

## DUPLO ATINGIMENTO: O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FEIJÃO EM 2019 E OS IMPACTOS DAS CHEIAS EM 2022 NA BACIA DO RIO PARAOPÉBA – MINAS GERAIS, BRASIL

*DOUBLE STRIKE: THE BREAKING OF THE FEIJÃO DAM IN 2019 AND THE IMPACTS OF THE FLOODS IN 2022 IN THE PARAOPÉBA RIVER BASIN – MINAS GERAIS, BRAZIL.*

**Rodrigo Silva Lemos**

Geógrafo, Mestre e Doutor em Geografia e Análise Ambiental  
Professor Assistente – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências,  
Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental – Rio Claro/SP  
[rodrigo.s.lemos@unesp.br](mailto:rodrigo.s.lemos@unesp.br) - <https://orcid.org/0000-0002-6866-6971>

**Bernardo Beirão**

Biólogo, Mestre em Ciências e Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável (UFSJ)  
Instituto Guaicuy  
[bvbeirao@gmail.com](mailto:bvbeirao@gmail.com) - <https://orcid.org/0000-0001-6814-9475>

**Marina Paula Oliveira**

Analista Internacional, Mestre e Doutoranda em Relações Internacionais.  
Professora Substituta do Departamento de Relações Internacionais, PUC-Minas.  
[marinapaulaoliveira@gmail.com](mailto:marinapaulaoliveira@gmail.com) - <https://orcid.org/0009-0001-4176-888X>

**Mônica de Cássia Souza Campos**

Bióloga, Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, UFMG e Doutora  
em Evolução Crustal e Recursos Naturais, UFOP.  
Supervisora de Reparação Socioambiental - Instituto Guaicuy.  
[monica.cetec@gmail.com](mailto:monica.cetec@gmail.com) - <https://orcid.org/0000-0001-5754-7697>

**Regina Paula Benedetto de Carvalho**

Geógrafa, Especialista em Avaliação de Impacto Ambiental, Mestre e Doutora em  
Geografia, Pós-Doutora em Geomorfologia e Recursos Hídricos (IGC/UFMG).  
[reginapaulabenedettodec@gmail.com](mailto:reginapaulabenedettodec@gmail.com) - <https://orcid.org/0000-0002-8783-8548>

## Resumo

Este estudo investiga os impactos decorrentes do rompimento da barragem B1 da Mina Córrego do Feijão, de propriedade da empresa Vale S.A, ocorrido em janeiro de 2019, em Brumadinho, MG, e os novos impactos subsequentes gerados pelas inundações ocorridas em 2022 na bacia do Rio Paraopeba, destacando as inter-relações entre estes eventos e seus efeitos sobre a qualidade dos sedimentos e as percepções da comunidade local. Através de uma abordagem metodológica que integra análises laboratoriais quali-quantitativas dos sedimentos com entrevistas qualitativas junto aos residentes afetados, o estudo revela alterações significativas na composição geoquímica dos sedimentos e um profundo impacto na vida comunitária. Os resultados apontam para a presença de substâncias potencialmente contaminantes acima dos valores orientadores estabelecidos pela legislação, refletindo a gravidade dos impactos ambientais. Paralelamente, as narrativas dos atingidos evidenciam uma percepção de deterioração da qualidade de vida e preocupações persistentes com saúde e sustento, atribuídas tanto às contaminações do desastre quanto às adversidades trazidas pelas inundações. Este trabalho enfatiza a complexidade dos desafios enfrentados para a recuperação socioambiental da região e sublinha a necessidade de estratégias integradas que considerem tanto a reabilitação ambiental quanto o suporte socioeconômico às comunidades afetadas. As conclusões destacam a importância de abordagens interdisciplinares na gestão de desastres e recuperação de áreas impactadas, propondo um diálogo contínuo entre ciência, política e sociedade para mitigar os efeitos de eventos similares no futuro.

**Palavras-chave:** Rio Paraopeba, Rompimento de Barragem, Reparação integral para as pessoas atingidas.

## Abstract

This study investigates the impact resulting from the collapse of the B1 dam at the Córrego do Feijão Mine, owned by Vale S.A, which occurred in January 2019, in Brumadinho, MG, and the subsequent new impacts generated by the floods that occurred in 2022 in the Paraopeba River basin, highlighting the interrelations between these events and their cumulative effects on sediment quality and local community perceptions. Through a methodological approach that integrates quantitative laboratory analyses of the sediments with qualitative interviews with affected residents, the study reveals significant alterations in the geochemical composition of the sediments and a profound impact on community life. The results indicate the presence of potentially contaminating substances above the guiding values established by legislation, reflecting the severity of the environmental impacts. Concurrently, the narratives of those affected evidence a perception of deterioration in the quality of life and persistent concerns with health and livelihood, attributed both to the contamination of the disaster and the adversities brought by the floods. This work emphasizes the complexity of the challenges faced for the socio-environmental recovery of the region and underlines the need for integrated strategies that consider both environmental rehabilitation and socioeconomic support to the affected communities. The conclusions highlight the importance of interdisciplinary approaches in disaster management and recovery of impacted areas, proposing a continuous dialogue between science, politics, and society to mitigate the effects of similar events in the future.

**Keywords:** Paraopeba River, Dam Break, Full Reparation for the Affected People.

## 1. Introdução

Em 25 de janeiro de 2019, o rompimento da barragem de rejeitos B1 e soterramento das barragens B4 e B4-A1, operadas e de propriedade da empresa Vale S/A, localizadas na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão em Brumadinho, Minas Gerais, gerou a liberação massiva de sedimentos, devastando vastas extensões da região a jusante. Este desastre resultou em 272 mortes (270 pessoas nascidas e duas pessoas que não chegaram a nascer), e ainda em 2024 algumas vítimas continuam desaparecidas (MINAS GERAIS, 2024). O evento não apenas teve consequências locais, mas também causou um forte impacto nos ecossistemas

e comunidades humanas ao longo do Rio Paraopeba e até nos municípios do entorno do reservatório de Três Marias (MARTINS *et. al.*, 2021; POLIGNANO & LEMOS, 2020).

Os rejeitos liberados pelo rompimento das barragens da Mina Córrego do Feijão são compostos por sedimentos finos (69,7% de silte-argila e apenas 30,3% de areia), e sua composição química apresenta os minerais Ferro e Silício como elementos majoritários, seguido pelos metais Alumínio e Manganês (GEOENVIRON, 2019, 2021; MJSP, 2019).

