamento, ou seja, dados secundários não gerados pela fundação renova) e uma segunda com os valores de referência da CONAMA 357, devendo utilizar essas comparações prioritariamente para guiar o trabalho desenvolvido;
3. A Fundação Renova deve realizar, obrigatoriamente, a comparação para sedimento com



estes dados e uma segunda com os valores de referência da CONAMA 420, tendo em vista que qualquer possível operação de dragagem terá disposição em solo, assim, conforme previsto pela CONAMA 454, devendo utilizar essas comparações prioritariamente para guiar o trabalho desenvolvido.

h. Da comparação com outros dados

Qualquer outra comparação com banco de dados ou norma diferente dos anteriormente citados deve ser previamente aprovada pelos órgãos ambientais competentes;

i. Da entrega de um Cronograma

i. Definição obrigatória:

1. O cronograma deve prever o término de todas as avaliações de risco em no máximo um ano e meio (1,5 ano);

ii. Do procedimento técnico mínimo:

1. Deve ser entregue em formato em que se possa identificar quando a equipe da Fundação Renova estará em cada área;

2. Devem ser identificadas as etapas críticas do processo.

j. Dos critérios obrigatórios para aplicação em demais áreas, além da piloto

1. Aprovação das bases teóricas e técnicas do Avaliação de Risco a Saúde Humana para fins de Gerenciamento de Áreas Contaminadas pelo sistema CIF/órgãos ambientais;

2. Validação pública da ferramenta de cálculo de risco em desenvolvimento pela Fundação Renova;

3. Aprovação da Avaliação de Risco a Saúde Humana para fins de Gerenciamento de Áreas Contaminadas em área Piloto;



3. EXCLUSÕES OBRIGATÓRIAS

1. Não se deve aplicar a segmentação de áreas alvo em RED (Região de Exposição Direta), REI (Região de Exposição Indireta) e RNE (Região de não Exposição), entende-se que esta abordagem técnica não é adequada devido a vários motivos, como por exemplo, a incerteza sobre a área impactada. Ademais, esta segmentação não existe dentro das normas ambientais, sendo assim incompatível com estas normas.

4. OUTRAS ORIENTAÇÕES OBRIGATÓRIAS

1. Todas as reuniões entre o prestador de serviço e a Fundação Renova devem ocorrer na presença de representante do sistema CIF/órgãos ambientais e/ou Ministério da Saúde.
2. Deve-se realizar inicialmente uma caracterização somente na área impactada (ou em caso de haver indefinição da área, deve-se utilizar uma área conservadora acordada com os órgãos do sistema CIF/órgãos ambientais), devendo-se proceder a análise de risco nesta área, caso seja encontrado algum risco deve-se iniciar as ações de remediação e proceder em paralelo às investigações para entender a contaminação. **Caso esta seja de origem natural, as ações serão consideradas como de cunho compensatório.** Todo esse processo deve ter propostas e demais aprovadas pelos órgãos ou câmaras técnicas competentes.

5. DO POSICIONAMENTO DA ÁREA DE MEIO AMBIENTE DO ES A RESPEITO DA AVALIAÇÃO CONJUNTA DE RISCO PARA MEIO AMBIENTE E SAÚDE PÚBLICA

Relembrando sinteticamente o histórico já exposto, cabe esclarecer que na análise inicial do GAISMA, o IEMA entendeu que só deveria analisar a parte referente ao meio ambiente da proposta em avaliação pelo sistema CIF, pois cabia às suas atribuições. Pela área de saúde capixaba a proposta foi amplamente criticada e desaprovada, tendo a SESA acompanhado a posição do Ministério da Saúde.

Todavia, a proposta prosseguiu inicialmente pelo CIF entender que a Fundação conseguiria adequar a proposta do GAISMA a todas as exigências da área de meio ambiente e saúde, o que não se cumpriu resultando reprovação unânime da versão “aprimorada” (2ª versão de março/2020). Novamente, na 2ª versão, o IEMA se limitou a analisar o que entendia ser de sua competência na



proposta, desta vez, reprovando a mesma, tendo em vista que a Fundação não foi capaz de adequar a proposta.

Narrados os fatos anteriores, e tendo em vista que, tanto na 48^o reunião, quanto na reunião intercâmaras ocorrida no dia 24/11/2020, foi pontuada a necessidade de uma “visão” do meio ambiente sobre a área de ARSH da saúde. Sendo assim, este corpo técnico iniciou a leitura de diversos documento emitidos sobre o tema: Parecer Técnico nº 1/2020 – DSASTE/SVS/MS, Relatório Técnico nº 4/FEAM/DIGA/2020, e diversos outros, porém, com especial atenção aos documentos de maior referência técnica/legal como DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDO DE AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA POR EXPOSIÇÃO A CONTAMINANTES QUÍMICOS (Ministério da Saúde, 2010), Nota Técnica SUBVPS/SES-MG Nº 11/2017 (CT-Saúde, 2017).

Após isso e tendo em vista os presentes técnicos não serem da área de saúde, da proposta GAISMA para a área de Saúde, a qual expomos em resumo a seguir bem como algumas citações mais relevantes para tal.

Das incompatibilidades declaradas da metodologia proposta pela Fundação Renova para a Área de Saúde Pública

Em relação a proposta inicial do GAISMA:

Destaca-se que no decorrer da avaliação da proposta da GAISMA, pelo IEMA, a Secretaria de Saúde do Espírito Santo (SESA/ES) encaminhou o ofício OF/SESA/GEVS/NEVA/001/2020, em 13/01/2019, contendo posicionamento quanto a essa proposição, em resposta a solicitação realizada pela Coordenação da CT-Saúde. O posicionamento em questão reforçou as conclusões do Ministério da Saúde acerca da inviabilidade da proposta da GAISMA para o atendimento das diretrizes de Saúde Pública, por meio do Parecer Técnico nº 1/2020 – DSASTE/SVS/MS, o qual foi considerado pela Deliberação CIF nº 374. Destaca-se o seguinte trecho do ofício supracitado:

Assim, considerando a peremptoriedade do prazo legal, esclarecemos que a SESA-ES é signatária da política nacional de vigilância em saúde (PNVS) e em consonância com o Ministério da Saúde e municípios capixabas que compõem o sistema CIF, avaliamos que a proposta GAISMA desenvolvida pela Fundação Renova é incipiente, não havendo evidências de que a referida metodologia possa atender aos objetivos de um estudo de risco à saúde humana, tal qual orienta as diretrizes do ministério da saúde do Brasil.

Conforme o Parecer Técnico nº 1/2020 – DSASTE/SVS/MS, a inviabilidade apontada, resultava da constatação de que a proposta de integração em questão seria prejudicial, por motivos diversos, para subsidiar o processo decisório dos setores comprometidos com a Saúde Pública. Visualizando que os processos de avaliação de risco e gestão de risco estão intimamente relacionados, o referido parecer relata a incongruência conceitual da integração de etapas de avaliação de risco que subsidiarão processos de gestão que são distintos, *in verbis*:



Outro ponto negativo é que nesta fase há uma tentativa de mesclar três avaliações de risco: a. Avaliação de Risco a Saúde Humana utilizando as “Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos” desenvolvida pelo Ministério da Saúde (2010), e suas revisões posteriores; b. Avaliação de Risco a Saúde Humana utilizando o “Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS)” e suas atualizações desenvolvido pela US EPA (1989), bem como o Framework for Metals Risk Assessment (US EPA, 2007), e suas revisões posteriores; c. Avaliação de Risco Ecológico utilizando o “Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund: Process for Designing And Conducting Ecological Risk Assessments” (ARE) e suas atualizações desenvolvido pela US EPA (1997), bem como o Framework for Metals Risk Assessment (US EPA, 2007), e suas revisões posteriores. **Tratam-se de metodologias distintas, a metodologia do MS busca a partir de uma análise territorial, epidemiológica e ambiental integrada, identificar as rotas de exposição dos contaminantes de interesse e responder as preocupações levantadas pela população, enquanto a metodologia USEPA tem por objetivo a gestão de áreas degradadas.** Já a ARE tem como objetivo evidenciar a ocorrência de efeitos ecológicos adversos, como resultado da exposição a uma ou mais substâncias químicas de interesse. **(grifo nosso)**

O parecer apresentou desdobramentos específicos da integração proposta que poderiam ser prejudiciais a atuação no âmbito da Saúde Pública, dentre os quais destacou-se que:

O desenvolvimento de modelo conceitual regional não é recomendado pelas diretrizes do MS, por ser uma etapa de estudos prioritariamente ambientais e não deve ser uma fase determinante para a aplicação da metodologia do setor saúde. O levantamento de informações disponíveis na Fundação Renova deve ser validado em relação à metodologia e ao objetivo do estudo do setor saúde. Para a definição de áreas alvo, **é importante entender não apenas os impactos ambientais, mas também os impactos à saúde, entendendo o conceito ampliado de saúde, onde saúde não é a simples ausência de doença. (grifo nosso)**

Quanto a proposta do GAISMA-Aprimorado:

A inadequação da versão aprimorada da GAISMA foi também constatada para o atendimento do que é preconizado pelo setor saúde, conforme Nota Técnica CT-Saúde nº 32/2020, de 15/04/2020, considerando que não foram corrigidas as incompatibilidades anteriormente apontadas, concluindo-se que:

Cumprir destacar o esforço realizado pela equipe de avaliação do documento, que mesmo empenhada no combate à pandemia do COVID-19, realizou avaliação minuciosa do extenso documento, e se frustra ao chegar à conclusão de que não houveram alterações substantivas na versão apresentada e nem o atendimento àquelas já sinalizadas em Deliberação do Sistema CIF. O documento mantém sua forma de estruturação, não trazendo as mudanças necessárias já apresentadas anteriormente para que o documento se adeque às linhas de avaliação dos órgãos públicos competentes da área de saúde.

(...)

Conclui-se, portanto, que a versão de março de 2020 do Projeto Gestão Ambiental Integrada para Saúde e Meio Ambiente **continua a não responder às demandas e objetivos do setor saúde, bem como NÃO cumpriu o item 2.b da Deliberação CIF 374/2020.**



Em anexo a referida nota técnica foi encaminhado o parecer técnico do Ministério da Saúde, representado por sua Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental, que concluiu o caráter prejudicial à saúde pública da possível integração proposta pela GAISMA, conforme trecho destacado abaixo:

Tendo em vista os apontamentos realizados, ainda que possam ser de fato realizadas modificações no conteúdo e estrutura do GAISMA, visando a incorporação destes, conclui-se que **difficilmente tais modificações contemplariam, em termos práticos, as demandas e objetivos do setor saúde. Entende-se que, mesmo que existam intersecções evidentes entre as metodologias submetidas a integração realizada pelo GAISMA, o fato de que estas prestam-se, por concepção, a fins distintos**, suscita preocupações quanto à real capacidade de avaliação integrada dos resultados e **cria o receio de que, por esse motivo, não se possam desenhar estratégias efetivas voltadas à saúde das populações direta e indiretamente impactadas. (grifo nosso)**

Por fim, tanto na 48º CIF, quanto na reunião intercâmaras do dia 24/11/2020, também foi posto por alguns membros do CIF de que havia um posicionamento pró integração dos estudos, todavia reitera-se que é prerrogativa do poder público rever seus atos desde que devidamente motivado e justificado. Assim, ante ao exposto e tendo uma visão do todo (incluindo do meio ambiente sobre a saúde) posiciona-se contrário a proposta do GAISMA ou qualquer outra Integração em que não se cumpra integralmente a metodologia do Ministério da Saúde (DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDO DE AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA POR EXPOSIÇÃO A CONTAMINANTES QUÍMICOS (Ministério da Saúde, 2010) e Nota Técnica SUBVPS/SES-MG Nº 11/2017 (CT-Saúde, 2017)) por se entender que esta não é a mais adequada e nem eficaz para a condução dos trabalhos da área de saúde, como anteriormente exposto. Adicionalmente, **entende-se que ambos os estudos têm que dialogar** (abordado no próximo tópico), todavia sem se integrar, ou seja, cada um deve manter sua estrutura original, pois possuem focos diferentes que incompatibilizam a integração.

6. DAS DIFERENÇAS ENTRE OS ESTUDOS E DO DIÁLOGO ENTRE ELES

Como já explanado anteriormente a Gestão de Áreas Contaminadas pode ser dividida em três etapas, conforme Figura 1:

1. Identificação (investigação Preliminar e Confirmatória);
2. Diagnóstico (investigação Detalhada e Avaliação de Risco);
3. Intervenção (ações de eliminação ou redução a níveis toleráveis dos riscos, e monitoramento da eficácia).

A Avaliação de Risco à Saúde Humana para fins de Gerenciamento de Áreas Contaminadas gera dois importantes produtos, a existência de risco potencial e as Concentrações Máximas Aceitáveis (CMA's) ou Metas de Remediação. A partir deste ponto são realizadas as ações para



eliminação do risco, ou sua redução a níveis aceitáveis, ou seja, até abaixo das CMA's, a área então é monitorada para verificar a eficácia das ações, caso as CMA's não tenham sido alcançadas retorna-se às ações de intervenção, permanecendo no ciclo intervenção e monitoramento até que todos os parâmetros alcancem a CMA desejada, e assim, a área seja declarada reabilitada para o uso declarado, conforme Figura 2.

Destaca-se que o foco é a recuperação do meio impactado, a exemplo recuperar o solo ao uso agrícola ou urbano.

