

# 3º RELATÓRIO TRIMESTRAL DOS DANOS CAUSADOS PELO ROMPIMENTO SOBRE FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS DA REGIÃO 3

**OUTUBRO**

**2021**

# Ficha Técnica

## GERÊNCIA SOCIOAMBIENTAL

### Irla de Paula Stopa Rodrigues

*Gerente Socioambiental*

*Bióloga e Doutoranda em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre (UFMG)*

### Adriana Assunção de Carvalho

*Especialista Sênior Socioambiental*

*Bióloga e Mestre em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre (UFMG)*

### Dayane Lopes Pinto

*Especialista Pleno Socioambiental*

*Engenheira Florestal e Mestre em Ciência Florestal (UFV)*

### Lucas Grossi Bastos

*Especialista Pleno Socioambiental*

*Geógrafo e Mestre em Geografia - Organização do Espaço (UFMG)*

### Ramon Neto Rodrigues

*Especialista Pleno Socioambiental*

*Engenheiro Ambiental e Mestre em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre (UFMG)*

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. PERCURSO METODOLÓGICO .....	5
3. RESULTADOS.....	6
3.1 REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO .....	6
3.1 SOLOS.....	8
3.2 ESPÉCIES VEGETAIS E PRODUTOS DERIVADOS.....	12
3.3 ANIMAIS DOMÉSTICOS E PRODUTOS DERIVADOS, E FAUNA SIVESTRE .....	14
3.4 MATERIAL PARTICULADO E POEIRA DOMICILIAR .....	14
3.5 ICTIOFAUNA.....	15
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	18
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	18

## 1. INTRODUÇÃO

No campo científico, estudos que buscam compreender algum fenômeno ou situação desconhecida, e/ou realizar uma nova leitura, precisam, quase obrigatoriamente, apresentar uma primeira etapa exploratória. Pesquisas exploratórias são fundamentais para a definição exata do objeto de estudo e a obtenção de dados preliminares que ajudam a identificar lacunas de informações, propiciando um olhar crítico sobre o fenômeno e a proposição de hipóteses (CHOY, 2014). Além disso, são excelentes fontes de informação para fomentar proposições novas, visto que podem trazer um olhar mais amplo sobre o objeto de estudo, reduzindo gastos com informações já coletadas e maximizando o poder preditivo (BOSLAUGH, 2007).

Visando realizar uma leitura preliminar da situação dos fatores bióticos e abióticos da Região 3 após o rompimento da Barragem B-I da Mina Córrego do Feijão, a Assessoria Técnica Independente – ATI Paraopeba/NACAB produziu um diagnóstico emergencial completo sobre os danos aos fatores ambientais dessa região. Este diagnóstico apresenta os principais danos já identificados aos recursos naturais da região e possíveis cenários de danos com bases em contextos de rompimentos semelhantes. Porém, devido à dinâmica temporal de estudos ambientais, é importante acompanhar a publicação de novos dados produzidos por órgãos públicos e instituições de pesquisa, de modo a atualizar as informações preliminares levantadas.

Dessa forma, este relatório tem por objetivo apresentar os novos dados levantados pela ATI Paraopeba entre julho e setembro de 2021, incluindo dados secundários relativos ao solo, material particulado, animais domésticos, produtos vegetais e ictiofauna, uma breve discussão sobre as novas evidências de danos ao meio ambiente e suas implicações na qualidade de vida das pessoas atingidas. Sendo assim, a concepção deste relatório permeia não somente a garantia da participação informada dos atingidos no processo, mas também a consolidação de uma futura matriz de danos e medidas de reparação integral para a Região 3.

## 2. PERCURSO METODOLÓGICO

Para construção do objetivo proposto, dividiu-se esse produto em três etapas. A primeira etapa foi composta pelo levantamento contínuo de dados secundários produzidos por outras instituições para diferentes fatores ambientais, considerando, entre outros fatores, a qualidade amostral adotada e a qualidade dos dados obtidos. Nesta etapa de monitoramento, foram pesquisados dados provenientes das instituições governamentais, instituições públicas e privadas, publicações científicas e documentos técnicos institucionais disponíveis, assim como feito no ***Diagnóstico Emergencial: Integração de Pesquisas sobre Meio Físico e Biótico e nos 1º e 2º Relatórios Trimestrais, referentes aos meses de janeiro a março de 2021 e abril e junho de 2021***. Os procedimentos de coleta de dados foram os mesmos descritos para etapa emergencial, alterando apenas a temporalidade das informações. A principal diferença entre este relatório trimestral e o anterior, finalizado em março, se baseia no fato que os dados associados à água superficial, água subterrânea e sedimentos serão tratados em um documento separado.

Para levantamento dos dados secundários, foi realizada uma busca nos principais mecanismos de busca científica existentes e portais governamentais. Os mecanismos de busca são: (i) O Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES; (ii) DirectScience; (iii) Google Acadêmico; (iv) WebOfScience Como se trata de uma pesquisa bibliográfica sistemática, optou-se por elencar maior esforço na busca e leitura dos estudos científicos. De modo a delimitar o tema de pesquisa, foram elencadas as seguintes combinações de palavras-chaves: “rio Paraopeba”, “Brumadinho”, “danos ambientais”, “barragem”, “peixes rio Paraopeba”. As palavras-chaves foram buscadas tanto em português quanto em inglês.

Foram considerados os seguintes critérios de inclusão: (i) artigos publicados após 2020; (ii) artigos cuja metodologia se adequa ao exigido pela legislação vigente e com estrutura condizente ao objetivo proposto, com resultados e fontes de informações confiáveis; (iii) revista com alto valor de impacto e/ou com nível na Qualis Capes superior a B1.