Apesar do histórico dos rompimentos de barragens terem se mostrado como eventos de alto impacto e recorrentes no estado de Minas Gerais, é importante destacar que cada área e cada evento de rompimento impacta de forma específica e multifacetada as diferentes realidades ambientais e sociais nas bacias hidrográficas em que estão inseridas. Não é possível comparar de forma direta com o rompimento da barragem de Rio Verde da MBR, parte atual da Vale S.A, em Macacos, distrito de Nova Lima, localizada na RMBH, ocorrida em 10 de fevereiro de 2004; ou com o rompimento da barragem de rejeitos da mineração Herculano, ocorrida no município de Itabirito em 10 de setembro de 2014, que resultou na morte de três trabalhadores; ou ainda dialogar diretamente com o rompimento da barragem de Fundão, de propriedade da Samarco, que vitimou 19 pessoas no município de Mariana em 5 de novembro de 2015 e impactou e impacta, ainda em 2024, de forma direta pessoas e comunidades na bacia do Rio Doce (OTEMPO, 2015; MPMG, 2020; 2022).

O rompimento das barragens de rejeitos da Mina Córrego do Feijão, foi um processo único e que deve ser relevado em sua complexidade não apenas pelas características hidrogeomorfológicas da bacia, mas também pelos impactos às diferentes práticas e modos de vida, para as organizações comunitárias e para as formas de articulação social. Ainda são muitas as imprecisões de dimensionamento de danos e impactos do rompimento, contudo é importante que o fazer técnico e científico apresentem e reflexões sobre como esses impactos se mostram em sua complexidade, como se percebem dimensões cumulativas com outros impactos já percebidos e como, de forma sinérgica, novas tipologias e formas de danos podem replicar impactos ou intensificar danos já conhecidos.

Polignano e Lemos (2020) apresentam esquemas mostrando como os impactos decorrentes do rompimento alteraram as dinâmicas hidrogeomorfológicas do sistema fluvial do Rio Paraopeba, alterando o transporte e a deposição de sedimentos e de forma a impactar continuamente as dinâmicas sociais e ambientais das pessoas e diferentes comunidades. Passados vários anos do rompimento da barragem da Vale em Brumadinho, as comunidades atingidas localizadas a jusante do Rio Paraopeba foram surpreendidas com intensas inundações no ano de 2022 (G1, 2022; OTEMPO, 2022). Diferentemente do que ocorria em enchentes anteriores ao rompimento, casas, edifícios e ruas foram invadidas por sedimentos por vezes associados aos rejeitos depositados nas margens do Rio Paraopeba. Esse

processo de inundação não foi apenas intenso, mas também impactante pelas características dos sedimentos transportados pelas águas fluviais.

O objetivo do presente artigo é analisar as relações entre o rompimento da barragem de rejeitos, ocorrido em 2019, e os impactos gerados pelas intensas inundações ocorridas no Rio Paraopeba no verão de 2022. São objetivos específicos: 1) analisar a qualidade dos sedimentos depositados nas margens do Rio Paraopeba, entre os municípios de Brumadinho, Mário Campos e São Joaquim de Bicas e que foram remobilizados pelas chuvas no ano de 2022; 2) Identificar as percepções dos atingidos em relação às conexões entre o colapso da Barragem do Feijão e as inundações subsequentes de 2022.

Para alcançar os objetivos propostos, são empregados procedimentos metodológicos complementares que buscam demonstrar que o processo pode ser compreendido de maneira integrada, tanto por meio de análises técnicas e laboratoriais, quanto pela percepção das comunidades que historicamente vivenciam e constroem a paisagem do Rio Paraopeba. Esses dois procedimentos devem ser entendidos como interdependentes e são considerados essenciais para a compreensão dos impactos ambientalmente complexos decorrentes do rompimento da barragem, que, em 2024, ainda se encontra em litígio judicial relacionado à construção de medidas de reparação integral para as populações afetadas. O dano causado pelo rompimento é tanto material e objetivo quanto representativo e simbólico, exigindo uma abordagem que abarque essas múltiplas dimensões.

## 2. Metodologia

A metodologia do artigo é composta por duas dimensões complementares: a primeira é referente a análises laboratoriais das concentrações de parâmetros físico e químicos dos materiais sedimentares coletados na calha do Rio Paraopeba, após os intensos eventos de inundações ocorridos no período chuvoso de janeiro de 2022; a segunda dimensão metodológica consistiu na realização de entrevistas padronizadas qualitativas realizadas com pessoas atingidas pelas inundações. Os mapas apresentados foram elaborados no software gratuito QGIS, versão 3.4.

### *A análise laboratorial do material sedimentar*

A coleta para avaliação da composição geoquímica de sedimentos foi realizada segundo procedimentos e técnicas usuais (CETESB/ANA, 2011) em trechos fluviais influenciados pelos processos deposicionais dos rejeitos advindos do rompimento da barragem da Vale em Brumadinho, ocorrida em janeiro de 2019.

A proposição da localização dos pontos de amostragem de sedimentos considerou aspectos do relevo e da hidrografia local, características geográficas e hidrológicas, assim como as atividades econômicas desenvolvidas na bacia do Rio Paraopeba e fontes de pressão presentes. Desse modo, foram recolhidas amostras de sedimentos em seis pontos de coleta localizados em áreas deposicionais, nas margens do Rio Paraopeba, entre os municípios de Brumadinho, Mário Campos e São Joaquim de Bicas. A acessibilidade aos locais de amostragem também foi considerada para a alocação dos seis pontos. Todas as coletas ocorreram no dia 28 de janeiro de 2022, após as fortes chuvas do início do ano, que acarretaram cheias históricas e de alto impacto na bacia do Rio Paraopeba (G1, 2022; OTEMPO, 2022).

No Quadro 1 são apresentados os pontos de coleta de sedimentos e sua localização por comunidade/município são apresentados no sentido montante-jusante do Rio Paraopeba.