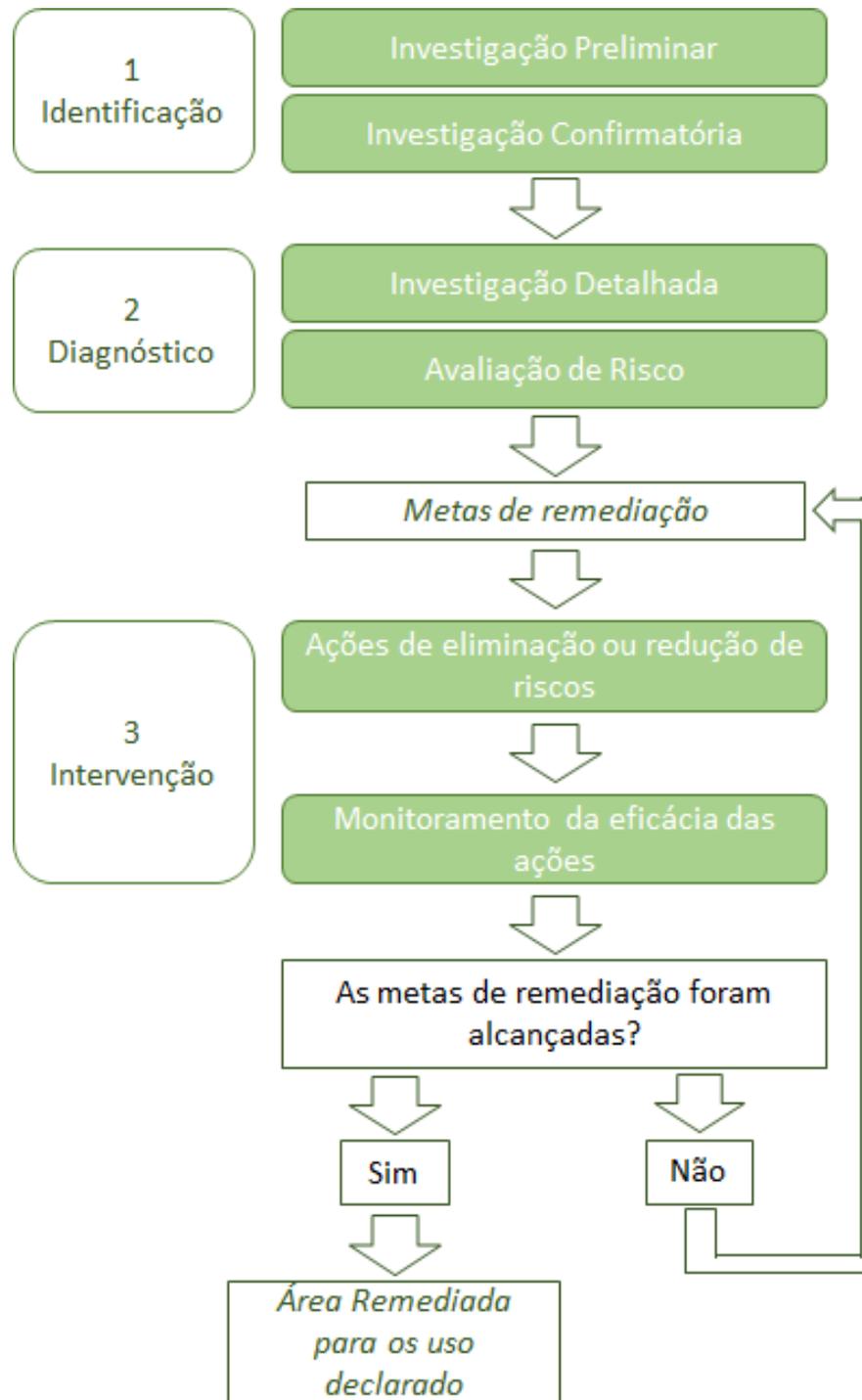


Figura 01: Esquema simplificado do Gerenciamento de Áreas Contaminadas, com base na CONAMA 420, com detalhamento para a etapa de intervenção

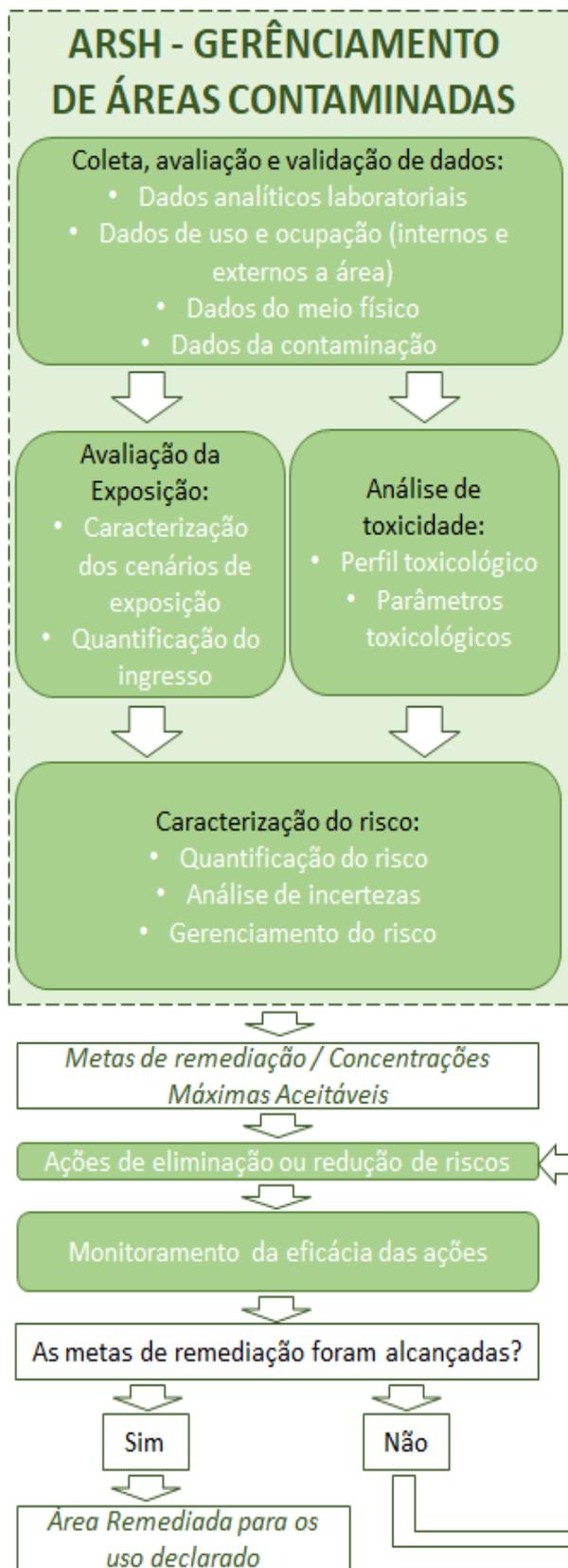


Figura 02: Esquema ampliado da ARSH para fins de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. Baseado em Maximiliano (2014) apud USEPA (1989) (Guia de elaboração de planos de intervenção para o Gerenciamento de áreas contaminadas, São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: BNDES, 2014).



Para a finalidade de subsidiar a atuação dos serviços de Saúde Pública, a Avaliação de Risco a Saúde Humana, apesar de possuir a mesma nomenclatura da ambiental e algumas interfaces, pouco se assemelha em termos de estrutura, sendo composta por sete etapas, conforme as Diretrizes para Elaboração de Estudos de ARSH do MS:

1. Levantamento e Avaliação da Informação do Local
2. Levantamento das Preocupações da Comunidade
3. Seleção dos Contaminantes de Interesse
4. Mecanismos de Transporte
5. Identificação e Avaliação de Rotas de Exposição
6. Determinação de Implicações para a Saúde Pública
7. Determinação de Conclusões e Recomendações

A partir destas etapas, a ARSH para saúde pública tem dois principais objetivos ou produtos esperados: identificar a existência de rotas de exposição humana aos contaminantes de interesse e responder às preocupações de saúde apresentadas pela população. Com base nessas informações, um estudo de ARSH propõe ações de saúde pública a serem desenvolvidas pelos serviços de saúde locais e federal, com amparo financeiro baseado no princípio do poluidor pagador, *Vide* a Figura 3.

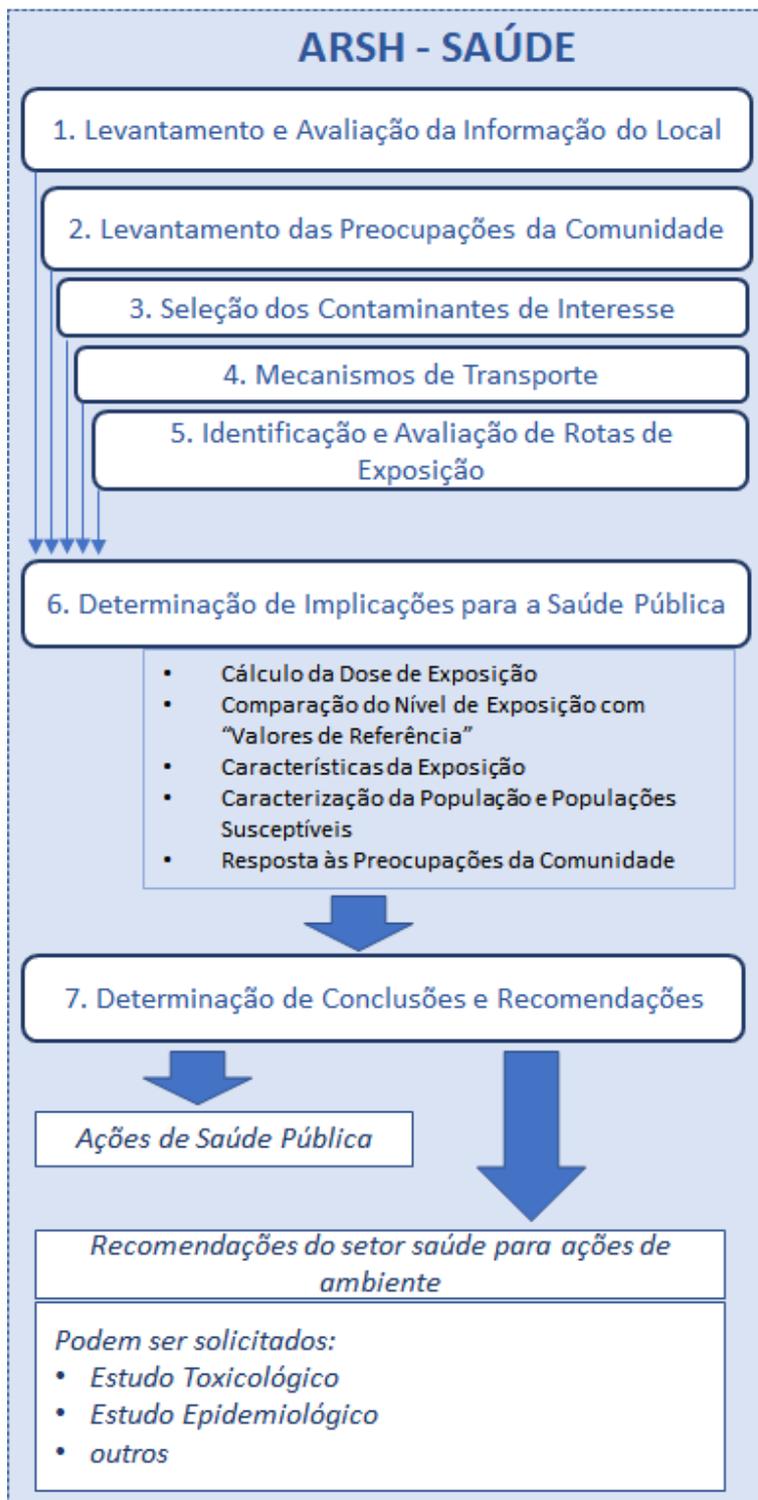


Figura 03: Esquema simplificado da ARSH para fins de saúde pública.



Apesar de não expresso claramente na Figura 3, devido à complexidade que seria a representação, a ARSH de saúde pública é também um processo contínuo de avanço nos estudos, em especial ao envolver os toxicológicos e epidemiológicos, porém estes podem tanto desencadear novas ações de saúde pública, quanto retroalimentar várias etapas da ARSH quanto indicar necessidade de detalhamento e revisão de outras.

Se compararmos a ARSH ambiental com a ARSH de Saúde Pública, veremos semelhanças apenas nos itens 1; 3; 4 e 5. Em uma análise mais detalhada, observa-se semelhanças dentro de alguns subitens do item 6 (como cálculo de dose de exposição, limitando-se a semelhança a nomenclatura, já que a metodologia de cálculo diverge). Ainda assim, não se pode afirmar nenhuma equivalência nestas etapas, pois, por exemplo, a coleta de amostras de solo em profundidade de 0 a 8 cm é a recomendação das diretrizes da saúde pública, enquanto a metodologia ambiental coleta de 0 a 20 cm, entre outras diferenças.

Ainda se tem divergências nas etapas iniciais que resultam das diferenças de foco das ARSH, como a existência da etapa 2 - Levantamento das Preocupações da Comunidade na metodologia do MS, ressaltando o interesse na saúde humana desta metodologia.

Já na etapa 6 - Determinação de Implicações para a Saúde Pública, vai além de cálculo de Dose de Exposição, englobando a caracterização das populações susceptíveis e eventual realização de aprofundamentos por meio de estudos como Avaliação Toxicológica e Epidemiológica das populações.

Em especial, as avaliações toxicológicas e epidemiológica podem durar anos, pois dependem da construção de um histórico de dados, tanto é que a NT CT-Saúde nº 11/2017 prevê duração de 10 anos para estes estudos. Destaca-se que, para este corpo técnico, a duração faz sentido, visto que a exposição a contaminação por alguns metais é conhecida por ter efeitos sob exposição crônica.