Diferente dos demais relatórios, esse traz algumas informações importantes indicadas no Plano de Reparação Socioambiental da Vale S.A, disponibilizado para equipe do NACAB no final de maio de 2021, e no relatório de pesquisa intitulado “Avaliação de Elementos Potencialmente Tóxicos em Áreas Inundadas nas Margens do rio Paraopeba após o Rompimento da Barragem da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho (MG): Período Seco de 2020. Como os arquivos do Capítulo 2, referente a situação pós rompimento, estão

corrompidos, não foi possível ainda trazer as informações sobre danos apontadas nesse documento. De qualquer forma, algumas informações dos outros capítulos, também foram consideradas nesse documento.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO**

Não foram identificados novos estudos científicos associados a caracterização do rejeito de minério de ferro proveniente da Mina do Córrego do Feijão, Brumadinho (MG) entre junho e setembro de 2021. Apesar disso, nesse período foi disponibilizado para consulta da equipe técnica do NACAB, o Plano de Reparação Socioambiental - PRS da Vale S.A para região atingida pelo rompimento. Dentro do escopo do PRS, a empresa contratada apresenta o seu Plano de Manejo de Rejeito, que por sua vez, traz uma breve caracterização dos rejeitos encontrados na Mina do Córrego do Feijão, bem como uma sucinta comparação com valores de referência encontrados na literatura. Desta forma, de modo a garantir a participação informada dos atingidos sobre às características desse rejeito e possíveis danos associados será apresentado abaixo uma breve apresentação dos resultados encontrados pela VALE S.A e a comparação desses resultados com os outros resultados já apresentados pela equipe técnica do NACAB no “Diagnóstico Emergencial: Integração de Pesquisas sobre Meio Físico e Biótico” (NACAB, 2020).

Atualmente, a VALE S.A, estima que a Barragem B-I antes do seu rompimento, armazenada 11,7 milhões de metros cúbicos. Esse valor é ligeiramente menor ao estimado pela Defesa Civil do Estado de Minas Gerais - DCMG e pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, que aponta um volume total de 12,1 milhões de metros cúbicos de rejeito. Segundo a VALE S.A, desse total estimado, 1,9 milhões de metros cúbicos de rejeito ficaram estagnados na Barragem B1, 7,8 milhões ficaram depositados sobre o solo e áreas da microbacia do Ferro-Carvão, e 2,0 milhões de metros cúbicos de rejeito chegaram ao rio Paraopeba. Não existem informações além dessas apresentadas para a quantidade de rejeito que adentrou o rio Paraopeba durante o rompimento. Novas atualizações serão consideradas nos próximos relatórios trimestrais.

É importante destacar, porém, que as ações de remoção de rejeito indicadas no Plano de Manejo de Rejeito, estão restritas apenas a área de deposição direta na microbacia do Ferro-Carvão, em Brumadinho, e nos dois primeiros quilômetros de calha do rio Paraopeba após a confluência com o Ribeirão do Ferro-Carvão, com auxílio de operações de dragagem

permanente. Para esse último ponto, é importante ressaltar que, desde o início do programa de dragagem, a operação não atingiu os índices de produtividade projetados, devido a problemas na sondagem geotécnica e geológica. Não há menção sobre as possíveis ampliações da área de dragagem.

Para caracterização geotécnica do rejeito foram coletadas 185 amostras de rejeitos em diferentes áreas atingidas na microbacia do Ferro Carvão, incluindo áreas com rejeito remanescente dentro da barragem e bancos de rejeitos no próprio rio Paraopeba. Ainda foram coletadas 3 amostras no reservatório de Retiro Baixo, visto que o fundo do reservatório representa/representará um ambiente geoquímico potencialmente distinto dos demais trechos do rio. Até o momento, as principais conclusões do programa de caracterização indicam que, apesar das concentrações de metais-traço nos rejeitos atenderem a legislação em 87 do total dos dados avaliados, cerca de 60% das amostras excederam ao menos um parâmetro da legislação. Os parâmetros com maior extrapolação dos limites de referência foram Cobre, Bário, Cobalto, Arsênio e Níquel. Também foram encontradas concentrações mais elevadas para Bário, Cádmiio, Cobalto, Cobre, Mercúrio, Níquel, Chumbo, e Zinco nos bancos de sedimento/rejeito que no próprio rejeito. Além disso, **os resultados das análises das amostras de sedimentos afetados sedimentos de fundo e acúmulo de rejeitos/sedimentos na calha) sugerem que há influência composicional dos rejeitos nessas amostras.** Assim a Vale S.A, sugere que:

“assim como os rejeitos, os sedimentos e banco de sedimentos podem ser uma fonte pontual de Mn para as áreas afetadas, devendo essa característica ser validada em ensaios em condições mais próximas dos diferentes ambientes geoquímicos deposicionais aos quais os rejeitos se encontram depositados agora”. (VALE S.A, 2020).

Esses dados, corroboram com os dados Laudo de Perícia Criminal Federal nº 3565/2019 - NUCRIM/SETEC/SR/PF/SP, que indicam a forte presença de Cobre e Níquel nas amostras de rejeito provenientes do rompimento. Assim como na caracterização geoquímica da VALE S.A, os peritos da polícia federal encontraram altos valores de Cádmiio no Rejeito (POLÍCIA FEDERAL, 2019). Assim, como já apresentado anteriormente (NACAB, 2020) as concentrações das amostras do laudo pericial e apresentadas pela empresa VALE S.A apresentam diferenças entre si para alguns metais analisados. Comparando os resultados, pode-se observar uma concentração média de Arsênio e Cobalto, são 30% e 61%, maiores que nas amostras apresentadas pela VALE S.A. Para o Níquel, Cromo e Cádmiio, foram encontrados concentrações 81%, 240% e 4300%, respectivamente, maiores nas amostras do laudo pericial que nas amostras coletadas pela empresa ré. Segundo os peritos, esses

resultados podem estar relacionados aos métodos diferentes adotados. Os peritos federais utilizaram o método USEPA 3050B, que é o recomendado no anexo I da resolução Conama 420/2009, enquanto os dados apresentados pela VALE S.A. foram realizados por outro método (ISO 11466.3), o que impede comparações com os valores de referência da legislação (NACAB, 2020).

