

## NOTA TÉCNICA CT-GRSA nº 20/2021

**Assunto:** Análise técnica do documento “VOLUME 11 – APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO NO TRECHO 15. Fevereiro/2021”

### 1- INTRODUÇÃO E HISTÓRICO

O rio Doce, no estado do Espírito Santo, percorre um trecho de, aproximadamente, 142 km. Visando avaliar o impacto da deposição de rejeitos provenientes do rompimento da barragem de Fundão, 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 PMR Trecho 15 compreende a região entre a UHE Mascarenhas, no município de Baixo Guandu/ES, passando pelos municípios de Colatina/ES e Marilândia/ES, até chegar na cidade de Linhares/ES, perfazendo 100 km de extensão. Já o Trecho 16 compreende o trecho final, entre o município de Linhares e a foz do rio Doce, com 42 km de extensão (Figura 1).

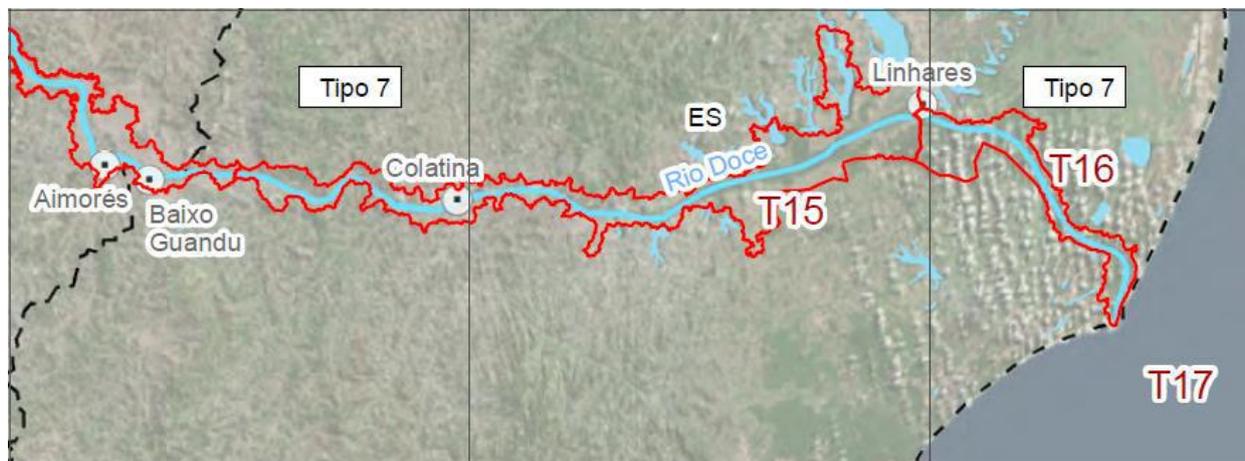


Figura 1: Trechos 15 e 16. Fonte: adaptado de JACOBS e CH2M (2018)

Ante ao contexto físico, faz-se importante também contextualizar alguns dos pontos principais das tratativas que ocorreram no desenvolvimento do atual Plano de Manejo de Rejeito.

Em uma primeira proposta da Fundação Renova, os trechos 15 e 16 haviam sido tratados de maneira conjunta, ou seja, em um único volume do Plano de Manejo de Rejeitos, justificado por se tratar de um trecho final e não serem esperados grandes volumes de deposição de rejeitos. Além disso, foi aplicada a metodologia visual, metodologia esta utilizada nos trechos mineiros, em especial nos entre Mariana e a UHE Risoleta Neves, onde ocorreram grandes deposições de rejeito. Todavia, a

aplicação desta metodologia em solo capixaba não se demonstrou adequada devido às diferenças substanciais na hidrodinâmica do baixo rio Doce e, por consequência, da forma de deposição dos rejeitos. Como exemplo, tem-se a deposição e concentração de partículas, principalmente na região da foz do rio Doce, na porção intracalha.

Diante das peculiaridades da região, a CT-GRSA, por intermédio do IEMA, e a Fundação Renova realizaram uma série de reuniões para alinhamento do conteúdo que seria apresentado nos estudos e a metodologia que deveria ser seguida para elaboração do Plano de Manejo de Rejeitos, para o trecho capixaba. Após três dessas reuniões de alinhamento, os entendimentos foram compilados sob a forma da Nota Técnica CT-GRSA nº 01/2019, onde destaca-se brevemente a separação dos Planos de Manejo dos trechos 15 e 16 em volumes diferentes, bem como suas delimitações.

Em atenção a NT CT-GRSA nº 01/2019 a Fundação Renova apresentou em Fevereiro de 2020 o documento intitulado “VOLUME 11 – APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO NO TRECHO 15. Fevereiro/2020”.

A análise deste documento de Fevereiro de 2020 resultou na emissão da Nota Técnica CT-GRSA nº 06/2020. Esta concluiu pela reprovação do documento devido a fragilidades técnicas, conflito de informações textuais e destoantes com os dados brutos apresentados nos anexos, assim, recomendando-se uma série de ajustes e correções que deveriam vir em um novo documento.

Em atendimento a NT CT-GRSA nº 06/2020 a Fundação Renova entregou o documento intitulado “VOLUME 11 – APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO NO TRECHO 15. Fevereiro/2021”, o qual é alvo de análise a ser compilada na presente Nota Técnica.

## **2- Da Nota Técnica CT-GRSA nº 06/2020 e o atendimento do documento revisado atendimento “VOLUME 11 – APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO NO TRECHO 15. Fevereiro/2021”**

A Nota Técnica CT-GRSA nº 06/2020, que reprovou o estudo intitulado “VOLUME 11 – APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO NO TRECHO 15. Fevereiro/202”, teceu onze requisições, que deveriam ser implementadas na revisão do Plano de Manejo de Rejeitos do trecho 15. O atendimento das requisições contam no quadro 01 com a sua respectiva justificativa.

Quadro 01: Tabela resumo do atendimento das requisições da Nota Técnica CT-GRSA nº 06/2021

Requisição/Encaminhamento	Prazo proposto	Atendimento	Justificativa
Encaminhamento 01: Realizar uma busca junto às publicações acadêmicas, instituições de pesquisa e grupos de pesquisa (a incluir a RRDM) se existem metodologias de análise/rastreamento da presença de rejeitos em ambiente dulcícola (“no rio”) disponíveis para serem aplicadas e realizar um reporte formal escrito a CT-GRSA.	30 dias a partir da aprovação	Atendido	
Encaminhamento 02: A Fundação Renova apresente a situação (aprovado, aprovado parcialmente e reprovado) de cada trabalho referenciado do sistema CIF.	Acompanhado da nova entrega	Parcialmente atendido	Os autores não citam quais estudos foram reprovados, se limitando nestes casos a colocar que estavam sob revisão, sob a forma, e.g. “Em revisão pela Fundação Renova, conforme Deliberação 384/2020”
Encaminhamento 03: Reavaliar a comparação de dados do PMR 15 com as bibliografias utilizadas, uma vez que a comparação absoluta entre os resultados do referido estudo com a bibliografia utilizada não é compatível.	Acompanhado da nova entrega	Parcialmente atendido	A comparação foi realizada, todavia, após tratamento inadequado dos dados e sob critérios inadequados e divergentes aos orientados, levando a conclusões inadequadas.
Encaminhamento 04: A Fundação Renova deverá entregar nova modelagem ou estudo referente a mancha de inundação de 2020.	60 dias a partir da aprovação	Não atendido	Apesar de não atendido, entende-se que a requisição depende de outros estudos do PG 23. Tal estudo encontra-se sob avaliação da CT-GRSA e foi protocolado em 30/11/2021.
Encaminhamento 05: A Fundação deverá revisar a área	15 dias a partir da	Não atendido	Apesar de não atendido, entende-se que a

impactada/de estudo do PMR 15 adotando como área de estudo/impactada a sobreposição das manchas de inundação de 2016 e 2020.	aprovação do encaminhamento 4		requisição depende de outros estudos do PG 23. Tal estudo encontra-se sob avaliação da CT-GRSA e foi protocolado em 30/11/2021.
Encaminhamento 06: A Fundação deverá revisar o PMR 15 com base na nova área de estudo/impactada e, para a cheia de 2016, utilizar a base de dados com o TR de 10 anos para todo o trecho capixaba, conforme acordado realizado na 38ª Reunião Ordinária da CT-GRSA, em Vitória.	Acompanhado da nova entrega	Não atendido	Foi apresentada justificativa para utilização do TR de 2 anos, porém tais justificativas já foram discutidas e superadas nas discussões técnicas da 38ª Reunião Ordinária, ou seja, a consultoria não seguiu a recomendação da CT-GRSA.
Encaminhamento 07: É recomendado a revisão das informações apresentadas para evitar o conflito de afirmações.	Acompanhado da nova entrega	Atendido	
Encaminhamento 08: A Fundação Renova deverá revisar todos os dados brutos e indicar quais amostras possuem indícios de concentração de rejeito e a estimativa de concentração, conforme demonstrado no “teste de mistura”.	Acompanhado da nova entrega	Parcialmente atendido	A nova versão dos estudos apresentou melhorias na revisão dos dados brutos, porém apresentam falhas quanto a indícios de concentração de rejeitos através de dados químicos.
Encaminhamento 09: Apresentar a Anotação da Responsabilidade Técnica (ART) do responsável pela elaboração do estudo.	10 dias após a aprovação	Atendido	

### **3- Das Premissas e Hipóteses de fundamentação inadequadas abordadas pelo documento**

3.1- Do uso inadequado do “estudo geoquímico”, intitulado de: Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos (GOLDER, 2017b), para o Estado do Espírito Santo

Inicialmente destaca-se que o Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos (GOLDER, 2017b) foi objeto de diversas análises, incluindo sua revisão. Quanto ao histórico, tem-se que:

- 29 de julho de 2016 – Samarco protocola o Relatório Técnico “Avaliação dos Impactos do Meio Físico Resultantes da Barragem de Fundão – julho de 2016”. Neste, o estudo Biogeoquímico é dividido em Geoquímico e Biogênico e genericamente passa a ser nomeado somente de “Geoquímico”.
- 26 de setembro de 2016 – IBAMA emite o parecer PAR.02022.000510/2016-20 CPROD/IBAMA acerca da primeira versão do Estudo Geoquímico (ITEM 4 – Avaliação dos Resultados de Investigação Geoquímica e Aspectos Biogênicos, do Relatório Técnico “Avaliação dos Impactos do Meio Físico Resultantes da Barragem de Fundão – julho de 2016”).
- 16 de outubro de 2017 – IBAMA emite o Parecer Técnico nº 3/2017-NUPAEM-MG/DITEC-MG/SUPES-MG, solicitando a reorganização dos setores apresentados e sugerindo mais prazo para a entrega da versão final do Geoquímico.
- 31 de outubro de 2017 - Fundação Renova protocola na CT-GRSA o Relatório RT-015\_159-515-2282\_03-J, intitulado “Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos - Versão Revisada”.
- 28 de fevereiro de 2018 - SEMAD-MG emite o OFÍCIO.DGRD.SUGA.SEMAD nº 002/2018 acerca do Estudo Geoquímico revisado (Relatório RT-015\_159-515-2282\_03-J).
- 02 de março de 2018 – IBAMA/IEMA emitem o Parecer Técnico nº 1/2018-NUPAEM-MG/DITEC-MG/SUPES-MG, acerca do Estudo Geoquímico Revisado (Relatório RT-015\_159-515-2282\_03-J).
- 06 de novembro de 2018 - NOTA TÉCNICA CT-GRSA Nº 11/2018, Assunto: Resposta aos encaminhamentos da 24ª CT GRSA acerca dos estudos previstos na Cláusula 150 do

## Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta – TTAC

Assim, cita-se a íntegra da última análise/posicionamento do sistema CIF acerca deste estudo, através da Nota Técnica CT-GRSA n 11/2018:

### *2.1 Estudo Biogeoquímico (Biogênico e Geoquímico)*

*Em relação ao estudo Geoquímico, entende-se que o mesmo teve como objetivo principal um primeiro esforço da Samarco em amostrar os meios (solo e sedimento) impactados, com um número de dados insuficientes em relação a dimensão da área impactada. Além disso, o estudo não indicou nenhuma recomendação ou ação a partir dos dados gerados.*

*Entre as observações feitas pelos órgãos ambientais ao primeiro estudo apresentado em julho de 2016, foi ressaltada a solicitação referente a necessidade de avaliação estatística do conjunto de dados apresentados, visando garantir que estes representassem a área afetada pelo desastre. Tal complementação foi apresentada no item “8.1 Representatividade Composicional do Conjunto de Dados” da revisão do estudo geoquímico, concluindo que a representatividade das amostragens se restringiu ao “Setor 1”, que engloba a área atingida dentro do Quadrilátero Ferrífero, concentrando 83% do conjunto de dados. Adicionalmente, os pareceres e notas técnicas supracitadas descrevem um conjunto bem mais amplo de observações tanto para a primeira versão quanto para a revisão do estudo geoquímico.*

*Com base nas revisões do estudo geoquímico, nas análises dos órgãos ambientais e na evolução das discussões sobre o tema no âmbito da CT-GRSA, a **Fundação Renova** deverá utilizar apenas os dados brutos provenientes do estudo geoquímico. A CT-GRSA irá analisar caso a caso a utilização destes dados, se reservando ao direito de solicitar a complementação ou exclusão dos mesmos em estudos/projetos apresentados.*

*Entende-se que o primeiro estudo apresentado foi um esforço inicial de caracterização, sendo, portanto, dotado de falhas, assim, desse estudo inicial somente foram aprovados os dados brutos. Adicionalmente todas as lacunas que*

*foram pontuadas pelos órgãos ambientais no estudo geoquímico, como a malha amostral de solo e sedimentos e a não execução de um monitoramento de águas subterrâneas estão sendo contemplados em outros estudos que vem sendo realizados pela Fundação Renova, como o Plano de Manejo de Rejeitos e Estudos de Avaliação de Risco a Saúde Humana e Ecológico.* (sublinhado do autor, negrito nosso)

Destaca-se inicialmente que a conclusão pela limitação da representatividade do estudo a área do setor 1 (aproximadamente a área atingida dentro do quadrilátero ferrífero) é do próprio autor, e que se trata da mesma empresa consultora a realizar o Plano de Manejo ora em análise, assim, tendo plena ciência das limitações que ela mesma concluiu acerca deste, bem como em demais validades dos documentos dentro do sistema CIF.