Não obstante, todas estas diferenças nos itens que têm semelhanças em termos de nomenclatura entre as áreas de meio ambiente e saúde, a área de saúde, conforme metodologia do MS, ainda engloba preocupações de ordem psicológica, social e ordem econômica que tenham influência sobre a saúde, uma vez que, de acordo com o ordenamento jurídico do Sistema Único de Saúde, essas questões são determinantes sociais e ambientais da saúde.

Ainda cabe esclarecer que, a ARSH de saúde pública realiza '*Recomendações do setor saúde para ações de ambiente*', ou seja, traz um direcionamento genérico a ser encaminhado à área de meio ambiente, para que esta sim determine ações de intervenção e remediação. Nota-se a este ponto que a própria metodologia do MS estabelece oportunidade e necessidade de diálogo com o meio ambiente. Vide figura 4, um comparativo entre as ARSH de saúde pública e o processo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, que inclui a ARSH ambiental.

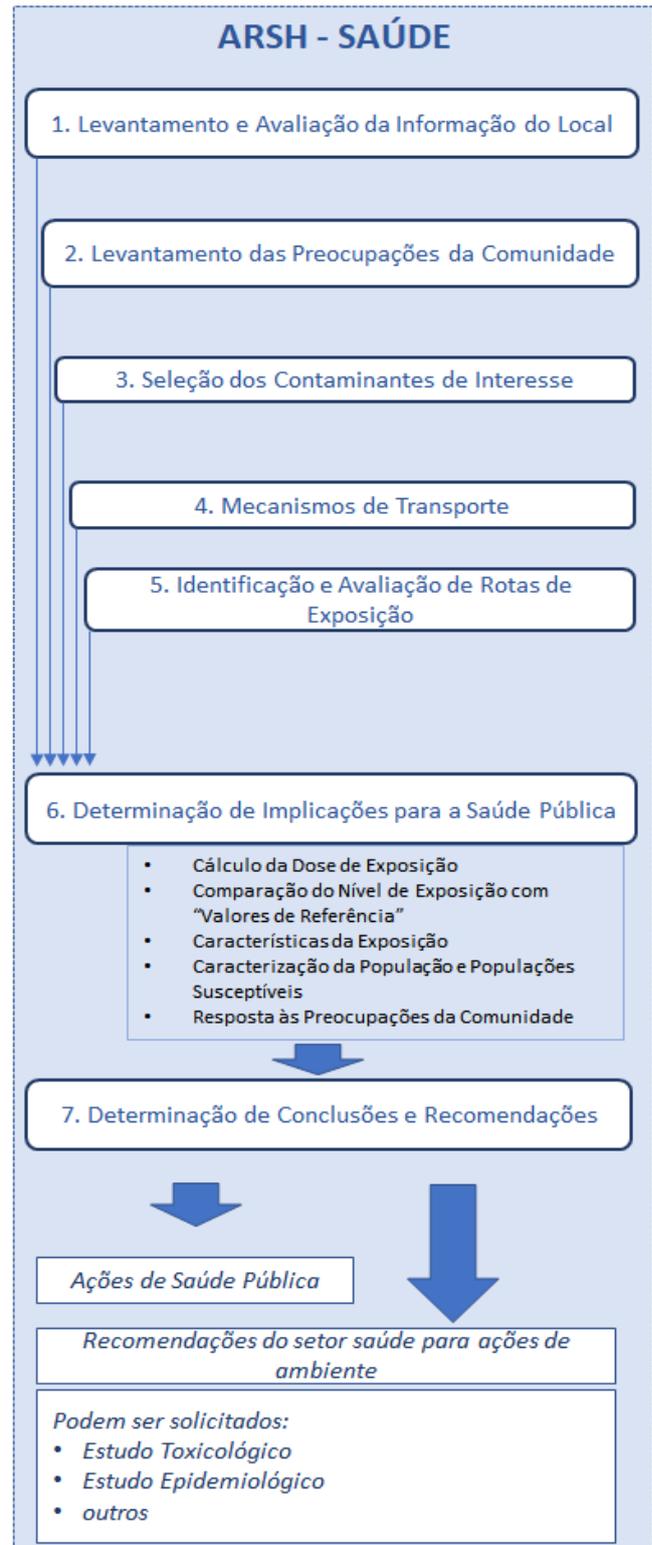
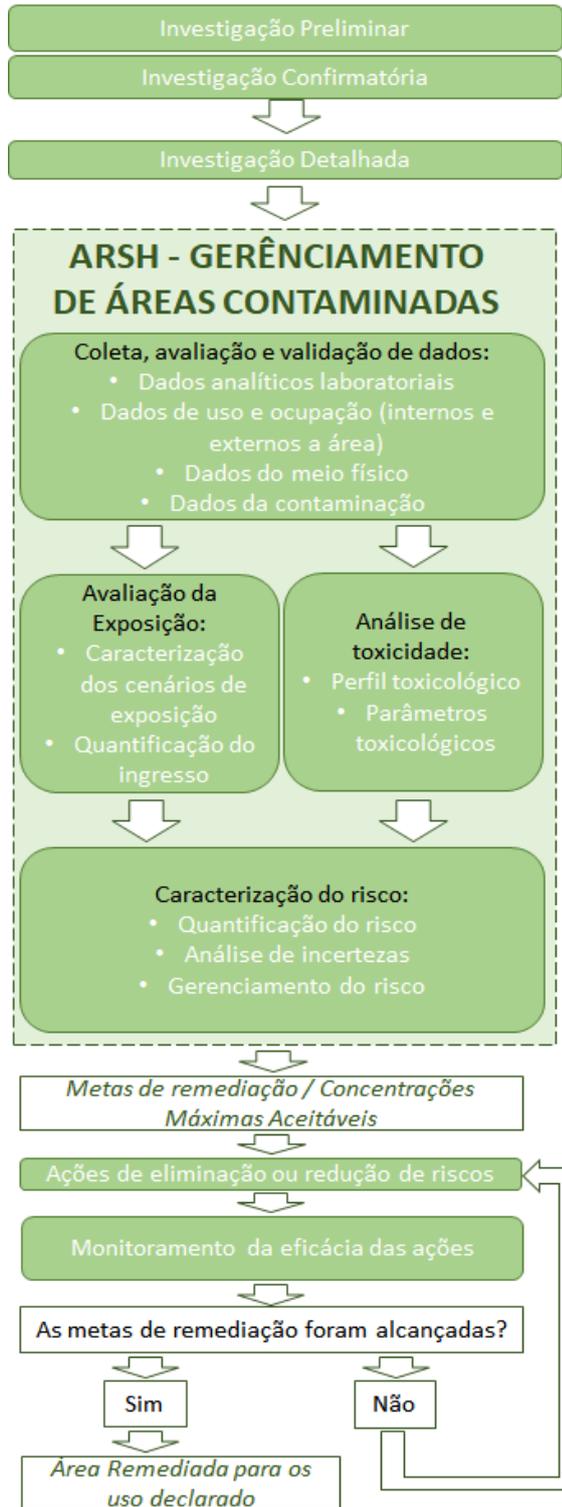


Figura 04: comparativo simplificado entre o Gerenciamento de Áreas Contaminadas Ambiental (que inclui uma ARSH ambiental) e a metodologia ARSH de saúde pública.



7. DAS OPORTUNIDADE DE DIÁLOGO E ALINHAMENTO ENTRE OS ESTUDOS E LIMITAÇÕES QUE DEVEM SER IMPOSTAS PARA TAL, VISANDO A GARANTIA DE QUALIDADE DE AMBOS OS ESTUDOS.

Ante ao exposto, tem-se que a garantia para resposta adequada destes estudos é justamente sua independência e o zelo por sua metodologia de referência nacional (CONAMA, órgãos ambientais e MS) e não a sua integração.

Todavia, isto não significa que estes não devem dialogar, conforme relatado, nesta Nota Técnica e isto já é implicitamente previsto pela própria metodologia do MS a qual faz “Recomendações do setor saúde para ações de ambiente”, na qual por meio destas, o setor saúde mantém-se dentro de suas atribuições e fornece subsídio inicial para uma investigação detalhada da área de meio ambiente, até mesmo para iniciar uma ARSH para fins de Gerenciamento de Áreas Contaminadas.

Cabe propor algumas ações práticas para o efetivo diálogo entre os dois estudos:

- As recomendações do setor saúde serão genéricas, tendo por enfoque as rotas de exposição e meios contaminados, e remetendo ao setor meio ambiente a responsabilidade de avaliar ações de intervenção ambiental, ou seja, tanto as ações específicas de remediação quanto a definição das metas de remediação ou CMA's (concentração máximas aceitáveis), por meio de sua própria avaliação de risco no padrão ambiental ou por referência a CONAMA ou COPAM;
- As ações de intervenção ambiental, a serem indicadas pelo setor de meio ambiente, devem englobar, no mínimo, ações envolvendo as rotas de exposição com risco identificadas na ARSH do MS/setor saúde;
- É até esperado que haja diferenças entre os riscos encontrados entre as metodologias, até porque estas são diferentes, com focos diferentes, o que não gera conflito ou inadequação de qualquer uma destas;
- sempre que uma das Câmaras Técnicas (Saúde ou GRSA) finalizar a avaliação de um Relatório de Avaliação de Risco e dentro da sua respectiva metodologia, esta deverá convocar uma reunião intercâmaras para apresentação desta análise, para ciência, e assim, possibilitando o diálogo e o alinhamento de possíveis ações de ambas.
- É plenamente possível que as avaliações de risco sejam executadas por empresas diferentes, o que é recomendável, pois, empresas que normalmente executam a metodologia ambiental não executam a metodologia do Ministério da Saúde e vice versa, além de permitir uma visão mais ampla do tema.
- A metodologia do Ministério da Saúde deve ser seguida na íntegra, em caso de



insuficiência desta para algum tópico, a Fundação Renova deve buscar orientação junto ao MS.

- Em caso de, após todas as medidas anteriormente descritas, ainda haver conflito de entendimento sobre a realização da ARSH de saúde pública, sugere-se consulta à OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde ou entidade superior ligada à OMS/ONU.

8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O gerenciamento de grandes áreas contaminadas, como o caso do desastre da Samarco, é um tema não corriqueiro, sendo que as ferramentas de cálculo de risco atuais não se adaptam a tamanha área de modelagem, todavia, o assunto é passível de ser trabalhado tecnicamente.

Uma das formas de se trabalhar com grandes problemas é a abordagem analítica, ou seja, dividi-los em problemas menores, ou no presente caso, em áreas menores de investigação a partir de divisões do tipo uso do solo (urbano ou rural), tipos de solo e outros critérios. Nessas áreas menores, é possível aplicar ferramentas já consolidadas observando as limitações da aproximação.

Nesse sentido, pode-se concluir que o uso da Planilha de Cálculo de Risco da CETESB, que é uma ferramenta validada, consagrada nacionalmente e pronta para uso, seria a melhor opção. Contudo, esta ferramenta não é atualizada desde 2013, além de ter sido construída com base no contexto do Estado de São Paulo.

A ferramenta (nova planilha nos moldes da CETESB) proposta pela Fundação Renova desde que aplicada somente para a área de Meio Ambiente, no contexto de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, pode ter grande efetividade ao apresentar um risco mais próximo a realidade (ainda sendo modelagem, ou seja, teórico), isto porque se propõe a mensurar parâmetros exposicionais específicos para as áreas atingidas e se valer de dados toxicológicos atualizados.

Agora abordando o contexto da saúde, após estudo da metodologia do Ministério da Saúde, das notas técnicas elaboradas pela CT-Saúde e outros documentos apresentados, considera-se que o uso desta ferramenta (nova planilha nos moldes da CETESB) para Avaliação de Risco à Saúde Humana para fins de saúde pública, é **inadequado e incompatível**, conforme relatado nesta Nota Técnica.

Isso se deve a diversas incompatibilidades já apontadas pela CT-Saúde, visto que a metodologia do meio ambiente é uma modelagem teórica de um risco potencial de desenvolvimento de câncer ou outro efeito adverso frente a uma vida toda de exposição ao contaminante, tendo um enfoque das ações de remediação a recuperação do solo ou outro compartimento ambiental afetado. Já a metodologia de Saúde Pública, a qual é definida pelo Ministério da Saúde ("DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDO DE AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA POR EXPOSIÇÃO A



CONTAMINANTES QUÍMICOS”, 2010), tem como enfoque **as percepções e observações da população sobre sua saúde**, assim, as ações de remediação decorrentes deste tipo de avaliação de risco focam, principalmente, em ações sanitárias de saúde pública. Cabe esclarecer que esta metodologia pode propor recomendações que normalmente são muito superficiais e genéricas para eliminação de fontes de contaminação ambiental, as quais, por vezes, geram a necessidade de uma Avaliação de Risco para Gerenciamento de Áreas Contaminadas (uma ARSH para fins de GAC), para conseguir projetar metas de remediação e ações específicas e horizontes temporais distintos.

Adicionalmente, entende-se que a integração das duas metodologias se limitaria, por razões técnicas, a coleta de amostras em conjunto e a tomada de ações de remediação em conjunto, ou seja, trata-se a população (ações de remediação sanitárias), concomitantemente às ações de recuperação da área afetada (ações ambientais de eliminação da fonte de contaminante). Pondera-se que a execução conjunta das etapas das duas metodologias pode gerar um efeito de contrapeso na evolução das ações, uma vez que uma das metodologias poderá avançar mais do que a outra.