Assim, como apresentado no Diagnóstico Socioambiental Integrado (NACAB, 2020), independente dos valores absolutos apresentados pelo laudo pericial, os peritos apontam que os dados discutidos convergem ao demonstrar que as concentrações de metais, em diferentes pontos, atingiram valores acima dos Valores de Prevenção e até mesmo Valores de Investigação, definidos pela Resolução CONAMA Nº420/09. Segundo os peritos, esses dados revelam que o rejeito não pode servir como meio básico para sustentação da vida e de habitat para as pessoas, plantas e organismos vivos, portanto, não pode servir como meio de produção ou como meio básico para ocupação territorial. **Para eles, o rejeito amostrado apresenta riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana.**

### 3.1 SOLOS

Não houve atualizações em relação a dados secundários de monitoramento ambiental de solos provenientes de órgãos públicos e também não foram publicados artigos que buscaram compreender melhor a situação da qualidade do solo nos municípios da Região 3. Apesar da empresa Vale S.A. ter publicado o Plano de Reparação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba em maio de 2021, o documento com o capítulo que apresenta os dados de contaminação pós-rompimento está corrompido, o que impede o acesso dos dados pela equipe do NACAB. De qualquer forma, em abril 2021, a Universidade Federal de Lavras – UFLA em acordo de cooperação com a empresa VALE S.A, publicou seu relatório de pesquisa intitulado “Avaliação de Elementos Potencialmente Tóxicos em Áreas Inundadas nas Margens do rio Paraopeba após o Rompimento da Barragem da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho (MG): Período Seco de 2020”.

Segundo indicado no próprio relatório, o objetivo desse estudo é prover informações para suportar estudos que visem avaliar quais seriam os riscos que as áreas inundadas pelo rio Paraopeba possam oferecer à saúde da população. Para isso, foi firmado um acordo de cooperação técnico-científica entre a Vale S.A e a UFLA, que prevê a realização de quatro expedições visando a coleta de solos para a caracterização textural, composição química, atividade microbiológica e avaliação de amostras de tecido vegetal nas áreas no entorno do Rio Paraopeba, por dois anos em duas estações climáticas distintas, período seco e período chuvoso.

Na primeira expedição foram avaliadas 11 áreas, a partir da coleta de 66 amostras de solo. Deste total, 33 amostras foram coletadas em áreas inundadas e 33 em áreas de referência (áreas não inundadas dentro da mesma propriedade). Ainda foram coletadas 86 amostras de tecido vegetal, considerando as áreas inundadas e referências. Já na segunda expedição, aumentou-se o número de propriedades amostradas, considerando uma série de variáveis ambientais. Desta forma, na segunda amostragem, foram coletados solos de 24 propriedades, totalizando 144 amostras de solo, 72 em áreas inundadas e 72 em áreas de referência, além de 140 amostras de tecido vegetal (parte área das plantas; vide tópico abaixo). Segundo descrito no relatório, os pontos de amostragem foram selecionados considerando a distribuição espacial ao longo da calha, delimitação das áreas inundadas, demandas pontuais, áreas próximas as zonas onde há coleta de sedimento e rejeitos, e áreas com mesma classe de solo e cultura, tanto nas áreas inundadas como nas áreas de referência (UFLA, 2021).

Os principais resultados apresentados apontam uma diferença significativa de Ferro e Manganês entre as áreas impactadas e as áreas de referência (com maiores teores nas áreas inundadas). Resultado parecido também foi encontrado pela ATI Paraopeba, no estudo intitulado “Solos da Região 3: Caracterização Física e Química”, que também encontrou diferenças significativas de ferro e manganês entre as áreas de várzeas atingidas pelas enchentes e áreas de várzeas que não foram atingidas pelas enchentes. Segundo a equipe técnica da Universidade Federal de Lavras – UFLA, esse resultado não pode ser relacionado ao rejeito, devido as fontes antrópicas difusas ao longo da calha do rio Paraopeba. Porém é importante destacar, o alto número de propriedades com diferenças significativas desses elementos nas Regiões 1 e 2, que estão próximas a confluência da Mina do Córrego do Feijão, que recebeu a maior carga de rejeito.