Em termos práticos, as conclusões de tal estudo não são válidas fora do chamado setor 1, o qual não engloba o território capixaba e onde se encontra o Trecho 15 do Plano de Manejo de Rejeitos, assim, as conclusões citadas e a contextualização realizada pelo autor no documento apresentado não são válidas por se tratarem de localidades e contextos geológicos diferentes.

Vale ainda salientar que o primeiro documento emitido acerca do “estudo geoquímico” pelos membros do sistema CIF foi um parecer do IBAMA de junho de 2016, ao qual ao longo de 56 páginas faz questionamentos e apontamentos de ordem técnica acerca do documento, e inicia suas conclusões com o seguinte trecho: O estudo se baseou em uma concepção equivocada, o que torna a maior parte das conclusões inválidas. Observa-se que esta afirmativa é de sentido amplo a todos os trechos.

Sendo esta temática técnica vencida, pode-se sumarizar que por todo o histórico de avaliação do documento “estudo geoquímico”, bem como no último posicionamento do sistema CIF, tem-se claro que o documento apresenta incertezas técnicas, bem como concepção equivocada, alcançando conclusões em sua maioria inválidas. **Todavia, os dados em sua forma bruta, por natureza, não sofrem de vício da interpretação que tiveram, e poderiam ser utilizados em outros documentos se consideradas todas as suas limitações,** exemplifica-se que estas limitações perpassam até mesmo por divergências de metodologia frente às normas brasileiras.

Assim, tendo em vista as grandes limitações deste estudo, a CT-GRSA em sua Nota Técnica 11/2018, precaveu-se da utilização destas conclusões destacando que somente os dados brutos deveriam

ser utilizados, isso condicionado a aprovação da CT-GRSA, ou seja, somente uma releitura ou re-análise destes dados seria permitida, não a citação direta deste documento e de suas conclusões.

Quanto ao documento em análise denominado de “VOLUME 11 – APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO NO TRECHO 15. Fevereiro/2021”, pode-se verificar que o “estudo geoquímico” é citado, além dos dados brutos, como as suas análises e conclusões em diversos trechos, o que é incoerente, tanto com as orientações da CT-GRSA como a dos autores do “estudo geoquímico”.

Por fim, a CT-GRSA desconhece qualquer consulta formal acerca da utilização destes dados brutos para o PMR 15, bem como da utilização das conclusões não validadas deste estudo, assim, a sua aplicabilidade é um total descumprimento da NT CT-GRSA 11/2018, por parte dos autores.

### 3.2- Da Premissa de Conservação de Massa entre o solo e rejeitos

A Lei de Conservação das Massas ou Lei de Lavoisier, assim chamada por ter sido enunciada pelo patriarca da Química moderna, dispõe que: No interior de um recipiente fechado, a massa total não varia, quaisquer que sejam as transformações que venham a ocorrer; ou em um recipiente fechado, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos.

Tem-se então que esta lei se aplica somente a um sistema fechado, o qual por definição é aquele que não troca massa com sua vizinhança (ATKINS, P.W.. Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. 2020) .

Um bom exemplo disso é a queima de madeira, a qual aparentemente perde massa ao se transformar em cinzas, todavia, considerando um sistema fechado da madeira mais o ar necessário para sua combustão, tem-se que os átomos apenas se reajam em função da reação de oxidação, mas a massa total do sistema fechado continua a mesma.

Em suma: a Lei de conservação das massas, ou princípio da conservação da massa, é válida, apenas, para sistemas fechados.

No contexto do desastre ambiental do rio Doce, para se considerá-lo um sistema fechado, faz-se necessário englobar neste sistema todas as interações que promovam alteração de massa. Desta forma, a bacia do rio Doce com todas as suas interações (atmosfera-água-solo-biodiversidade) seria impossível ser simplificado a um sistema fechado.

Ainda assim, cita-se algumas Notas Técnicas que descrevem algumas dessas situações que causariam alteração de massa ou interações químicas e que foram desconsideradas pelos autores do Plano de Manejo de Rejeitos do Trecho 15:

1- Quanto a Nota Técnica CT-GRSA nº 14/2020:

*2. ANÁLISE TÉCNICA DO PLANO DE MANEJO DE REJEITOS DO TRECHO  
16*

*2.1. Elementos químicos correlatos ao EVENTO – Rompimento da Barragem de  
Fundão Análise*

*O Termo de Transação de Ajustamento de Conduta (TTAC) define o EVENTO como sendo “o rompimento da barragem de Fundão, pertencente à SAMARCO, localizada no complexo minerário de Germano, em Mariana-MG, ocorrido em 5 de novembro de 2015”. Este rompimento, por sua vez, ocasionou a liberação de aproximadamente 40 milhões de metros cúbicos de rejeito com imensa energia. Estima-se que a vazão ocasionada pelo EVENTO foi equivalente a um Tempo de Retorno de 10.000 anos (Estigoni et al., 2020 apud Golder, 2020).*

*Todo esse rejeito liberado com imensa energia escavou e revolveu as calhas dos rios atingidos, ressuspensando sedimentos que estavam estabilizados e “inertes” nestes, e assim, disponibilizando os componentes químicos desses sedimentos na coluna d’água, contribuindo para a alteração da qualidade da água.*

*Prova indiscutível disto pode ser obtida por análise simples e rápida dos monitoramentos de qualidade de água realizados emergencialmente durante os primeiros meses do desastre, alguns até com amostras do “branco” correspondendo às coletas antes da chegada da pluma de rejeitos. Nesses monitoramentos verifica-se a presença de diversos metais em quantidade elevadas e em uma variedade que vai além dos componentes principais dos rejeitos, que são Ferro, Silício, Alumínio e Manganês.” (grifo nosso)*

2- Quanto a Nota Técnica IEMA/CTECAD N° 001/202:

*2. BASES MÍNIMAS E DEFINIÇÕES OBRIGATÓRIAS PARA A EXECUÇÃO DA AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE HUMANA*

*b. Dos critérios obrigatórios para a seleção de Substâncias Químicas de Interesse*  
*Antes de apontar os procedimentos técnicos mínimos, cabe contextualizar alguns pontos apresentados [...]*

*[...]. Os rejeitos de mineração são compostos por uma fração arenosa e uma fração lamosa, ou seja, havia rejeitos com diferentes composições químicas e granulométricas. A fração de maior diâmetro, dita arenosa, é composta por óxidos de silício (maior constituinte da areia, quimicamente estável e de baixo risco), todavia, a fração de menor granulometria corresponde à fração lamosa, a qual em termos de composição química possui uma composição majoritariamente de óxidos de ferro e também as maiores concentrações de Elementos Potencialmente Tóxicos.*

*Temos então que partículas grandes e pequenas foram lançadas e transportadas para um ambiente de fluxo hidráulico, o rio Doce. Baseado nos mais básicos princípios da hidráulica e de transporte de sedimentos pode-se pontuar que há um transporte diferenciado dessas partículas, dos quais as partículas maiores serão transportadas mais lentamente pelo rio, pois é necessária mais energia para o líquido movê-las, enquanto as partículas mais finas (menores) irão ser transportadas mais facilmente. Esse fenômeno de transporte diferenciado pode gerar então algo incomum, para o gerenciamento de áreas contaminadas, que ao nos afastarmos da área fonte possa haver locais de concentração de contaminante por concentração dos particulados finos.*

*Para se exemplificar um local de concentração de particulados muito finos, tem-se que a Rede Rio Doce Mar já relatou, em seus seminários, a presença de lama na região marinha desde a foz do rio Doce; relatou ainda presença da chamada "lama fluida" composta por particulados muito finos, resultando numa mistura de densidade intermediária que fica ao fundo sem se sedimentar e ao mesmo tempo sem se dissipar.*

*Outro fenômeno que pode decorrer deste processo de transporte diferencial é que nas situações de extravasamento das águas do Rio Doce da calha regular, nas cheias do rio, essas partículas menores, com maiores teores de Elementos Potencialmente Tóxicos e mais facilmente transportáveis seriam transportadas preferencialmente para as planícies adjacentes, resultados numa expansão da contaminação. Se avaliarmos esse fenômeno de maneira cíclica, várias cheias e deposição de rejeitos finos nessas áreas, há a possibilidade de um aumento da concentração dos contaminantes ao longo do tempo.*

*Ainda cabe destacar que os óxidos de Ferro, principal componente das partículas menores, têm capacidade de adsorção (adesão superficial) de outras substâncias, como os Elementos Potencialmente Tóxicos, podendo ter atuado como carreador de outros contaminantes que foram remobilizados pela energia do EVENTO.*

Em suma, tem-se como contexto mínimo que os Elementos Potencialmente Tóxicos decorrentes do EVENTO de rompimento da barragem de Fundão vão além da simples composição química dos rejeitos, bem como os rejeitos sofreram diversos processos ao longo de seu caminho, perpassando por revolvimento de sedimentos contaminados no fundo dos rios, misturas com solos e sedimentos e principalmente um complexo transporte hidráulico, que inclui ainda a presença de diversas UHEs como barreiras hidráulicas, do qual por princípios básicos de hidráulica, resulta em maior velocidade de transporte para partículas de menor diâmetro/massa. Ou seja, o rejeito e mistura de solo mais rejeitos, ao cair no rio, tem suas partículas finas facilmente carregadas pelo rio até a foz e porção marinha, enquanto a fração de maior diâmetro/massa desce o rio mais lentamente.

Nesse contexto, a Premissa de Conservação de Massa adotada pelos autores descarta todos os acréscimos de elementos potencialmente tóxicos advindos dos sedimentos ressuspensos e solos escavados que foram ocasionados pelo Evento principal do rompimento da barragem de Fundão e a onda de rejeitos que arrasou boa área da bacia do rio Doce. Da mesma forma, desconsidera o transporte diferencial dos componentes de sedimentos e rejeitos em função, principalmente, de sua granulometria/massa, além de todas as possíveis interações bióticas, físicas e de transformações químicas.

Para o uso da premissa de conservação de massa como descrita pelos autores, como uma

“combinação de duas misturas”, seria necessário considerar que o rejeito foi liberado da barragem de Fundão sem ter sofrido qualquer alteração e interação com os meios (atmosfera, água, solo e biodiversidade) ao longo dos mais de 300 km de rio percorrido, e, apenas ao chegar na área de estudo do Trecho 15 (entre os municípios de Baixo Guandu e Linhares), se misturou ao solo e sedimentos ali disposto. Somente nestas condições se poderia aplicar a premissa adotada pelos autores.

Assim, o autor estima o maior desastre ambiental da história da mineração por uma simples combinação de duas misturas, apresentando cálculos teóricos igualmente simplistas para justificar tal premissa. A seguir cita-se o trecho da premissa estabelecida e prólogo das contas apresentadas (pg. 262 do documento):

*Considera-se que eventuais alterações de qualidade de solo relacionadas à deposição de rejeitos estariam limitadas às concentrações máximas dentre o conjunto de dados disponíveis para os rejeitos. Concentrações em solo acima das concentrações máximas verificadas nas amostras de rejeitos poderiam ser consideradas como evidências de que a qualidade da amostra em questão não teria sido afetada pela presença de rejeitos. Essa premissa é baseada na conservação de massa na combinação entre duas misturas. (seguiram-se as contas).*

Tamanha simplificação realizada pelos autores só poderia ser descrita pelo uso da língua portuguesa com o auxílio da figura de linguagem do pleonasma (uso de expressões redundantes para reforçar uma ideia) aplicada a ideia de simplificação.

Não obstante, durante a apresentação das contas e linha de raciocínio pelos autores ainda se encontra um equívoco de lógica na descrição, além de não apresentar bibliografias que comprovem as suposições apresentadas, conforme relatado na pág 263:

*Caso a concentração de um parâmetro de interesse no solo antes do rompimento da barragem de Fundão fosse inferior à concentração [deste parâmetro de interesse] no rejeito, uma mistura desse solo com o rejeito resultaria em uma **redução** da concentração desse parâmetro na mistura resultante (solo + rejeito); um aumento da proporção de rejeito na mistura iria **reduzir** a concentração desse*

*parâmetro até o limite da concentração no rejeito.*

Sendo assim, de acordo com os autores: Se o solo tinha concentração do parâmetro/elemento inferior ao do rejeito, é certo dizer que o rejeito tinha maior concentração deste elemento do que o solo, o que resultaria em uma redução da concentração do parâmetro/elementos de interesse.

Mas, na realidade, ao se adicionar rejeito (de maior concentração) ao solo (de menor concentração), estará aumentando a concentração desse parâmetro na mistura resultante, não diminuindo como o descrito, bem como essa concentração aumentaria com o aumento da quantidade de rejeito.

Esse equívoco pode ser comprovado pelo próprio autor que no mesmo parágrafo, em sequência ao trecho citado anteriormente (pág 263), que descreve a mesma situação de solo com concentração de parâmetro inferior a concentração no rejeito, mas com conclusão oposta (aumento):

*Caso a concentração inicial no solo fosse menor que no rejeito, uma mistura desse solo com o rejeito resultaria em um aumento da concentração desse parâmetro na mistura resultante (solo + rejeito); um aumento da proporção de rejeito na mistura iria aumentar a concentração desse parâmetro até o limite da concentração no rejeito.*

**O exposto acima demonstra confusões entre as premissas e conclusões dos próprios autores do estudo do PMR do Trecho 15 quanto às premissas aplicadas para a concentração de massas, o que descredibiliza o estudo.**

**Cabe, por fim, reiterar que a abordagem/premissa de “*Considera-se que eventuais alterações de qualidade de solo relacionadas à deposição de rejeitos estariam limitadas às concentrações máximas dentre o conjunto de dados disponíveis para os rejeitos*” é equivocada e inadequada. Esta premissa, que está sendo tomada por base para interpretação dos dados de todo o documento, resultou em conclusões igualmente equivocadas.**

### 3.3- Do uso de percentil 75 e da exclusão de *outliers*

A utilização do percentil 75 e a exclusão de *outliers* são comumente utilizados quando existem uma gama de dados, tanto em número como em escala temporal para se representar a área, em estudo. Para o caso do Plano de Manejo de Rejeitos, dos quais foram realizadas coletas em um único período e considerando que, o EVENTO de rompimento da barragem de Fundão é uma situação atípica para o contexto da bacia do rio Doce, tais aplicações são inapropriadas.

