

NOTA TÉCNICA CT-GRSA n° 03/2022

Assunto: Análise técnica dos Relatórios Técnicos Consolidados – 1º Relatório Anual (Campanhas de Dez/19, Mai/20, Set/20 e Dez/20) e 2º Relatório Semestral (Campanhas de Dez/19, Mai/20, Set/20, Dez/20, Mar/21 e Jun/21), entregue através dos ofícios FR.2021.0423 e FR.2021.1601.

1 – INTRODUÇÃO E HISTÓRICO

A Deliberação CIF n.º165, de maio de 2018, reconheceu a necessidade de dar resposta à população sobre os possíveis danos ambientais percebidos na região deltaica do rio Doce e planície costeira, através de estudos complementares para diagnosticar impactos oriundos do rompimento da barragem de Fundão, localizada em Mariana-MG e de propriedade da Samarco.

Para elaboração das diretrizes e acompanhamento destes estudos foi criado um Grupo de Trabalho (GT), no âmbito da Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental (CT-GRSA), formado atualmente por representantes de órgãos da União, do Estado do Espírito Santo, atingidos e suas assessorias, intitulado de Grupo Técnico do Baixo Doce (GT-Baixo Doce).

Após diversas reuniões e vistorias de campo, foi elaborada a Nota Técnica CT-GRSA n.º05/2019, que apresenta diretrizes mínimas para os estudos complementares da região em tela, aprovadas pela Deliberação CIF n.º 284 (Aprovação das Diretrizes Mínimas para Elaboração de Estudos na Região Deltaica do rio Doce e sua Planície Costeira, com o intuito de diagnosticar os impactos na região). Observando tais diretrizes, foi apresentado pela Fundação Renova o Plano de Trabalho, aprovado pelo GT Baixo Doce e pela CT-GRSA, tal qual consta na ata da 43ª Reunião Ordinária do CIF.

De posse dos dados analíticos, a Fundação Renova, através da consultoria contratada Golder Associates, apresentou o Relatório Técnico Consolidado com o resultado da 1ª e 2ª campanha da região Deltaica. Os dados foram analisados pelo GT-Baixo Doce, onde foram apontados ajustes e pontos de atenção a serem considerados nos próximos relatórios, elencados na Nota Técnica CT-GRSA n.º26/2020¹.

Como continuidade das atividades elencadas no Plano de Trabalho, foram entregues os Relatórios Técnicos Consolidados – 1º Relatório Anual (Campanhas de Dez/19, Mai/20, Set/20 e Dez/20) e 2º Relatório Semestral (Campanhas de Dez/19, Mai/20, Set/20, Dez/20, Mar/21 e Jun/21), que por sua vez

¹ <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/notas-tecnicas/CT-GRSA/2020/cif-ct-grsa-nt-2020-26.pdf>

serão foco desta Nota Técnica, observando os itens já elencados por esta Câmara Técnica.

2 – ANÁLISE DOS RELATÓRIOS

Observado que a forma de apresentação e a descrição dos dados em ambos os relatórios são similares, serão elencadas as considerações gerais e posteriormente, pontos específicos do Segundo Relatório Semestral.

2.1. Considerações Gerais

Ao longo dos relatórios, foi possível observar itens que deverão ser revistos de forma geral. São eles:

- O objetivo descrito no Sumário Executivo de ambos relatórios é diferente do objetivo do relatório e por sua vez, do objetivo dos estudos;
- Na NT CT-GRSA n.º 26/2020 foi solicitado a utilização do estudo LACTEC (2020). É mantida a solicitação da utilização do LACTEC (2020) além do LACTEC (2018), pois ao contrário do que foi destacado no relatório, o conjunto de dados dos estudos é diferente, sendo o LACTEC (2020) mais completo;
- É necessário reforçar a necessidade de comparação dos dados obtidos com os dados pretéritos, pois sem eles não há subsídios para concluir que não é possível associar os resultados não conformes com a deposição de rejeitos na área. Esta afirmação foi feita para todas as matrizes ambientais analisadas em diversas partes dos relatórios. Na NT CT-GRSA n.º 26/2020 foi destacado que tal afirmação não deveria ser realizada sem as devidas considerações;
- Tal qual já apresentado na NT CT-GRSA n.º 26/2020 as análises estatísticas utilizadas não cabem nas matrizes e especificidades dos dados. A classificação de dados como *outliers* não cabe neste tipo de análise ambiental, visto a diversidade de dados e período amostral. Os *outliers* neste tipo de estudo podem ser indicativos de condições críticas de qualidade das matrizes analisadas, portanto não é viável a exclusão desses pontos dos estudos de análises ambientais sem o tratamento estatístico adequado (Pinto *et al.*, 2021). Para melhor entendimento do significado estatístico de *outliers* sugere-se a leitura atenta da NT CT-GRSA n.º 20/2021²;
- O termo *baseline* deve ser revisto, uma vez que ao longo dos documentos ocorrem contradições

² <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/notas-tecnicas/CT-GRSA/cif-ct-grsa-nt-2021-20.pdf>

na utilização do termo. Cabe ressaltar que não existe *baseline* para a região. Desta forma, todo o conteúdo que contém esta menção deve ser revisto. Destacamos que os dados pretéritos utilizados não refletem a estatística e as distribuições amostrais espacial e temporal necessárias para que sejam classificadas como *baseline*;

- O fato da região apresentar altos teores de determinados metais não significa que a região não teve aporte de rejeitos, como já citado na NT CT-GRSA n.º26/2020 e também reforçado em outras NTs no âmbito da CT-GRSA, como na análise do estudo do PMR do trecho 15 por meio da NT n.º20/2021. Logo, todos os itens que contém esta informação devem ser revistos por não condizer com a realidade técnica.
- Não foi apresentada metodologia para realizar o agrupamento dos resultados;
- Foi descrita a impossibilidade de coleta de amostras em alguns pontos, no entanto não foram apresentadas evidências de contato e motivos de negativa dos proprietários. Devido a região não possuir ampla rede de telefonia, é importante que a equipe da Fundação Renova vá até o local para realizar o contato com o proprietário antes da data prevista para a coleta;
- Nos relatórios são mencionados que no caso do cádmio (Cd) e mercúrio (Hg), grande parte da variabilidade dos resultados está associada à alteração do limite de quantificação (LQ) do laboratório entre a primeira e segunda campanha de amostragem. No entanto, não é relatado se foi alterada o tipo de técnica de análise para que ocorresse a modificação do LQ, já que esta alteração poderia causar modificações de metodologia e possíveis incompatibilidades de comparação.
- Para outros metais, a discussão sobre os parâmetros é rasa, pois relata que a maioria (cerca de 90%) dos dados apresentam-se abaixo do LQ, porém, não informam a localização dos pontos e nem realizam discussão dos parâmetros que estiveram acima do LQ de forma clara.
- As normais climatológicas não foram apresentadas e nem discutidas junto às campanhas amostrais;
- O uso de regressão linear (r^2) para indicar correlação não é adequado para tratamento tal qual utilizado no documento, devido a diversidade de matrizes, quantidade de campanhas amostrais e a diferença das mesmas de acordo com parâmetros como precipitação e evapotranspiração.
- Em diversos trechos, os próprios relatórios apresentam contradições, como o 2º Relatório

Semestral, nas págs. 38 e 85. Na página 85, é descrito que não foram identificadas evidências em campo de que a variabilidade dos resultados dos analitos encontrados seja resultante do uso e ocupação do solo. Em contraponto, na página 38, são apontados os potenciais impactos que poderiam estar associados ao uso do solo nos pontos do GT-Baixo Doce;

- Na NT-GRSA n.º26/2020 foi solicitada a interferência das marés na qualidade de água. No item citado, esta análise não é realizada, apenas foi classificada a água de acordo com a salinidade apresentada no momento da coleta.

2.2. Considerações Específicas

2.2.1. Considerações Específicas do Segundo Relatório Semestral (Campanhas de Dez/19, Mai/20, Set/20, Dez/20, Mar/21 e Jun/21)

- Durante a 6ª Campanha de Coleta de Dados (jun/2021) foi verificado o transbordo de amostra durante a transferência da água coletada para a frascaria de armazenamento. Destaca-se que as frascarias já estavam com a quantidade adequada de solução de armazenamento, assim, o transbordamento pode diminuir o conteúdo e prejudicar o armazenamento das amostras. Tal qual destacado na 54ª Reunião Ordinária da CT-GRSA³.

2.2.3. Resultados obtidos e análise técnica (item 6) – pág. 46

- Na pág. 46 é apresentado como serão agrupados os resultados para solos. Dos grupamentos apresentados observa-se que muitos não são adequados como, por exemplo, a distribuição de resultados considerando apenas três tipos de solo e seus usos. Cabe ressaltar que os solos possuem suas derivações como classificados do tipo tiomórfico, hidromórfico, dentre outros, que possuem características singulares e que impossibilita o simples agrupamento dos tipos de solos. Os agrupamentos podem ocorrer, por exemplo, se forem analisados solos do tipo Gleissolo tiomórfico com Gleissolo hidromórfico. Caso a Fundação Renova realize agrupamento diferentes, deve-se apresentar uma metodologia consagrada para tal para um ambiente similar ao analisado.

³ <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/atas/2021/cif-ata-054-ro-ct-grsa-21.pdf>

2.3. Observações adicionais

No Parecer Técnico (Anexo I) elaborado pela consultora Marina Habkost Schuh foram elencadas outras observações que também devem ser destacadas. De forma resumida, são elas:

- Acrescentar aos dados pretéritos a chegada do rejeito proveniente da barragem de Fundão na região de estudo do Baixo Doce, como o estudo de Gomes *et al.* (2017);
- Reforça que usar o conceito da lei da conservação de massa em sistema aberto não é válido;
- Não aplicar o conceito de *outliers* para análise dos dados brutos;

3 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As bases metodológicas utilizadas no tratamento dos dados brutos, o uso da lei da conservação de massa num sistema aberto e com importantes variáveis e a exploração tímida de dados pretéritos para a região resultaram em um relatório contraditório, como já relatado ao longo desta Nota Técnica. Soma-se a este fato o não atendimento das diretrizes apresentadas na NT-GRSA n.º 26/2020, o qual apontou o que deveria ser observado nos próximos relatórios.

Desta forma, diante do exposto, este relatório não está apto para aprovação e divulgação. As observações elencadas nesta Nota Técnica deverão ser abordadas no relatório final, de forma que a análise seja mais objetiva e direta.

4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PINTO, C.C.; DE FARIA, F.P.C.P.; DE ALMEIDA, G.M. Utilização de modelo baseado em análise por componentes principais para identificação de condições críticas de qualidade de água superficial. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 4, p. 288-305, 2021.

Vitória, 05 de abril de 2022.

Equipe Técnica responsável pela elaboração desta Nota Técnica:

- Adelino da Silva Ribeiro Neto (IEMA)
- Ana Kelly Simões Rocha (IEMA)
- Emilia Brito (IEMA)
- Fadima Guimarães de Ávila Augusto (IEMA)
- Jéssica Luiza Nogueira Zon (IEMA)
- Dandara Silva Cabral (ATI ASPERQD)
- Marcos da Silva Costa (Comissão Quilombola do Degredo)

Nota Técnica aprovada em 05/04/2022.

Thales Del Puppo Altoé

IEMA- Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Coordenação da CT-GRSA

Nota Técnica validada na 59ª Reunião Ordinária da CT-GRSA.

Anexo I: Parecer Técnico da consultora Marina Habkost Schuh

PARECER TÉCNICO – CT-GRSA

Assunto: Análise técnica dos DADOS BRUTOS DAS CAMPANHAS DE DEZ/19, MAI/20, SET/20, DEZ/20, MAR/21, JUN/21 E SET/21 DA REGIÃO DELTAICA DO RIO DOCE EM ATENDIMENTO À NOTA TÉCNICA CT-GRSA Nº 05/2019, obtidos por Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. (GOLDER, 2021), contratada pela Fundação Renova.

1 – INTRODUÇÃO E HISTÓRICO

O Rio Doce percorre no estado do Espírito Santo um trecho de aproximadamente 142 km. No processo de avaliação e manejo do impacto proveniente do rompimento da barragem de Fundão e da deposição de seus rejeitos, esse trecho foi dividido em dois, sendo geradas duas áreas de análise para aplicação do Plano de Manejo de Rejeitos (PMR): o Trecho 15 e o Trecho 16. O Trecho 16 compreende aproximadamente 42 km de extensão ao longo do curso do Rio Doce, iniciando na área urbana do município de Linhares/ES e se estendendo até a foz da bacia no oceano Atlântico. Para atendimento da Nota Técnica CTGRSA nº 05/2019, foram definidos pelo GT Baixo Doce, 32 pontos de amostragem distribuídos ao longo do delta do Rio Doce e divididos entre três complexos principais - Comboios, Degredo e São Mateus-Itaúnas - de acordo com as peculiaridades inerentes a cada região. Por sua vez, para cada ponto de amostragem foi definida a matriz de interesse (solo, sedimento e/ou água superficial) a ser coletada seguindo o contexto da área. A região da planície deltaica, foco deste estudo, com uma área de aproximadamente 226.416 ha, seus setores regionais e os pontos de coleta inseridos na área podem ser visualizados na Figura 1.