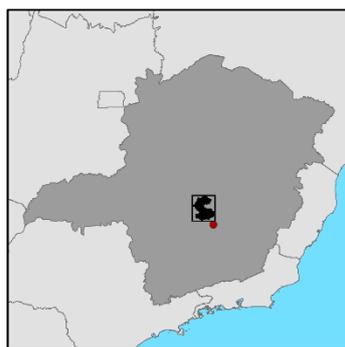
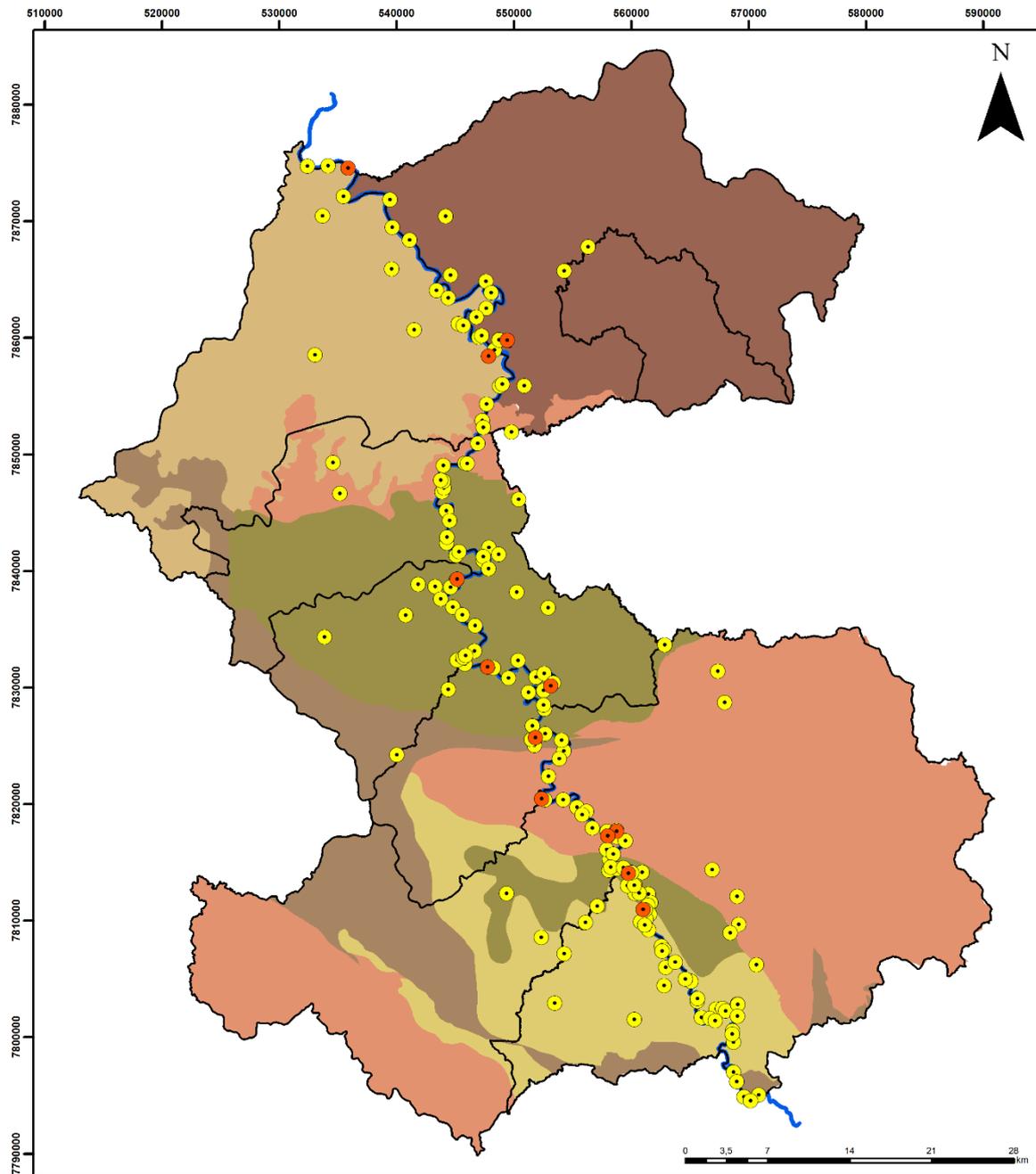
Além do Ferro e Manganês, verificou-se diferenças estatísticas significativas entre as áreas inundadas e de referências para Arsênio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Níquel e Zinco. Para Arsênio, dez áreas inundadas apresentaram valores significativamente diferentes às suas respectivas áreas de referência, dessas dez áreas avaliadas, sete se encontram na região 3. Para chumbo, foram identificadas diferenças significativas em quatro áreas distintas, sendo três delas dentro da Região 3. Para Cobalto, foram identificadas diferenças significativas em 7 pontos, sendo 6 deles dentro da Região 3. O Quadro abaixo traz um resumo gráfico das diferenças significativas encontradas entre área inundada e referência por elemento químico analisado.

Resultados parecidos a esse foram encontrados no estudo realizado pela equipe do NACAB na Região 3. Porém, deve-se destacar que, as concentrações de metais-traço encontrados pela a UFLA nas áreas inundadas é inferior ao encontrado pela equipe do NACAB para pontos de amostragem na mesma propriedade. Esse resultado pode estar relacionado a heterogeneidade das características pedológicas dentro de uma mesma propriedade e/ou aos métodos utilizados nos dois estudos, tanto para coleta quanto para análise, impossibilitando a comparação direta. Deve-se destacar, porém, que ambos os estudos, considerando apenas os dois primeiros relatórios produzidos pela UFLA, identificaram áreas com metais-traço acima do Valores de Prevenção e Investigação, indicando a necessidade de medidas de mitigação específicas ao caso.

Em relação aos indicadores microbiológicos e bioquímicos do solo não foram encontradas diferenças significativas entre as áreas inundadas e referência. Não foram apresentadas discussões relacionadas a granulometria do solo. Dados de granulometria são extremamente importantes uma vez que o rejeito apresenta, em sua maior parte, partículas finas de silte e argila (NACAB, 2020). A deposição de partículas finas sobre o solo causa o selamento superficial do solo e entupimento dos poros, aumentando a sua compactação (NACAB, 2020). A alteração da textura e estrutura do solo diante a deposição de uma camada de material fino pode causar dificuldades de infiltração da água, aumento do escoamento superficial e erosão, diminuição da fertilidade natural, dificuldade no crescimento das raízes, prejuízos ao estabelecimento e desenvolvimento de espécies vegetais e conseqüentemente, impactos na produção agropecuária e na renda das pessoas atingidas (NACAB, 2020).