Reitera-se que a garantia para resposta adequada destes estudos é justamente sua independência e o zelo por sua metodologia de referência nacional (CONAMA, órgãos ambientais e MS) e não a sua integração. Todavia, isto não significa que estes não devem dialogar, pelo contrário, isto já é implicitamente previsto pela própria metodologia do MS a qual faz “Recomendações do setor saúde para ações de ambiente”, na qual por meio destas, o setor saúde mantém-se dentro de suas atribuições e fornece subsídio a área de meio ambiente.

Adicionalmente, tem-se que talvez a maior prova de incompatibilidade de unificação das avaliações de risco, sejam o simples fato de que estas existam em separado no contexto global, não tendo sido encontrada durante a construção da presente nota técnica nenhuma metodologia “integrada” de avaliação de risco a saúde humana ambiental e de saúde pública, nem mesmo nos Estados Unidos da América, país este, referência no tema.

Diante de todas as recomendações feitas nesta nota técnica para a continuidade do processo de Avaliação de Risco a Saúde Humana e que são válidas **apenas para a área de meio ambiente**, ou seja com objetivo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, os membros do Espírito Santo da CT-GRSA, se posicionam contra o Gerenciamento Integrado das Avaliações de Risco de meio ambiente e saúde pública e contra a integração de maneira geral, devendo somente as duas metodologias dialogarem conforme anteriormente explanado nesta nota técnica,

Conclui-se que a Avaliação de Risco para fins de Saúde Pública deve seguir metodologia definida pelo Ministério da Saúde (“DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDO DE AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA POR EXPOSIÇÃO A CONTAMINANTES QUÍMICOS”, 2010) e especificações adicionais da CT-Saúde (NT CT-Saúde nº 11/2017).



Recomenda-se ainda que as Avaliação de Risco a Saúde Humana para Saúde Pública e Gerenciamento de áreas Contaminadas sejam feitas por empresas distintas e devidamente capazes de executar cada estudo em sua integralidade.

Por fim, referente a proposta de criação do GT para tratar da análise dos dois estudos, saúde e meio ambiente, a qual como esclarecido na reunião intercâmaras que “A proposta ora em debate, portanto, é a avaliação do sistema CIF sobre a possibilidade de análises integradas dos estudos”, conforme ATA de reunião, entende-se que é inadequada e ineficaz a condução dos trabalhos.

9. DAS RECOMENDAÇÕES AO CIF

Conforme exposto, entende-se como a melhor decisão técnica, para a ARSH com fins de GAC, é finalizar a ferramenta de cálculo de risco, proposta pela Fundação Renova (a planilha de risco nos moldes da CETESB), do qual já há uma versão parcial. Todavia, caso não haja concordância com a ferramenta elaborada pela Fundação Renova, por decisão do CIF, entende-se que este deva optar pela continuidade do que havia antes de toda a proposta GAISMA (e da criação da ferramenta de cálculo de risco nos moldes da CETESB).

Destaca-se que é de conhecimento da SECEX/CIF quais são os estudos anteriores ao GAISMA e da criação da ferramenta de cálculo de risco nos moldes da CETESB, tanto por MG quanto pelo ES, que são metodologias bem estabelecidas e testadas e que fornecerão respostas.

Quanto ao GAISMA, percebe-se que este é tema altamente conflituoso entre a SES-MG e todo o restante dos membros da CT-Saúde, mas com clara maioria contrária ao GAISMA. Dado que agora há também uma postura clara do meio ambiente do ES contra o GAISMA, bem como sendo contrário a qualquer forma de integração que altere a metodologia do MS. Assim, sugere-se ao CIF o posicionamento de visar o diálogo entre os estudos e não mais a sua integração.

Por fim, sugere que o CIF solicite ao juízo a contratação de empresa/consultoria para realizar a Avaliação de Risco a Saúde Humana para fins de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, as expensas das mantenedoras/responsável pela contaminação e sob orientação do sistema CIF, conforme previsto na Resolução CONAMA 420. Isto decorre devido às duas propostas de Avaliação de Risco à Saúde Humana, elaboradas pela Fundação Renova, não lograrem êxito técnico (GAISMA e GAISMA-aprimorado).

Assim, a semelhança dos casos de áreas contaminadas em que o responsável não executa e/ou se recusa a executar o GAC, por motivos diversos, a competência de realizar o GAC é transferida para os órgãos ambientais. Por conta disso, há necessidade da intervenção, por parte do CIF e órgãos ambientais, para preservar a saúde da população.



Vitória, 04 de janeiro de 2021.

Equipe Técnica responsável pela elaboração desta Nota Técnica:

- Thales Del Puppo Altoé (CTECAD - IEMA/ES);
- Adelino da Silva Ribeiro Neto (CTECAD - IEMA/ES).

Gilberto Arpini Sipioni

**Coordenador da Coordenação Técnica de Enfrentamento da Crise Ambiental
do Doce - CTECAD**

ASSINATURA

Documento original assinado eletronicamente, conforme MP 2200-2/2001, art. 10, § 2º, por:

GILBERTO ARPINI SIPIONI
COORDENADOR
IEMA - CTECAD
assinado em 11/01/2021 14:33:10 -03:00



INFORMAÇÕES DO DOCUMENTO

Documento capturado em 11/01/2021 14:33:11 (HORÁRIO DE BRASÍLIA - UTC-3)
por GILBERTO ARPINI SIPIONI (COORDENADOR - IEMA - CTECAD)
Valor Legal: ORIGINAL | Natureza: DOCUMENTO NATO-DIGITAL

A disponibilidade do documento pode ser conferida pelo link: <https://e-docs.es.gov.br/d/2021-FT4JVK>

Anexo II-o

MEMÓRIA TÉCNICA DE REUNIÃO

DATA: 29 de janeiro de 2021.

PAUTA: Reunião técnica, entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, para alinhamento quanto aos entendimentos técnicos para a realização dos próximos estudos de Avaliação de Risco a Saúde Humana (metodologia do meio ambiente) a serem realizados na bacia do rio Doce.

PARTICIPANTES:

Representantes - Estado de Espírito Santo	
Nome	Órgão
Adelino da Silva Ribeiro Neto	IEMA
Gilberto Arpini Sipioni	IEMA
Jessica Luiza Nogueira Zon	IEMA
Margareth Saraiva	CGCA/SEAMA
Roberto Lapierre	SESA
Thales Del Puppo Altoé	IEMA
Representantes - Estado de Minas Gerais	
Nome	Órgão
Bruna Tourinho	SES
Filipe Laguardia	SES
Gerlaine Romero	SEPLAG
Luiz Otávio Martins Cruz	FEAM/SEMAD
Marina da Mata Sacramento	SEPLAG
Patrícia Rocha Maciel Fernandes	FEAM/SEMAD

CONTEXTUALIZAÇÃO:

Após fechamento da Nota Técnica IEMA/CTECAD Nº 001/2021, a qual dispõe sobre as “Bases mínimas para Avaliação de Risco a Saúde Humana para fins Ambientais de Gerenciamento de Áreas Contaminadas e outros esclarecimentos e considerações adicionais”, pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA) e do PARECER TÉCNICO SOBRE ESTUDO DE AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA EM LOCALIDADES ATINGIDAS PELO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO- MG REALIZADO PELA AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS NO MUNICÍPIO DE LINHARES-ES, pela Secretaria de Saúde do Espírito Santo, as procuradorias dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo compreenderam que seria importante um alinhamento técnico entre os estados, com a participação das respectivas secretarias de meio ambiente e de saúde, neste momento em que ambos os estados tinham consolidadas as diretrizes para a realização dos próximos estudos de avaliação de risco da saúde humana (meio ambiente e saúde), bem como, analisado os estudos ARSH entregues pela empresa AMBIOS para as áreas piloto de Mariana, Barra Longa e Linhares. Nesse sentido, esta primeira reunião foi realizada com o objetivo de alinhamento técnico dos órgãos ambientais do estado de Minas Gerais e Espírito Santo sobre os estudos de ARSH (metodologia ambiental) e

discussão sobre a NT elaborada pelo IEMA, com a participação do setor de saúde de MG e ES, com foco em prestar esclarecimentos sobre as metodologias da ARSH (setor saúde). Esta reunião não teve como foco discutir os estudos de ARSH do setor de saúde, mas foram realizados alguns esclarecimentos do setor saúde, através de representantes das secretarias estaduais. A SESA (ES) se posicionou contrária ao GAISMA e que se deve manter a metodologia do Ministério da Saúde, a qual é a referência para a realidade nacional, deve ser seguida na íntegra, ao que Minas Gerais tem concordância.

Como metodologia para a realização da reunião, foi proposta a divisão da Nota Técnica IEMA/CTECAD Nº 001/2021 em tópicos de discussão, em planilha de *excel*, que permitisse o registro dos pontos apresentados pelos técnicos de ambos os estados e a conclusão da análise realizada conjuntamente. Ressalta-se que a partir do diálogo técnico, foram alcançados os esclarecimentos para dúvidas colocadas; foram realizadas complementações às diretrizes postas na Nota Técnica IEMA/CTECAD Nº 001/2021, a partir da rica discussão técnica realizada; foram clarificados os pontos de consenso e dissenso na visão técnica dos estados, bem como verificou-se que algumas especificidades da realidade de cada estado tornam necessárias algumas diferenças de procedimentos para a realização dos estudos ARSH – Meio Ambiente nos territórios mineiro e capixaba. Por fim, ao longo das discussões também foram gerados encaminhamentos e foi verificada a necessidade de outras reuniões para aprofundamento de tópicos específicos.

Ressalta-se que, com o intuito de tornar a reunião mais objetiva, os técnicos do estado de Minas Gerais destacaram, previamente, os tópicos da Nota Técnica IEMA/CTECAD Nº 001/2021 que seriam analisados conjuntamente na reunião, ao passo que os tópicos que já eram de consenso entre ambos os estados ou que não havia considerações a serem feitas, não foram analisados conjuntamente durante a reunião.

PRINCIPAIS ALINHAMENTOS:

A seguir destacam-se as discussões e respectivas conclusões alcançadas ao longo da reunião. Para facilitar o entendimento e concisão das conclusões alcançadas, os trechos da nota técnica Nota Técnica IEMA/CTECAD Nº 001/2021 que tratam sobre o mesmo tópico de discussão foram agrupados:

➤ Pontos que alcançaram consenso:

Tópico discutido	Trechos – NT IEMA	Apontamentos MG	Apontamentos ES	Conclusões
Reuniões entre empresas contratadas para a realização dos estudos e Fundação Renova	<ul style="list-style-type: none">[Página 10] “Toda e qualquer reunião ou comunicação da Fundação Renova com o prestador de serviço que irá realizar a Avaliação de Risco deverá contar com a presença de representantes do sistema CIF/órgãos ambientais”;[Página 21] “Todas as reuniões entre o prestador de serviço e a Fundação Renova devem ocorrer na presença de representante do sistema CIF/órgãos ambientais e/ou Ministério da Saúde”.	Proposição MG: Fica a cargo dos órgãos públicos ou das CTs/CIF decidirem sobre a participação ou não da reunião, mas sempre devem ser informados sobre qualquer reunião entre empresa contratada e Fundação Renova para a execução dos estudos. - A competência de análise é do órgão ambiental, mas deve ser observada a governança do Sistema CIF.	ES: Esclarecimento da diretriz - Reuniões que os órgãos não puderem participar não aconteceriam, para evitar qualquer tipo de alinhamento diferente entre consultoria contratada e Renova. No caso da saúde participarão, obrigatoriamente, todos entes federados.	Consenso: 1) Quanto às reuniões: os órgãos públicos devem ser sempre informados (independente da informação via Sistema CIF) e fica a cargo do órgão participar ou não, podendo a reunião ser adiada, caso o órgão manifeste que sua participação é obrigatória e o mesmo não possa comparecer. 2) A competência pela análise dos estudos é dos órgãos ambientais de cada estado, mas deve ser respeitado a governança do Sistema CIF
Quanto à gestão documental dos estudos	<ul style="list-style-type: none">[Página 10] “Todos e qualquer documento emitido, mesmo que versão ainda não aprovada, que vier a ser enviado à Fundação Renova deve ser enviado em cópia ao sistema CIF/órgãos ambientais”;	Análise MG: Ressalta a complexidade de receber e analisar todos os documentos e avaliam o ganho real alcançado.	Análise ES: Esclarecimento da diretriz - Ter disponibilidade do documento. Evitar que a Fundação consiga manobrar	Consenso: Toda e qualquer documentação deve ser encaminhada para fins de fiscalização e controle dos órgãos competentes. Caso necessário, o órgão fará análise