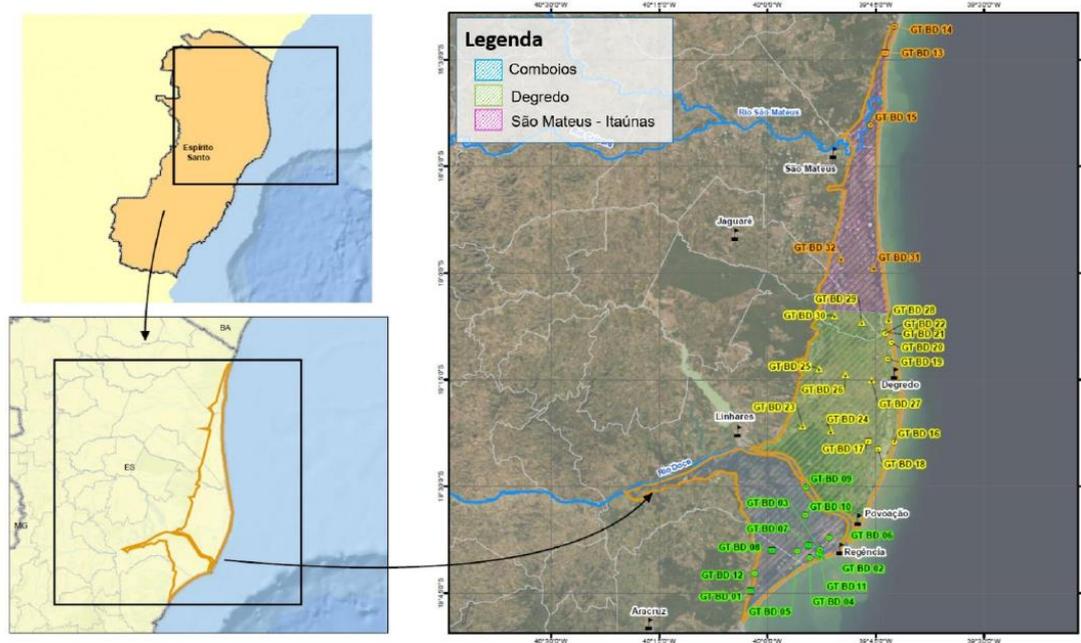


Figura 1 – Pontos de Coleta na Região Deltaica do Rio Doce.

2 – ANÁLISE TÉCNICA

A seguir, é realizada a análise técnica dos dados brutos obtidos por GOLDER (2021) para a Fundação Renova, nas Campanhas de Dez/19, Mai/20, Set/20, Dez/20, Mar/21, Jun/21 e Set/21 da Região Deltaica de Rio Doce, em atendimento à nota técnica CT-GRSA N° 05/2019.

2.1 – CARACTERIZAÇÃO DO REJEITO

Os rejeitos liberados com o rompimento da barragem de Fundão foram gerados a partir do beneficiamento de minério de ferro no Complexo Minerador Industrial de Germano. Na Tabela 1 são apresentadas as concentrações máximas verificadas em amostras coletadas no interior da barragem por Lactec (2018), Grupo EPA (2019) e Jacobs/CH2M (2018). São verificadas altas concentrações principalmente dos metais alumínio, ferro e manganês.

Tabela 1 – Concentrações máximas verificadas no rejeito da barragem do Fundão contrapostas aos limites da Resolução CONAMA 429/2009.

Parâmetro (mg/kg)	LACTEC (2018)	JACOBS CH2M (2018)	GRUPO EPA (2019)	CONAMA 420/2009
Alumínio	-	1.644	19.169	---
Antimônio	<0,1	<1,17	<1,5	2
Arsênio	12,80	<1,76	<2,25	15
Bário	67,07	21,70	36,60	150
Boro	-	<4,68	53,90	---
Cádmio	<0,02	<0,39	3,22	1,3
Chumbo	10,57	<2,34	15,50	72
Cobalto	105,60	<1,76	5,07	25
Cobre	59,63	8,70	29,20	60
Cromo	43,30	<5,27	113,60	75
Ferro	-	66.582	24.371	---
Manganês	-	588,4	859,4	---
Mercurio	<0,002	0,15	<0,15	0,5
Molibdênio	<0,5	<2,34	<2,99	30
Níquel	66,50	<2,34	56,90	30
Prata	<0,1	<1,76	<2,25	2
Selênio	<0,1	<1,76	<2,25	5
Sódio	-	-	203,10	---
Vanádio	22,10	<4,68	87,70	---
Zinco	32,00	14,30	46,80	300

2.2 – DADOS PRÉ-ROMPIMENTO

Lani (1998) obteve dados qualidade da água da região do delta do Rio Doce em 13 pontos de coleta (Figura 2) no intuito de compreender a relação das águas do território com a sua variabilidade de solos. A composição dos sedimentos obtidos das águas do Rio Doce em Linhares está disposta na Tabela 2 e os dados de qualidade da água obtidos nos pontos de coleta se encontram na Tabela 3.

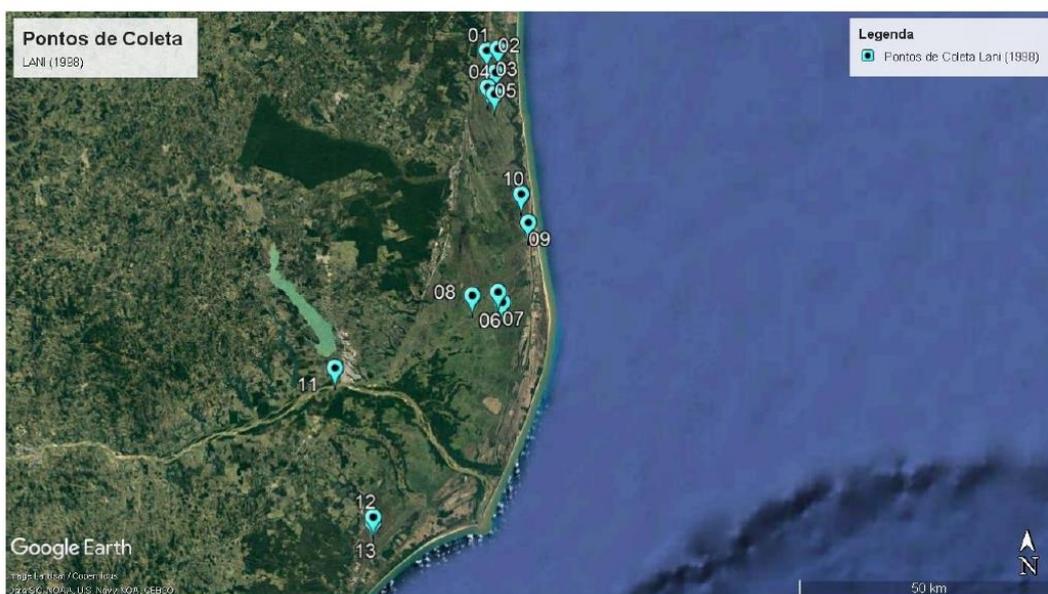


Figura 2 – Pontos de Coleta na Região Deltaica do Rio Doce de LANI (1998).

Tabela 2 – Composição do sedimento obtido das águas do Rio Doce por LANI (1998).

Parâmetro	Resultado
pH	8,0
Fósforo (mg/dm ³)	14,2
Potássio (mg/dm ³)	1.358
Alumínio (cmolc/dm ³)	0
Cálcio (cmolc/dm ³)	6,1
Magnésio (cmolc/dm ³)	2,0
Hidrogênio + alumínio (cmolc/dm ³)	0,3
Zinco (mg/dm ³)	21,2
Ferro (mg/dm ³)	154,0
Manganês (mg/dm ³)	94,0
Cobre (mg/dm ³)	27,2

Tabela 3 – Resultados de qualidade da água na Região Deltaica do Rio Doce obtidos por LANI (1998).

Parâmetros	Pontos de Coleta													Mínimo	Máximo	Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
pH	4.3	5.6	3	7.9	7.8	8.3	5.8	6.9	8	7.2	7.2	3	3.4	3	8.3	6.0
Turbidez	1000	5	8	1	12	1	47	9	30	6	130	25	10	1	1000	98.7
C. Elétrica (dS/m)	0.23	0.09	26.7	3.48	3.7	1.11	1.73	0.11	58.8	0.59	0.1	1.01	0.48	0.09	58.8	7.5
Alcalinidade (mg/L)		11		159	128	1737	12	16	103	31	34			11	1737	247.8
Al (mg/L)	0.9	0.5	5.9	0	0	0.3	0.1	0	0	0.1	1.1	78.6	12.1	0	78.6	7.6
Silício (mg/L)	1.39	2.37	0.35	3.56	2.54	2.5	9.26	6.83	1.89	3.79	8.18	4.26	3.27	0.35	9.26	3.8
Salinidade (mg/L)	52	41	15900	1000	1650	57	160	41	33000	75	30	39	35	30	33000	4006.1
Dureza (mg/L)	37	18	4750	489	599	69	250	37	7190	47	16	40	56	16	7190	1046
SD (mg/L)	4900	2000	54700	3300	4000	2000	4700	2000	116000	2000	2000	2000	2000	2000	116000	15507.6
NH4 (mg/L)	0.29	0.14	10.39	0.23	0.09	1.84	6.64	0.09	0.2	0.15	0	0.57	0.77	0	10.39	1.6
NO3 (mg/L)	94	29	10	21	11	43	11	2	4	15	14	11	2	2	94	20.5
P (mg/L)	0.28	0.07	0.32	0.22	0.23	0.13	0.21	0.04	0.63	0.09	0.11	0.18	0.07	0.04	0.63	0.19
PO4 (mg/L)	0.859	0.215	0.981	0.675	0.705	0.399	0.644	0.123	1.932	0.276	0.337	0.552	0.215	0.123	1.932	0.60
Na (mg/L)	21.57	14.43	5252.59	454.56	526.3	150.51	207.31	9.41	3994.58	93.38	11.83	16.47	15.24	9.41	5252.59	828.3
K (mg/L)	20.72	2.1	108.97	21.6	39.91	13.08	12.56	6.15	586.9	5.77	4.77	3.34	2.03	2.03	586.9	63.6
Ca (mg/L)	5.57	3.37	1335.59	195.93	152.41	43.54	88.97	3.15	331.16	14.16	4.16	13.9	11.55	3.15	1335.59	169.4
Mg (mg/L)	10.28	2.22	254.96	61.28	75.36	35.82	85.69	4.48	902.09	14.73	1.41	13.86	8.36	1.41	902.09	113.1
S (mg/L)	17.94	2.02	3.24	63.92	47.49	65.85	252.6	5.29	849.44	17.16	2.11	195.22	55.53	2.02	849.44	121.3
SO4 (mg/L)	54	6	10	192	142	197	757	16	2547	51	6	585	167	6	2547	363.8
Fe (mg/L)	0	0.3	6.1	0	0	0.3	0	0	0	0	0.3	8.5	0.9	0	8.5	1.2
B (mg/L)	0.09	0.04	5.19	0.43	0.32	0.41	0.37	0.04	3.81	0.11	0.03	0.04	0.04	0.03	5.19	0.8
Co (mg/L)	0	0	0.02	0	0		0.05	0	0.03	0		0.07	0.03	0	0.07	0.02
Cr (mg/L)	0	0	0.08	0	0	0	0.06	0	0.09	0	0	0.01	0	0	0.09	0.02
Cu (mg/L)	0.03	0.01	0.07	0.02	0.02	0.01	0.03	0	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0	0.07	0.02
Hg (mg/L)	0	0.01	0.06	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0	0.01	0.06	0.01	0	0.06	0.02
Mn (mg/L)	0.08	0.01	0.95	0	0	0	1.9	0.02	0.02	0	0	1.04	0.63	0	1.9	0.36
Pb (mg/L)	0	0	0.11	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.08	0.02	0	0.11	0.02
V (mg/L)	0	0	0.06	0.02	0.02	0.01	0.01	0	0.07	0	0	0	0	0	0.07	0.01
Zn (mg/L)	0.02	0	0.04	0.01	0	0	0.05	0.01	0	0	0.01	0.22	0.05	0	0.22	0.03

Parceiro Técnico - CT-GRSA

Gomes *et al.* (2017) amostraram 10 pontos distribuídos aleatoriamente ao longo da região estuarina (Figura 2), onze dias antes da chegada da pluma de rejeitos no estuário e, posteriormente até 2 dias após o impacto do rejeito. Foram obtidas medições de pH, oxigênio dissolvido, salinidade e temperatura da água. Amostras de sedimentos dos pontos foram submetidas a análises granulométricas, análise de macrofauna bentônica, e foram obtidas as concentrações de alumínio (Al), ferro (Fe), bário (Ba), cobre (Cu), cromo (Cr), chumbo (Pb), cádmio (Cd), zinco (Zn), níquel (Ni), vanádio (V), manganês (Mn), magnésio (Mg) e arsênio (As). Os resultados para as concentrações de metais no sedimento durante as fases de pré e pós evento estão dispostos na Figura 4.

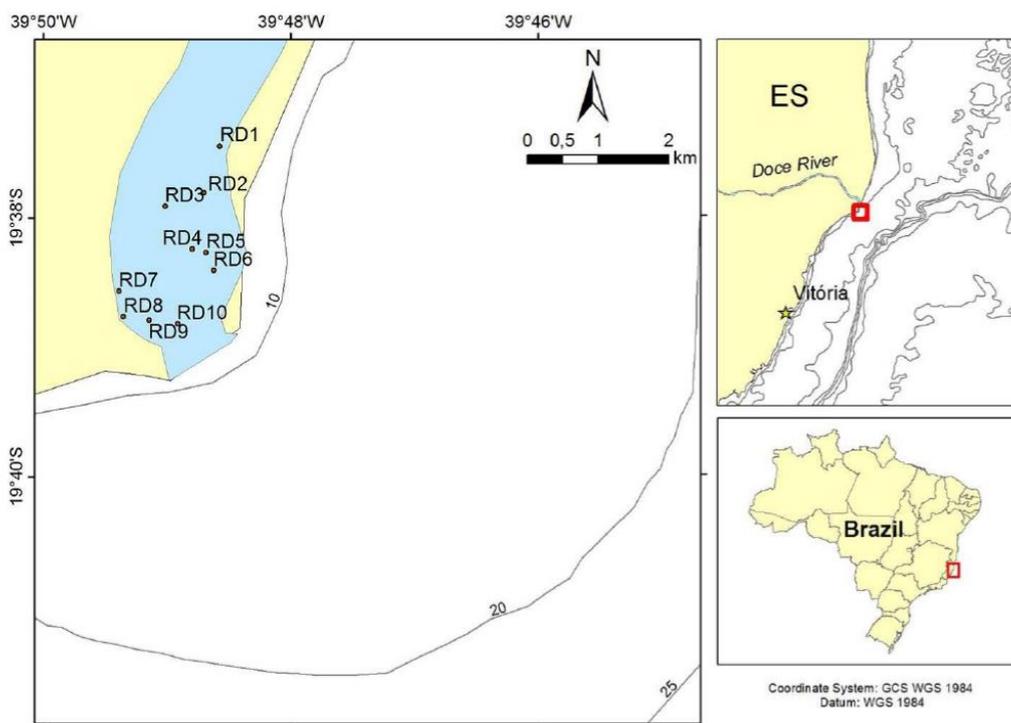


Figura 3 – Pontos de Coleta de GOMES *et al.* (2017).