De qualquer forma, ainda cabe considerar os problemas metodológicos existentes no estudo realizado pela UFLA. O primeiro, e talvez mais grave, refere-se ao desenho amostral proposto pela equipe técnica responsável pelo estudo. Neste estudo, foram amostradas apenas 24 áreas de interesse ao longo de toda a calha do rio Paraopeba atingida. Esse número é extremamente baixo se considerado o tamanho da área atingida pelas cheias do rio Paraopeba em 2020 e as variações geológicas e pedológicas existentes na Região 3. A título exemplificativo, apenas dentro da Região 3 existem 6 unidades da paisagem, definidas a partir das características pedológicas e morfológicas da região. Desta forma, entende-se que a amostragem de apenas 11 áreas não garante um número mínimo de amostragem por unidade da paisagem, minimizando a efetividade do estudo, visto que essas características naturais da paisagem são variáveis de extrema importância na avaliação de elementos potencialmente tóxicos, como mencionado pelos próprios técnicos da UFLA. De forma comparativa, enquanto a UFLA avaliou 11 pontos de amostragem dentro da Região 3, a equipe do NACAB avaliou 169 pontos de amostragem apenas nessa região, considerando pontos em áreas impactadas e pontos em área controle (Figura 1).

Figura 1: Comparação entre os pontos de coleta de amostras do estudo realizado pela UFLA e o estudo realizado pelo NACAB, na Região 3.



**Legenda**

- Pontos de amostragem da UFLA
  - Pontos de amostragem do NACAB
  - ▭ Municípios da Região 3
  - ▬ Rio Paraopeba
- UP**
- UP1
  - UP2
  - UP3
  - UP4
  - UP5
  - UP6

Assessoria  
Técnica  
Independente  
**PARAOPEBA**

**NACAB**  
NÚCLEO DE ASESORIA  
AS COMUNIDADES ATINGIDAS  
POR BARRAGENS

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 / UTM - Zona 23S

Autor: Ramon Neto Rodrigues

Data: 15/10/2021

Produção: Assessoria Técnica Independente - Região 3

Fonte: IBGE, 2020; IGAM, 2017; UFLA, 2021.

Desta forma, entende-se que o número de amostras é significativamente baixo para o tamanho da área inundada. Se considerarmos os dados da zona de inundação mapeada pelo estudo realizado pelo NACAB, e enviado as IJ's, intitulado "Avaliação de Riscos de Cheias", a área total atingida pelas cheias é de aproximadamente 10.720 hectares (NACAB, 2021). Isso significa que o desenho amostral adotado pela UFLA, considera um ponto de amostragem a cada, aproximadamente 1.000 hectares de áreas inundada, o que diminui as chances de detecção de possíveis metais traço e inviabiliza comparações técnicas efetivas.

Além disso é importante ressaltar que a metodologia adotada para coleta dos pontos de referência. No estudo realizado pela UFLA, a coleta de ponto de referência foi realizada próxima ao ponto controle, dentro da mesma propriedade, porém fora da área de inundação. O problema desse tipo de metodologia é que áreas de várzea, de inundação constantes, normalmente possuem um tipo de solo diferente das áreas mais altas da paisagem (SOUZA et al, 2015). Desta forma, entende-se que a comparação dessas áreas para avaliação de diferenças estatísticas se torna inviável por não isolar o efeito das características naturais intrínsecas ao tipo do solo. Sugere-se, portanto, que a comparação para avaliação de possíveis efeitos da inundação seja feita considerando áreas de várzeas atingidas pelas cheias do rio Paraopeba e áreas de várzeas não atingidas dentro de uma mesma unidade da paisagem e com usos e cobertura do solo parecidos.

O estudo completo realizado pela UFLA ainda não foi disponibilizado para a equipe técnica do ATI Paraopeba para estudo e repasse aos atingidos. Acredita-se que parte desse estudo compoinha o capítulo 2 do Plano de Reparação Socioambiental da empresa ARCADIS S.A, contratada pela Vale S.A, porém o mesmo, ainda se encontra corrompido, impossibilitando o seu estudo. Estamos aguardando os documentos serem disponibilizados para compartilhar novas informações, caso existentes, com as comunidades atingidas.

### **3.2 ESPÉCIES VEGETAIS E PRODUTOS DERIVADOS**

Não houve atualizações em relação a dados secundários sobre esses fatores bióticos. Desta forma, os dados mais atualizados sobre contaminação e danos diretos são os divulgados no 1º Relatório Trimestral dos danos causados pelo rompimento sobre fatores bióticos e abióticos da Região 3. Apesar da empresa Vale S.A. ter publicado o Plano de Reparação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba em maio de 2021, o documento com o capítulo que apresenta os dados de contaminação pós-rompimento está corrompido, o que impede o acesso dos dados pela equipe do NACAB. Estamos aguardando os documentos serem disponibilizados para compartilhar novas informações, caso existentes, com as comunidades atingidas.

De qualquer forma, no capítulo 1 do respectivo plano, referente ao Diagnóstico Pretérito, a Vale S.A traz uma contextualização das espécies de macrófitas aquáticas encontradas na região atingida. Nesse capítulo a empresa Arcadis, contratada da Vale S.A para realização do estudo, traz os resultados da avaliação de riqueza de espécies de dois pontos de amostragem, uma realizada no reservatório de Retiro Baixo e outra no rio Betim. **Ambos os pontos estão situados fora da Região 3.** Nesses dois pontos foram identificadas 9 espécies de macrófitas aquáticas. Os resultados mostram que as espécies observadas nos reservatórios são distintas, co-existindo apenas o gênero *Polygonum* nos dois reservatórios que, portanto, possuem baixa similaridade. A comunidade de macrófitas aquáticas e seus bancos foram compostos basicamente de espécies ruderais, oportunistas e/ou invasoras, com elevado potencial de crescimento excessivo, principalmente nos casos de excessivo aporte de nutrientes advindos de fontes antrópicas.