		<p>- As validações e aprovações devem ocorrer em marcos intermediários e finais.</p> <p>- Acrescenta a possibilidade da consultoria contratada ser consultada diretamente pelos órgãos competentes e enviar estudos diretamente para os órgãos ambientais e de saúde, quando requisitada.</p>	em diversas versões. Critério de fiscalização.	e manifestação dos documentos parciais, a seu critério. > [Acréscimo] – Acrescenta-se a possibilidade das empresas contratadas serem consultadas diretamente pelos órgãos competentes e o envio dos estudos diretamente para os órgãos ambientais e/ou de saúde, quando requisitada.
<p>Critérios obrigatórios para a seleção de substâncias químicas – esclarecimento quanto ao conceito de “alteração”</p>	<ul style="list-style-type: none"> • [Página 15] 1. Substâncias Químicas de Interesse: são todas as substâncias ou elementos químicos presentes na composição do rejeito ou que sofreram alteração com o EVENTO ou que não possuem padrão legal aplicável para um determinado meio. • [Página 15] 3. Para Definição das Substâncias Químicas de Interesse, devem ser consideradas minimamente todas as substâncias e elementos encontrados que sofreram alteração durante o EVENTO. Para tal devem ser comparados os dados de qualidade de água pretéritos ao EVENTO com os dados de pós EVENTO identificando quais elementos sofreram alteração. • [Página 16] 6. Devem ser apresentadas listagem das substâncias químicas por critério de inclusão: presentes na composição do rejeito ou que sofreram alteração com o EVENTO ou que não 	MG: Dúvida quanto ao conceito apresentado pelo IEMA: o que seria "alteração com o EVENTO".	<p>Esclarecimento ES: conceito de "alteração": trata-se de análise em relação ao status pré e pós rompimento, representando qualquer tipo de alteração.</p> <p>- Preocupação de retirar os outliers, tendo em vista a importância que também sejam considerados.</p> <p>- Também devem ser incluídos obrigatoriamente entre as SQI qualquer substância que em algum momento extrapolou os limites da Conama 420.</p>	<p>Consenso quanto ao conceito.</p> <p>Inclusão - conceito de “alteração”: Trata-se de análise em relação ao status pré e pós rompimento, bem como comparação com valores de referência;</p> <p>ES: Existe a especificidade do estado do Espírito Santo que, em determinadas regiões, favorecem a concentração de alguns metais.</p>

	possuem padrão legal aplicável para um determinado meio.			
Estudos que devem servir de bases mínimas para a realização dos estudos	<ul style="list-style-type: none"> [Página 15] 1. Para Definição das Substâncias Químicas de Interesse, devem ser consideradas minimamente todos as substâncias e elementos encontradas pela caracterização do rejeito realizada pela assessoria técnica do MPF, Lactec, em especial a publicação “Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão na bacia do rio Doce e região costeira adjacente” (Lactec, 2020). 	MG: Outros estudos podem ser usados. Por hora, MG não pensa em acrescentar outro estudo como base mínima.	ES: Esclarecimento da diretriz - São bases mínimas, podem ser usados outros estudos, desde que sejam apresentados e passem pelo crivo dos órgãos ambientais.	Consenso: <ul style="list-style-type: none"> > Podem ser usados outros estudos. > Se o estudo do meio ambiente identificar um padrão alterado de substância química de interesse, deve haver uma comunicação imediata aos órgãos de saúde, para verificação e providências a serem tomadas no âmbito da saúde pública, a cargo do poluidor pagador. Da mesma forma, se o estudo do setor de saúde identificar um padrão alterado de substância química de interesse, deve haver uma comunicação imediata aos órgãos de meio ambiente para verificação e providências no âmbito ambiental.
Metodologia estatística (outliers e estatística paramétrica)	<ul style="list-style-type: none"> [Página 15] c- a metodologia de comparação, será baseada em metodologia estatística e deverá ser submetida a avaliação dos órgãos ambientais. [Página 15] d- Esta metodologia deve focar sua comparação em termos médios dos períodos chuvoso e seco, que serão foco do critério de decisão, todavia, expondo, se possível, níveis de 	MG: Preocupação se os dados são paramétricos ou não paramétricos. Caso os dados sejam não paramétricos, outros métodos estatísticos devem ser utilizados.	- Esclarecimento ES: Preocupação de retirar os outliers, tendo em vista a importância que também sejam considerados.	Consenso: <p>Caso os dados sejam “não paramétricos”, outros métodos estatísticos devem ser propostos e utilizados, após aprovação dos órgãos ambientais.</p>

	desvio padrão e/ou confiabilidade e/ou erro dos dados apresentados.			
Colaboradores nacionais e internacionais para avaliação da planilha de avaliação de riscos	[Página 18] 7. O processo de validação será avaliado pelo sistema CIF/órgãos ambientais, devendo constar com ao menos um colaborador que seja órgão público de renome nacional externo ao sistema CIF/órgãos ambientais (exemplo CETESB) e, ao menos, um colaborador internacional (exemplo USEPA).	Considerações MG: > Apenas a CETESB seria órgão público de renome nacional. Se ela não tiver disponibilidade, teríamos um problema. Propõe-se colaboradores, mas não necessariamente órgão público. Mesmo entendimento no âmbito internacional.		Consenso: > Pode abranger colaborador tanto nacional, quanto internacional, preferencialmente, mas não se restringindo à colaboradores apenas a órgãos públicos de renome, podendo ser outros consultores com reconhecimento comprovado no tema.
Dos critérios obrigatórios para aplicação em área piloto	[Página 18] 1. A área piloto será sugerida pela Fundação Renova;	Considerações MG: > Já estava sendo discutido, no sistema CIF, a primeira seleção de área.	> [Encaminhamento]: Analisar se a área pode ser decidida, seguindo o critério da saúde. Considerações ES: > Gostariam de ver mais trabalho da Fundação Renova nos critérios para aplicação em área piloto. > Quando mudarmos para a priorização, seguiríamos a da saúde, para alinhamento.	Consenso: > MG: A ordem das áreas que serão alvo de análises e intervenções, incluindo a área piloto, deverá ser apresentada pela Fundação Renova, respeitando as discussões que já haviam sido realizadas pela CT-GRSA e CT-Saúde, respeitando as áreas com maior potencial de risco. > ES: A Fundação Renova indicaria a área, a partir de critérios técnicos que serão avaliados e aprovados pela CT-GRSA.

Acréscimo de águas subterrâneas	[Página 19] 1. A Fundação Renova deve realizar, obrigatoriamente, a comparação para solo com estes dados (artigos J.científicos, publicações de referência ou dados de licenciamento, ou seja, dados secundários não gerados pela fundação renova) e uma segunda com os valores de referência da CONAMA 420, devendo utilizar essas comparações prioritariamente para guiar o trabalho desenvolvido;	> Considerações MG: Acrescentar águas subterrâneas		Consenso: > Acrescentar águas subterrâneas.
Sobre amostragem	<ul style="list-style-type: none"> • [Página 30] Se compararmos a ARSH ambiental com a ARSH de Saúde Pública, veremos semelhanças apenas nos itens 1; 3; 4 e 5. Em uma análise mais detalhada, observa-se semelhanças dentro de alguns subitens do item 6 (como cálculo de dose de exposição, limitando-se a semelhança a nomenclatura, já que a metodologia de cálculo diverge). Ainda assim, não se pode afirmar nenhuma equivalência nestas etapas, pois, por exemplo, a coleta de amostras de solo em profundidade de 0 a 8 cm é a recomendação das diretrizes da saúde pública, enquanto a metodologia ambiental coleta de 0 a 20 cm, entre outras diferenças. • [Página 34] Adicionalmente, entende-se que a integração das duas metodologias se limitaria, por razões técnicas, a coleta de amostras em conjunto e a tomada de ações de remediação em conjunto, ou seja, trata-se a população (ações de remediação sanitárias), concomitantemente às ações de recuperação da área afetada (ações 	Considerações MG: > Amostragem: depende do cenário de exposição e deve ser criado plano de amostragem para cada área.	Considerações ES: > É possível compatibilizar as coletas, se as metodologias forem respeitadas. > Neste momento não seria ideal a criação de um Grupo de Trabalho para discussões sobre o tema.;	Consenso: > Uma das possibilidades para o diálogo entre as metodologias, seria a coleta em campanha única com Planos de Amostragem que respeitem os objetivos de cada metodologia (saúde e meio ambiente). > Decisões sobre a amostragem e outros pontos de diálogo entre os estudos poderão ser decididas em outros fóruns de diálogo, sem precisar necessariamente criar “Grupo de Trabalho” no âmbito do Sistema CIF. > [Encaminhamento] Reunião para aprofundar os Planos de Amostragem.

	<p>ambientais de eliminação da fonte de contaminante).</p> <ul style="list-style-type: none"> • [Página 35] Por fim, referente a proposta de criação do GT para tratar da análise dos dois estudos, saúde e meio ambiente, a qual como esclarecido na reunião intercâmaras que “A proposta ora em debate, portanto, é a avaliação do sistema CIF sobre a possibilidade de análises integradas dos estudos”, conforme ATA de reunião, entende-se que é inadequada e ineficaz a condução dos trabalhos. 			
<p>Das proposições/recomendações de intervenção ambiental do estudo do setor saúde para o de meio ambiente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • [Página 32] As ações de intervenção ambiental, a serem indicadas pelo setor de meio ambiente, devem englobar, no mínimo, ações envolvendo as rotas de exposição com risco identificadas na ARSH do MS/setor saúde; • [Página 34] Cabe esclarecer que esta metodologia pode propor recomendações que normalmente são muito superficiais e genéricas para eliminação de fontes de contaminação ambiental, as quais, por vezes, geram a necessidade de uma Avaliação de Risco para Gerenciamento de Áreas Contaminadas (uma ARSH para fins de GAC), para conseguir projetar metas de remediação e ações específicas e horizontes temporais distintos. • [Página 34] Todavia, isto não significa que estes não devem dialogar, pelo contrário, isto já é implicitamente previsto pela própria metodologia 	<p>Considerações MG:</p> <p>> Como as avaliações se darão em tempos diferentes, poderia até ser desculpa para a Renova não executar as ações, esperando o término do estudo da saúde. Isso poderia atrasar os estudos do meio ambiente. Deve ser englobado/considerado o estudo saúde, sem prejuízo ao andamento do estudo de meio ambiente.</p>	<p>ES - Esclarecimentos quanto à diretriz:</p> <p>> Diretriz como uma salvaguarda, pois caso a saúde encontre uma rota, fazem uma recomendação genérica para área do meio ambiente;</p> <p>> Rota de exposição traz uma gama muito grande.</p>	<p>Consenso:</p> <p>> As ações de intervenção ambiental genéricas, apontadas pelo setor Saúde, devem sofrer avaliação/especificação pelo setor de meio ambiente, visando verificar a pertinência da execução da intervenção. Importante registrar que esta análise não deve causar nenhum prejuízo ao andamento das proposições/execução da ARSH para o setor de meio ambiente.</p>

	do MS a qual faz “Recomendações do setor saúde para ações de ambiente”, na qual por meio destas, o setor saúde mantém-se dentro de suas atribuições e fornece subsídio a área de meio ambiente.			
Do alinhamento entre câmaras técnicas de Saúde e GRSA	<ul style="list-style-type: none"> [Página 32] sempre que uma das Câmaras Técnicas (Saúde ou GRSA) finalizar a avaliação de um Relatório de Avaliação de Risco e dentro da sua respectiva metodologia, esta deverá convocar uma reunião intercâmaras para apresentação desta análise, para ciência, e assim, possibilitando o diálogo e o alinhamento de possíveis ações de ambas. 			Consenso: A competência é dos órgãos ambientais de cada estado, mas deve ser respeitada a governança do sistema CIF.
Quanto à execução dos estudos pela Fundação Renova	<ul style="list-style-type: none"> [Página 35] Por fim, sugere que o CIF solicite ao juízo a contratação de empresa/consultoria para realizar a Avaliação de Risco à Saúde Humana para fins de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, as expensas das mantenedoras/responsável pela contaminação e sob orientação do sistema CIF, conforme previsto na Resolução CONAMA 420. Isto decorre devido às duas propostas de Avaliação de Risco à Saúde Humana, elaboradas pela Fundação Renova, não lograrem êxito técnico (GAISMA e GAISMA-aprimorado). Assim, à semelhança dos casos de áreas contaminadas em que o responsável não executa e/ou se recusa a executar o GAC, por motivos diversos, a competência de realizar o GAC é transferida para os órgãos ambientais. Por conta disso, há necessidade da intervenção, por parte do 	> Embora os órgãos ambientais e de saúde do estado de Minas Gerais entendem ser possível, uma gestão articulada e eficiente das metodologias do meio ambiente e saúde dos estudos de ARSH, a Fundação Renova não obteve êxito em apresentar um documento com proposta de execução integrada que deixasse claro a preservação das metodologias da saúde e meio ambiente. A partir do posicionamento dos órgãos competentes e do CIF deverá ser solicitado à Fundação Renova a retomada da execução dos estudos. Caso	Esclarecimentos quanto à sugestão: > Estados entrarem judicialmente pedindo ao juízo para que os próprios estados executem os estudos. Os estados fariam um edital técnico e as empresas responderiam diretamente ao estado, às expensas do poluidor pagador (bloqueio de valores). Isso se justifica, pois, a Fundação Renova não mostrou capacidade técnica de realizar conforme as diretrizes colocadas (dentre outras motivações).	Consenso: > A Fundação Renova deve apresentar uma nova proposta para a execução dos estudos de avaliação de risco à saúde humana (saúde e meio ambiente com estudos separados) e risco ecológico, conforme as diretrizes e recomendações emitidas ou a serem emitidas pelos órgãos de Minas Gerais e Espírito Santo. Caso a Fundação Renova não atenda às diretrizes e recomendações, os estados entendem que poderão ser adotadas medidas de intervenção no processo,

	CIF e órgãos ambientais, para preservar a saúde da população.	ocorra descumprimento da determinação por parte da Fundação Renova, o pedido para contratação direta deverá ser acionado pelos Estados e CIF.		assumindo a execução das ações, com a continuidade do custeio pela Fundação Renova ou pelas mantenedoras, conforme previsto nas legislações ambientais. Estas medidas deverão ser estudadas e discutidas em articulação com as assessorias jurídicas dos estados e do CIF.
--	---	---	--	--