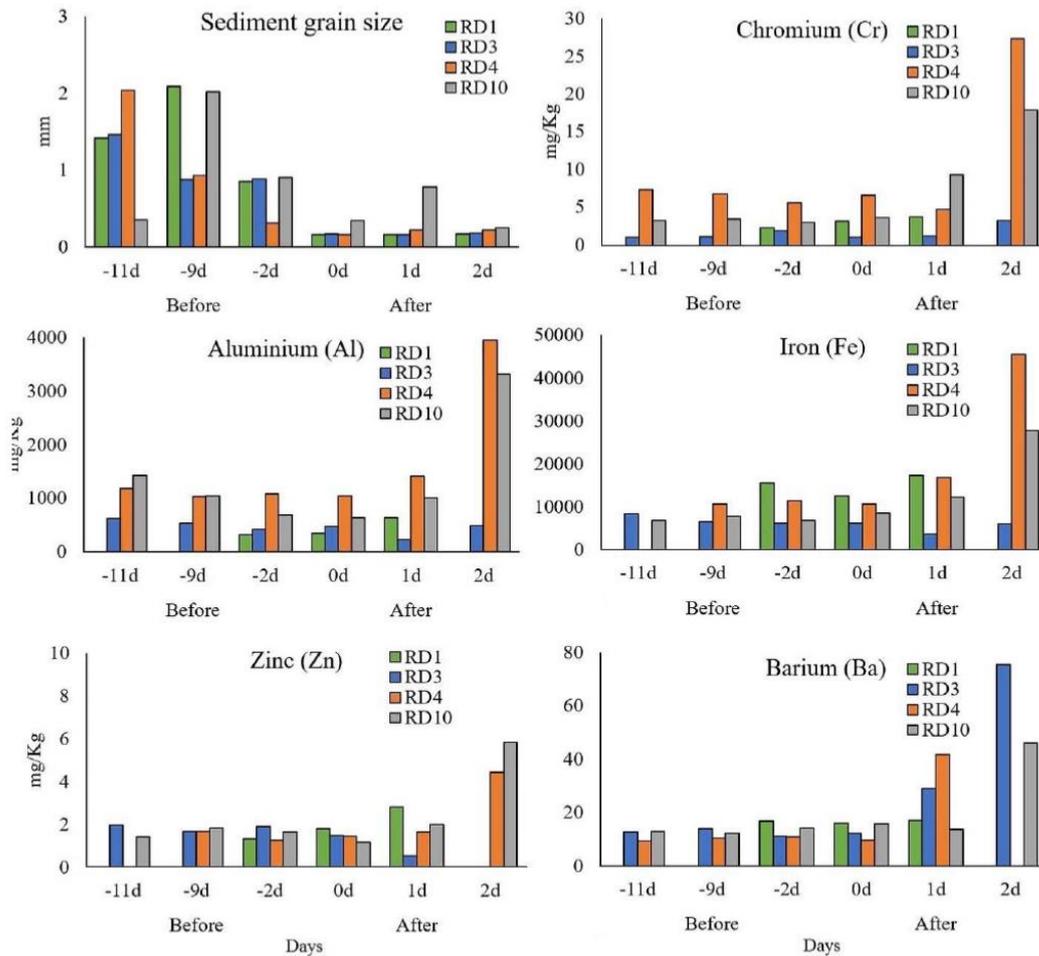


Figura 4 – Resultados de GOMES *et al.* (2017).

2.2 – DADOS CT-GRSA Nº 05/2019

Os dados obtidos nas Campanhas de Dez/19, Mai/20, Set/20, Dez/20, Mar/21, Jun/21 e Set/21 são analisados a seguir com ênfase na granulometria do solo e sedimentos e, nas concentrações de metais que se mostraram elevadas ao longo do monitoramento nas amostras de solo, sedimentos e água..

2.2.1 – GRANULOMETRIA

A granulometria da região varia de argilosa a arenosa. As variações da composição granulométrica,

por ponto de coleta estão dispostas a seguir para as amostras de solo (Item 2.2.1.1) e sedimento (Item 2.2.1.2).

2.2.1.1 – SOLOS

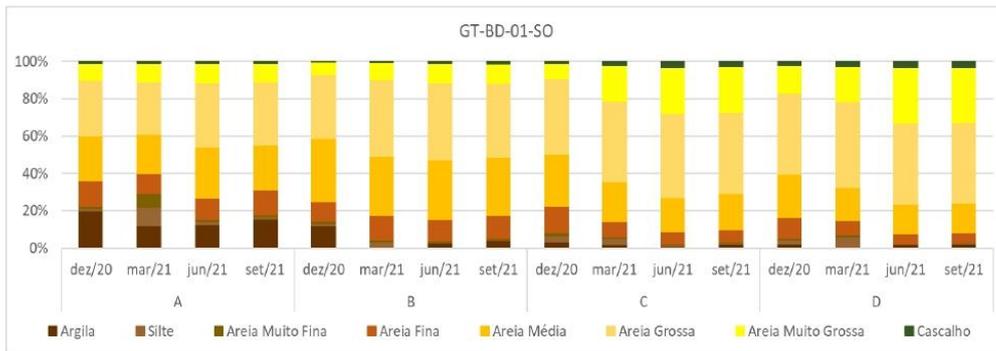


Figura 5 – Ponto GT-BD-01, Comboios.

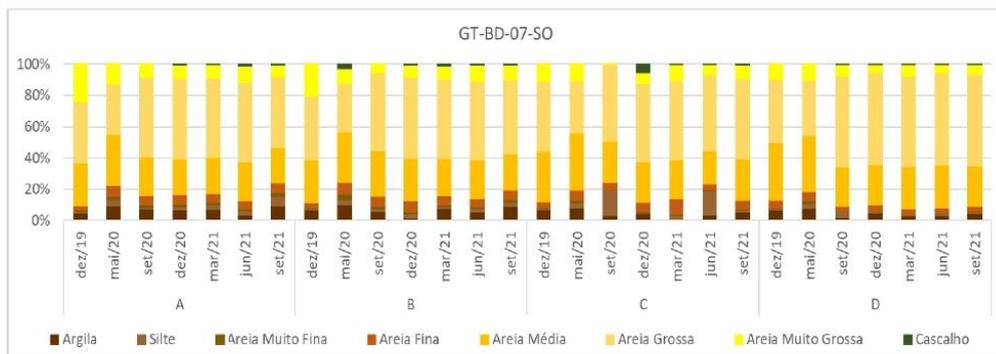


Figura 6 – Ponto GT-BD-07, Comboios.

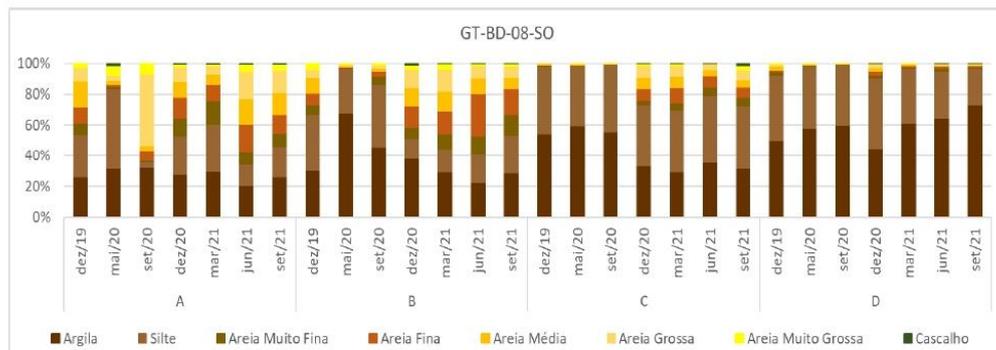


Figura 7 – Ponto GT-BD-08, Comboios.



Figura 8 – Ponto GT-BD-11, Comboios.

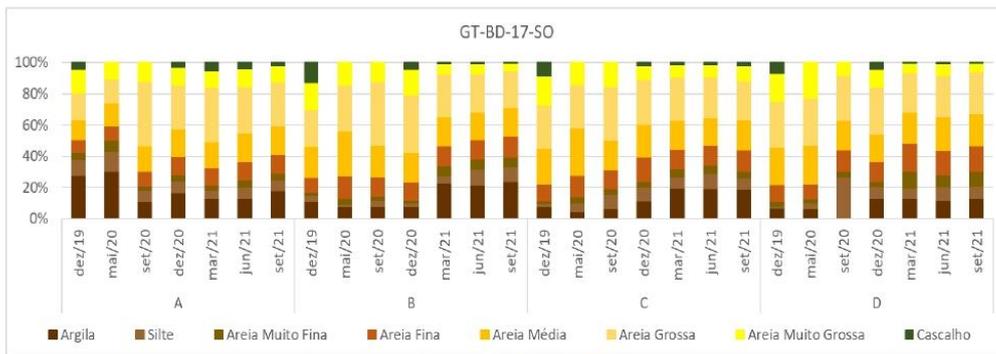


Figura 9 – Ponto GT-BD-17, Degredo.

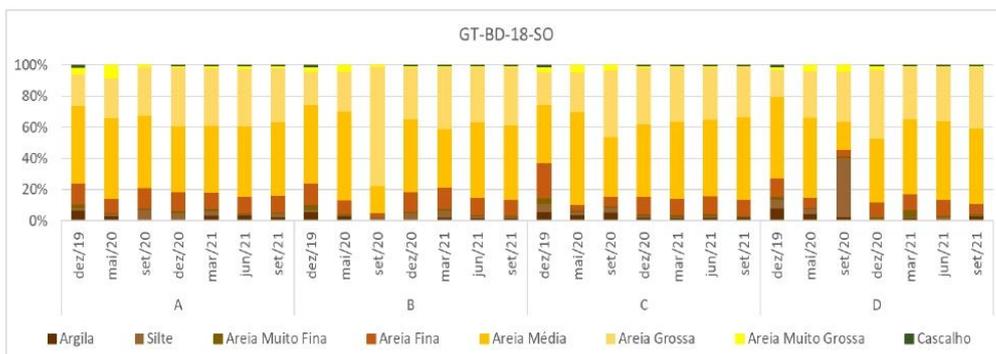


Figura 10 – Ponto GT-BD-18, Degredo.

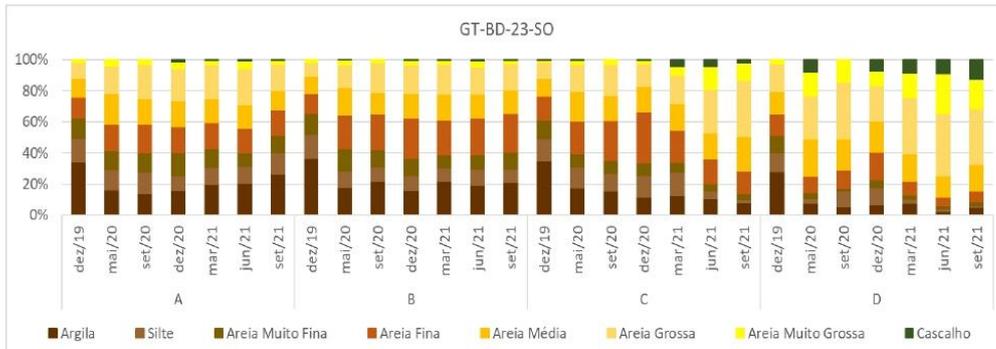


Figura 11 – Ponto GT-BD-23, Degredo.

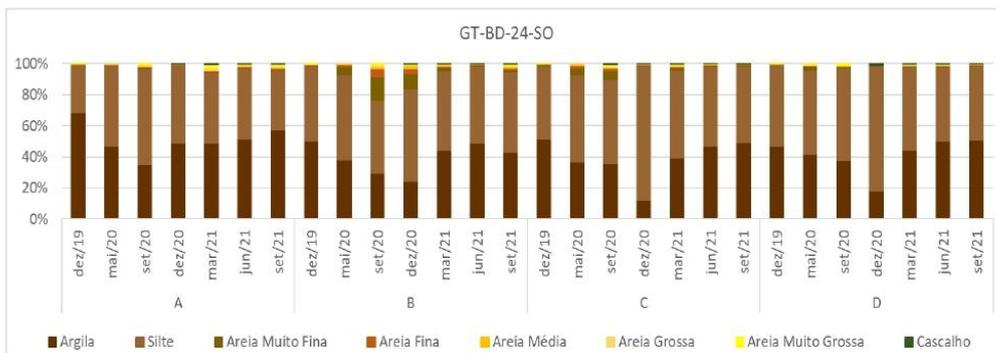


Figura 12 – Ponto GT-BD-24, Degredo.

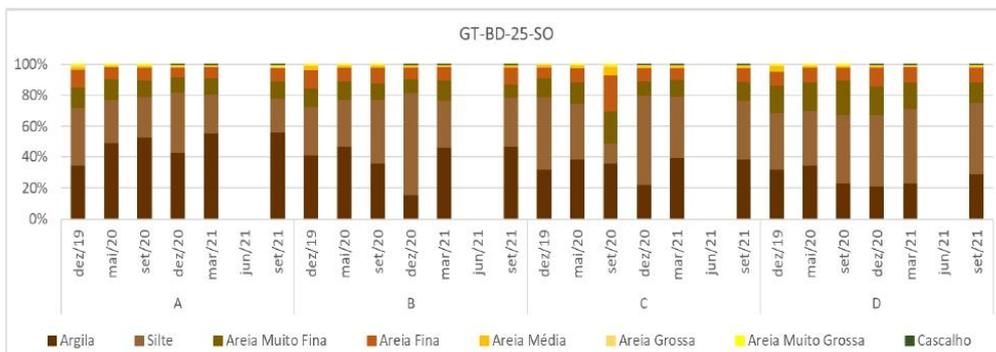


Figura 13 – Ponto GT-BD-25, Degredo.