As macrófitas flutuantes são observadas em diferentes trechos do rio Paraopeba, mas os registros formais estão restritos aos reservatórios de Retiro Baixo. Segundo a equipe técnica responsável pelo plano, por estarem à deriva no rio Paraopeba, os principais fatores limitantes de crescimento são a correnteza, velocidade do vento e estado trófico do ambiente, visto que não estão em contato com o sedimento. Já espécies enraizadas, restritas às margens, independem do estado trófico do ambiente visto que a busca por nutrientes é feita pelo contato direto com o sedimento. Além disso, as macrófitas submersas, além desses aspectos, sofrem com a turbidez da água. Desta forma, têm-se que alterações nos ecossistemas aquáticos que promovam o aporte de matéria orgânica podem favorecer as espécies flutuantes, enquanto impactos que promovam deposição de sedimentos beneficiam as espécies enraizadas, tendo aumento de turbidez como fator limitante às espécies submersas. Aporte de matéria orgânica, elevação de turbidez das águas e aumento da deposição de sedimentos são impactos esperados na bacia do rio Paraopeba, e, portanto, os danos as espécies de macrófitas enraizadas e submersas, serão significativos nessa bacia (ARCADIS, 2020).

Para espécies terrestre, o capítulo 1, não traz informações de danos, apenas uma análise da composição florística da bacia do rio Paraopeba, baseada em dados secundários. Não há menção nesse documento para possíveis danos na Região 3. Espera-se que no próximo relatório trimestral, as informações pós-rompimento do Plano de Reparação Socioambiental, estejam disponíveis para consulta.

### **3.3 ANIMAIS DOMÉSTICOS E PRODUTOS DERIVADOS, E FAUNA SILVESTRE**

Não foram encontrados novos estudos relacionados aos níveis de contaminação e/ou mortalidade de animais domésticos na Região 3. Apesar da empresa Vale S.A. ter publicado o Plano de Reparação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba em maio de 2021, o documento com o capítulo que apresenta os dados de contaminação pós-rompimento está corrompido, o que impede o acesso dos dados pela equipe do NACAB. Estamos aguardando os documentos serem disponibilizados para compartilhar novas informações, caso existentes, com as comunidades atingidas.

Em relação a fauna silvestre, o capítulo 1, do Plano de Reparação Socioambiental, traz uma contextualização geral da riqueza de espécies existentes na Bacia do rio Paraopeba. Essa avaliação foi realizada com base em dados secundários provenientes de artigos, publicações institucionais, documentos técnicos provenientes de outros estudos e coleções biológicas dos museus. Como principais resultados, a compilação de todos os dados revelou uma alta riqueza de espécies da fauna silvestre, ampliando as listas até então feitas para a Bacia do rio Paraopeba. Esse estudo também revela que a Bacia do rio Paraopeba abriga um alto número de espécies da fauna com algum grau de ameaça e endemismo. Esse tipo de resultado revela a importância de estudos focalizados nos possíveis danos do rompimento para essas espécies, principalmente para aquelas que utilizavam diretamente o rio Paraopeba e possíveis medidas de mitigação.

Importante destacar que o diagnóstico pretérito, capítulo 1 do Plano de Reparação Socioambiental, não traz dados referentes à concentração de metais pesados e contaminantes em animais domésticos e silvestres antes do rompimento. A inexistência desse tipo de informação impossibilita comparações futuras e possíveis análises diretas de causalidade, sendo necessária a adoção de medidas paliativas, como a adoção de grupos controle a jusante da bacia, com pressões antrópicas distintas. Espera-se que no próximo relatório trimestral, as informações pós-rompimento do Plano de Reparação Socioambiental, estejam disponíveis para consulta.

### **3.4 MATERIAL PARTICULADO E POEIRA DOMICILIAR**

Apesar da realização de pesquisas pela equipe do NACAB em bancos de dados de órgãos públicos e periódicos científicos, não foram encontradas publicações com análises físico-químicas de material particulado dentro ou próximo às zonas afetadas pela deposição de material às margens do rio Paraopeba na Região 3. Apesar da empresa Vale S.A. ter publicado o Plano de Reparação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba em maio de

2021, o documento com o capítulo que apresenta os dados de contaminação pós-rompimento está corrompido, o que impede o acesso dos dados pela equipe do NACAB. Estamos aguardando os documentos serem disponibilizados para compartilhar novas informações, caso existentes, com as comunidades atingidas. Os dados utilizados pela Vale S.A em seu diagnóstico pretérito, capítulo 1 do Plano de Reparação Socioambiental, já foram sistematizados e analisados pela equipe técnica do NACAB. Os resultados foram apresentados e discutidos no Diagnóstico Socioambiental Emergencial finalizado em janeiro de 2021 e disponibilizado no site do NACAB para consulta dos atingidos.