Apesar do uso do percentil 75 e a exclusão de *outliers* se integrarem ao longo do texto, faz-se aqui comentários separados em vista a fazer aproveitamento do texto dos autores do Plano de Manejo de Rejeitos do Trecho 15:.

*Visando avaliar se os resultados obtidos neste PMR poderiam indicar alterações em relação à condição anterior ao rompimento da barragem de Fundão, esses resultados foram comparados aos dados indicados como “Pacheco – reanálise” (i.e., amostras coletadas em Pacheco (2015) e reanalisadas em 2020 pelo método U.S.EPA 3051a, conforme apresentado na Seção 6.1.2.3.1) e aos resultados apresentados por Duarte (2020) referentes a amostras coletadas anteriormente ao rompimento da barragem de Fundão (ver Seção 6.1.2.3.3). Foi utilizado como referência para comparação dos resultados obtidos neste PMR o **percentil 75<sup>1</sup> dos resultados de amostras superficiais dessas duas referências** (no caso dos dados de “Pacheco – reanálise”, apenas as amostras até cerca de 20 cm de profundidade e no caso de Duarte (2020) todas as amostras), que foi comparado a resultados de amostras individuais. Adicionalmente, os conjuntos de dados obtidos nessas referências para cada parâmetro foram comparados aos conjuntos de resultados obtidos neste PMR, visando avaliar se haveria diferenças significativas entre os conjuntos de dados.*

*1 Para a seleção deste percentil considerou-se como referência as recomendações apresentadas na Resolução CONAMA 420/2009, que indica que valores de referência de qualidade de solo (VRQ) podem ser definidos com base no percentil 75 ou no percentil 90 do universo amostral. Ressalta-se que este trabalho não teve como objetivo definir um VRQ para a área de estudo, mas apenas obter referências de condições anteriores ao rompimento da barragem de Fundão. (grifo nosso)*

Destaca-se inicialmente que, visando dar robustez à análise do documento, bem como suprir alguns pontos específicos de conhecimento, a CT-GRSA valeu-se da contratação de consultor independente para emissão de parecer técnico sobre o documento ora em análise por esta Câmara Técnica (anexo 1). Quanto ao uso do percentil 75, a consultoria contratada relata que:

*Os autores utilizam os dados secundários em forma de percentil 75, fazendo referência às recomendações apresentadas na Resolução CONAMA 420/2009 para definição de valores de referência de qualidade de solo (VRQ). O conjunto de dados em questão não é adequado para ser representado em percentil, e como os autores mesmo afirmam “o trabalho não teve como objetivo definir um VRQ para a área de estudo”, **não havendo justificativa nem robustez no conjunto de dados para aplicação do tratamento estatístico citado.** Conforme a Resolução CONAMA 420/2009, “o VRQ de cada substância poderá ser estabelecido com base no percentil 75 ou percentil 90 do universo amostral, retiradas previamente das anomalias. O referido VRQ será determinado utilizando tratamento estatístico aplicável e em conformidade com a concepção do plano de amostragem e com o conjunto amostral obtido.” **É adequado que os dados sejam apresentados em sua forma bruta ou com valores médios, mínimos e máximos de cada autor.***

Abordando agora a questão dos *outliers*, destacam-se os trechos:

*Valores marcados em amarelo foram considerados como **outliers** visto que estão fora do limite correspondente a 1,5 vezes o intervalo interquartil, conforme definido por Wickham e Stryjewski (2011). (Tabela 6 – Resultados de composição química de amostras de rejeito coletadas na barragem de Fundão - valores em mg/kg (GRUPO EPA, 2019).página 40)*

[...]

*Células com valores em negrito: resultados mais elevados que as concentrações máximas entre os conjuntos de dados de rejeitos coletados na barragem de Fundão por JACOBS CH2M (2018), Lactec (2018) e Grupo EPA (2019), **nos quais foram excluídos outliers.** [...]”(Tabela 65 – Comparação de resultados de amostras coletadas em transectos intracalha do Trecho 15 com resultados de Pacheco (2020) e resultados de amostras de rejeitos. página 260)*

6.2.5.4.3.2 Resultados de Metais em Solo

[...]

*Para fins de comparação com os resultados das amostras coletadas no PMR do Trecho 15 os valores considerados como outliers em cada conjunto de dados de amostras de rejeitos (JACOBS CH2M, 2018c; LACTEC, 2018; GRUPO EPA, 2019) foram excluídos, baseado na recomendação da Resolução CONAMA 420/2009 sobre estabelecimento de valores de referência de qualidade para solo. (grifo nosso)*

Complementarmente, a consultoria independente contratada relata através do seu parecer técnico (anexo 1) que, para a exclusão de outliers, os dados divergem drasticamente do conjuntos de dados, conforme relatado abaixo:

*A referência citada não se encontra listada, e a referência conhecida: “Wickham, H. & Stryjewski, L. (2011). 40 years of box plots” não é adequada. Não há sentido em retirar os outliers de uma caracterização da composição do rejeito, e o artigo citado se refere ao tratamento de dados numéricos para posterior representação gráfica em formato box plot.*

Em consonância com o posicionamento da consultoria independente, a CT-GRSA ainda complementa que a CONAMA estipula um procedimento completo de desenvolvimento de VRQs, o qual no decorrer deste cita a exclusão de anomalias (supondo ser corresponde aos “outliers” mencionados pelos autores):

*Cada estado poderá estabelecer, por substância, um único VRQ ou um VRQ para cada tipo de solo. O VRQ de cada substância poderá ser estabelecido com base no percentil 75 ou percentil 90 do universo amostral, retiradas previamente as anomalias. O referido VRQ será determinado utilizando tratamento estatístico aplicável e em conformidade com a concepção do plano de amostragem e com o conjunto amostral obtido.*

*As anomalias deverão ser avaliadas em estudos específicos e interpretadas estatisticamente.*

Não se verifica ao longo do trabalho o desenvolvimento e apresentação de tratamento e interpretação estatísticos, em conformidade com a concepção do plano de amostragem e com o conjunto amostral obtido, que tenham embasado a exclusão de dados *outliers*, além de se tratar de rejeitos e não solo, como citado no parecer.

Sendo assim, a aplicação do percentil 75 e a exclusão de outliers definidos pelos autores são inapropriados, considerando a legislação brasileira uma vez que os VRQs devem ser definidos pelos órgãos estaduais competentes através de estudos específicos e robustos, com uma gama de dados que permitam uma grande representatividade dos solos analisados, conforme o Art 8º da Resolução CONAMA nº 420/2009. Assim, tais conclusões apresentadas pelos autores do PMR 15 não podem ser consideradas válidas.

#### 3.4- Garantia de qualidade/Controle de qualidade (QA/QC) - Laudos analíticos

Os resultados de QA/QC apresentados no documento se baseiam em análises de recuperação da matriz fortificada unicamente com ítrio para todos os metais avaliados. Destaca-se que o ítrio é utilizado normalmente como padrão interno nas análises, sendo este adicionado aos brancos, soluções de referências e as amostras com o objetivo de se corrigir os efeitos de matriz e diminuir as interferências que possam prejudicar as análises dos metais avaliados (Takada e Nakano, 1979).

Nesse contexto, tem-se que os ensaios de recuperação (fortificação e “matrix spike”) do elemento avaliado podem ser estimados pela análise de amostras com quantidades conhecidas do mesmo. A presença de elementos adicionados em uma forma mais facilmente detectável podem resultar em melhores resultados de recuperação (INMETRO, 2003b). A recuperação deve ser executada para diferentes tipos de matrizes, em níveis diferentes da concentração do elemento (Taverniers, Loose e Bockstaele, 2004) e é estabelecida como uma parte da validação do método utilizado de maneira a avaliar a exatidão dos resultados obtidos e o efeito de matriz.

Diante disso, a CT-GRSA entende que o procedimento de garantia da qualidade dos dados foge à recomendação do órgão certificador, lançando incerteza sobre os dados. Assim, a CT solicita que futuras análises dos metais sejam feitas com ensaios de recuperação para cada elemento avaliado individualmente.

Outro aspecto normativo do controle de qualidade, são as previsões do anexo único da

Resolução CONAMA 454/2012, a qual solicita alguns critérios mínimos referentes às *análises laboratoriais* para amostras de sedimento, dentre estes tem-se:

*Os laudos analíticos devem conter no mínimo os resultados dos ensaios com amostras de sedimento certificado (MRC). Caso o material de referência não tenha valor certificado para todas as substâncias de interesse, deverá ser analisada amostra de sedimento fortificada (“matrix spike”), de maneira a avaliar o efeito de matriz e exatidão dos resultados obtidos a partir dos métodos adotados.*

Nos laudos analíticos das amostras de sedimentos observou-se a **ausência de resultados das análises com amostras de sedimento de Material de Referência Certificado (MRC)**. A ausência do material de referência é justificável para utilizar a fortificação em amostras de sedimentos quando não tem valor certificado para todas as substâncias analisadas (CONAMA 454/2012). **Logo, deve ser exposta a justificativa da ausência do MRC nos laudos analíticos no presente documento para as amostras de sedimentos, a ausência destes leva a incerteza quanto à qualidade dos resultados analíticos.**

Quanto a qualidade de solos, a Resolução CONAMA 420/2009 reporta, em seu Art.18:

*Os resultados das análises devem ser reportados em laudos analíticos contendo no mínimo:*

- I. identificação do local da amostragem, data e horário de coleta e entrada da amostra no laboratório, anexando a cadeia de custódia;*
- II. indicação do método de análise utilizado para cada parâmetro analisado;*
- III. os LQAs, para cada parâmetro analisado;*
- IV. os resultados dos brancos do método e rastreadores (“surrogates”);*
- V. as incertezas de medição para cada parâmetro; e*
- VI. ensaios de adição e recuperação dos analitos na matriz (“spike”).*

Sendo assim, nota-se a ausência das incertezas de medição nos laudos analíticos das amostras de solo avaliadas para cada parâmetro analisado. As incertezas de medição nos laudos analíticos

possibilitam a tomada de decisão do órgão fiscalizador e asseguram a comparabilidade de resultados.

Contudo, o PMR 15 não foi reportado qual a técnica utilizada para análise dos metais, visto que, este é um ponto importante para a CT-GRSA ter um melhor entendimento dos valores de Limite de Quantificação (LQ) apresentados nos laudos analíticos das amostras de solo e sedimentos. No entanto, a CT-GRSA solicita que os pontos referentes às análises de metais em amostras de solo e sedimentos seja revisto de forma a se obter uma maior confiabilidade dos resultados analíticos gerados.

### 3.5- Metodologia

Quanto à metodologia das análises amostrais, na página 286, há ausência da informação que aponta a maneira de conservação das amostras até a chegada ao laboratório para fazer as análises. Essa informação é relevante e deve ser apontada no documento, pois, a preservação das amostras de forma inadequada pode ocasionar em alteração dos compostos químicos nos constituintes da matriz a ser avaliada.

A bibliografia descrita neste item, - EMBRAPA, 2009 - não é citada nas referências bibliográficas, o que dificulta a confirmação das informações. Além disso, é afirmado no relatório em análise que a determinação de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foi feita utilizando o espectrofotômetro de absorção atômica, contudo, não ficou clara a técnica utilizada para esses parâmetros. Deve ser esclarecido qual a técnica utilizada nas análises, ou seja, por espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica em forno de grafite (GFAAS) ou espectrofotometria de chama (FAAS), já que pela Embrapa (bibliografia consultada) deve ser utilizado o método USEPA onde cálcio e magnésio pode ser determinado pelas técnicas de FAAS e ICP-AES.

Na determinação de fósforo disponível pelo método Mehlich-1 e de Carbono Orgânico Total (COT) pelo método Walkley-Black modificado é importante que estes métodos sejam detalhados no documento apresentando todas as etapas e os reagentes utilizados.

A determinação de potássio trocável ( $\text{K}^+$ ) de acordo com o manual da Embrapa deve ser feita com ácido clorídrico (HCl) diluído, sendo assim, a metodologia utilizada deve ser detalhada de forma a esclarecer se está conforme a metodologia descrita pela Embrapa.

De acordo com o manual recente da EMBRAPA, de 2011, para determinação de acidez

potencial a extração é feita utilizando acetato de cálcio a  $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$  e titulado com NaOH  $0,0606 \text{ mol.L}^{-1}$ . A concentração dos reagentes utilizados na determinação desse parâmetro é apresentada no documento com valores diferentes de concentrações dos valores estabelecidos no manual mais atualizado (EMBRAPA, 2011).

Portanto, a metodologia deve ser elaborada de forma a se ter uma melhor compreensão de todos os processos realizados na amostra até a análise realizada por técnica específica em laboratório.

### 3.6- Do Uso da água

O Plano de Manejo de Rejeitos do Trecho 15 apresenta sobre o uso da água ao longo da área analisada, como as outorgas de uso da água e relata que: *Para o Trecho 15, foram identificadas 212 outorgas, sendo 143 de captação e 69 de lançamento.*

No parecer técnico elaborado pela consultora independente (anexo 1) é mencionado que:

*Uma das requisições da Nota Técnica CT-GRSA n° 01/2019 refere-se a necessidade de considerar áreas onde existem propriedades impactadas, ou que utilizem a água do rio Doce para irrigação, conforme as diretrizes e resultados dos estudos da Cláusula n° 180, porém, o levantamento realizado durante a aplicação do PMR no Trecho 15 não identificou tais áreas*

No documento “VOLUME 11 – APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO NO TRECHO 15 é afirmado que em levantamento feito durante a aplicação do PMR 15 não foi identificado tais áreas de captação. Frente a esta declaração do autor, foi realizada vistoria realizada pela equipe da CT-GRSA em novembro de 2021 para verificação das informações levantadas no PMR 15, nesta foram comprovados diferentes pontos de captação de água do rio Doce em propriedades rurais, conforme Figura 1.