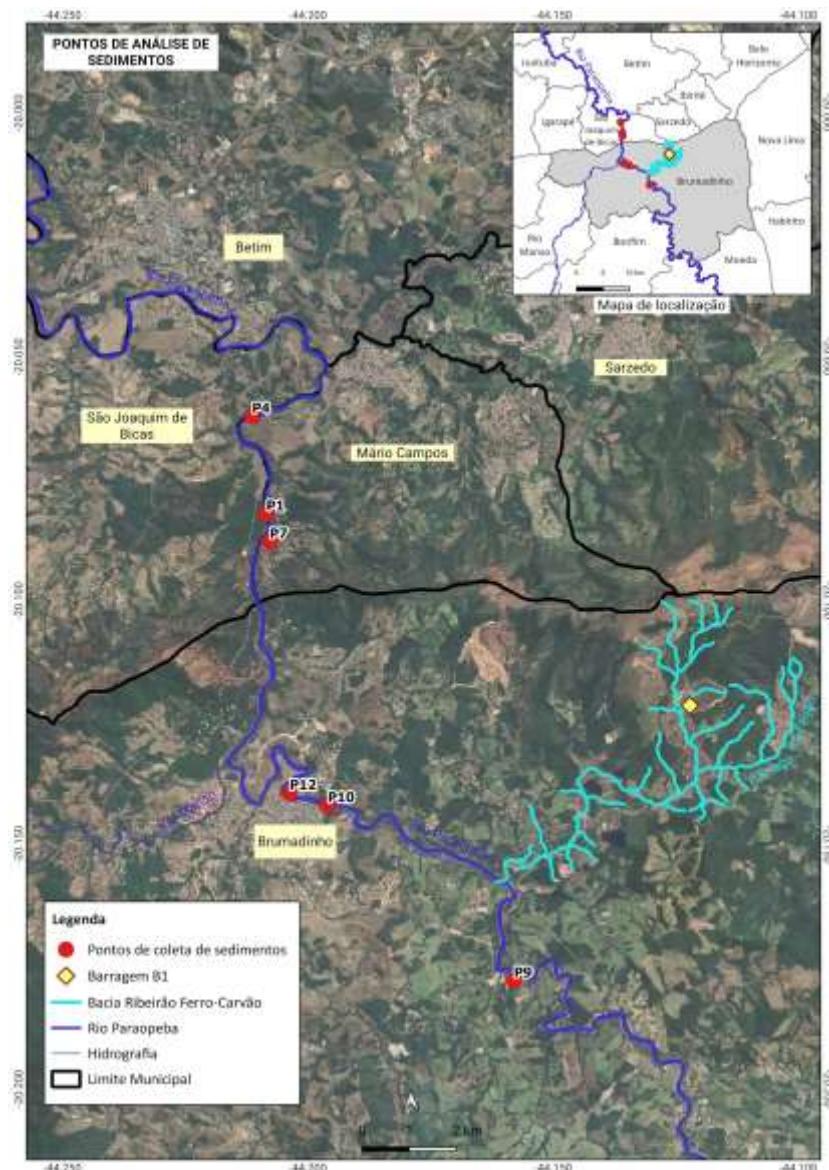
**Quadro 1.** Pontos de coleta de sedimentos nas margens do Rio Paraopeba (montante-jusante).

<b>PONTO</b>	<b>Município</b>	<b>Posição relativa à confluência com Córrego Ferro Carvão</b>
P9	Brumadinho	montante
P10	Brumadinho	jusante
P12	Brumadinho	jusante
P7	Mário Campos	jusante
	São Joaquim de Bicas	
P1	Bicas	jusante
	São Joaquim de Bicas	
P4	Bicas	jusante

**Fonte:** dos autores, 2024.

Os pontos de amostragem foram sequencialmente numerados a partir das referências das visitas realizadas em 15 localidades, onde foram realizadas as entrevistas com as comunidades. Importante destacar que a coleta de material sedimentar não foi possível em alguns locais, principalmente por risco na acessibilidade. Nesse sentido, a numeração dos pontos considerou a ordem das coletadas realizadas e foram mantidas, visto a equiparação com as numerações indexadas nos laudos laboratoriais. As amostras foram coletadas, registradas, considerando os pontos sequenciais, armazenadas de forma compatível à conservação, segundo as normas técnicas vigentes, e enviadas para análise por laboratório credenciado e certificado.

A realização das análises foi custeada por Organizações Não Governamentais com atuação em apoio às pessoas atingidas pelo rompimento da barragem. A Figura 1 apresenta os pontos de coleta de sedimentos no Rio Paraopeba e a localização da rede de drenagem da sub-bacia do Córrego Ferro Carvão, em Brumadinho, Minas Gerais.



**Figura 1.** Pontos de coleta de sedimentos nas margens do Rio Paraopeba (montante-jusante). Fonte: dos autores, 2024.

#### *Parâmetros de análise e normativas de referência*

As análises de sedimentos foram realizadas para substâncias potencialmente contaminantes do rejeito, em suas formas totais (mg/Kg). Os parâmetros selecionados de acordo com o foco deste trabalho, dentre os metais e metalóides, foram: Alumínio Total, Arsênio Total, Bário Total, Cádmio Total, Chumbo Total, Cobalto Total, Cobre Total, Cromo Total, Ferro Total, Fósforo Total (valor alerta), Manganês Total, Mercúrio Total, Níquel Total, Nitrogênio Kjeldahl, Selênio Total, Sulfeto como H<sub>2</sub>S (g), Vanádio Total, Zinco Total.

Dentre os parâmetros físicos e químicos, foram analisados: granulometria (nove categorias de acordo com a Resolução CONAMA nº 454/2012), Carbono Orgânico (%) Total valor alerta (%), Densidade aparente (g/cm<sup>3</sup>), Densidade Real g/cm<sup>3</sup>), Matéria Orgânica Total

(valor alerta), pH (Suspensão 1:1), Potencial Redox (mv), Teor de Umidade (%) (BRASIL, 2012).

As concentrações dos metais e metalóides são comparadas aos valores orientadores da Resolução CONAMA nº 454/2012 (BRASIL, 2012). Os parâmetros físicos foram analisados no intuito de avaliar as características dos sedimentos e os parâmetros químicos para avaliar as concentrações de substâncias de interesse no trecho fluvial em estudo, após o rompimento. É importante ressaltar que, para a interpretação dos resultados avaliados, os valores inferiores ao LQ (Limite de Quantificação) do método analítico foram assumidos como o próprio valor de LQ.

### *Análises qualitativas realizadas com as pessoas atingidas pelas inundações*

Os dados qualitativos foram levantados por meio de entrevistas presenciais semiestruturadas em comunidades no município de Brumadinho, Mário Campos e São Joaquim de Bicas e foram realizadas no dia 28 de janeiro de 2022. Esse instrumento metodológico teve objetivo de analisar as percepções dos impactos e dos danos sofridos pelas pessoas atingidas pelas chuvas e inundações do Rio Paraopeba, dialogando sobre as relações entre as enchentes e as inundações ocorridas em janeiro de 2022 e o desastre-crime do rompimento da barragem, ocorrido em 25 de janeiro de 2019,

Nesse sentido, o roteiro de entrevista foi elaborado e aplicado a partir de 5 questões provocadoras que orientaram a realização dos diálogos: 1) Como você identifica as causas da inundaçāo do Rio Paraopeba em janeiro de 2022? 2) Como você avalia as consequências das inundações do Rio Paraopeba para o seu modo de vida? 3) Como você avalia as relações entre as inundações e os materiais advindos do rompimento da barragem do Feijāo em 2022? 4) Os processos de inundaçāo em janeiro de 2022 impactaram nas dinâmicas econômicas ou produtivas? 5) O quē que você percebe que sāo as principais ansiedades e as suas preocupações e da comunidade em relaçāo às inundações; 6) Para você, quais seriam as ações ambientais necessárias para minimizar os efeitos dessas inundações e em outros eventos e momentos?