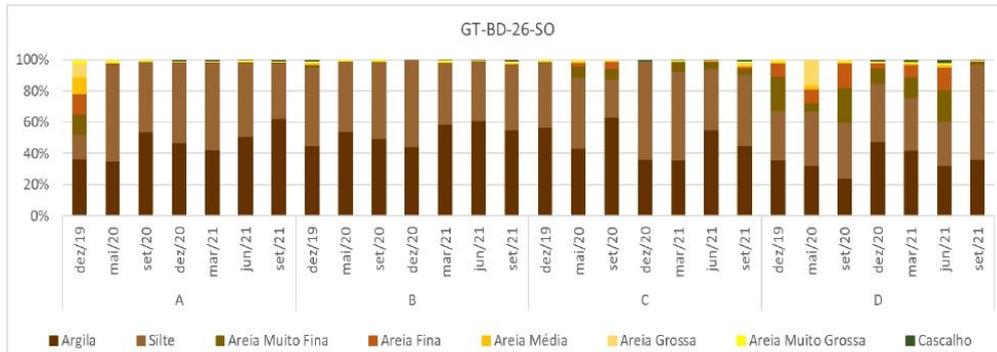


Figura 14 – Ponto GT-BD-26, Degredo.

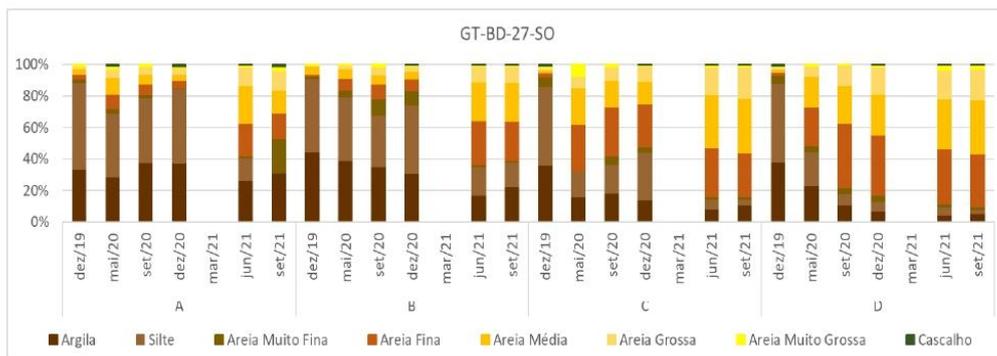


Figura 15 – Ponto GT-BD-27, Degredo.

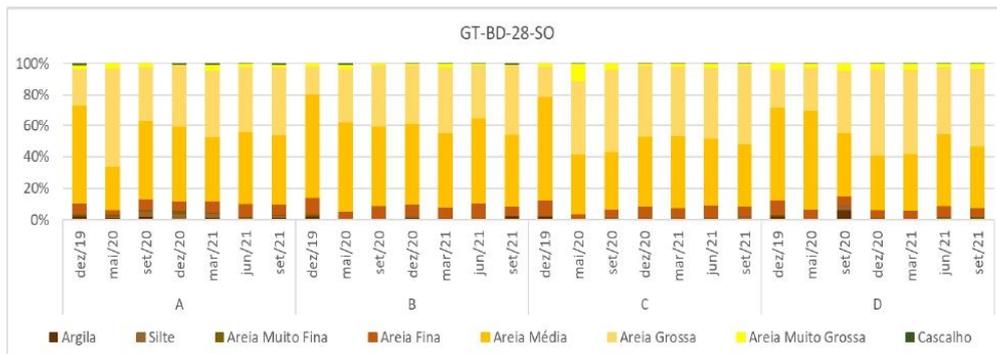


Figura 16 – Ponto GT-BD-28, Degredo.

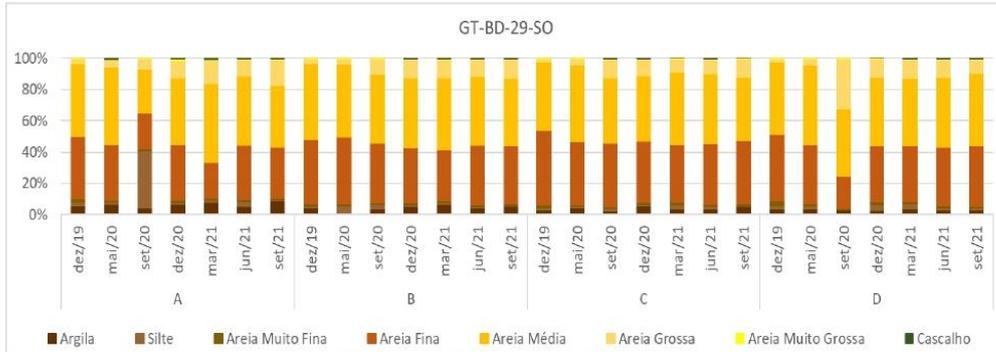


Figura 17 – Ponto GT-BD-29, Degredo.

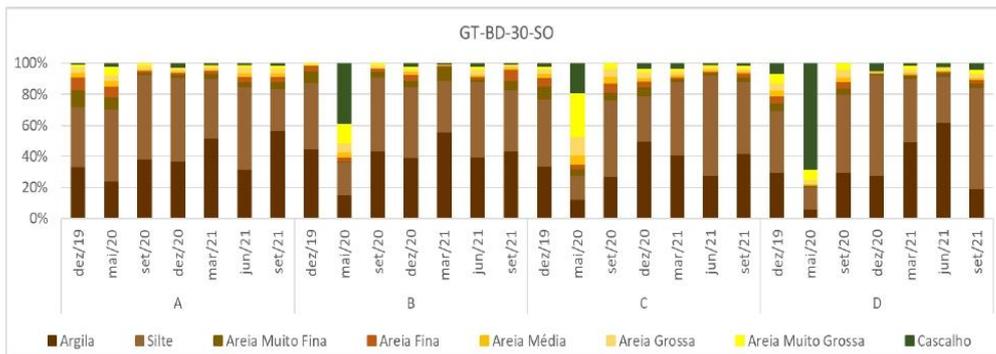


Figura 18 – Ponto GT-BD-30, Degredo.

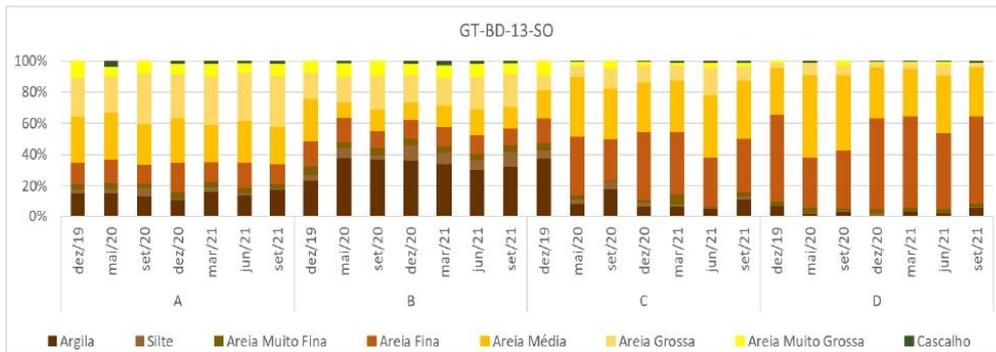


Figura 19 – Ponto GT-BD-13, São Mateus – Itaúnas.



Figura 20 – Ponto GT-BD-31, São Mateus – Itaúnas.

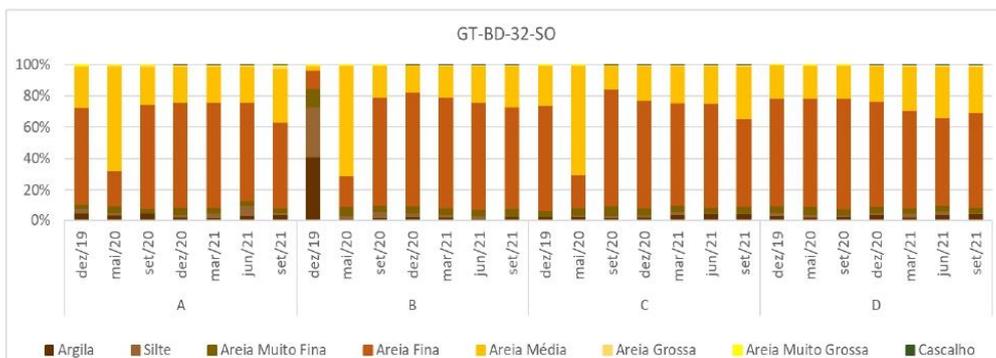


Figura 21 – Ponto GT-BD-32, São Mateus – Itaúnas.

2.2.1.2 – SEDIMENTOS

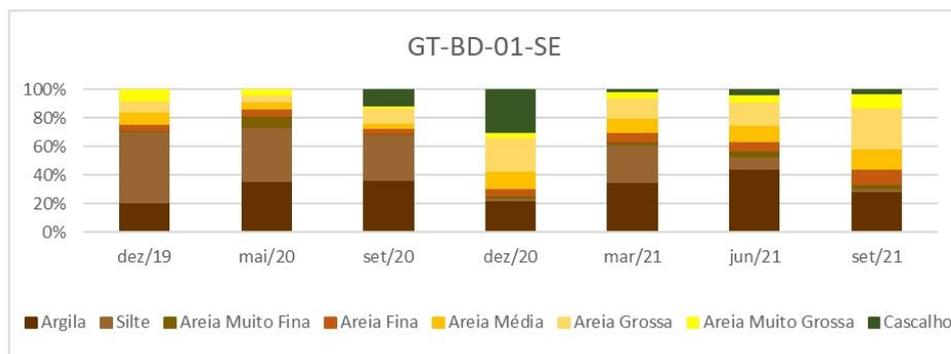


Figura 22 – Ponto GT-BD-01, Comboios.



Figura 23 – Ponto GT-BD-02, Comboios.

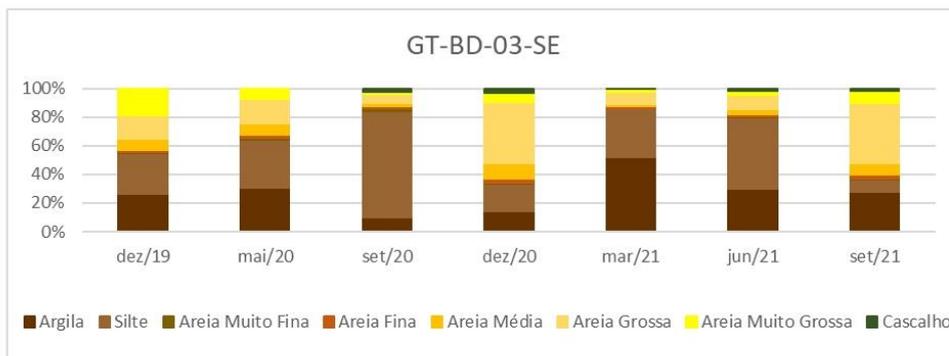


Figura 24 – Ponto GT-BD-03, Comboios.

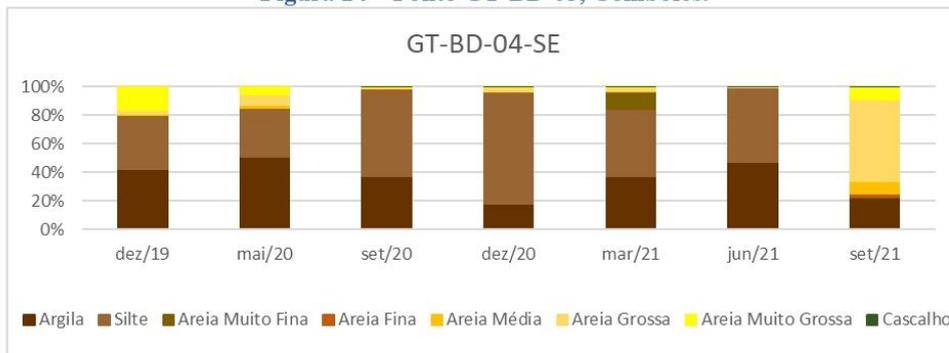


Figura 25 – Ponto GT-BD-04, Comboios.

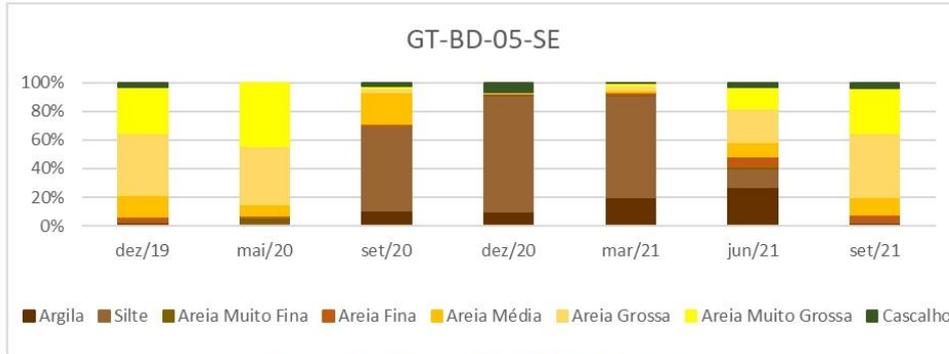


Figura 26 – Ponto GT-BD-05, Comboios.

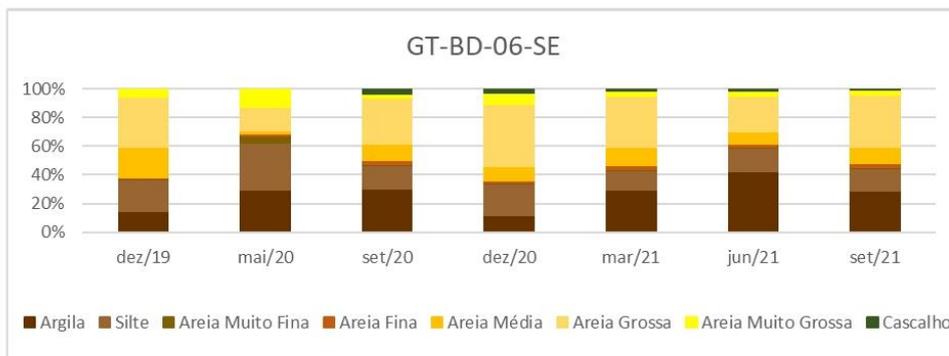


Figura 27 – Ponto GT-BD-06, Comboios.