**Figura 1.** Alguns pontos de Captação de água para irrigação em pontos do PMR 15 localizados ao longo do rio Doce nos municípios de Colatina e Linhares.

Na vistoria realizada pela equipe da CT-GRSA foram identificados 26 pontos de captação de

água em propriedades no município de Colatina - ES e 27 em Linhares. Tais dados são confirmados pelos dados disponibilizados pela Agência Nacional das Águas (ANA) e descritos na Tabela 41 do PMR 15. Logo, foi confirmada pela CT-GRSA que não há ausência de captação de água para irrigação na área estudada.

### 3.7- Qualidade da água - *PMQQS*

Os autores alegam, na página 130 do documento, em relação ao parâmetro alumínio dissolvido, na avaliação da qualidade da água para o PMR 15 que:

*[...] aos resultados de alumínio dissolvido o padrão de distribuição espacial no primeiro período após o rompimento da barragem de Fundão (até o final de 2016), com aumento de 28% das concentrações médias na comparação entre o ponto mais a montante no rio Doce no Trecho 15 (Colatina – Doce 12) e o ponto mais a jusante (Linhares – Doce 15) não é compatível com o que se esperaria como resultado de contribuições de rejeitos liberados nesse acidente”.*

Verifica-se aqui o uso de termo subjetivo, “compatível” que trás pouco significado à discussão. Ademais, a abordagem da não compatibilidade deve, quando possível, ser feita utilizando dados de estudos pré *EVENTO*, pois, qualquer aumento das concentrações médias nas comparações abordadas no documento após o rompimento da barragem de Fundão pode ser associada ao *EVENTO*.

### 3.8- Monitoramento da Turbidez - *PMQQS*

Na avaliação espacial do parâmetro turbidez, da pág 117, a Figura 35 ilustra a razão entre a turbidez do ponto RDO – 12 e RDO – 15. Esta razão considerando esses dois pontos não pode ser feita pois, o ponto “Colatina Doce 12” apresenta características diferentes do ponto “Linhares – Doce 15”. O ponto RDO – 12 é característico de rio, enquanto o RDO – 15 apresenta influência física de maré. Além disso, toda a região de Itapina (montante da cidade de Colatina) até o início da cidade de Linhares, possui declividade baixa, contribuição de duas cidades (Colatina e Linhares) com cerca de 124.283 e 179.755 habitantes, respectivamente (IBGE, 2021).

Adicionalmente, na Figura 35, o autor considera que os valores de turbidez foram relativamente baixos, todavia, não é possível se concluir isso observando todo o período avaliado como afirmado no documento sob análise, pois, de acordo com a resolução Conama 357/2005, o padrão de turbidez previsto é de 100 NTU. É entendido que o valor da razão 1 no gráfico logarítmico de turbidez seria equivalente a 100 NTU, logo não se pode afirmar que os valores de turbidez nesses dois pontos considerando todo o período avaliado foram baixos, pois em alguns períodos avaliados esta razão esteve acima de 1 (acima de 100 NTU), além dos picos máximos observados em períodos chuvosos.

Em “Comparação com os tributários não impactados” é inapropriada a comparação dos valores de turbidez relacionando o afluente “Baixo Guandu – Guandu 01” com os pontos “Baixo Guandu – Doce 11” e “Colatina – Doce 12”, pois para essa comparação precisa-se fazer uma análise da bacia de contribuição do afluente Guandu 01.

Já para a Tabela 22 do PMR 15 não apresenta de forma clara quais e quantos foram os pontos considerados para fazer a média e os respectivos valores de turbidez para cada um desses pontos avaliados, causando confusão no texto e nas conclusões tomadas pelos autores.

### 3.9- Pós Evento: Relatório anual do PMQQS

Na página 159 do documento em análise relata sobre a avaliação da qualidade de sedimentos: Os resultados analíticos de metais obtidos foram comparados aos valores correspondentes a Nível 1 de classificação estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012 ou ao valor máximo da escala mapeada pelo banco de dados CPRM (2016), no caso de elementos não contemplados na referida resolução. Comparações que não sejam com dados pré-EVENTO acabam por seu pouco agregar no entendimento dos impactos do desastre, uma vez que as comparações para percepção de impacto devem ser realizados entre as situações pré e pós evento, conforme preconizado pela cláusula 150 do TTAC e pelos objetivos e escopo do Programa 23 - Manejo de Rejeitos.

Ademais, é levantada uma hipótese pela Fundação Renova que as maiores concentrações de alumínio no ponto RDO 12 foram atribuídas a uma possível influência da instalação de uma mineradora nas margens do rio Mutum Preto, que deságua no rio Doce a montante do RDO 12. No entanto, essa abordagem não pode ser feita sem a prévia comprovação pela Fundação Renova através de dados antes e após a instalação da mineradora na região.

Adicionalmente, tem-se que na construção do PMQQS, rios cuja vazão era menor que 10% do que a do rio Doce, foram desconsiderados por pouco alterarem a qualidade de água do rio Doce, sendo o rio Mutum Preto um dos rios desconsiderados. Ainda assim, a equipe procedeu durante vistoria ao conhecimento do rio Mutum Preto no rio Doce (Figura 2).



**Figura 2.** Fotos de vistoria realizada pela CT - GRSA em novembro de 2021 - Rio Mutum Preto que deságua no rio Doce.

Na vistoria, que ocorreu após alguns dias de chuva, pode-se verificar uma alta turbidez do rio Mutum Preto, todavia, como reportado este possui uma baixa vazão frente ao rio Doce. Assim, reitera-se que a abordagem da Fundação Renova referente ao aumento da concentração de alumínio no ponto RDO 12 relacionando a esse rio deve ser revista por uma análise mais minuciosa em períodos antes e depois da instalação da mineradora na região, bem como levar em conta a vazão do rio.

### 3.10- Macroinvertebrados bentônicos

O documento “VOLUME 11 – APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO NO TRECHO 15” aponta, de maneira geral, que os estudos de monitoramento de macroinvertebrados bentônicos realizado por Econservation (2018 a,b) mostraram que tanto os pontos localizados na calha do rio Doce, que receberam rejeitos, quanto os localizados em tributários, não atingidos, apresentaram baixos valores para riqueza taxonômica e diversidade e esses resultados indicaram que as condições pretéritas ao rompimento da barragem já apresentavam baixa integridade ecológica. O parecer técnico da consultora independente (anexo 01) dispõe sobre estudos de monitoramento ecológicos:

*Os estudos que compõem o monitoramento devem ser complementares e os dados obtidos ao longo do monitoramento devem integrar uma base de dados unificada. A compilação de estudo das comunidades ecológicas de forma geral não integra informações de forma satisfatória e não é contraposta a parâmetros ambientais. Estudos de caracterização devem dar sempre preferência à integração dos dados brutos quando disponíveis, e visto que são produtos conduzidos pela Fundação Renova, se estende que os dados brutos estejam disponíveis.*

*O adequado é que as informações sejam apresentadas de forma integrada com outros parâmetros ambientais e especializadas de forma visual em relação aos pontos de coleta.*

Diante do exposto, no que se refere ao monitoramento ecológico é entendido pela CT-GRSA que há falta de informações para uma conclusão em relação ao nexo de causalidade no PMR 15 referente a comunidade ecológica. É disposto ainda no parecer técnico (anexo 01):

*Os relatos de bioacumulação são importantes e devem ser melhor discutidos. Face a presente constatação de contaminação do pescado, é recomendada que sejam executadas análises no pescado comercial, no intuito de verificar se há contaminação nos peixes que estão sendo consumidos na região.”*

Portanto, é importante que os estudos de monitoramento ecológico tenham relatos de bioacumulação para uma melhor autenticidade das informações. No entanto, alguns estudos encontrados na literatura abordando as condições discutidas anteriormente referentes a monitoramento ecológico na área impactada pelo rompimento da barragem de Fundão relacionam a baixa integridade ecológica ao *EVENTO* de rompimento.

No estudo de Gomes et al. (2017) foram avaliados os impactos após o desastre nas comunidades bentônicas e constataram que a macrofauna estuarina mudou significativamente após o impacto, quanto a sua composição diversidade e dominância trófica. Bottino et al. (2017) relataram os impactos do rejeito proveniente do desastre no metabolismo das macrófitas e mostraram que a contaminação do rio Doce afetou a produtividade da planta a longo prazo, provocando um desequilíbrio na teia alimentar do rio Doce.

Em Beck et al. (2020) constataram a presença de metais traços com alta toxicidade como Pb, Cu, As, Se e Cd com impactos nas comunidades de diatomáceas. Wang et al. (2020) descobriram que minerais magnéticos de partículas finas, além de Cu, Cd e As são facilmente enriquecidos em minerais antiferromagnéticos incompletos como a hematita, principal conteúdo mineral do rejeito da barragem de Fundão.

Portanto, conforme os estudos de diversos mencionados anteriormente, o *EVENTO* de rompimento da barragem de Fundão provocou desequilíbrio ecológico na teia alimentar do rio Doce. Ou seja, diversos autores, assim como os técnicos da CT-GRSA e a consultora independente contratada chegaram a conclusões divergentes aos apresentados pelos autores do estudo referente ao Plano de manejo de Rejeitos do Trecho 15.

### 3.11- Da evolução dos indícios visuais da presença de rejeitos ao longo dos estudos realizados

Como citado na introdução, foram feitos serviços de campo ao longo do PMR 15, anteriores ao atual projeto/campo/coleta de amostras, podendo ser citados como os trabalhos de março de 2018 da consultoria WORLEY, sendo possível a comparação deste com o atual estudo, visando certa comparação temporal da evolução do pós desastre, principalmente com os dados relacionados às coletas, em propriedade.

Neste trecho fica claro que os indícios visuais de rejeitos, base da identificação da presença destes pela metodologia do Plano de Manejo de Rejeitos, estão desaparecendo ao longo do tempo. Os próprios autores pontuam que não foram encontrados indícios visuais em propriedade apontada anteriormente como contendo rejeitos. Esse fenômeno, mais do que esperado, se traduz na incorporação dos elementos advindos do desastre ao solo natural. Tal situação é reforçada pela pontuação dos autores, quando relatam que as concentrações dos metais continuam as mesmas obtidas em 2018 pela campanha da Worley que identificou a presença visual de rejeitos (pág 258), todavia, ele indica que não há mais indícios da presença de rejeitos nas coletas do ano de 2019.

#### **4. Da Reanálise Independentes dos Dados Brutos versus dados brutos de campo pós desastre do PMR 15**

Ao longo da análise deste presente documento visualizou-se oportuno realizar o mesmo exercício de reanálise dos dados brutos pela CT, a qual foi realizada no Trecho 16 constante na NT CT-GRSA nº 14/2020.

Em síntese e já relatado na Nota Técnica CT-GRSA nº 14/2020, os dados do estudo de Pacheco (2015), mesmo não tendo sido realizado precisamente com a metodologia prevista pela Resolução CONAMA 420, podem ser utilizados como referência Pré-EVENTO, com as devidas ressalvas e premissas, como: metodologia analíticas que calcula o teor total dos elementos; os valores de PACHECO (2015) representam uma condição Pré-Desastre superestimada de metais pesados; os valores obtidos acima dos dados brutos do estudo de Pacheco (2015) podem ser considerados oriundos do rompimento da barragem de Fundão; dentre outras. Assim, os dados resultantes do estudo de Pacheco (2015) são equivalentes aos teores ambientalmente disponíveis que são obtidos pela metodologia normatizada pela CONAMA 420.

Tem-se ainda que a Fundação Renova, procedeu à parceria com o Dr. PACHECO, o qual ainda dispunha de suas amostras do trabalho de doutorado, a analisá-las pela metodologia da CONAMA 420, ou seja, findando qualquer incompatibilidade entre os dados, estes dados são apresentados sob o nome de “Pacheco Reanálise”. Tais dados foram requeridos através do Ofício CT-GRSA nº 39/2021 e respondido, por parte da Fundação Renova, através do ofício FR.2021.1876.

A comparação entre os dados Pré-EVENTO de Pacheco Reanálise e os dados atuais do PMR

15, dado o contexto, se compõe de situação ótima para avaliação de impacto, traduzindo-se efetivamente em mensuração do impacto comnexo de causalidade.

Cabe ressaltar que os autores realizam uma análise comparativa dos resultados das amostras coletadas no PMR 15 com valores de referência obtidos como o percentil 75 dos dados de “Pacheco - reanálise” (amostras superficiais), Duarte (2020) e com concentrações máximas obtidas em rejeitos amostrados na barragem de Fundão. No entanto, conforme abordado no item 3.3, a análise de dados considerando o percentil 75 não é adequada, tal como, a relação dos resultados de Duarte (2020) referentes a amostras de sedimentos serem comparadas a amostras de solo no PMR 15.

Neste contexto, foram realizadas comparações, pela equipe responsável por esta Nota Técnica, dos dados brutos das amostras de solo compostas e simples em contexto extracalha de Pacheco reanálise coletadas no ponto P9, P10, P20 e S10 com os dados das amostras do PMR 15 nos pontos próximos aos utilizados por Pacheco reanálise para solos e sedimentos. Na pág. 215 do PMR 15 é mencionado:

*A amostragem simples no contexto extracalha, foi direcionada aos pontos das margens dos transectos (sondagens S05 a S09), por contemplarem áreas com maior probabilidade de influência do rejeito, uma vez que estão mais sujeitas a interação com o nível d'água do rio. As amostras compostas foram elaboradas pela homogeneização de alíquotas dos quatro pontos sequenciais da margem (sondagens S01 a S04, na margem esquerda, e S10 a S13, na margem direita).*

Portanto, a comparação dos dois tipos de amostragem (composta e simples) do PMR 15 com estudos pré-EVENTO é importante para assegurar uma melhor robustez na interpretação dos dados no que tange ao nexo causal relacionado ao rompimento.

As Tabelas 1 e 2 apresentam as concentrações de metais em amostras de solo compostas e simples do PMR 15 de pontos próximos aos pontos P9 e P10 de Pacheco reanálise.