Participaram das entrevistas moradores diretamente impactados pelas inundações no Rio Paraopeba em 2022. As entrevistas realizadas foram gravadas, transcritas e estruturadas em sessenta e dois excertos de falas, que foram numerados e sistematizados. As informações e falas apresentadas durante as entrevistas foram tematizadas a partir dos três grupos: (i) as causalidades das inundações do Rio Paraopeba; (ii) o contexto de preocupações e ansiedades; (iii) a percepção das soluções ambientais para minimizar e evitar futuras inundações na localidade.

A análise qualitativa utilizou de técnicas e métodos de análise de conteúdo em uma organização estruturada das falas que foram consideradas mais relevantes e que foram classificadas em níveis hierárquicos de como podem ser associadas às três temáticas da pesquisa (SIMÃO, 2006). As falas foram classificadas para cada tema como sendo: diretamente associada; indiretamente associada; não relevante. Essa organização de conteúdo permitiu um entendimento de como os diferentes participantes se posicionaram a partir de cada tema, viabilizando uma leitura sobre o envolvimento e inserção nessas diferentes temáticas.

As entrevistas permitiram a conversa com oito pessoas, sendo cinco entrevistas individuais e uma entrevista coletiva que foi realizada a pedido de representantes de comunidade indígena, reconhecida como Povo e Comunidade Tradicional, e que teve a participação de três pessoas simultaneamente. Foram apresentados e registrados os termos de consentimento para a realização das entrevistas. Os entrevistados foram escolhidos por disponibilidade durante os períodos de coletas de materiais sedimentares, por terem percebido impactos pelas inundações em suas dinâmicas de vida e por indicação de movimentos e organizações ambientais atuantes no processo de reparação das pessoas atingidas.

### **3. Resultados**

Considerando os procedimentos metodológicos, os resultados serão apresentados em dois grupos complementares: resultados de análise quantitativa e resultados de análise qualitativa.

#### *Resultados da análise quali-quantitativa dos materiais sedimentares*

Em ambientes aquáticos, fatores físicos como intensidade e velocidade das correntes, associados à profundidade da coluna d'água influenciam diretamente na composição dos sedimentos, nos mecanismos de transporte e de deposição. Nos ambientes lóticos, as características dos sedimentos transportados irão depender de fatores diversos como a velocidade média da corrente (produto da declividade média), tipo de material fonte, clima e cobertura vegetal da bacia de drenagem (BRITO et al 2009). Esses fatores estão bastante interligados e, em estudos geomorfológicos e hidrológicos, é complexa a compreensão dessas relações quando vários desses fatores variam espacial e temporalmente dentro da bacia de drenagem. Assim, as condições climáticas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas, a vegetação e o uso da terra são fatores determinantes sobre o comportamento

e qualidade dos sedimentos, atuando nos ambientes em diferentes escalas temporais e espaciais da bacia hidrográfica.

Na composição geoquímica dos sedimentos, a concentração de elementos-traço em ecossistemas aquáticos é função principalmente das características geológicas de sua bacia de drenagem (ESTEVES, 1998). Todavia, sedimentos de fundo exercem um papel importante no processo de poluição dos rios, em especial de metais pesados, considerando processos de sedimentação, podendo conter elementos que não permanecem na coluna de água e que podem ser ressolvabilizados por mudanças nas condições ambientais (BEVILACQUA 1996).

No presente contexto, é relevante ter-se em conta que o período chuvoso é o mais crítico para os processos hidrodinâmicos determinantes no transporte e na deposição das partículas (SUGUIO, 1973, por implicar com o aumento das vazões na ressuspensão e mobilização dos sedimentos e rejeitos depositados a partir do rompimento da barragem da Mina B1. Segundo estudos conduzidos pela Vale S/A (TEC 3, 2020), a região de maior aporte de rejeitos no Rio Paraopeba foi o trecho entre a confluência do ribeirão Ferro-Carvão, PT-09 (município de Brumadinho), onde o volume de rejeitos depositados até o início do mês de março de 2020 esteve entre 84,80% (5.342.233 t – cenário natural mínimo) e cerca de 87,41% (5.405.564 t cenário natural médio). Segundo este estudo, 90% do rejeito que atingiu o Rio Paraopeba permanece concentrado até esse ponto.

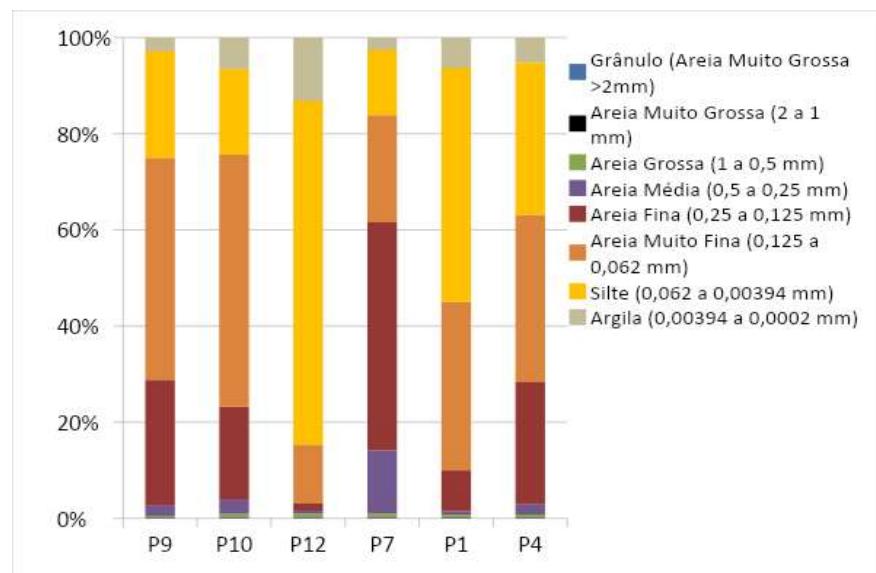
O perfil granulométrico dos pontos amostrais de sedimentos de margem do Rio Paraopeba coletados em janeiro de 2022 são apresentados na Figura 2. Destaca-se que o trecho em foco do Rio Paraopeba já sofreu ações de dragagens que tinham como objetivo retirar o rejeito depositado na calha do Rio Paraopeba (ARCADIS, 2021). Mesmo assim, em todos os pontos amostrados, nota-se o predomínio percentual da composição de materiais finos, ou seja, siltes e argilas, que se relacionam à natureza dos rejeitos extravasados pelo rompimento da barragem da Vale S/A e ali depositados em grande escala.

As frações correspondentes aos grânulos, areias muito grossas, grossas e médias constituem uma pequena proporção dos sedimentos em oposição ao predomínio de areias muito finas, silte e argila na composição percentual desta matriz. Interessante observar que a dominância percentual das frações granulométricas mais finas se dá também no ponto P09, o único da rede amostral localizado a montante da confluência com o ribeirão Ferro-Carvão.