➤ **Pontos que até o momento não alcançaram consenso:**

Tópico discutido	Passagens – NT IEMA	Apontamentos MG	Apontamentos ES	Conclusões
Análise estatística do tipo “Monte Carlo” - Dos critérios obrigatórios para a Ferramenta/ Planilha (Excel) de Cálculo de Risco desenvolvid a pela Fundação	[Página 17] 1. A planilha não deve utilizar qualquer análise estatística do tipo “Monte Carlo”;	<p>Considerações MG:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Não seria um critério genérico. Não vai ser utilizado para dados de entrada e sim de sensibilidade dos resultados (se podem estar influenciando ou não os resultados). Entende que não deve estar na planilha para fazer cálculo de risco, mas não fazer uso da análise de Monte Carlo para sensibilidade pode ser uma perda. > Pode ficar fora da planilha 	<ul style="list-style-type: none"> > Monte Carlo é parecida com análise multivariada. É necessária uma calibração para análise multivariada grande, o que pode mascarar alguns dados. Poderia ser uma análise complementar, mas traz preocupação (pode causar um nivelamento). > Essa análise começa a ser defendida na escola de SP, mas ainda há refutações. Não está muito consolidada. > Compreende que não deve ser colocada em um primeiro momento. Se a FR insistir, poderíamos discutir com eles. 	<p>Dissenso:</p> <ul style="list-style-type: none"> > MG: entende que poderá ser apresentada proposta para a execução da análise de Monte Carlo separadamente. Se fizer, deve ser aprovada pelo órgão ambiental. > ES: O Espírito Santo entende que a análise não deve ser feita. Caso esteja em uma análise complementar, os riscos e ações devem ter por base o resultado da planilha de risco. A análise complementar por Monte Carlo

<p>Renova para o Desastre da Samarco</p>				<p>deve ser secundária, apenas para priorizar ações Observação - Consenso: > Não deve estar na planilha de avaliação de risco.</p>
<p>Sobre as empresas que realizarão os estudos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • [Página 32] É plenamente possível que as avaliações de risco sejam executadas por empresas diferentes, o que é recomendável, pois, empresas que normalmente executam a metodologia ambiental não executam a metodologia do Ministério da Saúde e vice-versa, além de permitir uma visão mais ampla do tema. • [Página 35] Recomenda-se ainda que as Avaliação de Risco a Saúde Humana para Saúde Pública e Gerenciamento de áreas Contaminadas sejam feitas por empresas distintas e devidamente capazes de executar cada estudo em sua integralidade. 	<p>Considerações MG:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Não indicar empresas específicas; > Estudos podem ser feitos pela mesma empresa ou empresas diferentes. O foco principal é a experiência dos profissionais com experiências nas metodologias que desenvolverão. 	<p>Considerações ES:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Prezar pelas empresas separadas, daria mais amplitude ao tema. > SESA-ES: O estudo da Ambios foi uma etapa e as demais etapas devem ser realizadas pela mesma empresa e devem ser realizados os ajustes/adequações para as próximas etapas. Cada etapa concentra um grupo de territórios que não necessariamente têm as mesmas características. No final, o estudo é específico para cada território, mas pode-se ter uma visão global da calha. > Preferência pela visão dos estudos em etapas: Pensando na questão metodológica e especificidade de contratação, pela Fundação Renova. Passar por todo o processo de novo pela 	<p>Dissenso:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Minas: As avaliações de risco à saúde humana (saúde e meio ambiente) e risco ecológico podem ser executadas por empresas diferentes ou pela mesma empresa, respeitando a livre iniciativa, sendo que a consultoria deve ter profissionais com experiência nas metodologias que irá executar > SESA-ES: Conforme NT da CT-Saúde. > IEMA - Prezar pelas empresas separadas, daria mais amplitude técnica na análise do tema. <p>Observação - Consenso:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Acrescentar profissionais com experiência no tema.

			contratação de nova empresa (celeridade).	
--	--	--	---	--

➤ **Pontos em que foi verificada realidades distintas/especificidades entre os estados e que ensejam diferenças para a realização dos estudos:**

Tópico discutido	Passagens – NT IEMA	Apontamentos MG	Apontamentos ES	Conclusões
Sobre coleta de background	<ul style="list-style-type: none"> • [Página 16] 4. A amostragem deve ser realizada inicialmente somente na área impactada; • [Página 18] 3. Somente serão coletadas amostras em áreas impactadas, em um primeiro momento; • [Página 18] 4. A coleta de amostras para investigação de fonte natural ou diversa de contaminação ocorrerá se identificado alguma amostra em valores em desconformidade com a CONAMA 420, em um segundo momento e com aprovação do sistema CIF/órgãos ambientais. 	<p>MG - Legislação própria do estado:</p> <ul style="list-style-type: none"> > A avaliação de ocorrência natural é feita na etapa confirmatória. > Preocupação que a Renova pode se utilizar dessa diretriz para não fechar o processo de cada área. > Concorda com a questão de utilizar recurso compensatório ou reparatório. > Observação: possibilidade de algumas áreas não ser possível a realização de amostragem de background, considerando a mesmo "substrato". 	<p>Considerações ES:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Como para o estado do ES, a Fundação Renova ainda não entregou área impactada, a execução de um background poderia gerar problemas. São amostragens ruins da Fundação Renova, que não dão certeza da área impactada e sem análise estatística. > Necessário investigar se há contaminação natural ou antrópica, caso seja identificado risco. Deve-se focar esforços dentro da área impactada, coletar amostras, ver se há riscos e, em segundo momento, investigar se é natural ou antrópico. > Exemplo: se for identificado risco, já fazemos correções. Se for identificado que está relacionado ao evento deve ser reparatório. 	<p>Realidades distintas dos estados (identificação de área atingida):</p> <ul style="list-style-type: none"> > MG: Coleta de background concomitante com as coletas da área impactada. Em algumas áreas pode não ser possível a delimitação da área impactada para definição da área não impactada e amostragens de background. Nesse caso será avaliado caso a caso. > ES: Coleta de background posterior às coletas da área impactada, pois ainda não existe a definição da área impactada devido a ausência de estudos (aprovados pelo CIF), como o da mancha de inundação.

			Se não, poderia ser corrigido com recursos compensatórios.	
Prazo para a realização dos estudos	[Página 20] 1. O cronograma deve prever o término de todas as avaliações de risco em no máximo um ano e meio (1,5 ano);	Considerações MG: > Para MG o prazo 1,5 ano não seria factível > Pode haver problema em delimitação de pluma > Para otimizar o tempo pode ser considerada a delimitação da pluma antes ou depois da avaliação de risco sendo 2 estratégias. 1) Delimitar a pluma antes da avaliação de risco 2) Delimitar a pluma após a avaliação de risco para as áreas que sejam de risco. Focado na investigação para remediação.	Considerações ES: > Prazo de 1,5 ano: para todos os estudos (após o "ok" do piloto e validação da planilha - aprox. 6 meses). No total seriam aproximadamente dois anos. De forma mais realista, dois anos e meio. > É um prazo apertado, mas não impossível. > (Sobre pluma de rejeitos): ES ainda não tem uma mancha de inundação. Provável escolha em Linhares. Terão de delimitar uma área envolvendo Degredo	Especificidade dos estados: > MG: A Fundação Renova deverá apresentar cronograma que contemple a execução de todas as etapas no estado de Minas Gerais, que deverá ser aprovado pelo órgão ambiental. O cronograma deve ser factível e coerente com a importância que o tema representa para a recuperação da bacia do rio Doce. > ES: Mantém 1,5 ano após piloto e validação da planilha.
Segmentação de áreas alvo	[Página 21] 1. Não se deve aplicar a segmentação de áreas alvo em RED (Região de Exposição Direta), REI (Região de Exposição Indireta) e RNE (Região de não Exposição), entende-se que esta abordagem técnica não é adequada devido a vários motivos, como por exemplo, a incerteza sobre a área impactada. Ademais, esta segmentação não existe dentro das normas ambientais, sendo assim incompatível com estas normas.	Considerações MG: > No caso do ES, não tem mancha de inundação; > Em Minas tem trechos onde a mancha de inundação é bem delimitada, mas é possível chegar na mesma conclusão que o ES, para trechos com características semelhantes ao ES.	Considerações ES: > Causa problemas de substâncias químicas de interesse. > No ES as áreas são planas e homogêneas, o que causa incertezas. > Um dos estudos que delimitaria a área é a Mancha de inundação, porém todas entregas foram reprovadas. > Incompatibilidade de RED/REI com SQIs.	Especificidade dos estados: > Minas não restringe a possibilidade dessa abordagem, devendo sua aplicabilidade ser discutida com a empresa contratada por área de estudo para cada trecho. > ES - devido às incertezas quanto às áreas impactadas do estado, optou-se por não aplicar essa divisão.

ENCAMINHAMENTOS:

- **[Próxima reunião]** - Reunião para aprofundar os Planos de Amostragem.
- **[ES – Meio ambiente]** - Analisar se a área pode ser decidida, seguindo o critério da saúde (critérios para aplicação em área piloto).

Anexo II-p

MEMÓRIA TÉCNICA DE REUNIÃO

DATA: 08 de fevereiro de 2021.

PAUTA: Reunião técnica sobre a etapa de amostragem dos estudos de avaliação de risco à saúde humana (metodologia do meio ambiente e saúde).

PARTICIPANTES (08/03/2021):

Representantes - Estado de Espírito Santo	
Nome	Órgão
Margareth Saraiva	CGCA/SEAMA
Roberto Lapierre	SESA
Thales Del Puppo Altoé	IEMA
Adelino da Silva Ribeiro Neto	IEMA
Representantes - Estado de Minas Gerais	
Nome	Órgão
Bruna Tourinho	SES
Gerlaine Romero	SEPLAG
Luiz Otávio Martins Cruz	FEAM/SEMAD
Marina da Mata Sacramento	SEPLAG
Patrícia Rocha Maciel Fernandes	FEAM/SEMAD

CONTEXTUALIZAÇÃO:

Após fechamento da Nota Técnica IEMA/CTECAD Nº 001/2021, a qual dispõe sobre as “Bases mínimas para Avaliação de Risco a Saúde Humana para fins Ambientais de Gerenciamento de Áreas Contaminadas e outros esclarecimentos e considerações adicionais”, pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA) e fechamento do PARECER TÉCNICO SOBRE ESTUDO DE AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA EM LOCALIDADES ATINGIDAS PELO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO- MG REALIZADO PELA AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS NO MUNICÍPIO DE LINHARES-ES, pela Secretaria de Saúde do Espírito Santo (SESA), as procuradorias dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo compreenderam que seria importante um alinhamento técnico entre os estados, com a participação das respectivas secretarias de meio ambiente e de saúde, neste momento em que ambos os estados tinham consolidadas as diretrizes para a realização dos próximos estudos de avaliação de risco da saúde humana (meio ambiente e saúde), bem como, analisado os estudos ARSH entregues pela empresa AMBIOS para as áreas piloto de Mariana, Barra Longa e Linhares. Nesse sentido, esta primeira reunião, ocorrida em 29 de janeiro de 2021, teve por finalidade o alinhamento técnico dos órgãos ambientais do estado de Minas Gerais e Espírito Santo sobre os estudos de ARSH (metodologia ambiental) e discussão sobre a NT elaborada pelo IEMA, com a participação do setor de saúde de MG e ES, com foco em prestar esclarecimentos sobre as metodologias da ARSH (setor saúde).

Ressalta-se que este primeiro encontro não teve como foco discutir os estudos de ARSH do setor de saúde, mas foram realizados alguns esclarecimentos do setor saúde, através de representantes das secretarias estaduais. Na oportunidade, a SESA se posicionou contrária ao GAISMA, devendo a metodologia do Ministério da Saúde, referência para a realidade nacional, ser seguida na íntegra, ao que Minas Gerais tem concordância.

Diante das discussões realizadas no dia 29 de janeiro acerca da proposta de amostragem conjunta, ocorreu em 08 de fevereiro deste ano reunião de discussão de possível amostragem conjunta, respeitando-se as metodologias consagradas para cada setor.

Como metodologia para a realização das reuniões, optou-se pela divisão da Nota Técnica IEMA/CTECAD Nº 001/2021 em tópicos de discussão, em planilha de *excel*, que permitisse o registro dos pontos apresentados pelos técnicos de ambos os estados e a conclusão da análise realizada conjuntamente. Ressalta-se que a partir do diálogo técnico, foram alcançados os esclarecimentos para dúvidas colocadas; foram realizadas complementações às diretrizes postas na Nota Técnica IEMA/CTECAD Nº 001/2021, a partir da rica discussão técnica realizada; foram clarificados os pontos de consenso e dissenso na visão técnica dos estados, bem como verificou-se que algumas especificidades da realidade de cada estado tornam necessárias algumas diferenças de procedimentos para a realização dos estudos ARSH – Meio Ambiente nos territórios mineiro e capixaba. Por fim, ao longo das discussões também foram gerados encaminhamentos e foi verificada a necessidade de outras reuniões para aprofundamento de tópicos específicos.

Ressalta-se que, com o intuito de tornar as reuniões mais objetivas, os técnicos do estado de Minas Gerais destacaram, previamente, os tópicos da Nota Técnica IEMA/CTECAD Nº 001/2021 que seriam analisados conjuntamente, ao passo que os tópicos que já eram de consenso entre ambos os estados ou que não havia considerações a serem feitas, não foram analisados conjuntamente durante a reunião.

Em que pese todas as discussões em reunião, apresenta-se a tabela atualizada, conforme alinhamento entre os técnicos. É válido ressaltar que o tópico que sofreu alterações, em relação à tabela consolidada na reunião do dia 29/01/2021, foi o “Sobre amostragem”.

