



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 equivocadamente, 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 “pior 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 “pior 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 420/2009 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/phamanual/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, afóra 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.