Os resultados do estudo, anteriormente citado da empresa TEC3, mostram que os depósitos de material decorrentes do rompimento foram expressivos no trecho imediatamente a jusante da confluência até o ponto de captação de água da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA no município de Brumadinho (PT-02 pertencente ao Programa de Monitoramento Emergencial – qualidade da água), implicando em modificações das seções

longitudinais e transversais do Rio Paraopeba devido à formação de depósitos de rejeito na calha e nas margens.

Há que se considerar a continuidade do aporte de sedimentos das áreas diretamente afetadas pelo desastre, em especial durante os períodos de chuva, que contribui para o transporte da massa de sedimentos para a jusante, seja por arrasto, saltação, suspensão ou diluição na água (CHRISTOFOLETTI, 1981).



**Figura 2.** Composição granulométrica percentual nos pontos de amostragem de sedimentos de margem do Rio Paraopeba (Município de Brumadinho- MG) em janeiro de 2022. Fonte: dos autores, 2024.

Outros aspectos físicos dos sedimentos são apresentados na Tabela 1, como as densidades real e aparente e teor de umidade (%) que são importantes indicadores dos processos relacionados a esta matriz. O tempo de deposição e consolidação do depósito estão diretamente relacionados ao aumento de sua densidade, em razão da maior estabilidade e resistência ao transporte. Além disso, a presença de substâncias higroscópicas, ou seja, que absorvem a água do ambiente, expressa-se pelo teor de umidade, sendo que valores mais elevados estão geralmente associados a sedimentos finos (silt e argila), resultando em uma maior possibilidade de retenção de contaminantes presentes na bacia de drenagem.

As densidades aparente e real ( $\text{g/cm}^3$ ) apresentam valores relativamente próximos entre os pontos avaliados, variando entre 1,09 a 1,35 (densidade aparente) e 2,2 a 2,38 (densidade real). O teor de umidade mostrou uma variabilidade maior entre os pontos,

tendendo a elevar-se no trecho entre os pontos P10, P12 e P7, localizados a jusante do ponto de confluência do ribeirão Ferro-Carvão até a altura da localidade de Brumadinho.

O carbono orgânico total (% COT), que também pode ser expresso por matéria orgânica total (%), o Nitrogênio Kjeldahl (mg/kg), o Fósforo Total (mg/kg), o potencial redox (EH) e o pH são atributos relacionados à presença de nutrientes, de compostos orgânicos e propriedades dos sedimentos que refletem na imobilização de contaminantes. As concentrações medidas para COT, Nitrogênio Kjeldahl e o Fósforo Total, estiveram abaixo dos valores de alerta orientados pela Resolução CONAMA nº 454/2012 (BRASIL, 2012).

O pH apresentou tendência a alcalinidade e o EH apresentou valores positivos em todos os pontos avaliados. O pH constitui uma das principais barreiras geoquímicas dos metais avaliados (REIMANN, 1998), uma vez que baixos valores indicam que o meio aquático se encontra vulnerável à mobilidade de contaminantes metálicos, mais facilmente dissolvidos em meio ácido (FORSTNER & WITTMAN, 1981). Segundo Jardim (2014), o pH e o EH são determinantes em muitas reações de importância na natureza, pois, por exemplo, dependendo destas duas variáveis, o ferro, o manganês, o carbono, o nitrogênio e o enxofre, dentre outros elementos, podem alterar drasticamente sua mobilidade e, em alguns casos, a toxicidade num dado compartimento ambiental.

As oscilações de EH podem ser normalmente esperadas para determinadas situações ou condições da natureza. Assim, uma amostra de água subterrânea rica em CO<sub>2</sub>, devido ao seu confinamento em regiões deficientes de oxigênio, certamente irá apresentar valores de EH mais negativos do que aquelas águas superficiais em contato com a atmosfera oxidante. Para a interface água-sedimento, normalmente, estas mesmas águas podem apresentar valores de EH bastante negativos, podendo ser ricas em metano e sulfeto, oriundos da extrema anoxia que se desenvolve nesta interface.

Além dos aspectos físicos dos sedimentos, na Tabela 1 também são apresentadas as concentrações químicas de substâncias potencialmente contaminantes do rejeito (GEOENVIRON, 2019, 2021; MJSP, 2019).

A Resolução CONAMA nº 454/2012 é a legislação vigente adotada ao enquadramento de sedimentos e estabelece as concentrações máximas das substâncias nos sedimentos assim como as diretrizes gerais e procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Para avaliação das alternativas de disposição em solo, os resultados da caracterização química devem ser comparados com os valores orientadores nacionais estabelecidos para solos pela Resolução CONAMA nº 420/2009 e normas estaduais vigentes: Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº02/2010 e Deliberação Normativa de Minas Gerais COPAM nº 166/2011 (BRASIL, 2009; 2012; MINAS GERAIS, 2010; 2011).

Para a avaliação das alternativas de disposição em águas sob jurisdição nacional, os resultados da caracterização química devem ser comparados com os valores orientadores previstos classificados em dois níveis: a) nível 1 - limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; b) nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota. Os valores orientadores adotados na legislação têm como referência publicações oficiais canadenses, estadunidenses e europeias conforme está descrito na legislação, isto mostra a carência de estudos referentes à sedimentologia para ambientes brasileiros.

**Tabela 1.** Resultados das análises físicas e químicas de sedimentos de margem coletados em pontos do Rio Paraopeba em janeiro de 2022.

Parâmetros de análise	Pontos de coleta						VMP CONAMA 454/2012 * <sup>12</sup>	
	P9	P10	P12	P7	P1	P4	nível 1 <sup>3</sup>	nível 2 <sup>4</sup>
Alumínio Total (mg/kg)	16200	24500	26500	47200	12100	17300		
Ferro Total (mg/kg)	61500	102000	129000	164000	79100	29200		
Manganês Total (mg/kg)	1350	3120	3160	4880	2030	832		
Arsênio Total (mg/kg)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	5.90	17.00
Bário Total (mg/kg)	91.3	157	156	205	96.1	129		
Cádmio Total(mg/kg)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0.60	3.50
Chumbo Total (mg/kg)	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	35.00	91.30
Cobalto Total (mg/kg)	15.4	23.4	22	23.2	15.9	17.3		
Cobre Total (mg/kg)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	35.70	197.00
Cromo Total (mg/kg)	65.7	96.3	83.6	102	60.6	64.7	37.30	90.00
Mercúrio Total (mg/kg)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0.17	0.486
Níquel Total (mg/kg)	26.9	44.3	38.8	53.5	28.8	35.9	18.00	35.90
Selênio Total (mg/kg)	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50		
Vanádio Total (mg/kg)	44.1	60.1	54.8	64.7	30.3	34.1		
Zinco Total (mg/kg)	40	73.2	57.8	76.4	38.8	52.3	123.00	315.00
Teor de Umidade (%)	7.79	13.52	19.27	27.59	1.65	11.26		
Nitrogênio Kjeldahl (mg/kg)	282	563.6	140.4	281.9	140	281.5	valor alerta = 4800	
Carbono Orgânico Total (%)	< 0,200	0.846	0.584	0.848	0.202	0.487	valor alerta = 10	
Matéria Orgânica Total (%)	0.22	0.44	0.44	0.55	0.33	0.55		
pH (Suspensão 1:1)	8.92	8.14	7.89	7.92	8.48	8.47		
Potencial Redox EH (mV)	380.2	397.2	395.7	379.7	384.5	383.5		
Densidade Real (g/cm <sup>3</sup> )	2.25	2.2	2.2	2.27	2.2	2.38		