**Tabela 1.** Concentração de metais em amostras de solo do PMR 15 em comparação com Pacheco reanálise (P9).

Parâmetros (mg.kg <sup>-1</sup> )	Pacheco (2015) - reanálise		PMR 15 - Contexto extracalha - T15T01			
	P9		Margem esquerda		Margem direita	
	0-20 cm	80-100cm	Composta	Simples	Composta	Simples
Alumínio	6.100	9.830	35100	49200	45300	27200
Antimônio	2,66	<1	<1	<1	<1	<1
Arsênio	<1	<1	<1	2.79	<1	<1
Bário	3,73	3,74	313	159	81.1	71.5
Boro	n.a	n.a	30.4	51	34.2	20.2
Cádmio	<0,1	<0,1	1.5	2.49	1.68	<1
Chumbo	4,8	6,99	8.52	15.9	12.9	8.8
Cobalto	1,26	1,74	13.1	12.1	6.75	5.13
Cobre	33,4	31,1	14.3	22.6	16.7	26.9
Cromo	35,7	60,5	28.4	49	40.2	19.9
Ferro	13.800	35.200	27700	44200	31100	18800
Manganês	55	53	338	600	196	92.9
Merúrio	0,0789	0,141	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Molibdênio	<1	<1	<1	<1	<1	1.77
Níquel	1,89	4,22	13.7	21.7	13.1	14.8
Selênio	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Prata	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Vanádio	56,2	119	64.8	56.9	49	45.6
Zinco	14,2	22	60	54.8	30.3	45.4

**Tabela 2.** Concentração de metais em amostras de solo do PMR 15 em comparação com Pacheco reanálise (P10).

Parâmetros (mg.kg <sup>-1</sup> )	Pacheco (2015) - reanálise		PMR 15 - Contexto extracalha - T15T07			
	P10		Margem esquerda		Margem direita	
	0-20cm	80-100 cm	Composta	Simples	Composta	Simples
Alumínio	8440	13900	12200	15000	64700	35600
Antimônio	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Arsênio	3.71	<1	<1	<1	<1	1.69
Bário	2.82	3.28	132	112	163	123
Boro	n.a	n.a	32.2	41.2	43.2	51.2
Cádmio	<0,1	<0,1	2.48	3.01	2.13	2.17
Chumbo	1.88	3.31	35.2	35.2	19.6	14.4
Cobalto	<1	<1	12	9.49	18.1	11.9
Cobre	24.9	29.8	22.1	20.9	28.4	24.7
Cromo	21.3	36.7	40.1	40.1	64.2	48.5
Ferro	5230	10000	27600	32700	37700	38700
Manganês	26	21	834	559	448	500
Merúrio	0.132	0.143	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Molibdênio	<1	1.11	<1	<1	<1	<1
Níquel	1.52	3.67	13.5	11.2	29.6	20.5
Selênio	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Prata	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Vanádio	61.4	86.4	61.3	59.8	74.5	57.8
Zinco	11.6	13.3	47.3	41.1	71.4	53

**Legenda:**

= Aumento nas concentrações dos metais comparando estudos antes e após o rompimento da barragem de Fundão.

n.a = não analisado.

De acordo com os dados das Tabelas 01 e 02 mencionadas acima pode-se observar um aumento em relação à condição anterior ao desastre nas concentrações dos metais Alumínio (Al), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Bário (Ba), Boro (B), Cádmiio (Cd), Chumbo (Pb), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) . Pode-se inferir de acordo com a análise independente realizada pela CT-GRSA que o aumento nas concentrações dos metais apresentados nas Tabelas 1 e 2 está relacionada ao *EVENTO* de rompimento da barragem de Fundão, pois, além de ocorrer um aumento das concentrações dos metais alumínio, ferro e manganês (que estão em grande proporção na composição do rejeito) ocorreu também aumento nas concentrações de elementos potencialmente tóxicos com níveis elevados de bioacumulação e toxicologia.

Os metais traços estão entre os poluentes mais ameaçadores para os ecossistemas aquáticos devido a sua persistência no meio ambiente e bioacumulação na biota, o que torna os frutos do mar contaminados sendo estes uma fonte potencial desses elementos para os seres humanos (Mathews e Fischer, 2008; Chouvelon et al., 2019).

Já a Tabela 3 apresenta os resultados analíticos dos metais em solo relacionando o ponto P20 de Pacheco (2015) à reanálise com o ponto próximo no PMR 15.

**Tabela 3.** Concentração de metais em amostras de solo do PMR 15 em comparação com Pacheco (2015) reanálise (P20).

Parâmetros (mg.kg <sup>-1</sup> )	Pacheco (2015) -reanálise						PMR 15 - Contexto extracalha - T15T12			
	P20						Margem esquerda		Margem direita	
	0 -5 cm	5-40 cm	40-60 cm	60-75 cm	75-103 cm	103-150+	Composta	Simples	Composta	Simples
Alumínio	12700	19000	22600	23500	24600	22300	8940	7300	8090	7370
Antimônio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Arsênio	4.32	8.26	6.81	4.3	9.34	15.1	<1	<1	<1	<1
Bário	122	165	145	159	140	153	195	91	114	130
Boro	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	25.6	17.9	20.5	23.9
Cádmio	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.72	1.33	1.56	1.83
Chumbo	16	24.8	21.8	16.1	20.7	18.3	25.9	10.2	11.5	26.9
Cobalto	11.5	16.6	13.8	13.4	12.5	13.1	12.4	8.09	9.78	9.78
Cobre	15	24.3	20.1	18.6	21.2	19.4	16.9	16	15	17.9
Cromo	40.9	62.1	52.9	48.8	52	56.1	30.6	24.1	0	28.2
Ferro	33700	55100	50500	45900	47500	47900	19700	16000	18000	20900
Manganês	553	1270	740	612	727	797	502	472	392	916
Mercúrio	0.0506	0.107	0.0693	<0.05	0.075	0.0719	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Molibdênio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	14.1	18.7	18.2	17.9	18.1	17.8	12.8	9.05	11.2	8.41
Selênio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Prata	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Vanádio	51.4	83.5	67.4	64.6	66	61.7	45.6	33.7	39.3	42.2
Zinco	58	93.5	60.6	58.9	54.8	49.1	45.4	34.3	42.7	31.6

**Legenda:**

= Aumento nas concentrações dos metais comparando estudos antes e após o rompimento da barragem de Fundão.

n.a = não analisado.

Comparando os dados do pré e pós rompimento, conforme apresentado na Tabela 3 houve aumento na concentração em nível traço do elemento Cádmio (Cd), apenas.

Concomitantemente, a CT-GRSA realizou uma análise comparativa dos metais em **sedimentos PRÉ e PÓS EVENTO**, tomando também por base os dados de Pacheco reanálise (amostras coletadas em 2015, reanálise realizada em 2020) com os pontos próximos a este do PMR 15 - Tabelas 4 (a,b,c e d).

**Tabela 4.** Concentração de metais em amostras de sedimento do PMR 15 em comparação com Pacheco (2015) reanálise (S10).

(A)

Parâmetros (mg.kg <sup>-1</sup> )	Pacheco reanálise (2015)				PMR 15 - T15T04		
	Esquerda (depois da área urbana) 0-15 cm	Direita (depois da área urbana) 0-15 cm	Esquerda (antes da área urbana) 0-15 cm	Direita (antes da área urbana) 0-15 cm	ES6	ES7	ES8
Alumínio	19100	22900	18700	1080	533	889	n.a
Antimônio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	n.a
Arsênio	7,91	8,66	4,28	1,63	<1	2,64	n.a
Bário	149	150	137	10,7	6,18	5,7	n.a
Boro	n.a	n.a	n.a	n.a	4,32	3,14	n.a
Cádmio	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,177	<0,182	n.a
Chumbo	23,2	20,8	20,2	1,77	5,94	6,15	n.a
Cobalto	13,8	14,1	14	1,96	<1	1,34	n.a
Cobre	18,8	21,8	19	24,4	4,6	3,71	n.a
Cromo	55,9	57,8	52	2,37	4240	3270	n.a
Ferro	49700	50900	43900	3210	1,67	1,47	n.a
Manganês	1150	692	618	131	40,6	46	n.a
Mercurio	0,0816	0,105	0,0795	<0,05	<0,012	<0,012	n.a
Molibdênio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	n.a
Níquel	17,6	18	15,8	1,44	2,1	1,81	n.a
Selênio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	n.a
Prata	<1	<1	<1	<1	<1	<1	n.a
Vanádio	63	63,6	72,5	2,22	4,95	4,32	n.a
Zinco	53,6	49	58,8	5,87	4,92	4,73	n.a

(B)

Parâmetros (mg.kg <sup>-1</sup> )	Pacheco reanálise (2015)				PMR 15 - T15T05		
	Esquerda (depois da área urbana) 0-15 cm	Direita (depois da área urbana) 0-15 cm	Esquerda (antes da área urbana) 0-15 cm	Direita (antes da área urbana) 0-15 cm	ES6	ES7	ES8
Alumínio	19100	22900	18700	1080	377	1330	923
Antimônio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Arsênio	7,91	8,66	4,28	1,63	<1	1,34	<1
Bário	149	150	137	10,7	5,63	8,19	3,67
Boro	n.a	n.a	n.a	n.a	2,7	3,13	1,66
Cádmio	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,178	<0,165	<0,173
Chumbo	23,2	20,8	20,2	1,77	6,13	3,3	2,37
Cobalto	13,8	14,1	14	1,96	<1	1,41	<1
Cobre	18,8	21,8	19	24,4	3,7	4,89	3,63
Cromo	55,9	57,8	52	2,37	2470	3050	1370
Ferro	49700	50900	43900	3210	<1	<1	1,31
Manganês	1150	692	618	131	30,2	71,1	40,3
Mercurio	0,0816	0,105	0,0795	<0,05	<0,012	<0,011	0,02
Molibdênio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	17,6	18	15,8	1,44	2,34	1,69	1,34
Selênio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Prata	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Vanádio	63	63,6	72,5	2,22	3,68	4,46	2,46
Zinco	53,6	49	58,8	5,87	3,92	5,13	4,07

(C)

Parâmetros (mg.kg <sup>-1</sup> )	Pacheco reanálise (2015)				PMR 15 - T15T06		
	Esquerda (depois da área urbana) 0-15 cm	Direita (depois da área urbana) 0-15 cm	Esquerda (antes da área urbana) 0-15 cm	Direita (antes da área urbana) 0-15 cm	ES6	ES7	ES8
Alumínio	19100	22900	18700	1080	350	385	476
Antimônio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Arsênio	7,91	8,66	4,28	1,63	<1	<1	<1
Bário	149	150	137	10,7	6,08	5,48	6,69
Boro	n,a	n,a	n,a	n,a	2,06	<1	<1
Cádmio	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,172	<0,174	<0,18
Chumbo	23,2	20,8	20,2	1,77	3,42	2,66	4,97
Cobalto	13,8	14,1	14	1,96	1,45	1,06	1,45
Cobre	18,8	21,8	19	24,4	4,24	3,85	3,92
Cromo	55,9	57,8	52	2,37	2100	1540	2500
Ferro	49700	50900	43900	3210	1,19	1,25	1,73
Manganês	1150	692	618	131	58,3	39,9	58,6
Mercúrio	0,0816	0,105	0,0795	<0,05	<0,011	<0,012	<0,012
Molibdênio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	17,6	18	15,8	1,44	1,49	1,24	1,56
Selênio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Prata	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Vanádio	63	63,6	72,5	2,22	3,72	3,08	4,01
Zinco	53,6	49	58,8	5,87	4,25	3,6	4,64

(D)

Parâmetros (mg.kg <sup>-1</sup> )	Pacheco reanálise (2015)				PMR 15 - T15T01		
	Esquerda (depois da área urbana) 0-15 cm	Direita (depois da área urbana) 0-15 cm	Esquerda (antes da área urbana) 0-15 cm	Direita (antes da área urbana) 0-15 cm	ES6	ES7	ES8
Alumínio	19100	22900	18700	1080	447	462	394
Antimônio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Arsênio	7,91	8,66	4,28	1,63	<1	<1	<1
Bário	149	150	137	10,7	<1	<1	<1
Boro	n,a	n,a	n,a	n,a	8,41	6,4	10,7
Cádmio	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<1	<1	<1
Chumbo	23,2	20,8	20,2	1,77	<0,18	<0,179	<0,166
Cobalto	13,8	14,1	14	1,96	3,97	4,54	2,9
Cobre	18,8	21,8	19	24,4	1,53	1,66	2,19
Cromo	55,9	57,8	52	2,37	4,21	3,33	4,41
Ferro	49700	50900	43900	3210	2400	2490	2030
Manganês	1150	692	618	131	1,94	1,77	2,3
Mercúrio	0,0816	0,105	0,0795	<0,05	85,7	64,3	107
Molibdênio	<1	<1	<1	<1	<0,012	<0,012	<0,011
Níquel	17,6	18	15,8	1,44	<1	<1	<1
Selênio	<1	<1	<1	<1	1,62	1,76	2,17
Prata	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Vanádio	63	63,6	72,5	2,22	4,33	4,35	3,92
Zinco	53,6	49	58,8	5,87	4,88	5,15	6,4

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4 (a, b, c e d) acima verifica-se que nas amostras de sedimentos do PMR nenhum elemento esteve acima das concentrações referentes ao período anterior ao *EVENTO* de rompimento da barragem de Fundão.

Aborda-se agora a análise por **propriedades**. Tem-se na página 158 do relatório, no item 6.1.2.3.5.1, onde são abordadas as concentrações dos metais em solos e sedimentos em propriedades pela Worley (2018), neste estudo pós *EVENTO* foi feita a sondagem em 2 transectos no contexto intracalha (T15T1 e T15T2) e em 3 propriedades no contexto extracalha (T15P30291, T15P15242 e T15P13527) para a caracterização da qualidade do solo e sedimentos do Trecho 15 nas amostras coletadas em março de 2018 onde foram realizadas a análise de metais listados na Resolução CONAMA 420. Na página 258 do documento em análise, o autor compara os dados de Worley com os atuais valores do PMR 15:

*Os resultados analíticos nas propriedades revisitadas também ficaram na mesma ordem de grandeza que resultados das análises químicas de solo natural reportadas na amostragem de março de 2018 (Worley, 2018).*

Visando averiguar tal informação, bem como proceder a uma análise mais assertiva frente a condição Pré-*EVENTO*, a CT-GRSA fez uma avaliação dos resultados da Worley (2018) do Anexo 2 para sedimentos e solos, comparando esses resultados com os resultados obtidos pela análise de Duarte (2020) para amostras de sedimentos e a reanálise de Pacheco (2015) para sedimentos e solos.