### 3.5 ICTIOFAUNA

Em julho, a equipe da Gerência Socioambiental teve acesso a um artigo denominado “*Heavy metals affecting Neotropical freshwater fish: A review of the last 10 years of research*” (Metais pesados afetando peixes neotropicais de água doce: uma revisão dos últimos 10 anos de pesquisa), produzido por Paschoalini e Bazzoli (2021). Neste trabalho, é mencionado o estudo “*Heavy metal contamination in a highly consumed Brazilian fish: immunohistochemical and histopathological assessments*” (Contaminação por metais pesados em peixes brasileiros de alto consumo: avaliações imunohistoquímicas e histopatológicas) realizado por Savassi et al. (2020). Apesar da recente produção desse artigo, ele traz os resultados relativos a uma coleta de indivíduos da espécie *Salminus franciscanus* realizada nos rios Abaeté e Paraopeba durante a estação reprodutiva (outubro a fevereiro) de 2010, 2011 e 2012. Assim, considerando que os dados pré-rompimento foram apresentados no Diagnóstico Emergencial e que os Relatórios Trimestrais trazem informações sobre danos pós-rompimento, não é objetivo deste relatório abordar esse estudo de Savassi et al. (2020), cuja discussão, em certa medida, tem similaridade com os resultados já apresentados em outro estudo (Savassi et al., 2016) desenvolvido pelos mesmos pesquisadores e com os mesmos indivíduos de peixes.

No Plano de Reparação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba, são apresentados os resultados da *Avaliação ecotoxicológica do Rio Paraopeba e São Francisco após o rompimento da barragem B-I da mina córrego do Feijão em Brumadinho*. Essa avaliação foi realizada durante o período de 26 de janeiro a 20 de maio de 2020. Os resultados dos testes utilizando a espécie de peixe *Danio rerio* revelaram poucos efeitos de toxicidade aguda nos pontos estudados na bacia do rio Paraopeba. Ao todo 0,82% das amostras (4/490) apresentaram toxicidade, sendo observado efeito em: córrego Boa Esperança, rio Paraopeba, montante linha férrea e montante Três Marias, em abril de 2019. Estes resultados foram pontuais, sem estabelecimento de padrões claros espaciais ou temporais (APLYSIA,

2020a apud ARCADIS, 2020, p. 104). A equipe do NACAB não teve acesso ao estudo original da APLYSIA (2020a).

Da mesma forma, o estudo “*Avaliação da bioacumulação de metais em peixes do rio Paraopeba e São Francisco antes da passagem da pluma de turbidez proveniente do rompimento da barragem da mina córrego do Feijão – MG*”, caracterizado como baseline, teve sua primeira campanha imediatamente após o rompimento. Essa campanha abrangeu 13 pontos amostrais distribuídos no rio Paraopeba desde a montante da cidade de Moeda, passando por três de seus tributários até a jusante da UHE Retiro Baixo. A área de amostragem abrangeu também o rio São Francisco, com pontos imediatamente a jusante da UHE Três Marias e a jusante da cidade de Januária. Ao todo 382 amostras de tecidos de filé e 141 de fígado foram analisadas para três níveis tróficos quanto a presença de: alumínio, antimônio, arsênio, bário, berílio, boro, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, metilmercúrio, estanho, ferro, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, prata, selênio, urânio, vanádio e zinco. Neste estudo, foram testados os fatores bióticos que interferiram na bioacumulação de metais pelos peixes, como tamanho, sexo, espécie, nível trófico e posição na coluna d’água. A partir desses resultados, as espécies foram agrupadas em níveis tróficos (carnívoro, iliófago e onívoro), permitindo uma avaliação espacial com representantes de cada grupo na maioria dos pontos amostrais. Por exemplo, as espécies *Salminus hilarii*, *Serrasalmus brandtii*, *Pachyurus francisci*, *Pachyurus squamipennis* e *Hoplias malabaricus* representaram o grupo carnívoro. *Hypostomus alatus*, *Hypostomus spp.*, *Hypostomus francisci*, *Pterygoplichthys pardalis* e *Ancistrus sp* foram consideradas do grupo iliófago. Os onívoros foram representados, em parte, pelos *Geophagus brasiliensis*, *Oreochromis niloticus*, *Pimelodus pohli*, *Pimelodus fur* e *Pimelodus maculatus* (APLYSIA, 2020b apud ARCADIS, 2020, p. 107).

O estudo de baseline evidenciou que a contaminação estava difundida ao longo do rio Paraopeba desde a montante da confluência com o ribeirão Ferro-carvão, assim como a jusante, incluindo os tributários. As maiores concentrações de metais acumulados em peixes ocorreram nos pontos localizados no rio Manso, considerando manganês, metilmercúrio, mercúrio, cromo, ferro, cádmio, cobre e arsênio. A jusante da Termoelétrica de Igarapé, foram encontradas maiores concentrações de ferro, cromo, cobre, ferro, alumínio, manganês e arsênio. Na Cachoeira da Choro, as concentrações mais elevadas foram selênio, arsênio, chumbo, cobre, zinco, cádmio e chumbo. A jusante da UHE Três Marias, as maiores concentrações foram de mercúrio, cromo e zinco.

Em relação aos grupos tróficos, as variações espaciais para os carnívoros demonstraram maiores concentrações de chumbo nos pontos do médio e baixo Paraopeba (Ribeirão Macacos, Ponte Taquara e Cachoeira do Choro), elevados teores de cromo e zinco a jusante da UHE Três Marias e maiores concentrações de alumínio abaixo da cidade de Januária.

Os iliófagos se destacaram no ponto imediatamente a jusante da Termoelétrica de Igarapé com as maiores concentrações de ferro, alumínio, manganês, cobre e arsênio. Na Cachoeira do Choro, também foram observadas maiores concentrações para cobre, zinco, cádmio e chumbo e, já em São José da Varginha (Ponte MG 060), o chumbo apresentou concentrações maiores que 0,3 mg/kg nesta guilda trófica.

Já os onívoros apresentaram maior acúmulo de metais no tributário rio Manso, principalmente em relação ao mercúrio, metilmercúrio e manganês. Esse grupo apresentou elevadas concentrações de ferro, cromo e cobre no ponto a jusante da Termoelétrica de Igarapé, assim como as maiores concentrações de arsênio e selênio foram observadas na região da Cachoeira do Choro. No ponto a jusante da UHE Três Marias, as maiores concentrações foram de mercúrio, cromo e zinco.