<sup>1</sup> VMP = valor máximo permitido

<sup>2</sup> Valores destacados por cores estão acima dos limites estabelecidos para os níveis 1 (amarelo) e 2 (vermelho) da legislação CONAMA 454 de 2012

<sup>3</sup> Nível 1- limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota

<sup>4</sup>Nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota

Fósforo Total (mg/kg)	263	573	507	808	369	555	valor alerta = 2000
Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.28	1.11	1.24	1.09	1.32	1.35	
Sulfeto (como H <sub>2</sub> S) (g)	< 24	< 26	< 28	< 29	< 23	< 24	

**Fonte:** Instituto Guaicuy 2022.

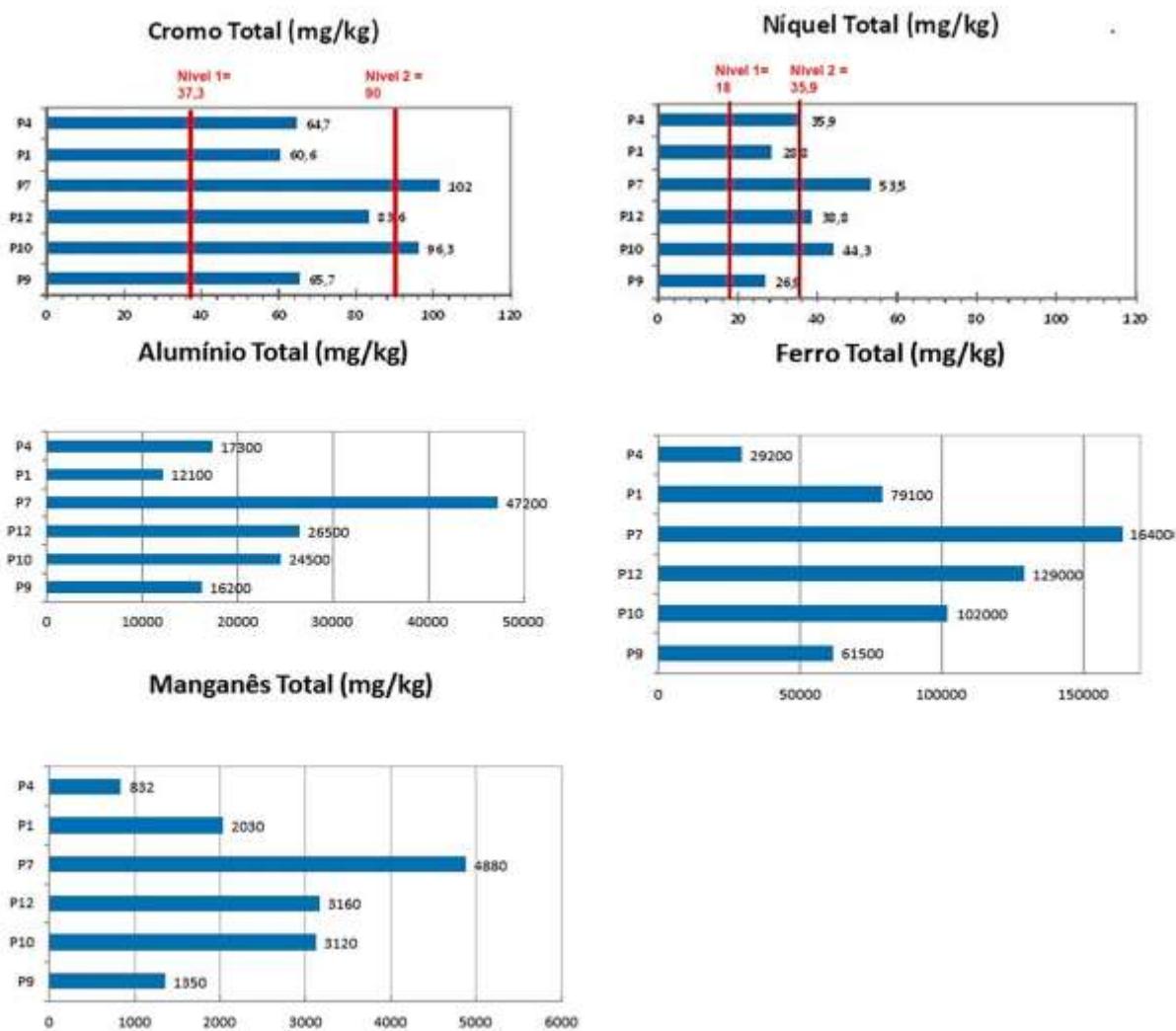
Foram analisadas seis amostras de sedimentos de margem obtidas em janeiro de 2022. Os sedimentos apresentaram não conformidades em relação aos valores orientadores para os níveis 1 ou 2 da CONAMA 454/2012 para as concentrações dos metais Cromo Total e Níquel Total. Arsênio Total, Cádmio Total, Chumbo Total, Cobre Total, Mercúrio Total, Selênio Total apresentaram concentrações menores que os limites de quantificação dos métodos (LQs) em todos os pontos. O Zinco total apresentou resultados que atenderam aos limites preconizados pela legislação para ambos os níveis, 1 e 2. Para os metais Bário Total, Cobalto Total, Vanádio Total não existem valores orientadores na legislação, porém destaca-se que para todos eles as concentrações no ponto acima da confluência com o ribeirão Ferro-Carvão foram as menores em comparação aos pontos de jusante.

A legislação também não apresenta valores orientadores para Alumínio, Ferro e Manganês, Totais, todavia são elementos importantes no contexto deste estudo por estarem presentes nos rejeitos conforme descrito anteriormente.

Na Figura 3 apresentam a distribuição espacial das concentrações obtidas para os metais Alumínio, Ferro, Manganês, Cromo e Níquel. Alumínio, Ferro e Manganês foram considerados pela sua relevância na composição dos rejeitos, e o Cromo e Níquel por apresentarem os maiores percentuais de violações sendo que o Níquel também pode ser encontrado na composição dos rejeitos, ainda que em concentrações menores do que os demais elementos (GEOENVIRON, 2019, 2021; MJSP, 2019). Cabe destacar que os pontos de amostragem dispostos no eixo vertical das figuras estão ordenados no sentido de montante para jusante ao longo do Rio Paraopeba a partir do ponto P9, o primeiro localizado no trecho fluvial avaliado e a montante da confluência com o ribeirão Ferro-Carvão e todos os demais localizados a jusante do tributário, sendo o P4 o mais a jusante da rede.