Essa comparação permitiu concluir que todos os metais avaliados em sedimentos em Worley (2018) foram inferiores aos estudos pré *EVENTO* (Tabela 5 e 6). Por outro lado, as concentrações dos metais Alumínio (Al), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Bário (Ba), Chumbo (Pb), Cobalto (Co), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) aumentaram consideravelmente nas amostras de solo em propriedades referentes ao Trecho 15 em comparação com os dados obtidos pela reanálise das amostras de solo em Pacheco (2015) pré *EVENTO* (Tabela 7).

**Tabela 5.** Comparação dos resultados das amostras de sedimentos da reanálise de Pacheco (2015) com o estudo da Worley (2018).

Parâmetros (mg.kg <sup>-1</sup> )	Pacheco reanálise (2015)				Worley (2018)	
	Esquerda (depois da área urbana) 0 -15 cm	Direita (depois da área urbana) 0-15 cm	Esquerda (antes da área urbana) 0-15 cm	Direita (antes da área urbana) 0-15 cm	T15T1	T15T2
Alumínio	19100	22900	18700	1080	446,4	514
Antimônio	<1	<1	<1	<1	<1,25	<1,29
Arsênio	7,91	8,66	4,28	1,63	<1,88	<1,93
Bário	149	150	137	10,7	6,85	8,38
Boro	n,a	n,a	n,a	n,a	<5,01	<5,15
Cádmio	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,418	<0,430
Chumbo	23,2	20,8	20,2	1,77	<2,51	<2,58
Cobalto	13,8	14,1	14	1,96	<1,88	1,93
Cobre	18,8	21,8	19	24,4	<2,51	5,95
Cromo	55,9	57,8	52	2,37	<5,64	<5,80
Ferro	49700	50900	43900	3210	2593,4	3809,3
Manganês	1150	692	618	131	67,9	73,6
Mercurio	0,0816	0,105	0,0795	<0,05	<0,013	<0,013
Molibdênio	<1	<1	<1	<1	<2,51	<2,58
Níquel	17,6	18	15,8	1,44	<2,51	<2,58
Selênio	<1	<1	<1	<1	<1,88	<1,93
Prata	<1	<1	<1	<1	<1,88	<1,93
Vanádio	63	63,6	72,5	2,22	<5,01	<5,01
Zinco	53,6	49	58,8	5,87	<6,27	<6,27

**Tabela 6.** Comparação dos resultados das amostras de sedimentos da reanálise de Pacheco (2015) com o estudo de Duarte (2020).

Parâmetros (mg.kg <sup>-1</sup> )	Duarte (2020)	Worley (2018)	
		T15T1	T15T2
Alumínio	2183	446,4	514
Arsênio	<0.009	<1,88	<1,93
Cádmio	0.6	<0,418	<0,430
Chumbo	24.9	<2,51	<2,58
Cobre	8.1	<2,51	5,95
Cromo	15.4	<5,64	<5,80
Ferro	6981	2593,4	3809,3
Manganês	232.4	67,9	73,6
Níquel	4.4	<2,51	<2,58
Vanádio	15.9	<5,01	<5,15
Zinco	18.9	<6,27	<6,44

**Tabela 7.** Comparação dos resultados das amostras de solos da reanálise de Pacheco (2015) com o estudo da Worley (2018).

Parâmetros (mg.kg <sup>-1</sup> )	Pacheco (2015) - reanálise		Worley (2018)		
	P9		T15P15242	T15P13527	T15P30291
	0-20 cm	80-100cm			
Alumínio	6.100	9.830	8955,8	18600,6	14418,6
Antimônio	2,66	<1	<1,19	<1,22	<1,16
Arsênio	<1	<1	<1,79	<1,83	<1,74
Bário	3,73	3,74	86,9	105,8	110
Boro	n.a	n.a	<4,77	<4,88	<4,65
Cádmio	<0,1	<0,1	<1,19	<1,22	<1,16
Chumbo	4,8	6,99	8,17	11,5	9,5
Cobalto	1,26	1,74	7,14	9,37	8,7
Cobre	33,4	31,1	13,8	16,7	14,7
Cromo	35,7	60,5	28,4	36,8	29,9
Ferro	13.800	35.200	18967,8	33518,3	22430,2
Manganês	55	53	331,2	460,9	257,7
Mercúrio	0,0789	0,141	<0,119	<0,122	<0,116
Molibdênio	<1	<1	<2,39	<2,44	<2,33
Níquel	1,89	4,22	8,77	10,5	10,5
Selênio	<1	<1	<1,79	<1,83	<1,74
Prata	<1	<1	<1,79	<1,83	<1,74
Vanádio	56,2	119	30,8	42,3	32,8
Zinco	14,2	22	32,2	45,5	38,4
Parâmetros (mg.kg <sup>-1</sup> )	Pacheco (2015) - reanálise		Worley (2018)		
	P10		T15P15242	T15P13527	T15P30291
	0-20 cm	80-100cm			
Alumínio	8440	13900	8955,8	18600,6	14418,6
Antimônio	<1	<1	<1,19	<1,22	<1,16
Arsênio	3.71	<1	<1,79	<1,83	<1,74
Bário	2.82	3.28	86,9	105,8	110
Boro	n.a	n.a	<4,77	<4,88	<4,65
Cádmio	<0,1	<0,1	<1,19	<1,22	<1,16
Chumbo	1.88	3.31	8,17	11,5	9,5
Cobalto	<1	<1	7,14	9,37	8,7
Cobre	24.9	29.8	13,8	16,7	14,7
Cromo	21.3	36.7	28,4	36,8	29,9
Ferro	5230	10000	18967,8	33518,3	22430,2
Manganês	26	21	331,2	460,9	257,7
Mercúrio	0.132	0.143	<0,119	<0,122	<0,116
Molibdênio	<1	1.11	<2,39	<2,44	<2,33
Níquel	1.52	3.67	8,77	10,5	10,5
Selênio	<1	<1	<1,79	<1,83	<1,74
Prata	<1	<1	<1,79	<1,83	<1,74
Vanádio	61.4	86.4	30,8	42,3	32,8
Zinco	11.6	13.3	32,2	45,5	38,4

**Legenda:**

 = Aumento nas concentrações dos metais comparando estudos antes e após o rompimento da barragem de Fundão.

n.a = não analisado.

O estudo de Worley (2018) foi protocolado na CT-GRSA como a primeira versão para o Plano de Manejo de Rejeitos dos Trechos 15 e 16 e, assim, é referente a um estudo pós rompimento que apresentou concentrações dos metais nas amostras de solo superiores às concentrações de estudo pré rompimento (Pacheco reanálise) indicando um aumento na concentração dos metais com evolução temporal. No entanto, a comparação feita na página 258 onde é discutido que no estudo de Worley (2018), conforme descrito acima é pouco eficaz já que compara duas situações pós desastre, ou seja, situações análogas.

Dessa forma, a CT-GRSA fez uma análise independente dos resultados obtidos na reanálise de Pacheco (2015) com os valores obtidos no solo de propriedades rurais no PMR 15 nos pontos próximos aos pontos P9, P10 e P20 (Tabelas 8 e 9).

**Tabela 8.** Comparação dos resultados das amostras de solos da reanálise de Pacheco (2015) com o estudo do PMR15.

Parâmetros (mg.kg <sup>-1</sup> )	Pacheco (2015) - reanálise		PMR 15 - T15P18158 - Margem direita		
	P9		Sondagem 1	Sondagem 2	Sondagem 3
	0-20 cm	80- 100cm			
Alumínio	6.100	9.830	77700	22500	76000
Antimônio	2,66	<1	<1	<1	<1
Arsênio	<1	<1	<1	1,1	<1
Bário	3,73	3,74	20,7	168	142
Boro	n.a	n.a	39,8	41,3	40,4
Cádmio	<0,1	<0,1	1,74	2,07	2
Chumbo	4,8	6,99	19,3	20,8	21
Cobalto	1,26	1,74	2,42	13,5	15,6
Cobre	33,4	31,1	11,2	24,3	35,1
Cromo	35,7	60,5	28,6	53,6	59,4
Ferro	13.800	35.200	33100	37400	35800
Manganês	55	53	44,3	832	516
Mercurio	0,0789	0,141	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdênio	<1	<1	1,63	2,42	2,49
Níquel	1,89	4,22	6,02	18,1	34,9
Selênio	<1	<1	<1	<1	<1
Prata	<1	<1	<1	<1	<1
Vanádio	56,2	119	82	71,4	68,9
Zinco	14,2	22	29,2	57	67
Parâmetros (mg.kg <sup>-1</sup> )	Pacheco (2015) - reanálise		PMR - 15 - T15P17607 - Margem direita		
	P10		Sondagem 1	Sondagem 2	Sondagem 3
	0-20cm	80-100 cm			
Alumínio	6.100	9.830	52100	41300	28000
Antimônio	2,66	<1	<1	<1	<1
Arsênio	<1	<1	<1	<1	<1
Bário	3,73	3,74	201	140	157
Boro	n.a	n.a	45,6	39,4	40,5
Cádmio	<0,1	<0,1	1,92	1,89	1,77
Chumbo	4,8	6,99	15,1	16,7	19,3
Cobalto	1,26	1,74	13,9	12,3	14,6
Cobre	33,4	31,1	24,1	22,1	22,1
Cromo	35,7	60,5	46,4	50,5	14,6
Ferro	13.800	35.200	33200	32900	30300
Manganês	55	53	509	521	579
Mercurio	0,0789	0,141	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdênio	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	1,89	4,22	23	20,9	19,4
Selênio	<1	<1	<1	<1	<1
Prata	<1	<1	<1	<1	<1
Vanádio	56,2	119	56,7	58,4	63,6
Zinco	14,2	22	59,9	55,1	60,4

**Legenda:**

 = Aumento nas concentrações dos metais comparando estudos antes e após o rompimento da barragem de Fundão.

n.a = não analisado.

**Tabela 9.** Comparação dos resultados das amostras de solos da reanálise de Pacheco (2015) com o estudo do PMR15.

Parâmetros (mg.kg <sup>-1</sup> )	Pacheco (2015) - reanálise						PMR 15 - Contexto extracalha - T15P30379		
	P20						Margem direita		
	0 -5 cm	5-40 cm	40-60 cm	60-75 cm	75-103 cm	103-150+	Sondagem 1	Sondagem 2	Sondagem 3
Alumínio	12700	19000	22600	23500	24600	22300	7980	6450	10900
Antimônio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Arsênio	4.32	8.26	6.81	4.3	9.34	15.1	<1	1,5	<1
Bário	122	165	145	159	140	153	78,4	56,5	100
Boro	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	20,7	15,8	26,2
Cádmio	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1	1,18	2,01
Chumbo	16	24.8	21.8	16.1	20.7	18.3	15,5	7,53	26,5
Cobalto	11.5	16.6	13.8	13.4	12.5	13.1	6,47	5,55	8,24
Cobre	15	24.3	20.1	18.6	21.2	19.4	15,3	12,5	17,9
Cromo	40.9	62.1	52.9	48.8	52	56.1	27,9	23,7	31,6
Ferro	33700	55100	50500	45900	47500	47900	16600	13900	22400
Manganês	553	1270	740	612	727	797	295	301	296
Merúrio	0.0506	0.107	0.0693	<0.05	0.075	0.0719	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdênio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	14.1	18.7	18.2	17.9	18.1	17.8	7,97	6,62	9,43
Selênio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Prata	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Vanádio	51.4	83.5	67.4	64.6	66	61.7	38,6	26,8	51,5
Zinco	58	93.5	60.6	58.9	54.8	49.1	30,7	26	35,8

**Legenda:**

= Aumento nas concentrações dos metais comparando estudos antes e após o rompimento da barragem de Fundão.

n.a = não analisado.

De acordo com a Tabela 5 pode-se observar que as amostras do PMR 15 apresentaram maiores concentrações de Alumínio (Al), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Bário (Ba), Boro (B), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) nos pontos do PMR 15 próximos ao P9 e P10 de Pacheco. Conforme explanado no início deste item, considerando o contexto das cheias que ocorreram em 2016 e 2020, pode-se considerar que o aumento das concentrações desses elementos tem-se uma evidência denexo de causalidade entre o rompimento da barragem e o aumento da concentração de elementos potencialmente tóxicos (metais pesados) nesta região. No ponto do PMR 15 próximo ao P20 de Pacheco não foi observado aumento nas concentrações nas concentrações dos metais.

A CT-GRSA ainda fez uma análise independente comparando as concentrações das amostras de sedimentos do PMR 15 com os resultados de Duarte (2020) pré desastre (Tabela 10).

**Tabela 10.** Comparação dos resultados das amostras de sedimentos dos estudos de Duarte (2020) e PMR15.

Parâmetros (mg.kg <sup>-1</sup> )	Duarte (2020)	PMR 15		
Alumínio	2183	377	1330	923
Arsênio	<0.009	<1	1.34	<1
Cádmio	0.6	<0.178	<0.165	<0.173
Chumbo	24.9	<1	<1	1.31
Cobre	8.1	3.7	4.89	3.63
Cromo	15.4	6.13	3.3	2.37
Ferro	6981	2470	3050	1370
Manganês	232.4	30.2	71.1	40.3
Níquel	4.4	2.34	1.69	1.34
Vanádio	15.9	3.68	4.46	2.46
Zinco	18.9	3.92	5.13	4.07

Pode-se observar na Tabela 10 que os resultados do PMR 15 foi inferior aos valores anteriores ao *EVENTO* de rompimento da barragem de Fundão.

## 5. Conclusões e Encaminhamentos

Diante do exposto nesta nota técnica, constata-se o uso inadequado do tratamento de dados, de conceitos e premissas que acarretam a interpretação equivocada dos dados e, por consequência, levam à conclusões inapropriadas e destoantes com a realidade percebida da bacia do rio Doce e em bibliografia relacionadas ao assunto, em análise. Por conta disso, o documento não possui a confiabilidade necessária para os órgãos e instituições públicas componentes do sistema CIF tomarem qualquer decisão baseadas em suas conclusões, assim, o que resulta na recomendação de reprovação do documento intitulado “VOLUME 11 – APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO NO TRECHO 15. Fevereiro/2021”, por esta Câmara Técnica.