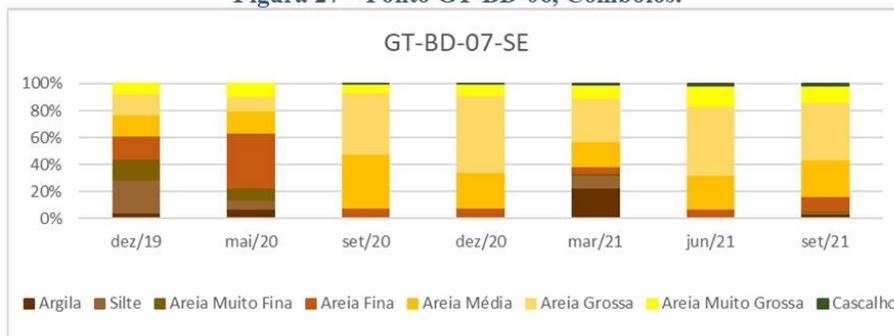


Figura 28 – Ponto GT-BD-07, Comboios.

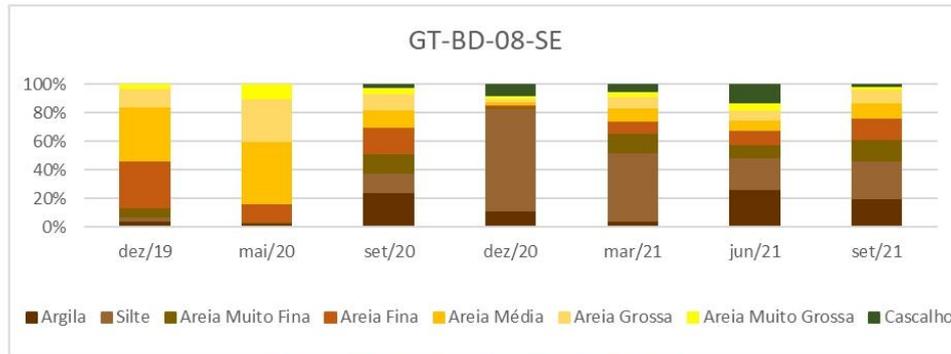


Figura 29 – Ponto GT-BD-08, Comboios.

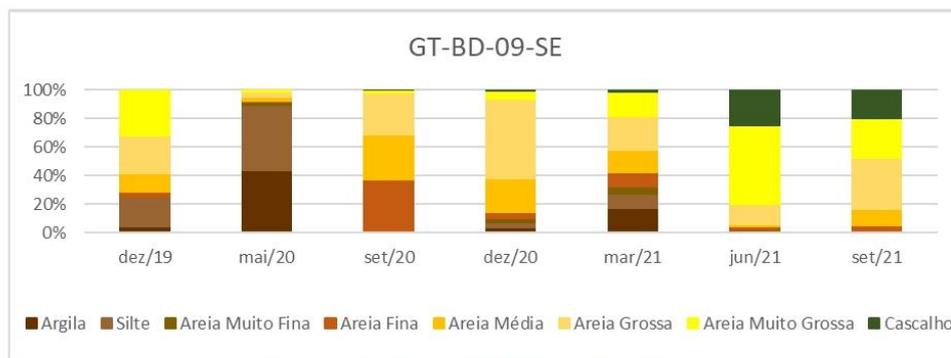


Figura 30 – Ponto GT-BD-09, Comboios.

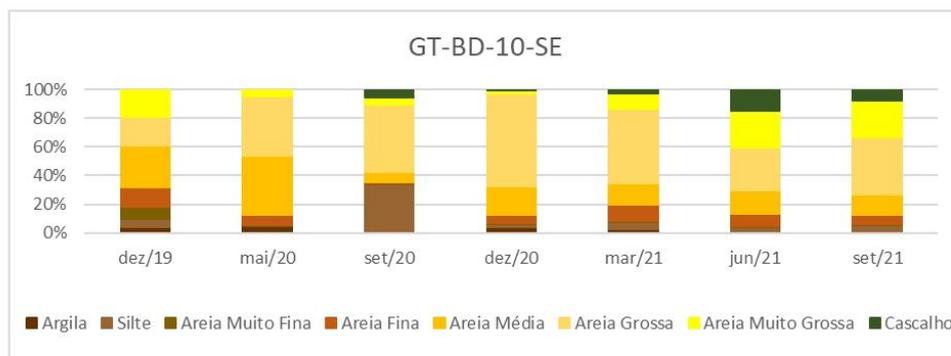


Figura 31 – Ponto GT-BD-10, Comboios.

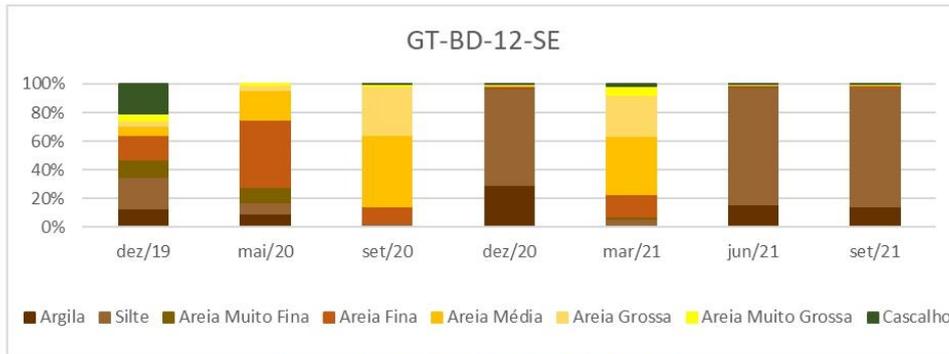


Figura 32 – Ponto GT-BD-12, Comboios.

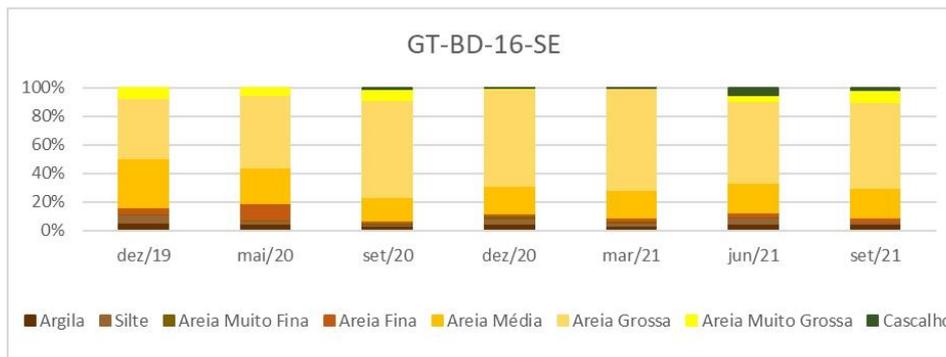


Figura 33 – Ponto GT-BD-16, Degredo.

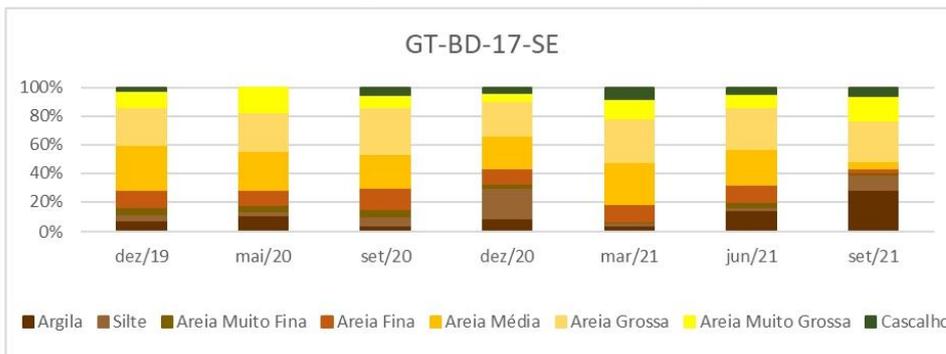


Figura 34 – Ponto GT-BD-17, Degredo.

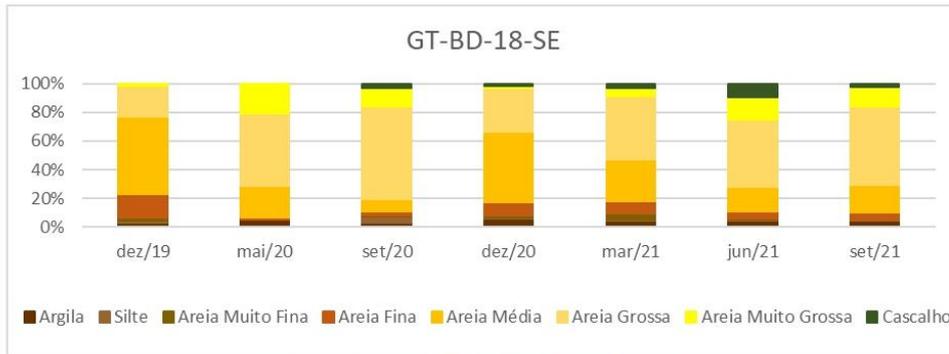


Figura 35 – Ponto GT-BD-18, Degredo.

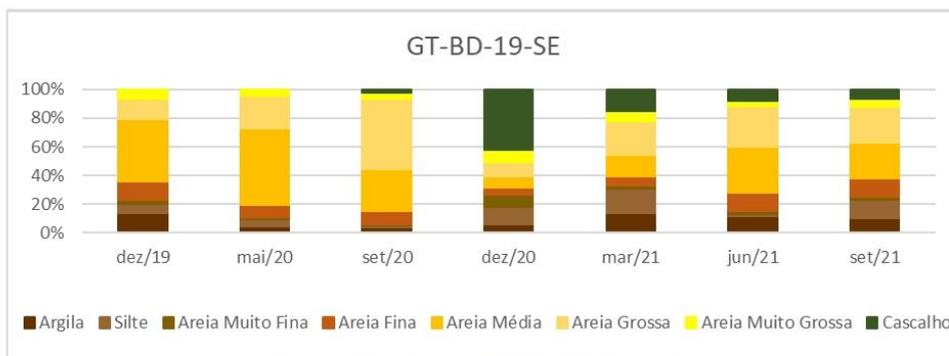


Figura 36 – Ponto GT-BD-19, Degredo.

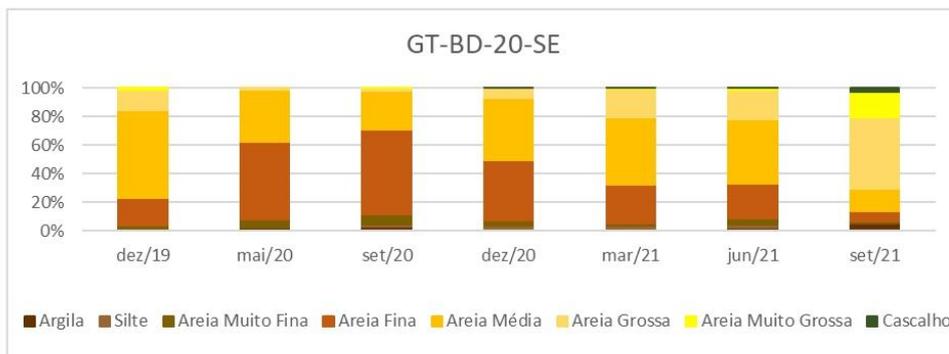


Figura 37 – Ponto GT-BD-20, Degredo.

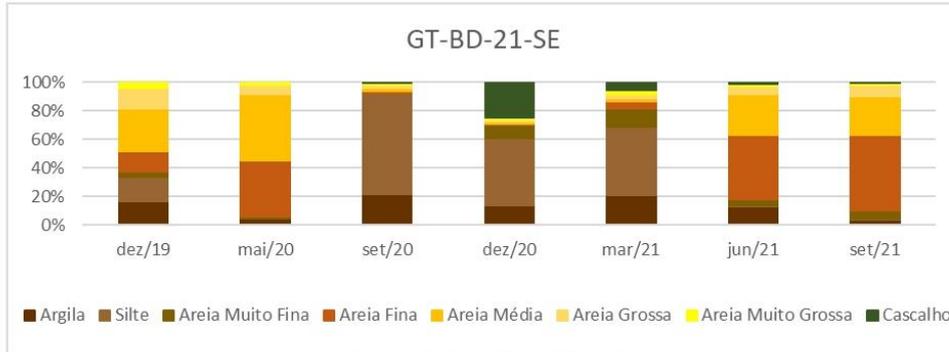


Figura 38 – Ponto GT-BD-21, Degredo.

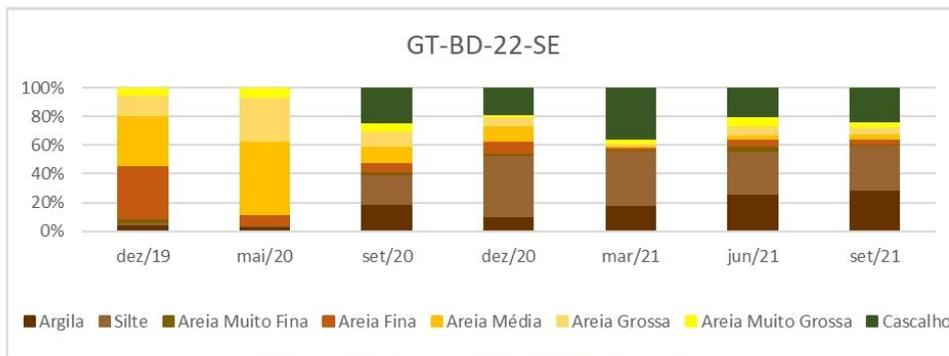


Figura 39 – Ponto GT-BD-22, Degredo.