Em relação às concentrações de Cromo e Níquel (Figura 3), verifica-se um padrão de distribuição espacial semelhante para esses dois metais. Ambos estão acima dos limites estabelecidos pela legislação em todos os pontos, sendo que no ponto P1 foram encontradas as menores concentrações de Cromo (60,6 mg/kg), e no ponto P9 foram verificadas as menores concentrações de Níquel (26,9 mg/kg), que registraram violações apenas ao nível 1 da CONAMA nº 454, menos crítico. Os pontos com concentrações mais elevadas para Cromo e Níquel e que violam o nível 2 da CONAMA nº 454, são os pontos P10 (96,3 mg/kg)

e P7 (102 mg/kg), sendo que há uma atenuação das concentrações registradas nos sedimentos dos pontos P1 e P4, mais a jusante no sentido longitudinal do percurso do rio.



**Figura 3.** Concentrações (mg/kg) de metais aferidos na análise quantitativa. **Fonte:** dos autores, 2024.

O Alumínio e o Ferro estão presentes em grandes quantidades ao longo de todo o trecho avaliado, e seguem o mesmo padrão, distribuição, espacial, ou seja, as menores concentrações correspondem aos pontos P9, P1 e P4, e as mais elevadas aos pontos P10, P12 e P7, sendo este último o local com o registro máximo do teor em Alumínio (47200 mg/kg) e em Ferro (164000 mg/Kg). O teor de Alumínio neste local foi cerca de 2,6 vezes maior que o P9 e o teor de Ferro superou em 3 vezes o registrado no ponto P9, localizado a montante da confluência com o ribeirão Ferro-Carvão.

O Manganês segue a mesma tendência que o Alumínio e o Ferro e ocorre em menores concentrações nos sedimentos de margem comparativamente aos metais citados, sua

variação está entre 1350mg/kg a 4880mg/kg; atinge o valor máximo no P7 (4880 mg/kg), quase 4 vezes mais do que o ponto P9.

As análises laboratoriais demonstraram que os sedimentos mobilizados pelas inundações tinham características químicas e físicas equivalentes aos sedimentos despejados no Rio Paraopeba a partir do rompimento da barragem.

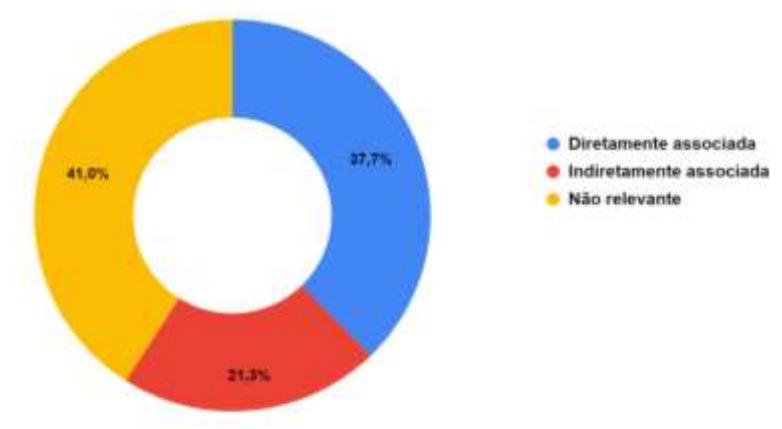
Estudos como os da Geoenviron (2019, 2021) apontam que a predominância das alterações de Alumínio, Cromo, Ferro, Manganês e Níquel no trecho do Rio Paraopeba estudado ocorre porque, além dos rejeitos conterem elevadas concentrações desses metais, a região do Quadrilátero Ferrífero (onde está situada a área de estudo) é marcada geologicamente pela manifestação abundância dessas mesmas substâncias nos solos e nas águas. Apesar disso, conforme ressalta o relatório técnico do Instituto Guaicuy (2022), é preciso considerar que impactos causados pela mineração (entre outras atividades humanas) são responsáveis pela disponibilização dessas e outras substâncias no ambiente, podendo elevar suas concentrações nas águas subterrâneas, superficiais e nos solos (INSTITUTO GUAICUY, 2022).

### *A percepção da população: relações entre rompimento e as inundações*

Apresentar leituras em processos tão complexos e multifacetados, que envolvem uma diversidade de sentimentos e contextos, como os efeitos gerados pelas inundações de 2022, associados a outro evento traumático que foi o rompimento da barragem de feijão, em 2019 é um processo muito complexo. A partir das entrevistas e sua sistematização e estruturação para análise, foram realizados diálogos e aproximações entre as questões apresentadas para os entrevistados. As questões foram agrupadas em 04 eixos centrais, como apresentado na metodologia, e são a seguir discutidas e dialogadas de acordo com a sua recorrência e considerando o sentido das falas e suas qualidades.

As questões e reflexões trazidas pelos entrevistados foram agrupadas em três temas referenciais, sendo eles: (1) Os sedimentos e as inundações; (2) Intensificação dos impactos; e (3) Preocupações e ansiedades. No primeiro tema, foram apresentados os relatos referentes à associação entre os sedimentos da barragem e os sedimentos das enchentes. No segundo tema foram sistematizadas as falas que discorreram sobre a intensificação dos impactos das enchentes, em comparação aos anos anteriores. Por fim, o terceiro tema reúne as preocupações dos atingidos em relação à criação de políticas públicas ambientais a fim de solucionar os problemas vividos em janeiro de 2022 e evitar a repetição deste fenômeno em anos seguintes.

Ao longo das entrevistas realizadas, conforme apresentado na Figura 4 a seguir, identificou-se que 59% das falas dos entrevistados relataram a associação, seja direta ou indireta, entre os sedimentos mobilizados pelas inundações e os sedimentos mobilizados pelo rompimento da barragem em 2019.



**Figura 4.** Falas que indicam que os sedimentos mobilizados pelas inundações estão associados aos rejeitos depositados pelo rompimento da barragem. Fonte: dos autores, 2024.

O entrevistado 1, agricultor familiar, destacou que em enchentes anteriores, os sedimentos deixados pelo rio tinham natureza diferente dos sedimentos deixados pelas inundações em 2022. Para ele, isso seria resultado dos rejeitos da barragem que foram depositados no fundo do Rio Paraopeba: "(...) o rio não tinha esse minério, então esse minério é provavelmente que esse rejeito veio lá da barragem e ficou armazenado no fundo do rio. Veio essa enchente e jogou pra fora esse rejeito de minério" (Entrevistado 1). Na avaliação do entrevistado, uma das principais diferenças entre os sedimentos provenientes das inundações de 2022 em relação a outras inundações, diz respeito ao manejo da agricultura: "(...) quando vem a enchente, aí ela vai embora e a gente consegue plantar normalmente, mas com essa lama aí não tem como" (entrevistado 1).