O rio Manso apresentou as maiores concentrações de mercúrio e metilmercúrio para os três níveis tróficos avaliados, sugerindo contaminação deste local por esses metais, já que este corpo d'água é influenciado pela ocupação humana, mineração e área industrial (APLYSIA, 2020b apud ARCADIS, 2020, p. 114). As concentrações acima de 1,0mg/kg encontradas nos peixes refletem o acúmulo deste metal ao longo da vida do animal, sendo que a coleta de baseline ocorrida 25 dias após a passagem da pluma de rejeitos, não ser tempo suficiente para interferência neste parâmetro. Das 382 amostras de filé apenas nove (2,36%), todas provenientes da espécie carnívora *S. hilarii*, mostraram concentrações de mercúrio acima do limite estabelecido pela RDC ANVISA n° 42.

Os pontos a jusante da Termoelétrica de Igarapé, Cachoeira da Choro e a jusante da UHE Três Marias apresentaram peixes com acúmulo dos metais mais representativos da bacia, como ferro, alumínio, manganês e zinco, e elementos tóxicos, como arsênio, cobre, cromo e chumbo. Segundo diagnóstico ambiental do estado feito pelo Centro Tecnológico de Minas Gerais (Cetec) em 1983, efluentes da então Companhia Mineira de Metais, atual Votorantim Metais, já eram indicados como causador de mortandades de peixes naquele trecho do rio São Francisco, em conjunto com as descargas de fundo do barramento de Três Marias. As concentrações das amostras de filé e fígado variaram bastante; entretanto, foi possível observar similaridades de respostas entre espécies do mesmo nível trófico de ambos os tecidos. As espécies que apresentaram maior acúmulo de mercúrio e metilmercúrio em amostras de filé e fígado foram do grupo carnívoro (*S. brandtii*, *S. hilarii*, *H. malabaricus*, *P. francisci* e *P. squamipennis*). As concentrações de mercúrio no filé foram, em média, três vezes maiores que no tecido hepático; para metilmercúrio a média foi seis vezes maior, conforme limite estabelecido, pela RDC Anvisa n° 42, de 1,0 mg/kg para as amostras de filé em carnívoros (APLYSIA, 2020b apud ARCADIS, 2020, p. 115). Ressalta-se que a equipe do NACAB também não teve acesso a este estudo original da APLYSIA (2020b).

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A equipe da Gerência Socioambiental seguirá buscando estudos e relatórios que apresentem dados secundários acerca dos danos ocorridos aos fatores bióticos e abióticos. Ademais, as solicitações aos órgãos competentes e demais instituições relacionadas ao processo de reparação serão retomadas periodicamente, objetivando a elucidação e atualização dos danos para compartilhamento das informações com as comunidades atingidas.

Assim que tivermos acesso à íntegra do Plano de Recuperação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba, produzido pela empresa Arcadis, as informações acerca dos danos provenientes do rompimento seguirão sendo compartilhadas com as comunidades atingidas da Região 3. De qualquer maneira, caso a equipe do NACAB não tenha acesso aos estudos originais apresentados neste Plano, torna-se inviável a análise detalhada e maior compreensão dos resultados obtidos.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANVISA. Resolução – RDC Nº 42, de 29 de agosto de 2013. Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. Ministério da Saúde, Brasília. 2013.

ARCADIS. Plano de Reparação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba – Rompimento das Barragens B1, B4 e B4-A do Complexo Paraopeba II da Mina Córrego do Feijão. Capítulo I - Diagnóstico Pretérito - Volume II. 2020.

BOSLAUGH, S. Secondary data sources for public health: a practical guide. 1st ed. Cambridge University Press, 2007.

CHOY, L. T. The Strengths and Weaknesses of Research Methodology: Comparison and Complimentary between Qualitative and Quantitative Approaches. Journal Of Humanities And Social Science, v. 19, n. 4 (3), p. 99 – 104, 2014.

NACAB. Diagnóstico Emergencial: Integração de Pesquisas sobre Meio Físico e Biótico. Belo Horizonte, Minas Gerais. ATI Paraopeba, 2020.

NACAB. Produto Final - Avaliação de risco de Cheias. Belo Horizonte, Minas Gerais. ATI Paraopeba, 2020.

POLÍCIA FEDERAL. Laudo de Perícia Criminal Federal Nº 3565/2019 – NUCRIM/SETEC/SR/PF/SP. Laudo de Perícia Criminal Federal (Meio Ambiente) investigação dos danos ocorridos no local decorrente do rompimento da barragem B1 da mina do Córrego do Feijão em 25/01/2019. 182p. 2019a.

SAVASSI, L.A.; PASCHOALINI, A.L.; ARANTES, F.P. et al. Heavy metal contamination in a highly consumed Brazilian fish: immunohistochemical and histopathological assessments. Environ. Monit. Assess. v.192, n.542 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08515-8>.

SOUZA, J.J.L.L.; ABRAHÃO, W. A.; MELLO, J. W.V. et al. Geochemistry and spatial variability of metal(loid) concentrations in soils of the state of Minas Gerais, Brazil. Science of The Total Environment. v. 505, 1. (2015). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.09.098>.

UFLA. Avaliação de Elementos Potencialmente Tóxicos em Áreas Inundadas nas Margens do rio Paraopeba após o Rompimento da Barragem da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho (MG): Período Seco de 2020. Acordo de Cooperação UFLA/VALE 004/2020. Lavras, MG. Abril de 2021.

VALE S.A. Plano de Manejo de Rejeito. Mina do Córrego do Feijão. Vale S.A. Brumadinho, 2020.