PRINCIPAIS ALINHAMENTOS:

A seguir destacam-se as discussões e respectivas conclusões alcançadas ao longo da reunião. Para facilitar o entendimento e concisão das conclusões alcançadas, os trechos da nota técnica Nota Técnica IEMA/CTECAD Nº 001/2021 que tratam sobre o mesmo tópico de discussão foram agrupados:

➤ Pontos que alcançaram consenso:

Tópico discutido	Trechos – NT IEMA	Apontamentos MG	Apontamentos ES	Conclusões
Reuniões entre empresas contratadas para a realização dos estudos e Fundação Renova	<ul style="list-style-type: none">[Página 10] “Toda e qualquer reunião ou comunicação da Fundação Renova com o prestador de serviço que irá realizar a Avaliação de Risco deverá contar com a presença de representantes do sistema CIF/órgãos ambientais”;[Página 21] “Todas as reuniões entre o prestador de serviço e a Fundação Renova devem ocorrer na presença de representante do sistema CIF/órgãos ambientais e/ou Ministério da Saúde”.	Proposição MG: Fica a cargo dos órgãos públicos ou das CTs/CIF decidirem sobre a participação ou não da reunião, mas sempre devem ser informados sobre qualquer reunião entre empresa contratada e Fundação Renova para a execução dos estudos. - A competência de análise é do órgão ambiental, mas deve ser observada a governança do Sistema CIF.	ES: Esclarecimento da diretriz - Reuniões que os órgãos não puderem participar não aconteceriam, para evitar qualquer tipo de alinhamento diferente entre consultoria contratada e Renova. No caso da saúde participação, obrigatoriamente, todos estes federados.	Consenso: 1) Quanto às reuniões: os órgãos públicos devem ser sempre informados (independente da informação via Sistema CIF) e fica a cargo do órgão participar ou não, podendo a reunião ser adiada, caso o órgão manifeste que sua participação é obrigatória e o mesmo não possa comparecer. 2) A competência pela análise dos estudos é dos órgãos ambientais de cada estado, mas deve ser respeitado a governança do Sistema CIF
Quanto à gestão documental dos estudos	<ul style="list-style-type: none">[Página 10] “Todos e qualquer documento emitido, mesmo que versão ainda não aprovada, que vier a ser enviado à Fundação Renova deve ser enviado em cópia ao sistema CIF/órgãos ambientais”;	Análise MG: Ressalta a complexidade de receber e analisar todos os documentos e avaliam o ganho real alcançado.	Análise ES: Esclarecimento da diretriz - Ter disponibilidade do documento. Evitar que a Fundação consiga manobrar em diversas versões. Critério de fiscalização.	Consenso: Toda e qualquer documentação deve ser encaminhada para fins de fiscalização e controle dos órgãos competentes. Caso necessário, o órgão fará análise

		<p>- As validações e aprovações devem ocorrer em marcos intermediários e finais.</p> <p>- Acrescenta a possibilidade da consultoria contratada ser consultada diretamente pelos órgãos competentes e enviar estudos diretamente para os órgãos ambientais e de saúde, quando requisitada.</p>		<p>e manifestação dos documentos parciais, a seu critério.</p> <p>> [Acréscimo] – Acrescenta-se a possibilidade das empresas contratadas serem consultadas diretamente pelos órgãos competentes e o envio dos estudos diretamente para os órgãos ambientais e/ou de saúde, quando requisitada.</p>
<p>Critérios obrigatórios para a seleção de substâncias químicas – esclarecimento quanto ao conceito de “alteração”</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● [Página 15] 1. Substâncias Químicas de Interesse: são todas as substâncias ou elementos químicos presentes na composição do rejeito ou que sofreram alteração com o EVENTO ou que não possuem padrão legal aplicável para um determinado meio. ● [Página 15] 3. Para Definição das Substâncias Químicas de Interesse, devem ser consideradas minimamente todas as substâncias e elementos encontrados que sofreram alteração durante o EVENTO. Para tal devem ser comparados os dados de qualidade de água pretéritos ao EVENTO com os dados de pós EVENTO identificando quais elementos sofreram alteração. ● [Página 16] 6. Devem ser apresentadas listagem das substâncias químicas por critério de inclusão: presentes na 	<p>MG: Dúvida quanto ao conceito apresentado pelo IEMA: o que seria "alteração com o EVENTO".</p>	<p>Esclarecimento ES: conceito de "alteração": trata-se de análise em relação ao status pré e pós rompimento, representando qualquer tipo de alteração.</p> <p>- Preocupação de retirar os outliers, tendo em vista a importância que também sejam considerados.</p> <p>- Também devem ser incluídos obrigatoriamente entre as SQI qualquer substância que em algum momento extrapolou os limites da Conama 420.</p>	<p>Consenso quanto ao conceito.</p> <p>Inclusão - conceito de “alteração”: Trata-se de análise em relação ao status pré e pós rompimento, bem como comparação com valores de referência;</p> <p>ES: Existe a especificidade do estado do Espírito Santo que, em determinadas regiões, favorecem a concentração de alguns metais.</p>

	composição do rejeito ou que sofreram alteração com o EVENTO ou que não possuem padrão legal aplicável para um determinado meio.			
Estudos que devem servir de bases mínimas para a realização dos estudos	<ul style="list-style-type: none"> [Página 15] 1. Para Definição das Substâncias Químicas de Interesse, devem ser consideradas minimamente todas as substâncias e elementos encontradas pela caracterização do rejeito realizada pela assessoria técnica do MPF, Lactec, em especial a publicação “Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão na bacia do rio Doce e região costeira adjacente” (Lactec, 2020). 	MG: Outros estudos podem ser usados. Por hora, MG não pensa em acrescentar outro estudo como base mínima.	ES: Esclarecimento da diretriz - São bases mínimas, podem ser usados outros estudos, desde que sejam apresentados e passem pelo crivo dos órgãos ambientais.	Consenso: > Podem ser usados outros estudos. > Se o estudo do meio ambiente identificar um padrão alterado de substância química de interesse, deve haver uma comunicação imediata aos órgãos de saúde, para verificação e providências a serem tomadas no âmbito da saúde pública, a cargo do poluidor pagador. Da mesma forma, se o estudo do setor de saúde identificar um padrão alterado de substância química de interesse, deve haver uma comunicação imediata aos órgãos de meio ambiente para verificação e providências no âmbito ambiental.
Metodologia estatística (outliers e estatística paramétrica)	<ul style="list-style-type: none"> [Página 15] c- a metodologia de comparação, será baseada em metodologia estatística e deverá ser submetida a avaliação dos órgãos ambientais. 	MG: Preocupação se os dados são paramétricos ou não paramétricos. Caso os dados sejam não paramétricos, outros métodos estatísticos devem ser utilizados.	- Esclarecimento ES: Preocupação de retirar os outliers, tendo em vista a importância que também sejam considerados.	Consenso: Caso os dados sejam “não paramétricos”, outros métodos estatísticos devem ser propostos e utilizados, após

	<ul style="list-style-type: none"> [Página 15] d- Esta metodologia deve focar sua comparação em termos médios dos períodos chuvoso e seco, que serão foco do critério de decisão, todavia, expondo, se possível, níveis de desvio padrão e/ou confiabilidade e/ou erro dos dados apresentados. 			aprovação dos órgãos ambientais.
Colaboradores nacionais e internacionais para avaliação da planilha de avaliação de riscos	[Página 18] 7. O processo de validação será avaliado pelo sistema CIF/órgãos ambientais, devendo constar com ao menos um colaborador que seja órgão público de renome nacional externo ao sistema CIF/órgãos ambientais (exemplo CETESB) e, ao menos, um colaborador internacional (exemplo USEPA).	<p>Considerações MG:</p> <p>> Apenas a CETESB seria órgão público de renome nacional. Se ela não tiver disponibilidade, teríamos um problema. Propõe-se colaboradores, mas não necessariamente órgão público. Mesmo entendimento no âmbito internacional.</p>		<p>Consenso:</p> <p>> Pode abranger colaborador tanto nacional, quanto internacional, preferencialmente, mas não se restringindo à colaboradores apenas a órgãos públicos de renome, podendo ser outros consultores com reconhecimento comprovado no tema.</p>
Dos critérios obrigatórios para aplicação em área piloto	[Página 18] 1. A área piloto será sugerida pela Fundação Renova;	<p>Considerações MG:</p> <p>> Já estava sendo discutido, no sistema CIF, a primeira seleção de área.</p>	<p>> [Encaminhamento]: Analisar se a área pode ser decidida, seguindo o critério da saúde.</p> <p>Considerações ES:</p> <p>> Gostariam de ver mais trabalho da Fundação Renova nos critérios para aplicação em área piloto.</p> <p>> Quando mudarmos para a priorização, seguiríamos a da saúde, para alinhamento.</p>	<p>Consenso:</p> <p>> MG: A ordem das áreas que serão alvo de análises e intervenções, incluindo a área piloto, deverá ser apresentada pela Fundação Renova, respeitando as discussões que já haviam sido realizadas pela CT-GRSA e CT-Saúde, respeitando as áreas com maior potencial de risco.</p>

				> ES: A Fundação Renova indicaria a área, a partir de critérios técnicos que serão avaliados e aprovados pela CT-GRSA.
Acréscimo de águas subterrâneas	[Página 19] 1. A Fundação Renova deve realizar, obrigatoriamente, a comparação para solo com estes dados (artigos J.científicos, publicações de referência ou dados de licenciamento, ou seja, dados secundários não gerados pela fundação renova) e uma segunda com os valores de referência da CONAMA 420, devendo utilizar essas comparações prioritariamente para guiar o trabalho desenvolvido;	> Considerações MG: Acrescentar águas subterrâneas		Consenso: > Acrescentar águas subterrâneas.
Sobre amostragem	<ul style="list-style-type: none"> [Página 30] Se compararmos a ARSH ambiental com a ARSH de Saúde Pública, veremos semelhanças apenas nos itens 1; 3; 4 e 5. Em uma análise mais detalhada, observa-se semelhanças dentro de alguns subitens do item 6 (como cálculo de dose de exposição, limitando-se a semelhança a nomenclatura, já que a metodologia de cálculo diverge). Ainda assim, não se pode afirmar nenhuma equivalência nestas etapas, pois, por exemplo, a coleta de amostras de solo em profundidade de 0 a 8 cm é a recomendação das diretrizes da saúde pública, enquanto a metodologia ambiental coleta de 0 a 20 cm, entre outras diferenças. 	<p>Considerações MG:</p> <p>> Mesmo sob a condição de que as metodologias consagradas não fossem alteradas, entende-se que apesar dos benefícios que a amostragem conjunta poderia trazer ao processo de Avaliação de Risco à Saúde Humana, ao considerar todo o histórico da realização dos estudos de avaliação de risco na bacia do rio Doce, entende-se que a operacionalização da amostragem em conjunta poderia ser dificultada, conforme argumentos trazidos no Item I a seguir.</p>	<p>Considerações ES:</p> <p>> Concordância com os pontos apresentados por Minas Gerais, alguns até abordados na nota técnica, em relação às dificuldades para realização de um plano de amostragem conjunta entre as metodologias.</p>	<p>Consenso:</p> <p>> Tendo em vista o contexto da realização dos estudos de avaliação de risco para a bacia do rio Doce, entende-se que a etapa de amostragem dos estudos deveria ser realizada de forma independente.</p> <p>> Decisões sobre a amostragem e outros pontos de diálogo entre os estudos poderão ser decididas em outros fóruns de diálogo, sem precisar necessariamente criar “Grupo de Trabalho” no âmbito do Sistema CIF.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ● [Página 34] Adicionalmente, entende-se que a integração das duas metodologias se limitaria, por razões técnicas, a coleta de amostras em conjunto e a tomada de ações de remediação em conjunto, ou seja, trata-se a população (ações de remediação sanitárias), concomitantemente às ações de recuperação da área afetada (ações ambientais de eliminação da fonte de contaminante). ● [Página 35] Por fim, referente a proposta de criação do GT para tratar da análise dos dois estudos, saúde e meio ambiente, a qual como esclarecido na reunião intercâmaras que “A proposta ora em debate, portanto, é a avaliação do sistema CIF sobre a possibilidade de análises integradas dos estudos”, conforme ATA de reunião, entende-se que é inadequada e ineficaz a condução dos trabalhos. 	<p>I) Os estudos (metodologia ambiental e da saúde) podem avançar em ritmos diferentes, visto as especificidades intrínsecas a cada metodologia, e, portanto, pode haver dificuldades para ocorrência conjunta da amostragem. Tal fato prejudicaria o andamento do estudo que estivesse mais avançado. Nesse aspecto, um dos entraves possíveis de ocorrer para continuidade dos estudos de ARSH, acompanhados pela CT-Saúde se deve ao histórico existente entre a CT-Saúde e Fundação Renova, no entendimento quanto à continuidade dos estudos pela empresa Ambios ou outra consultoria.</p> <p>II) Independente da condução em paralelo dos estudos pela CT-GRSA e pela CT-Saúde, é necessário alto alinhamento entre estas Câmaras Técnicas, por meio de um canal de diálogo aberto e repasse de informações consideradas importantes para a continuidade das ações em cada território.</p>		
--	--	--	--	--