Conforme explicitado no documento revisado, assim como no Memorando Técnico apresentado pelos autores, diversos trechos não foram atendidos para a revisão, sem que haja uma justificativa técnica e embasada quanto ao não atendimento, o que mantém o posicionamento dos técnicos que produziram esta nota técnica, frente aos posicionamentos relatados na Nota Técnica CT-GRSA nº 06/2020.

Com o intuito de dar celeridade ao processo de tomada de decisão e evitar o retrabalho com envio de documentos extensos, por parte dos autores que elaboraram o PMR do trecho 15, os membros da CT-GRSA realizaram uma análise robusta do documento, dentro da capacidade técnica permitida ao tempo de análise, chegando a conclusões divergentes ao apresentado pela Fundação Renova.

Pontua-se que a Fundação Renova é diretamente responsável pela garantia da qualidade dos estudos entregues, tendo em vista que esta foi criada com a finalidade de atendimento ao TTAC.

Pode-se afirmar que, de acordo com as análises *pré-evento* (bibliografias anteriores ao rompimento) e com o *pós-evento* (dados brutos do PMR Trecho 15) houve impacto advindo do rompimento da barragem de Fundão e, conseqüentemente, nexos de causalidade frente ao incremento de metais/elementos potencialmente tóxicos como Alumínio (Al), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Bário (Ba), Boro (B), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Níquel (Ni) e Zinco (Zn).

Destaca-se que a comparação entre as condições Pré e Pós EVENTO, em termos de concentração de elementos potencialmente tóxicos, é uma forma simples e clara de mensuração de impacto ambiental, resguardando subsídio no conceito de impacto ambiental definido pelo Artigo 1º da

Resolução CONAMA 001/1986. Entretanto ainda não se pode mensurar a extensão desses impactos, bem como o quanto estes resultam em contaminação, tendo em vista a definição de contaminação contida no Artigo 6º, parágrafo V da Resolução CONAMA nº 420/2013, sendo necessário para responder a este último a realização de estudos de Avaliação de Risco de viés Ambiental (Gestão de Áreas Contaminadas) previstos pela própria Resolução CONAMA nº 420/2013.

Ainda, cabe um exercício crítico complementar a tudo que foi exposto: ao se analisar de maneira ampliada todos os trechos continentais do Projeto Manejo de Rejeitos, bem como a natureza visual de sua metodologia para triagem da presença de rejeito, pode-se concluir que esta metodologia produziu resultados positivos frente ao trechos localizados a montante da UHE Risoleta Neves, região a qual sofreu depósito de rejeito extracalha pela onda de rejeitos e realizados de maneira mais célere, sendo um dos primeiros a serem elaborados e aprovados pela CT-GRSA.

Todavia, nos trechos a jusante da UHE Risoleta neves, os quais sofreram maior ação pelas cheias dos anos de 2016 e 2020, o tempo transcorrido na aplicação efetiva pela Fundação Renova dos Planos de Manejo de Rejeitos, resultou em uma diminuição dos indícios visuais da presença de rejeitos. Esta constatação foi abordada no item 3.11, subitem “Da evolução dos indícios visuais da presença de rejeitos ao longo dos estudos realizados”, onde este fato é observado pelos autores do estudo, mas também pelos presentes membros e colaboradores da CT-GRSA, podendo ainda inferir que os rejeitos foram incorporados ao solo natural, visto o aumento dos elementos potencialmente tóxicos nas proximidades do rio Doce.

Cabe esclarecer que o Projeto de Plano de Manejo de Rejeitos se apresentou como uma resposta célere ao manejo de rejeitos, deixando claro em sua concepção que os Planos poderiam ser revistos frente a quaisquer novas informações, mesmo que posterior a sua aprovação, se baseando fortemente em uma metodologia visual para rastrear a presença de rejeitos, o qual era adequada ao que se propunha.

Ante ao exposto conclui-se que a continuidade da aplicação da metodologia do Plano de Manejo de Rejeitos é ineficaz, tendo em vista o tempo decorrido entre o Desastre e possíveis novas aplicações desta pela Renova. Adicionalmente, entende-se que a Fundação Renova não logrou êxito em identificar os impactos decorridos do rompimento da barragem de Fundão devido a demora da aplicação efetiva por parte desta em elaborar e alcançar aprovação do Plano de Manejo de Rejeitos por esta Câmara Técnica.

Portanto, é recomendado que não se deve proceder mais revisões ou novas aplicações do Projeto Plano de Manejo de Rejeitos no Trecho 15, visto que esta Nota Técnica já traz subsídios técnicos e definitivos quanto aos impactos percebidos entre a UHE Mascarenhas e o município de Linhares, estando esta obrigação descumprida pela Fundação Renova sem possibilidade de reversão desta condição.

Em consequência, vê-se necessária nova obrigação à Fundação Renova, que é de proceder ao monitoramento da área, conforme previsto no Plano de manejo de Rejeitos, até que os resultados das Avaliações de Risco de viés Ambiental (Gestão de Áreas Contaminadas) estejam disponíveis e aprovados, dos quais tem caráter decisório crítico sobre necessidade de manejo e intervenção, em função da presença ou não de risco.

Para tanto, esta Câmara Técnica recomenda que seja deliberada, no prazo de 30 dias, a apresentação de proposta completa e detalhada de plano de monitoramento desta área. Destaca-se que pode ser feito aproveitamento dos dados produzidos pelo PMQQS, e ressalva-se que este não possui amostragem de solos.

Os relatórios deste monitoramento devem apresentar como resultados os dados brutos, comparados aos dados de Pacheco (2015), Duarte (2020) e aos dados brutos das avaliações denominadas de “Pacheco Reanálise”, ou outro estudo/bibliografia aprovado ou indicado pela CT-GRSA. Recomenda-se que sejam apresentados tabelas, bem como gráficos com dados de tendência por elementos de interesse e ponto monitorado.

Tendo em vista a impossibilidade de manejo efetivo de rejeitos devido a sua incorporação ao solo natural, cabe, no entanto, processo prático e efetivo para recuperação ambiental do rio Doce, ou seja, ações de compensação ambiental aos danos irreparáveis causados e que não estavam previstos ao início do acordo firmado pelo TTAC. Sendo que, para esta região em específico, há amplas áreas marginais ao rio doce sem cobertura vegetal, estando degradadas ou em acelerado estado de degradação. Sugere-se, portanto, em concordância com o expressado pela consultora independente, a execução de um projeto estruturado de recuperação da vegetação ciliar ao longo do rio Doce.

## 6. Referências Bibliográficas

Beck, K.K.; Mariani, M.; Fletcher, M.S.; Schneider, L.; Aquino-López, M.A.; Gadd, P. S.; Zawadzki, A. The impacts of intensive mining on terrestrial and aquatic ecosystems: A case of sediment pollution and calcium decline in cool temperate Tasmania, Australia. **Environmental Pollution**, v. 265, p. 114695, 2020.

Bottino, F.; Milan, J.A.M.; Cunha-Santino, M.B.; Bianchini Jr, I. Influence of the residue from an iron mining dam in the growth of two macrophyte species. **Chemosphere**, v. 186, p. 488-494, 2017.

Chouvelon, T.; Strady, E.; Harmelin-Vivien, M.; Radakovitch, O.; Brach-Papa, C.; Crochet, S.; Chiffolleau, J.F. Patterns of trace metal bioaccumulation and trophic transfer in a phytoplankton-zooplankton-small pelagic fish marine food web. **Marine Pollution Bulletin**, v. 146, p. 1013-1030, 2019.

Donagema, G.K.; de Campos, D.B.; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H. Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E)**, 2011.

Gomes, L.E.; Corrêa, L.B.; Sá, F. Neto, R.R. Bernardino, A. F. The impacts of the Samarco mine tailing spill on the Rio Doce estuary, Eastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 120, n. 1-2, p. 28-36, 2017.

INMETRO b. Orientações sobre validação de métodos de ensaios químicos. Rio de Janeiro, 2003.

MATHEWS, T.; FISHER, N.S. Trophic transfer of seven trace metals in a four-step marine food chain. **Marine Ecology Progress Series**, v. 367, p. 23-33, 2008.

TAKADA, T.; NAKANO, K. Evaluation and application of internal standardization in atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization. **Analytica Chimica Acta**, v. 107, p. 129-138, 1979.

TAVERNIERS, I.; DE LOOSE, M.; VAN BOCKSTAELE, E. Trends in quality in the analytical laboratory. II. Analytical method validation and quality assurance. **TrAC Trends in Analytical**

**Chemistry**, v. 23, n. 8, p. 535-552, 2004.

Wang, S.; Liu, J.; Li, J.; Xu, G.; Qiu, J.; Chen, B. Environmental magnetic parameter characteristics as indicators of heavy metal pollution in the surface sediments off the Zhoushan Islands in the East China Sea. **Marine pollution bulletin**, v. 150, p. 110642, 2020.

Vitória, 15 de Dezembro de 2021.

**Equipe Técnica responsável pela elaboração desta Nota Técnica:**

- Adelino da Silva Ribeiro Neto (IEMA/ES);
- Ana Kelly Simões Rocha (IEMA/ES);
- Eduardo Perini (IEMA/ES);
- Thales Del Puppo Altoé (IEMA/ES).

**Thales Del Puppo Altoé**  
**Coordenação da CT GRSA**

**Nota Técnica validada *ad referendum***

**ANEXO 1**

## PARECER TÉCNICO – CT-GRSA

Assunto: Análise técnica do relatório de APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO NO TRECHO 15 - VOLUME 11 (RT-003\_199-515-2536\_05P23-RLT-001-05-4900000086-PLANOMANEJOT15-210205), desenvolvido 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 Resíduos (PMR): o Trecho 15 e o Trecho 16. O Trecho 15 compreende a região entre a UHE Mascarenhas e o município de Linhares, próximo à ponte da BR 101, perfazendo 100 km de extensão, conforme consta na Figura 1. As lagoas Juparanã e Nova no entanto, não serão tratadas dentro do PMR Trecho 15, conforme Nota Técnica GTRSA 01/2019, constando ambas em Plano de Manejo Piloto. É realizada a seguir, a análise técnica do relatório de APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITOS NO TRECHO 15 desenvolvido por GOLDER (2021) para a Fundação Renova.



Figura 1: Trecho 15 Fonte: GOLDER (2021).

## 2 – ANÁLISE TÉCNICA

De forma geral, o relatório não apresenta uma revisão dos estudos já desenvolvidos na região para a caracterização do cenário pré rompimento, trazendo apenas referências pontuais. Há de se realizar um maior esforço na caracterização pré rompimento e na revisão bibliográfica histórica. Destaca-se inclusive a falta da caracterização do cenário pré rompimento no que tange os aspectos biológicos.

Os dados obtidos são poucos explorados e não são interpretados de forma integrada. De forma geral a aplicação de metodologia de tratamento e análises de dados é mal executada. O estudo não abrange de forma satisfatória a espacialização e visualização dos resultados. Dados de biota e físico-químicos devem ser relacionados e os resultados em geral devem ser espacializados de forma visual. Deve se priorizar sempre a análise a partir de dados brutos para qualquer produto gerado. Nesse sentido, os produtos terceirizados contratados pela Fundação Renova devem seguir um desenho amostral definido de forma estratégica para todos os parâmetros monitorados, e os dados devem alimentar de forma contínua uma base de dados centralizada e georreferenciada.

Recomenda-se ainda, que os gráficos venham sempre acompanhados de referência da data de coleta dos dados expostos. A seguir são realizadas ressalvas pontuais acerca do Plano de Manejo de Rejeitos.

**PÁGINA 15, SUMÁRIO EXECUTIVO** - *“Verificou-se que os seguintes parâmetros apresentaram concentrações nas amostras de solo coletadas para este PMR superiores aos resultados de amostras coletadas no Trecho 15 anteriormente ao rompimento da barragem de Fundão que foram usados como referência (“Pacheco – reanálise”1 e Duarte (2020): alumínio, cádmio, manganês, níquel e vanádio (apenas na comparação individual dos resultados de áreas de proprietários). Com base nas informações avaliadas, não foi possível estabelecer uma relação denexo causal entre os resultados obtidos neste PMR e eventual impacto do rompimento da barragem de Fundão. Um dos pontos verificados é que as concentrações desses parâmetros ficaram em geral acima das concentrações máximas verificadas em amostras de rejeito coletadas na barragem de Fundão, de forma que as diferenças de concentração entre as amostras coletadas antes do rompimento da barragem de Fundão e para este PMR não poderiam ser explicadas pela deposição de rejeitos.”*

Na página 40, os autores demonstram por meio dos dados do GRUPO EPA (2019), concentrações elevadas de alumínio, manganês, ferro e vanádio na composição do rejeito. Os autores reconhecem os parâmetros alumínio, manganês e vanádio como parâmetros com alteração persistente ou recorrente na página 126. Demonstram também diferenças estatísticas entre os conjuntos de dados pré e pós

rompimento para os parâmetros alumínio, arsênio, cádmio, manganês e níquel. Na página 178 traz observações sobre alterações morfológicas nas valvas de indivíduos de algumas espécies de diatomáceas e cita a possível correlação com presença de metais pesados. Nas páginas 183, 184 e 188, os autores assumem a bioacumulação de As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Pb, Mn, Zn na biota. Os dados apresentados de Duarte (2020) retratam maiores concentrações de ferro, alumínio, arsênio, cádmio, cromo, titânio e manganês nos dados pós rompimento da barragem em relação aos dados referentes ao cenário pré rompimento. O presente Plano de Manejo de Rejeitos de forma geral, insiste em afirmar que não é possível estabelecer uma relação denexo causal, sem realizar a análise integrada satisfatória dos dados.