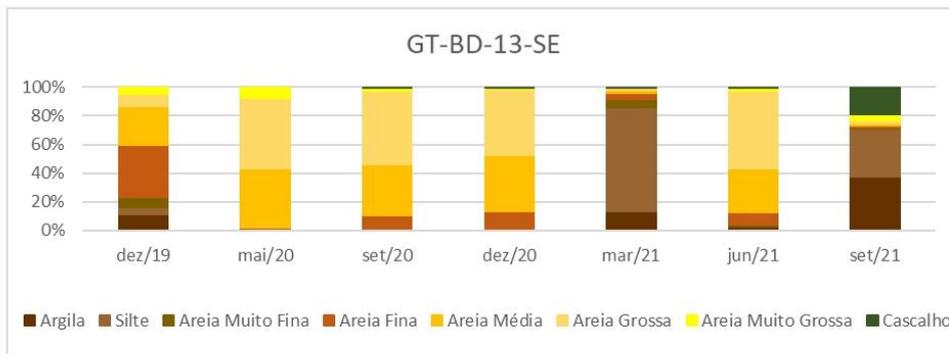


Figura 40 – Ponto GT-BD-13, Degredo.

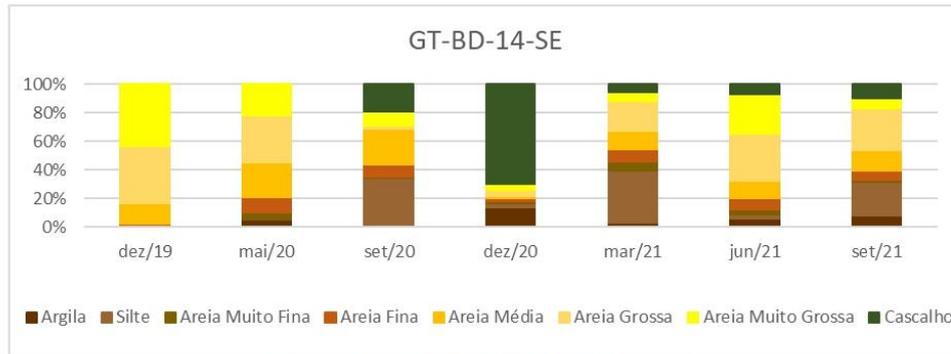


Figura 41 – Ponto GT-BD-14, Degredo.



Figura 42 – Ponto GT-BD-15, Degredo.

2.2.2 – pH

A seguir são verificadas as variações de pH no solo, sedimentos e água superficial para todos os pontos de monitoramento durante o período amostrado.

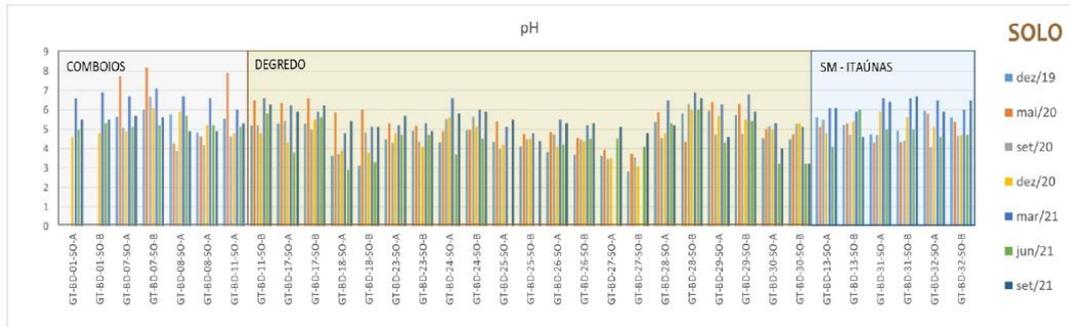


Figura 43 – pH no solo.

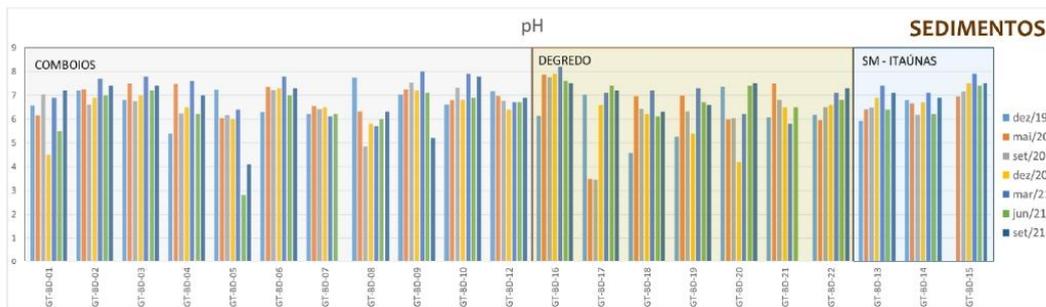


Figura 44 – pH nos sedimentos

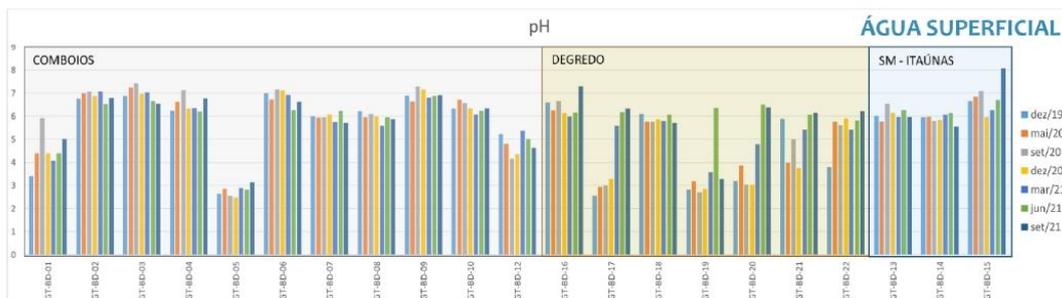


Figura 45 – pH na água

2.2.3 – METAIS

Neste item constam as séries históricas dos metais que se apresentaram em concentrações significativas durante o período de monitoramento nos componentes de solo, sedimento e água superficial.