		Portanto, o estado de Minas Gerais manifesta que, para o caso do rio Doce os benefícios da amostragem conjunta acabariam reduzidos, frente às dificuldades colocadas para sua operacionalização.		
Das proposições/recomendações de intervenção ambiental do estudo do setor saúde para o de meio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • [Página 32] As ações de intervenção ambiental, a serem indicadas pelo setor de meio ambiente, devem englobar, no mínimo, ações envolvendo as rotas de exposição com risco identificadas na ARSH do MS/setor saúde; • [Página 34] Cabe esclarecer que esta metodologia pode propor recomendações que normalmente são muito superficiais e genéricas para eliminação de fontes de contaminação ambiental, as quais, por vezes, geram a necessidade de uma Avaliação de Risco para Gerenciamento de Áreas Contaminadas (uma ARSH para fins de GAC), para conseguir projetar metas de remediação e ações específicas e horizontes temporais distintos. • [Página 34] Todavia, isto não significa que estes não devem dialogar, pelo contrário, isto já é implicitamente previsto pela própria metodologia do MS a qual faz 	<p>Considerações MG:</p> <p>> Como as avaliações se darão em tempos diferentes, poderia até ser desculpa para a Renova não executar as ações, esperando o término do estudo da saúde. Isso poderia atrasar os estudos do meio ambiente. Deve ser englobado/considerado o estudo saúde, sem prejuízo ao andamento do estudo de meio ambiente.</p>	<p>ES - Esclarecimentos quanto à diretriz:</p> <p>> Diretriz como uma salvaguarda, pois caso a saúde encontre uma rota, fazem uma recomendação genérica para área do meio ambiente;</p> <p>> Rota de exposição traz uma gama muito grande.</p>	<p>Consenso:</p> <p>> As ações de intervenção ambiental genéricas, apontadas pelo setor Saúde, devem sofrer avaliação/especificação pelo setor de meio ambiente, visando verificar a pertinência da execução da intervenção. Importante registrar que esta análise não deve causar nenhum prejuízo ao andamento das proposições/execução da ARSH para o setor de meio ambiente.</p>

	<p>“Recomendações do setor saúde para ações de ambiente”, na qual por meio destas, o setor saúde mantém-se dentro de suas atribuições e fornece subsídio a área de meio ambiente.</p>			
<p>Do alinhamento entre câmaras técnicas de Saúde e GRSA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • [Página 32] sempre que uma das Câmaras Técnicas (Saúde ou GRSA) finalizar a avaliação de um Relatório de Avaliação de Risco e dentro da sua respectiva metodologia, esta deverá convocar uma reunião intercâmaras para apresentação desta análise, para ciência, e assim, possibilitando o diálogo e o alinhamento de possíveis ações de ambas. 			<p>Consenso: A competência é dos órgãos ambientais de cada estado, mas deve ser respeitada a governança do sistema CIF.</p>
<p>Quanto à execução dos estudos pela Fundação Renova</p>	<ul style="list-style-type: none"> • [Página 35] Por fim, sugere que o CIF solicite ao juízo a contratação de empresa/consultoria para realizar a Avaliação de Risco a Saúde Humana para fins de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, as expensas das mantenedoras/responsável pela contaminação e sob orientação do sistema CIF, conforme previsto na Resolução CONAMA 420. Isto decorre devido às duas propostas de Avaliação de Risco à Saúde Humana, elaboradas pela Fundação Renova, não lograrem êxito técnico (GAISMA e GAISMA-aprimorado). Assim, à semelhança dos casos de áreas contaminadas em que o responsável não 	<p>> Embora os órgãos ambientais e de saúde do estado de Minas Gerais entendem ser possível, uma gestão articulada e eficiente das metodologias do meio ambiente e saúde dos estudos de ARSH, a Fundação Renova não obteve êxito em apresentar um documento com proposta de execução integrada que deixasse claro a preservação das metodologias da saúde e meio ambiente. A partir do posicionamento dos órgãos competentes e do CIF deverá ser solicitado à Fundação Renova a retomada da execução dos estudos. Caso ocorra descumprimento da</p>	<p>Esclarecimentos quanto à sugestão: > Estados entrem judicialmente pedindo ao juízo para que os próprios estados executem os estudos. Os estados fariam um edital técnico e as empresas responderiam diretamente ao estado, às expensas do poluidor pagador (bloqueio de valores). Isso se justifica, pois, a Fundação Renova não mostrou capacidade técnica de realizar conforme as diretrizes colocadas (dentre outras motivações).</p>	<p>Consenso: > A Fundação Renova deve apresentar uma nova proposta para a execução dos estudos de avaliação de risco à saúde humana (saúde e meio ambiente com estudos separados) e risco ecológico, conforme as diretrizes e recomendações emitidas ou a serem emitidas pelos órgãos de Minas Gerais e Espírito Santo. Caso a Fundação Renova não atenda às diretrizes e recomendações, os estados entendem que poderão ser adotadas medidas de</p>

	executa e/ou se recusa a executar o GAC, por motivos diversos, a competência de realizar o GAC é transferida para os órgãos ambientais. Por conta disso, há necessidade da intervenção, por parte do CIF e órgãos ambientais, para preservar a saúde da população.	determinação por parte da Fundação Renova, o pedido para contratação direta deverá ser acionado pelos Estados e CIF.		intervenção no processo, assumindo a execução das ações, com a continuidade do custeio pela Fundação Renova ou pelas mantenedoras, conforme previsto nas legislações ambientais. Estas medidas deverão ser estudadas e discutidas em articulação com as assessorias jurídicas dos estados e do CIF.
--	--	--	--	---

➤ **Pontos que até o momento não alcançaram consenso:**

Tópico discutido	Passagens – NT IEMA	Apontamentos MG	Apontamentos ES	Conclusões
Análise estatística do tipo “Monte Carlo” - Dos critérios obrigatórios para a Ferramenta/ Planilha (Excel) de Cálculo de Risco desenvolvid a pela	[Página 17] 1. A planilha não deve utilizar qualquer análise estatística do tipo “Monte Carlo”;	Considerações MG: > Não seria um critério genérico. Não vai ser utilizado para dados de entrada e sim de sensibilidade dos resultados (se podem estar influenciando ou não os resultados). Entende que não deve estar na planilha para fazer cálculo de risco, mas não fazer uso da análise de Monte Carlo para sensibilidade pode ser uma perda. > Pode ficar fora da planilha	> Monte Carlo é parecida com análise multivariada. É necessária uma calibração para análise multivariada grande, o que pode mascarar alguns dados. Poderia ser uma análise complementar, mas traz preocupação (pode causar um nivelamento). > Essa análise começa a ser defendida na escola de SP, mas ainda há refutações. Não está muito consolidada. > Compreende que não deve ser colocada em um primeiro	Dissenso: > MG: entende que poderá ser apresentada proposta para a execução da análise de Monte Carlo separadamente. Se fizer, deve ser aprovada pelo órgão ambiental. > ES: O Espírito Santo entende que a análise não deve ser feita. Caso esteja em uma análise complementar, os riscos e ações devem ter por base o resultado da planilha de risco. A análise complementar por Monte Carlo

<p>Fundação Renova para o Desastre da Samarco</p>			<p>momento. Se a FR insistir, poderíamos discutir com eles.</p>	<p>deve ser secundária, apenas para priorizar ações Observação - Consenso: > Não deve estar na planilha de avaliação de risco.</p>
<p>Sobre as empresas que realizarão os estudos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • [Página 32] É plenamente possível que as avaliações de risco sejam executadas por empresas diferentes, o que é recomendável, pois, empresas que normalmente executam a metodologia ambiental não executam a metodologia do Ministério da Saúde e vice-versa, além de permitir uma visão mais ampla do tema. • [Página 35] Recomenda-se ainda que as Avaliação de Risco a Saúde Humana para Saúde Pública e Gerenciamento de áreas Contaminadas sejam feitas por empresas distintas e devidamente capazes de executar cada estudo em sua integralidade. 	<p>Considerações MG:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Não indicar empresas específicas; > Estudos podem ser feitos pela mesma empresa ou empresas diferentes. O foco principal é a experiência dos profissionais com experiências nas metodologias que desenvolverão. 	<p>Considerações ES:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Prezar pelas empresas separadas, daria mais amplitude ao tema. > SESA-ES: O estudo da Ambios foi uma etapa e as demais etapas devem ser realizadas pela mesma empresa e devem ser realizados os ajustes/adequações para as próximas etapas. Cada etapa concentra um grupo de territórios que não necessariamente têm as mesmas características. No final, o estudo é específico para cada território, mas pode-se ter uma visão global da calha. > Preferência pela visão dos estudos em etapas: Pensando na questão metodológica e especificidade de contratação, pela Fundação Renova. Passar por todo o processo de novo pela 	<p>Dissenso:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Minas: As avaliações de risco à saúde humana (saúde e meio ambiente) e risco ecológico podem ser executadas por empresas diferentes ou pela mesma empresa, respeitando a livre iniciativa, sendo que a consultoria deve ter profissionais com experiência nas metodologias que irá executar > SESA-ES: Conforme NT da CT-Saúde. > IEMA - Prezar pelas empresas separadas, daria mais amplitude técnica na análise do tema. <p>Observação - Consenso:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Acrescentar profissionais com experiência no tema.

			contratação de nova empresa (celeridade).	
--	--	--	---	--

➤ **Pontos em que foi verificada realidades distintas/especificidades entre os estados e que ensejam diferenças para a realização dos estudos:**

Tópico discutido	Passagens – NT IEMA	Apontamentos MG	Apontamentos ES	Conclusões
Sobre coleta de background	<ul style="list-style-type: none"> • [Página 16] 4. A amostragem deve ser realizada inicialmente somente na área impactada; • [Página 18] 3. Somente serão coletadas amostras em áreas impactadas, em um primeiro momento; • [Página 18] 4. A coleta de amostras para investigação de fonte natural ou diversa de contaminação ocorrerá se identificado alguma amostra em valores em desconformidade com a CONAMA 420, em um segundo momento e com aprovação do sistema CIF/órgãos ambientais. 	<p>MG - Legislação própria do estado:</p> <ul style="list-style-type: none"> > A avaliação de ocorrência natural é feita na etapa confirmatória. > Preocupação que a Renova pode se utilizar dessa diretriz para não fechar o processo de cada área. > Concorda com a questão de utilizar recurso compensatório ou reparatório. > Observação: possibilidade de algumas áreas não ser possível a realização de amostragem de background, considerando a mesmo "substrato". 	<p>Considerações ES:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Como para o estado do ES, a Fundação Renova ainda não entregou área impactada, a execução de um background poderia gerar problemas. São amostragens ruins da Fundação Renova, que não dão certeza da área impactada e sem análise estatística. > Necessário investigar se há contaminação natural ou antrópica, caso seja identificado risco. Deve-se focar esforços dentro da área impactada, coletar amostras, ver se há riscos e, em segundo momento, investigar se é natural ou antrópico. > Exemplo: se for identificado risco, já fazemos correções. Se for identificado que está relacionado ao evento deve ser reparatório. 	<p>Realidades distintas dos estados (identificação de área atingida):</p> <ul style="list-style-type: none"> > MG: Coleta de background concomitante com as coletas da área impactada. Em algumas áreas pode não ser possível a delimitação da área impactada para definição da área não impactada e amostragens de background. Nesse caso será avaliado caso a caso. > ES: Coleta de background posterior às coletas da área impactada, pois ainda não existe a definição da área impactada devido a ausência de estudos (aprovados pelo CIF), como o da mancha de inundação.

			Se não, poderia ser corrigido com recursos compensatórios.	
Prazo para a realização dos estudos	[Página 20] 1. O cronograma deve prever o término de todas as avaliações de risco em no máximo um ano e meio (1,5 ano);	Considerações MG: > Para MG o prazo 1,5 ano não seria factível > Pode haver problema em delimitação de pluma > Para otimizar o tempo pode ser considerada a delimitação da pluma antes ou depois da avaliação de risco sendo 2 estratégias. 1) Delimitar a pluma antes da avaliação de risco 2) Delimitar a pluma após a avaliação de risco para as áreas que sejam de risco. Focado na investigação para remediação.	Considerações ES: > Prazo de 1,5 ano: para todos os estudos (após o "ok" do piloto e validação da planilha - aprox. 6 meses). No total seriam aproximadamente dois anos. De forma mais realista, dois anos e meio. > É um prazo apertado, mas não impossível. > (Sobre pluma de rejeitos): ES ainda não tem uma mancha de inundação. Provável escolha em Linhares. Terão de delimitar uma área envolvendo Degredo	Especificidade dos estados: > MG: A Fundação Renova deverá apresentar cronograma que contemple a execução de todas as etapas no estado de Minas Gerais, que deverá ser aprovado pelo órgão ambiental. O cronograma deve ser factível e coerente com a importância que o tema representa para a recuperação da bacia do rio Doce. > ES: Mantém 1,5 ano após piloto e validação da planilha.
Segmentação de áreas alvo	[Página 21] 1. Não se deve aplicar a segmentação de áreas alvo em RED (Região de Exposição Direta), REI (Região de Exposição Indireta) e RNE (Região de não Exposição), entende-se que esta abordagem técnica não é adequada devido a vários motivos, como por exemplo, a incerteza sobre a área impactada. Ademais, esta segmentação não existe dentro das normas ambientais, sendo assim incompatível com estas normas.	Considerações MG: > No caso do ES, não tem mancha de inundação; > Em Minas tem trechos onde a mancha de inundação é bem delimitada, mas é possível chegar na mesma conclusão que o ES, para trechos com características semelhantes ao ES.	Considerações ES: > Causa problemas de substâncias químicas de interesse. > No ES as áreas são planas e homogêneas, o que causa incertezas. > Um dos estudos que delimitaria a área é a Mancha de inundação, porém todas entregas foram reprovadas. > Incompatibilidade de RED/REI com SQIs.	Especificidade dos estados: > Minas não restringe a possibilidade dessa abordagem, devendo sua aplicabilidade ser discutida com a empresa contratada por área de estudo para cada trecho. > ES - devido às incertezas quanto às áreas impactadas do estado, optou-se por não aplicar essa divisão. Além de se enxergar incompatibilidades com a aplicação desta divisão e o GAC.