Por várias décadas, no distrito de Mariana funcionaram fábricas de óxido de arsênio, que aproveitavam o óxido de arsênio como subproduto do minério (IGAM, 2013 *apud* Guimarães 2018). Os rejeitos de minério ricos em arsênio foram estocados às margens de riachos ou lançados diretamente nas drenagens, provocando grande comprometimento ambiental do solo e da água na região (IGAM, 2013 *apud* Guimarães 2018). Reforça-se, portanto, que o arsênio existente nos sedimentos depositados por anos nos trechos de rio imediatamente a jusante do município de Mariana-MG (onde por anos funcionou uma fábrica de óxido de arsênio), influenciou a elevação de arsênio total no corpo hídrico com o revolvimento do fundo dos cursos de água devido à passagem da pluma de rejeitos. Visto que o Trecho 15 é predominantemente impactado por partículas finas e metais traço, se torna fundamental a visão integrada do comportamento dos contaminantes do corpo hídrico, inclusive de contaminantes que não sejam oriundos diretos do rejeito, mas revolvidos do sedimento com a passagem da onda de rejeitos.

- Guimarães, J. I. Impacto do rompimento de uma barragem de rejeitos de minério de ferro sobre a qualidade das Águas Superficiais. Estudo de caso: Bacia do rio Doce. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG. (2018)

**PÁGINA 17, SUMÁRIO EXECUTIVO** - *“Com o objetivo de avaliar as questões relacionadas às principais lagoas do Espírito Santo, foi iniciado pela Fundação Renova um monitoramento de parâmetros de qualidade da água e sedimentos das lagoas em julho/2019, baseado nos dados obtidos no PMQQS. Esse monitoramento indicou excedências pontuais em relação aos padrões de qualidade da água (CONAMA 357/2005) e níveis de classificação do sedimento (CONAMA 454/2012), cuja causa deve ser melhor investigada, visto que não foram encontradas informações pretéritas ao rompimento*

*da barragem de Fundão quanto à qualidade da água e do sedimento nestas lagoas para comparar com os valores obtidos.”*

Dentre os estudos desenvolvidos no complexo lagunar do Baixo Rio Doce destaca-se o grupo de Estudos Integrados no Sistema Lacustre do Baixo Rio Doce (BARROSO et al., 2012) formado no Laboratório de Limnologia e Planejamento Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, e demais estudos citados a seguir, levantados em breve revisão. Dessa forma, considera-se insuficiente a revisão acerca dos dados secundários referentes ao cenário pretérito ao rompimento da barragem do Fundão.

- Gilberto Fonseca BARROSO, Fábio da Cunha GARCIA, Mônica Amorim GONÇALVES, Fabiola Chrystian Oliveira MARTINS, Jéssica Cruz VENTURINI, Samira da Conceição SABADINI, Annanda Küster de AZEVEDO, Ana Carolina Trindade de FREITAS, Alessandra DELAZARI-BARROSO. “Estudos Integrados no Sistema Lacustre do Baixo Rio Doce (Espírito Santo)” Conference Paper - January (2012).
- Aprile, Fábio Marques, et al. "Tipologia dos ecossistemas lacustres costeiros do estado do Espírito Santo, Brasil." Bioikos 15.1 (2012).
- Bozelli, R. L., et al. "Padrões de funcionamento das lagoas do baixo Rio Doce: variáveis abióticas e clorofila a (Espírito Santo-Brasil)." Acta Limnol. Brasil Vol. IV 13 (1992): 31.

**PÁGINA 39 e 40, Tabela 5 e 6 - Resultados de composição química de amostras de rejeito coletadas na barragem de Fundão - valores em mg/kg – “Valores marcados em amarelo foram considerados como outliers visto que estão fora do limite correspondente a 1,5 vezes o intervalo interquartil, conforme definido por Wickham e Stryjewski (2011).”**

A referência citada não se encontra listada, e a referência conhecida: “Wickham, H. & Stryjewski, L. (2011). 40 years of box plots” não é adequada. Não há sentido em retirar os *outliers* de uma caracterização da composição do rejeito, e o artigo citado se refere ao tratamento de dados numéricos para posterior representação gráfica em formato box plot.

**PÁGINA 54, ITEM 4 Conteúdo do Relatório** – *“Como parte do desenvolvimento deste trabalho, foram avaliados diversos estudos que contemplam a área de interesse, os quais foram considerados para a caracterização ambiental da área de estudo e do depósito de rejeitos, destacando-se aqueles listados na Tabela 10. A tabela também apresenta os status de tais estudos perante o sistema CIF.”*

Uma caracterização ambiental deve sempre partir de uma revisão bibliográfica acerca dos dados históricos disponíveis para a região de interesse. Os estudos considerados na caracterização do cenário pré rompimento são considerados insuficientes. Ressalta-se a reduzida quantidade de estudos acadêmicos presentes. A região conta com uma série de estudos desenvolvidos no baixo Rio Doce e seu complexo lagunar que são pertinentes de serem considerados em uma caracterização ambiental.

**PÁGINA 60, ITEM 5.1 Delimitação da Área de Estudo (Trecho 15)** – *“Uma das requisições da Nota Técnica CT-GRSA nº 01/2019 refere-se à necessidade de considerar áreas onde existem propriedades impactadas (conforme o relatório gerencial – CT-GRSA nº 05/2019), ou que utilizem a água do rio Doce para irrigação, conforme as diretrizes e resultados dos estudos da Cláusula nº 180, porém, o levantamento realizado durante a aplicação do PMR no Trecho 15 não identificou tais áreas.”*

Os autores afirmam que áreas com uso para irrigação não foram identificadas, no entanto, os mesmos trazem dados da ANA a respeito das outorgas para irrigação e de propriedades impactadas (Embaúba Ambiental, 2018) a partir da página 196, no item “6.1.4.4. Uso da Água”. Dessa forma, recomenda-se a espacialização das outorgas e propriedades identificadas, e a revisão das afirmações realizadas.

**PÁGINA 103 – ITEM 6.1.1.2.2.2 Pós Evento: Dados obtidos na campanha de amostragem de Março/2018 no Trecho 15 (WORLEY, 2018)** - *“Segundo a classificação textural apresentada pela metodologia USDA, como pode ser observado na Figura 27 as composições granulométricas dos substratos naturais coletados nas propriedades T15P30291, T15P30291 e T15P30291 podem ser classificadas, respectivamente, como Franca, Franco-arenosa e Franco-argilo-siltosa.”*

O triângulo textural demonstrado na Figura 27 e demais Figuras relacionadas à metodologia para determinação da textura do solo, pertence à Lemos & Santos (1996). A divisão dos solos argilosos em

duas classes distintas não é considerada na classificação proposta pela USDA (2011), que somente faz referência a 12 tipos de solo.

- LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo Campinas: SBCS/Embrapa-SNLCS, (1984) 45p.

**PÁGINA 139** – *“Uma ressalva importante é a que o método analítico usado por Pacheco (2015) destina-se a obtenção de concentrações totais dos parâmetros avaliados, e que essas podem ser superiores aos resultados obtidos através dos métodos analíticos indicados na Resolução CONAMA 420/2009.”*

Os parâmetros utilizados em PACHECO (2015) representam os teores totais (ambientalmente disponível + indisponível) enquanto que a Resolução CONAMA nº 420/2009 expõe valores orientadores para teores ambientalmente disponíveis. A escrita utilizada na ressalva está confusa e não relata de forma direta a diferença entre os dados.

**PÁGINA 162, ITEM 6.1.3.2 Estudos de Monitoramento Consultados** – *“Nas Seções a seguir serão apresentadas sínteses dos principais elementos trazidos em estudos ecológicos e ecotoxicológicos compilados para a abrangência do trecho 15, com referência a potenciais efeitos resultantes do rompimento da barragem de Fundão sobre comunidades ecológicas dos ecossistemas aquáticos e terrestres. Salienta-se que esta revisão não envolveu a análise de dados brutos.”*

Os estudos que compõe o monitoramento devem ser complementares e os dados obtidos ao longo do monitoramento devem integrar uma base de dados unificada. A copilação de estudos das comunidades ecológicas de forma geral não integra informações de forma satisfatória e não é contraposta à parâmetros ambientais. Estudos de caracterização devem dar sempre preferência à integração dos dados brutos quando disponíveis, e visto que são produtos conduzidos pela Fundação Renova, se entende que os dados brutos estejam disponíveis.

**PÁGINA 178, ITEM .1.3.2.2.4 Perifíton** - *Em algumas estações amostrais, principalmente nos sistemas fluviais, foram observadas alterações nas valvas de indivíduos de algumas espécies de diatomáceas. Tais alterações, quando em elevada frequência, podem ser indicativas de efeito de*

elevada concentração de metais. Numa análise prévia em 105 indivíduos da espécie *Synedra gouldarii* em junho/2019 observou-se maior frequência de alterações nas estações do rio Doce (e.g., entre 31.6% e 36%) do que no rio Guandu (19%).

**PÁGINA 183, ITEM 6.1.3.2.2.6 Aspectos ecotoxicológicos** - “Observou-se uma tendência de aumento da concentração dos metais analisados (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Pb, Mn, Zn) no fitoplâncton e zooplâncton nos pontos amostrais em relação a dados pretéritos (pré-rompimento, amostras colhidas em 2015). Uma exceção foi o Mn, cujos valores de concentração amostrados no fitoplâncton e zooplâncton foram menores (comparativamente a dados de 2015) na maioria das estações amostrais na campanha 1, relativa ao período seco (exceto no ponto do baixo rio Guandu).”

**PÁGINA 184** - “Foram registradas concentrações maiores que as indicadas pela literatura para tecidos (brânquias, hepatopâncreas e músculo) de camarões palaemonídeos para os seguintes elementos e estações amostrais: Cd (Regência, lagoa Juparanã, lagoa Monsarás); Cr (Regência, baixo rio Guandu); Fe (estuário); Pb (baixo rio Guandu); Zn (Regência, lagoa do Limão, lagoa do Areal, baixo rio Guandu).”

“Foram detectadas concentrações de As em tecido muscular de peixes superiores ao limite máximo estabelecido pela Anvisa (Resolução da Diretoria Colegiada n. 42/2013 - 1mg/kg).”

**PÁGINA 188** - “Em síntese, os resultados ecotoxicológicos trazidos em RRD (2019) apontam para efeitos toxicológicos que estariam associados ao sedimento, que atuaria como um reservatório de metais. Os resultados apontam para um padrão espacial de maiores efeitos de toxicidade (que estaria relacionada ao sedimento) em localidades situadas mais próximas à foz do rio Doce, portanto, a jusante do Trecho 15. Os resultados também apontam para indícios de ocorrência de bioacumulação, com maiores concentrações de metais em organismos de diferentes níveis tróficos, comparativamente a dados pré-rompimento”

O adequado é que as informações sejam apresentadas de forma integrada com outros parâmetros ambientais e especializadas de forma visual em relação aos pontos de coleta. Os relatos de bioacumulação são importantes e devem ser melhor discutidos. Face a presente constatação de contaminação do pescado, é recomendada que sejam executadas análises no pescado comercial, no intuito de verificar se há contaminação nos peixes que estão sendo consumidos na região.

**PÁGINA 261, ITEM 6.2.5.4.3.2 Resultados de Metais em Solo – “Foi utilizado como referência para comparação dos resultados obtidos neste PMR o percentil 75 dos resultados de amostras superficiais dessas duas referências (no caso dos dados de “Pacheco – reanálise”, apenas as amostras até cerca de 20 cm de profundidade e no caso de Duarte (2020) todas as amostras), que foi comparado a resultados de amostras individuais.”.**

Os autores utilizam os dados secundários em forma de percentil 75, fazendo referência as recomendações apresentadas na Resolução CONAMA 420/2009 para definição de valores de referência de qualidade de solo (VRQ). O conjunto de dados em questão não é adequado para ser representado em percentil, e como os autores mesmo afirmam “o trabalho não teve como objetivo definir um VRQ para a área de estudo”, não havendo justificativa nem robustez no conjunto de dados para aplicação do tratamento estatístico citado. Conforme a Resolução CONAMA 420/2009, “o VRQ de cada substância poderá ser estabelecido com base no percentil 75 ou percentil 90 do universo amostral, retiradas previamente as anomalias. O referido VRQ será determinado utilizando tratamento estatístico aplicável e em conformidade com a concepção do plano de amostragem e com o conjunto amostral obtido.” É adequado que os dados sejam apresentados em sua forma bruta ou com valores médios, mínimos e máximos de cada autor.

#### 4- CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Dado que o rompimento da barragem do Fundão se deu no dia 05 de novembro de 2015, completando seis anos, e que o impacto do Trecho 15 se caracteriza pela presença de partículas finas e metais traço, sendo que a maior parte do rejeito foi contida nas barragens a montante, destaca-se que o conjunto de alternativas de manejo que constam no relatório - (I) Remoção mecânica dos sedimentos depositados e monitoramento; (II) Capeamento das áreas impactadas e monitoramento; e (III) Acompanhamento da recuperação natural; não se mostra adequado.

As margens do rio Doce no trecho 15 são bastante degradadas e contam com pouca mata ciliar. 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 fósforo; 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.

É de extrema importância que os estudos contratados pela Fundação Renova sejam complementares e os dados obtidos ao longo do monitoramento integrem uma base de dados unificada e georreferenciada. A gestão do banco de dados do monitoramento do rio Doce é um fator crucial para o bom aproveitamento dos investimentos realizados pela Fundação Renova.

O cenário pré rompimento deve ser melhor caracterizado, com revisão bibliográfica robusta e contribuição de grupos acadêmicos. A caracterização deve ser realizada com os dados brutos e de forma integrada. Os resultados devem ser melhor especializados e melhor representados visualmente. A revisão das afirmações deve ser realizada de forma que sejam consistentes com os dados apresentados.

Os relatos de bioacumulação são importantes e devem ser melhor discutidos. Face a presente constatação de contaminação do pescado, é recomendada que sejam executadas análises no pescado comercial, no intuito de verificar se há contaminação nos peixes que estão sendo consumidos na região. É pertinente que sejam incluídos dados acerca da atividade de piscicultura na região e que seja realizada revisão sobre o tema.

- 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.
- 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 Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (2001)

Belo Horizonte, 05 de novembro de 2021.

**Profissional responsável pela elaboração deste Parecer Técnico:**

- Marina Habkost Schuh

**Parecer Técnico aprovado em 16/11/2021**



**Thales Del Puppo Altoé**  
Coordenação da CT GRSA