2.2.3.1 – SOLOS

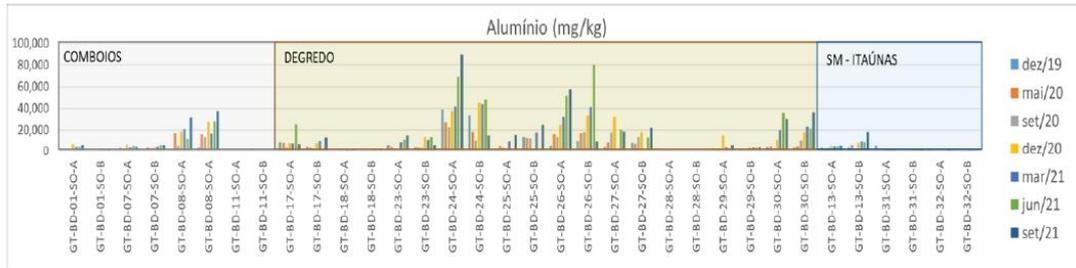


Figura 46 – Alumínio no solo

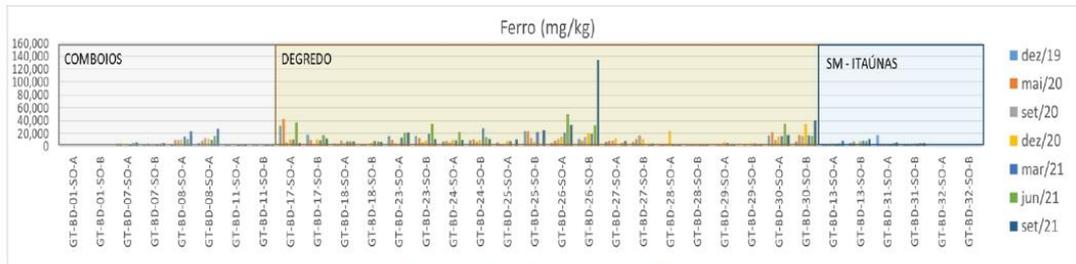


Figura 47 – Ferro no solo

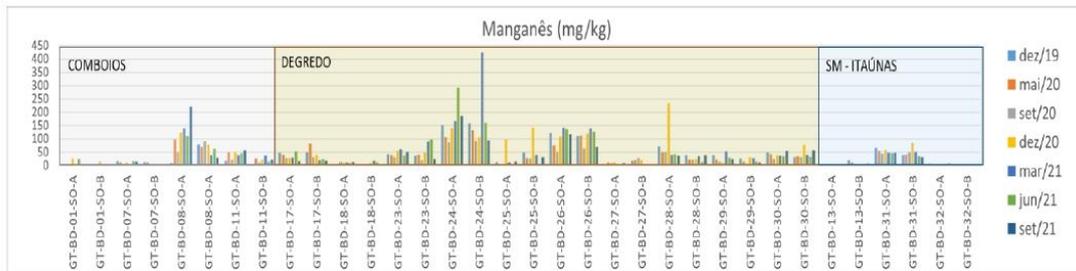


Figura 48 – Manganês no solo

2.2.3.2 – SEDIMENTOS

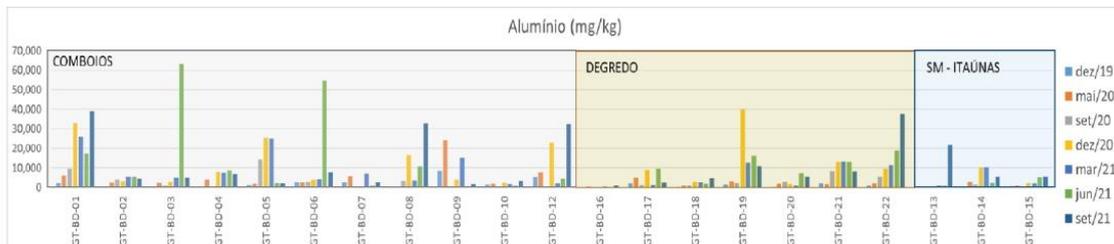


Figura 49 – Alumínio nos sedimentos

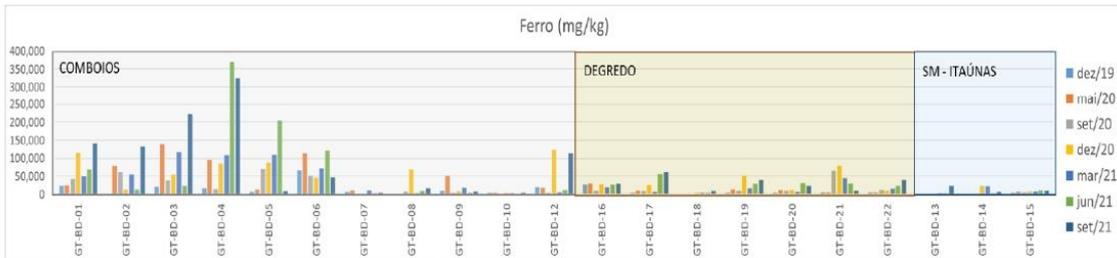


Figura 50 – Ferro nos sedimentos

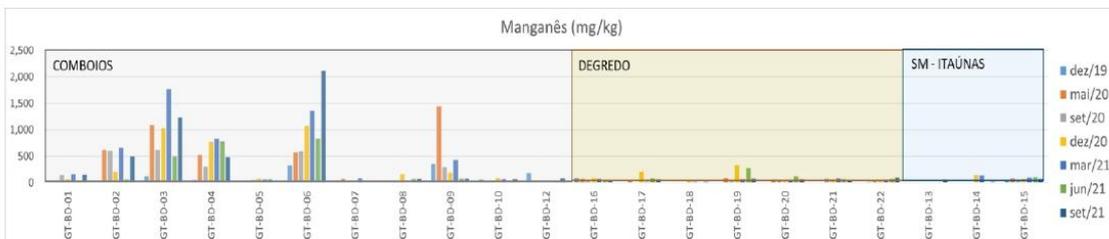


Figura 51 – Manganês nos sedimentos



Figura 52 – Arsênio nos sedimentos

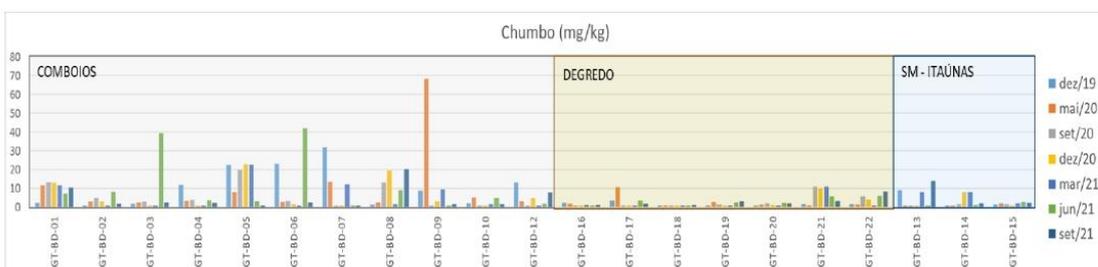


Figura 53 – Chumbo nos sedimentos

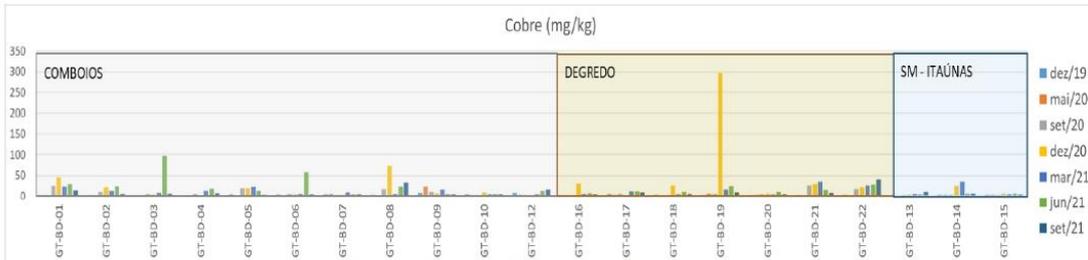


Figura 54 – Cobre nos sedimentos

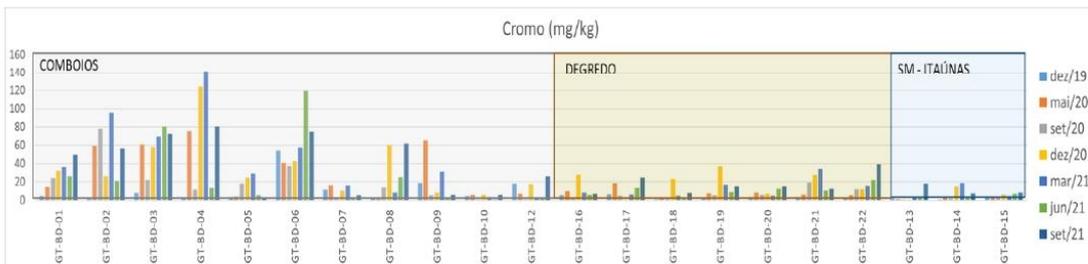


Figura 55 – Cromo nos sedimentos

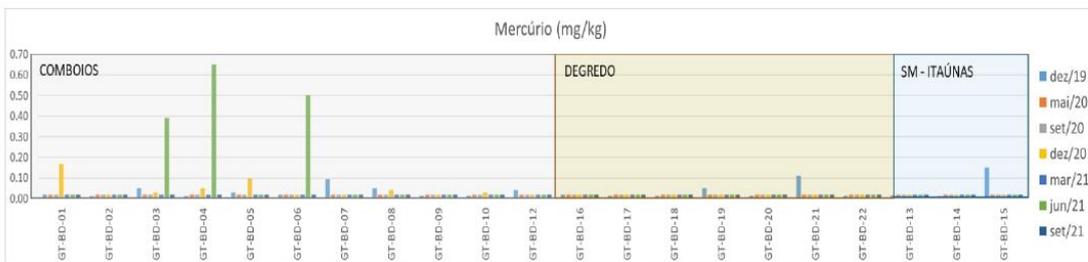


Figura 56 – Mercúrio nos sedimentos

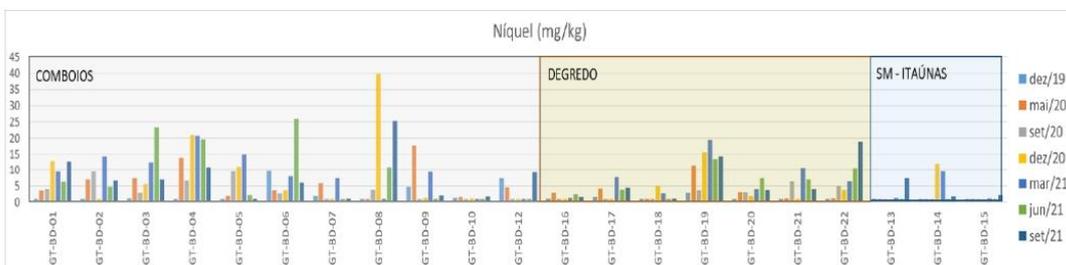


Figura 57 – Níquel nos sedimentos

2.2.3.3 – ÁGUA SUPERFICIAL

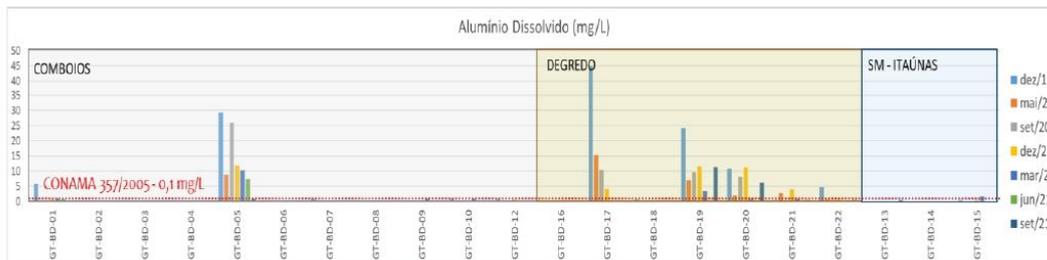


Figura 58 – Alumínio dissolvido na água

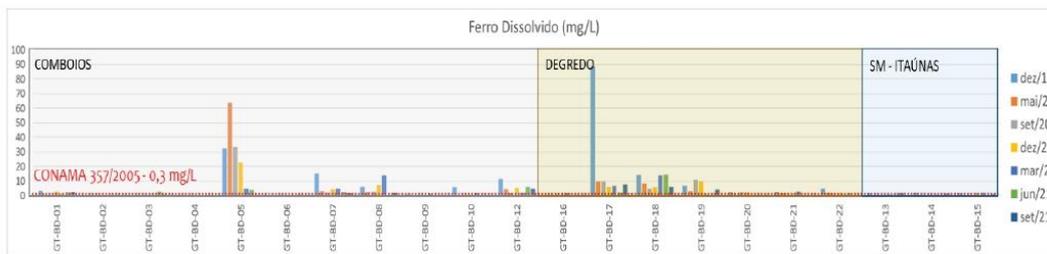


Figura 59 – Ferro dissolvido na água

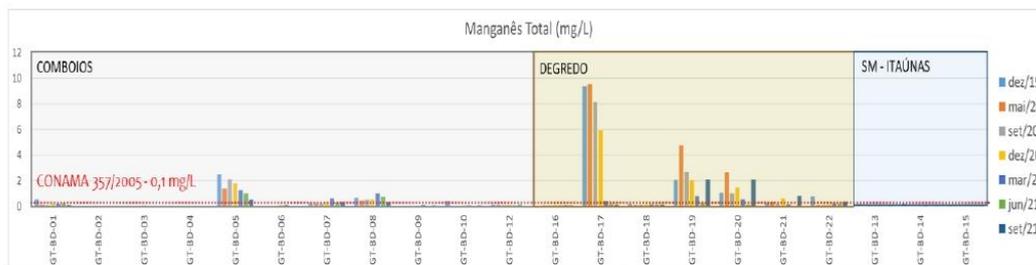


Figura 60 – Manganês total na água

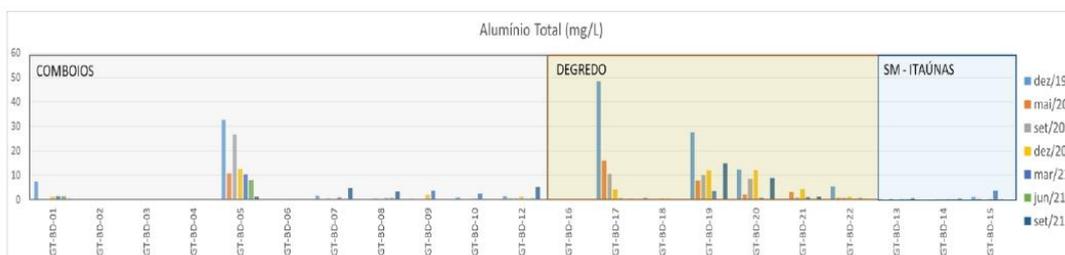


Figura 61 – Alumínio total na água

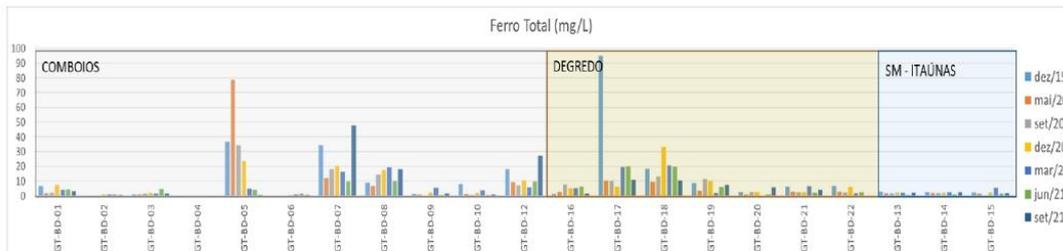


Figura 62 – Ferro total na água

2.2.4 – ANÁLISE INTEGRADA

Os metais que apareceram de forma dominantes – Alumínio, Ferro e Manganês – foram submetidos a correlações simples, no intuito de verificar se os mesmos estão variando de forma conjunta. Para sedimento e solo foi ainda considerado o percentual de argila e silte na correlação. Os resultados estão dispostos na Figura 63, para os componentes de água, sedimento e solo, respectivamente. Para as amostras de sedimento foi também realizada uma correlação entre todos os metais que se apresentaram de forma significativa durante a série histórica analisada, os resultados estão dispostos na Figura 64. Os metais alumínio, ferro e manganês estão variando juntos nas amostras em um percentual significativo.

Na Tabela 5 consta uma compilação das principais características observadas em cada um dos pontos de monitoramento. Assume-se concordância com as conclusões do relatório dos dados do monitoramento da região deltaica do Rio Doce no que se refere à identificação de concentrações oriundas do rejeito no solo, não sendo possível identificar locais pontuais que tenham sofrido impacto do rompimento da barragem do fundo em decorrência do histórico de uso e tipos de solos na região. No entanto, ao se analisar as concentrações históricas dos metais Alumínio, Ferro e Manganês, na água e no sedimento, se percebem concentrações extremamente elevadas, que merecem destaque mesmo em um ambiente que naturalmente já dispõe destes elementos em concentrações expressivas. Em uma comparação grosseira entre médias, na Tabela 4, são verificados aumentos expressivos nas concentrações atuais. Ressalta-se que foram consideradas as concentrações do ponto 12, em LANI (1998), obtidas em um antigo talhão de arroz, que destoaram significativamente do restante dos pontos amostrados pelo autor. As médias do restante dos pontos sem o ponto 12, para os três parâmetros em questão, seriam 1,7 mg/L, 0,65 mg/L e 0,3 mg/L para alumínio, ferro e manganês, respectivamente.

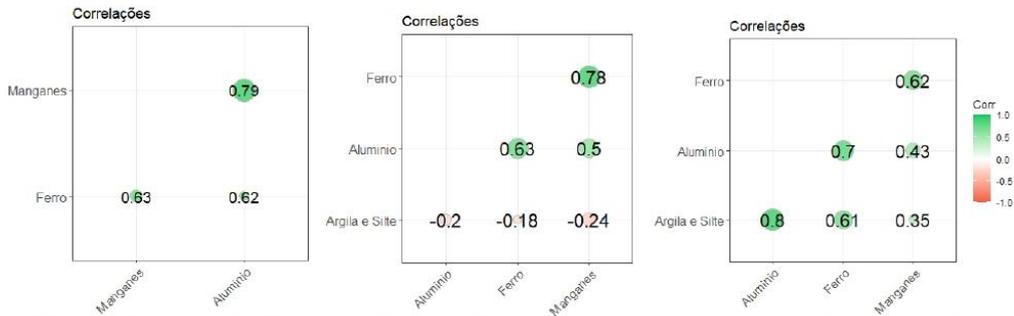


Figura 63 – Correlações entre alumínio, ferro e manganês para água, sedimento e solo.

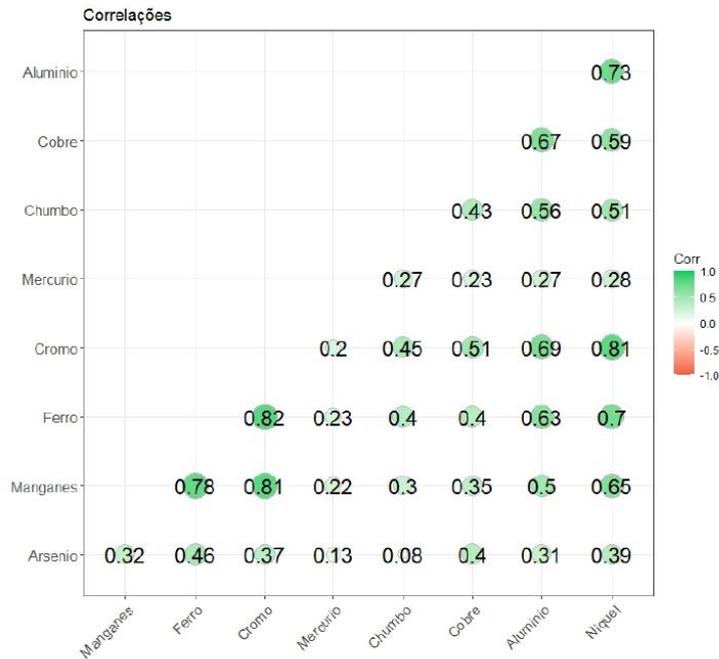


Figura 64 – Correlações entre metais com concentrações elevadas no sedimento.

Tabela 4 – Comparação de concentrações médias obtidas em LANI (1998) e concentrações médias dos dados do monitoramento para alumínio, ferro e manganês.

	Alumínio Total (mg/L)	Ferro Total (mg/L)	Manganês Total (mg/L)
LANI	7.66	1.26	0.36
GT-BD-01	1.78	4.30	0.20
GT-BD-02	0.03	0.52	0.01
GT-BD-03	0.02	1.65	0.02
GT-BD-04	0.03	0.25	0.01

GT-BD-05	14.59	26.12	1.51
GT-BD-06	0.02	0.53	0.04
GT-BD-07	1.27	22.69	0.33
GT-BD-08	0.87	13.51	0.60
GT-BD-09	0.95	1.55	0.04
GT-BD-10	0.65	2.32	0.09
GT-BD-12	1.42	12.41	0.09
GT-BD-16	0.04	4.12	0.05
GT-BD-17	11.49	24.59	4.81
GT-BD-18	0.32	17.81	0.13
GT-BD-19	10.82	7.01	2.08
GT-BD-20	6.36	2.23	1.28
GT-BD-21	1.64	3.81	0.34
GT-BD-22	1.35	3.18	0.26
GT-BD-13	0.31	1.85	0.07
GT-BD-14	0.24	2.07	0.08
GT-BD-15	0.87	1.99	0.05

Concentrações elevadas de metais na água constituem um problema grave de saúde pública, afetando a saúde humana e dos ecossistemas. Dadas as concentrações em destaque para alumínio, ferro e manganês verificadas no rejeito e, vistas as concentrações igualmente elevadas dos mesmos metais em locais pontuais da região deltaica, os pontos monitorados foram organizados quanto ao nível de atenção, tendo como base a Resolução CONAMA 357/2005, considerando três categorias:

- Pontos em relativa conformidade da água com a Resolução CONAMA 357/2005 para Al, Fe e Mn;
- Pontos com concentrações médias na água até 10x o limite CONAMA 357/2005 para Al, Fe e Mn;
- Pontos com concentrações médias na água acima de 10x o limite CONAMA 357/2005 para Al, Fe e Mn.

A classificação dos pontos quanto ao seu nível de atenção consta na Figura 65 e suas respectivas cores foram destacadas também na Tabela 5. Foram plotados no mapa da Figura 65, pontos em que foram verificados picos de concentrações destes mesmos parâmetros nas amostras de solo, pois foi observado que os pontos de atenção, classificados com base nos resultados para as concentrações obtidas na água, geralmente se encontram a jusante dos pontos onde foram observados os picos de concentração de alumínio, ferro e manganês para as amostras de solo.

Tabela 5 – Caracterização dos pontos de monitoramento na região deltaica do Rio Doce.

Ponto de amostragem	Complexo	Matriz			Localidade	Solo	Característica
		AG	SE	SO			
GT-BD-01	Comboios	x	x		Rio Riacho	Neossolo Quartzênico	Área industrial, lançamento de esgoto doméstico, Baixo pH, baixo oxigênio, Densidades elevadas de E. coli, Alumínio, Manganês e Ferro desconformes (CONAMA 357)
GT-BD-02	Comboios	x	x		Lagoa de Cacimbas - UC Comboios	Neossolo Quartzênico	Uso recreativo, área de pasto, Ferro desconformes (CONAMA 357)
GT-BD-03	Comboios	x	x		Lagoa de Cacimbas - UC Comboios	Neossolo Quartzênico	Uso recreativo, área de pasto, Ferro desconformes (CONAMA 357)
GT-BD-04	Comboios	x	x		Lagoa Dourada	Neossolo Quartzênico	Área de pastagens, Alumínio, Manganês e Ferro desconformes (CONAMA 357)
GT-BD-05	Comboios	x	x		Canal de drenagem	Gleissolos e Organossolos	Área de pastagem, presença de areal, baixo pH, baixo oxigênio, Alumínio, Manganês, Ferro, Berílio, Níquel e Zinco desconformes (CONAMA 357)
GT-BD-06	Comboios	x	x		Lagoa Parda	Podzóis Hidromórficos	Área de pastagens
GT-BD-07	Comboios	x	x	x	Canal de Drenagem que deságua no Rio Riacho	Neossolo Quartzênico	Área de pastagem, baixo pH, baixo oxigênio, alta turbidez, Alumínio, Manganês e Ferro desconformes (CONAMA 357)
GT-BD-08	Comboios	x	x	x	Canal de Drenagem	Gleissolo Tiomórfico	Baixo pH, baixo oxigênio, altas densidade de algas, alta turbidez, Alumínio, Manganês e Ferro desconformes (CONAMA 357)
GT-BD-09	Comboios	x	x		Adução do Rio Doce para o Canal Caboclo Bernardo	Cambissolos Eutróficos	
GT-BD-10	Comboios	x	x		Canal Caboclo Bernardo	Gleissolos e Organossolos	Área de pastagem
GT-BD-11	Comboios			x	Cordão arenoso próximo a linha de costa	Neossolo Quartzarênico	Área de pastagem
GT-BD-12	Comboios	x	x		Confluência com o Canal Caboclo Bernardo	Gleissolo Tiomórfico	Área de pastagem, baixo pH, baixo oxigênio, Alumínio, Manganês e Ferro desconformes (CONAMA 357)
GT-BD-16	Degredo	x	x		Lagoa da Viúva	Gleissolos e Organossolos	Ferro desconformes (CONAMA 357)
GT-BD-17	Degredo	x	x	x	Canal de drenagem	Neossolo Quartzênico, Gleissolo Tiomórfico	Área de pastagens, baixo pH, baixo oxigênio, Alumínio, Manganês, Ferro, Níquel e Zinco desconformes (CONAMA 357)
GT-BD-18	Degredo	x	x	x	Afluente Rio Ipiranga	Neossolo Quartzênico	Alumínio, Manganês e Ferro desconformes (CONAMA 357)
GT-BD-19	Degredo	x	x		Rio Ipiranga	Neossolo Quartzarênico	Lançamento de efluentes, Baixo pH, baixo oxigênio dissolvido, Alumínio, Manganês e Ferro, Níquel desconformes (CONAMA 357)
GT-BD-20	Degredo	x	x		Rio Pontal	Neossolo Quartzarênico	Área recreativa, pH baixo, Alumínio, Manganês e Ferro desconformes (CONAMA 357)
GT-BD-21	Degredo	x			Rio Ipiranga, interligado à drenagens	Neossolo Quartzarênico	Áreas de pastagens e campos de petróleo, baixo pH, baixo oxigênio dissolvido, contaminações por E.coli, Alumínio, Manganês e Ferro desconformes (CONAMA 357)
GT-BD-22	Degredo	x	x		Manilha	Neossolo Quartzênico, Gleissolo Tiomórfico	Baixo pH, baixo oxigênio dissolvido, Alumínio, Manganês e Ferro desconformes (CONAMA 357)

Parecer Técnico – CT-GRSA

GT-BD-23	Degredo			x	Plantação	Cambissolo Flúvico	Área de pastagens
GT-BD-24	Degredo			x	Pasto	Gleissolo Tiomórfico	Área de pastagens
GT-BD-25	Degredo			x	Pasto	Gleissolo Tiomórfico	Área de pastagens
GT-BD-26	Degredo			x	Pasto	Gleissolo Tiomórfico	Área de pastagens
GT-BD-27	Degredo			x	Pasto	Gleissolo Tiomórfico	Área de pastagens
GT-BD-28	Degredo			x	Plantação de coco	Neossolo Quartzarênico	Região de Neossolos quartzarênico
GT-BD-29	Degredo			x	Estrada de terra em área de vegetação nativa	Neossolo Quartzarênico	Região de Neossolos quartzarênico Órtico
GT-BD-30	Degredo			x	Propriedade particular	Gleissolo Tiomórfico	Região de Gleissolo Tiomórfico + Organossolo Háptico
GT-BD-13	São Mateus-Itaúnas	x	x	x	Área de povoados	Neossolo Quartzarênico, Solos tiomórficos	Denúncia de mortandade de peixes, baixo pH, baixo oxigênio dissolvido, Ferro desconforme (CONAMA 357)
GT-BD-14	São Mateus-Itaúnas	x	x		Itaúnas – próximo ao ICMBio	Neossolo Quartzarênico	Área recreativa, povoado no entorno, denúncia de mortandade de peixes, baixo pH, baixo oxigênio dissolvido, Ferro desconforme (CONAMA 357)
GT-BD-15	São Mateus-Itaúnas	x	x		Rio Mariricu	Gleissolos e Organossolos	Povoado no entorno, teoricamente sem aporte de resíduos, Alumínio e Ferro desconformes (CONAMA 357)
GT-BD-31	São Mateus-Itaúnas			x	Plantação de Coco	Neossolos quartzarênico hidromórfico	Área de pastagens
GT-BD-32	São Mateus-Itaúnas			x	Pasto	Neossolos quartzarênico Órtico	Área de pastagens

Parecer Técnico – CT-GRSA



Figura 65 – Pontos de Atenção na região deltaica do Rio Doce.

3 - DISCUSSÃO

É importante destacar que o rio Doce vem sofrendo uma série de impactos ambientais ao longo das últimas décadas. Grande parte de sua bacia hidrográfica era ocupada pela Mata Atlântica, que atualmente está quase exclusivamente restrita a pequenos fragmentos ou sobrevive em unidades de conservação nos estados de MG e do ES. Além do desmatamento, o vale do rio Doce sofreu, ainda na metade do século XX, um acelerado processo de industrialização e ocupação humana decorrentes principalmente de grandes projetos de mineração. O intenso processo de crescente ocupação humana e industrialização acarretou em uma rápida degradação de todo o ecossistema do rio Doce.

Ressalta-se também a constituição pedológica local, com solos naturalmente ricos nos metais de interesse nesta investigação: alumínio, ferro e manganês. No entanto, os dados analisados expõem concentrações pontuais extremamente elevadas em determinados pontos, configurando como situações de preocupação quanto aos riscos à saúde humana.

Os resultados de Gomes *et al.* (2017), demonstram significativa redução de tamanho dos grãos, com predominância pós evento de silte e argila, e aumento da porcentagem em massa dos metais-traços (Cr (5 ×), Fe (3 ×), Al (3 ×), Zn (2 ×) e Ba (2 ×) no pós desastre. Quanto aos efeitos de longo prazo, o autor prenuncia a correlação das altas concentrações dos metais aos possíveis impactos na biota local, uma vez que destes pode ocasionar alteração bioquímica dos sedimentos, bioacumulação e toxicidade da fauna. Foram destacados possíveis efeitos de elevadas concentrações dos metais Fe e Al, os quais a aglutinação e conseqüente sufocamento de estruturas respiratórias de fauna bentônicas podem ocasionar a alteração da macrofauna, aumentando a abundância de espécies oportunistas e tolerantes, e impactando as populações locais. Ainda, autor destacou como possível efeito de longo prazo a bioacumulação de Cr, o qual apresenta a alta toxicidade tanto à biota local quanto aos humanos.

Os resultados ecotoxicológicos trazidos em RRDM (2019) apontam para efeitos toxicológicos que estariam associados ao sedimento, que reteriam elevadas concentrações de metais ainda após cerca de 3 a 4 anos da chegada da pluma de rejeitos. Os resultados apontam para um padrão espacial de maiores efeitos de toxicidade relacionada ao sedimento em localidades situadas mais próximas à foz do Rio Doce. Os resultados também trazem indícios de ocorrência de bioacumulação, evidenciada pelo aumento temporal das concentrações de metais em organismos de diferentes níveis tróficos (fitoplâncton, zooplâncton, caranguejos e peixes), comparativamente a dados pretéritos pré-rompimento da Barragem de Fundão. É citado que entre os metais o Fe apresentou o padrão mais consistente de bioacumulação, com incorporação à biota observada em todos os níveis tróficos

estudados em associação com a foz do Rio Doce durante a campanha 2.

Os resultados de qualidade da água apresentados em LANI *et al.* (2009), referentes ao cenário pretérito ao rompimento da barragem, demonstram valores acima da legislação vigente acerca das concentrações de metais na água, no entanto, com exceção de um ponto amostral inserido em um talhão de arroz, não são verificados valores extremamente elevados como os observados nas coletas atuais. Os parâmetros alumínio e ferro do sedimento também se encontram significativamente elevados em comparação aos resultados dos autores.

4 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES

De modo geral foram observadas concentrações de alumínio, ferro e manganês em concentrações extremamente elevadas principalmente nos pontos GT-BD-05 e GT-BD-17 inseridos em canais de drenagem, no ponto GT-BD-19 inserido no Rio Ipiranga e no ponto GT-BD-20 alocado no Rio Pontal. Todos os pontos apresentam pH ácido e baixas concentrações de oxigênio dissolvido. As concentrações de níquel estão em desconformidade com a Resolução CONAMA 357/2005 em todos os pontos, com exceção de GT-BD-20. São também verificadas concentrações elevadas de zinco nos dois pontos inseridos em canais de drenagem. Considera-se estas áreas prioritárias para atividades de recuperação ambiental, buscando o equilíbrio do ecossistema da região deltaica do Rio Doce como um todo.

O delta do Rio Doce é bastante degradado e conta com pouca vegetação. A mata ciliar atua na modificação dos processos químicos e biológicos, mudando a composição química dos componentes. Transforma, por exemplo, os resíduos de pesticidas transportados pelo escoamento em componentes não tóxicos por decomposição microbiológica, oxidação, redução, hidrólise, radiação solar e outras ações que ocorrem no piso florestal (SIMÕES, 2001). A vegetação ciliar, em uma bacia, reduz em 38% a concentração de nitrogênio; em 94%, o fosfato; 42%, o fósforo dissolvido; 21%, de alumínio total infiltrável, e 54% de ferro, que chegam ao curso d'água (EMMETT *et al.*, 1994). Dessa forma, é de grande valia que a recuperação de mata ciliar seja determinada como uma alternativa de ação neste Plano de Manejo de Rejeitos. Não só regiões com presença de rejeito confirmada, mas regiões com alta taxa de sedimentação e com verificação de contaminação na água ou sedimento por metais como ferro, alumínio e manganês, que podem estar relacionados ao rejeito, devem ser ranqueadas como prioritárias para que seja executada a recuperação da mata ciliar.

Os relatos de bioacumulação são importantes e devem ser melhor aprofundados. Face a presente constatação de contaminação do pescado, é recomendada que sejam executadas análises no pescado

comercial de forma contínua, no intuito de verificar se há contaminação nos peixes que estão sendo consumidos na região. É pertinente também que sejam incluídos dados acerca da atividade de aquicultura na região e que seja realizada revisão sobre o tema.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMMETT B.A., HUDSON J.A., COWAR D.P.A., REYNOLDS B. The impact of a riparian wetland on streamwater quality in a recently afforested upland catchment. *Journal of Hydrology* (1994) 162, 3-4: 337-353.

GOMES, L. E. DE O., CORREA, L. B., SÁ, F., NETO, R. R., & BERNARDINO, A. F. (2017). The impacts of the Samarco mine tailing spill on the Rio Doce estuary, Eastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 120(1-2), 28–36.

LANI, J.L. 1998. Deltas do Rio Doce e Itapemirim: Solos, com ênfase nos Tiomórficos, água e impacto ambiental do uso. Viçosa, MG: UFV, 1998. 169p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa.

LANI, J. L., REZENDE, S,B, SARTAIN, J, B. & LANI, J. A. 2009. Águas da região do delta do rio Doce com ênfase no vale do Suruaca, Linhares-ES. *GEOGRAFARES*, n7.

RELATÓRIO REDE RIO DOCE MAR, 2019. Monitoramento ecotoxicológico dos impactos causados pela lama oriunda do rompimento da barragem de Mariana (MG) em regiões dulcícolas, estuarinas e marinhas. Vitória – ES.

SIMÕES L.B. Integração entre um modelo de simulação hidrológica e sistema de informação geográfica na delimitação de zonas tampão ripárias [tese]. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (2001).

Belo Horizonte, 10 de março de 2022.

Profissional responsável pela elaboração deste Parecer Técnico:

- Marina Habkost Schuh

Parecer Técnico aprovado em __/__/__

Thales Del Puppo Altoé
Coordenação da CT GRSA