De maneira complementar, o entrevistado 2 destacou que o transtorno em relação à lama trazida pelas enchentes é o que mostra uma conexão entre os rejeitos provenientes da barragem e das enchentes de 2022, "até porque enchente sempre teve" (Entrevista 2).

Nesta mesma direção, o entrevistado 3 reforçou a diferença dos sedimentos das inundações ocorridas nos territórios atingidos pelo rompimento da barragem em comparação a outros municípios:

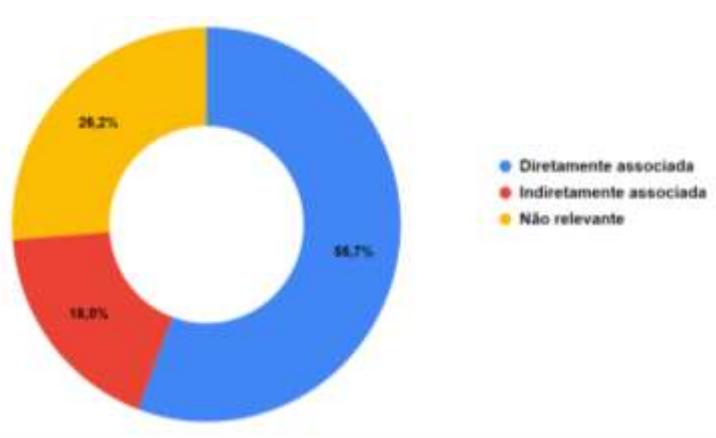
"(...) eu falo pelo transtorno que teve de lamaçal que deixou com a gente porque você vai nas cidades vizinhas aí pra cima, Lafaiete, Congonhas, Jeceaba, até aqui por perto mesmo Barreiras mesmo, a areia que a enchente deixou ela é branquinha, você aproveita ela. Você vai e pega uma areia de lá, pega uma areia daqui; a daqui é uma lama, é um grude" (Entrevista 3).

As avaliações comparativas entre enchentes anteriores ao rompimento da barragem subsidiam o entendimento dos entrevistados:

Eu avalio, até mesmo de um modo bem comparativo. Já é a terceira vez que a gente passa por enchentes aqui na nossa casa, todas as outras ficavam de resíduo uma areia, geralmente uma areia fina, uma areia branca, e dessa vez não. O que a gente tem nas nossas casas e nos nossos quintais agora com essa enchente é um barro, é um barro denso, pesado, com mal cheiro. É um barro que superficialmente ele só seca por cima, inclusive o solo ele racha todinho por cima, mas na medida que você vai tentando aprofundar e você vai retirando aquele barro, por baixo ele é um barro liguento, molhado, e aí que até mesmo dificulta você retirá-lo do próprio quintal. Algo que a gente nunca tinha visto antes e que nos leva a crer sim que tem uma relação com o material proveniente do rompimento da barragem (Entrevistado 4).

(...) antigamente tinha enchente aqui, mas não vinha, vinha água, não vinha essa lama que tá aí, esse rejeito que tá aí não, isso aí tá olho vivo aí qualquer um pode chegar e olhar. Até o pessoal que veio aí da empresa mesmo falou que isso aí não tem jeito mais de trabalhar na terra, então já saber eles sabem, não precisa nem a gente falar que eles mesmos já sabem que há destruição e impurezas nele. E aqui os ribeirinhos todos aqui ó, eu perdi a minha lavoura, perdi móveis, perdi tudo. Outros perdeu peixe que tinha o criatório de peixe ali pra cima, outros perdeu os quintais, perdeu casa, caiu, tem casa lá dependurada na beira do rio ainda, a piscina tá tudo cheio de lama. Então são coisas que não é a enchente, não podemos culpar só a enchente, são coisas que veio de lá da barragem (Entrevista 5).

A partir do relato do entrevistado 5, observou-se uma série de impactos intensificados pela lama trazida com a enchente. Os impactos listados incluíram a perda de plantações, impactos no criadouro de peixes, entre outros. Não obstante, o entrevistado relatou que a própria empresa realizou uma vistoria no local e reconheceu, ainda que informalmente, a inviabilidade de replantar as lavouras perdidas sobre os sedimentos trazidos pela enchente.



**Figura 5.** Falas que manifestam que os impactos das inundações foram intensificados devido ao Rompimento da barragem. Fonte: dos autores, 2024.

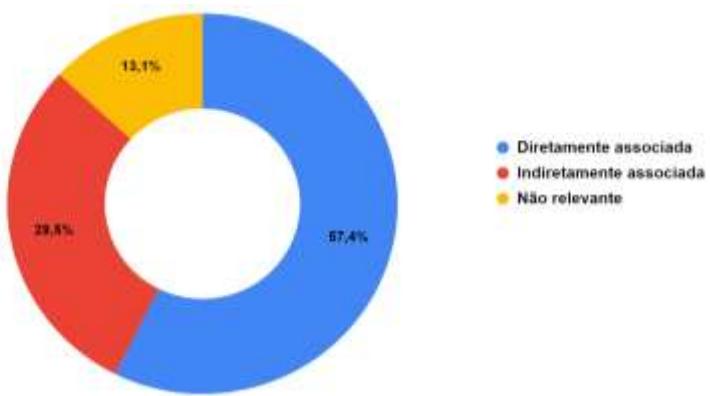
As diferentes pessoas entrevistadas identificaram, cada qual a seu modo, que o sedimento mobilizado pelas inundações no Rio Paraopeba, no trecho de análise, em 2022,

apresentava diferenças dos materiais percebidos em outros momentos de inundação do Rio. Essas diferenças são manifestadas em diferentes formas como textura é cheiro e mesmo a qualidade e quantidade de como os materiais foram depositados.

Então assim, essa enchente foi uma catástrofe mesmo porque né, a lama que não veio aquela vez pra gente veio agora, veio com tudo. E como diz, a gente limpou as casas, a gente voltou, a gente não tem como bancar um aluguel, apesar que não achar casa aqui com preço acessível então a gente era limpar e entrar. Mas os terreiros tá lá, a lama continua né, não é a lama, mas é a poeira. Eu sempre morei aqui, minha vida inteira, como se diz a minha referência de vida é aqui nessa rua, eu nunca vi coisa assim. Como diz o outro, é lamentável, porque até meu filho por exemplo de tanto que ele ficou tendo acesso a água ele deu um problema nos pés dele, foi um custo pra ele melhorar (entrevistado 2).

(...) muito triste se a gente olhar assim, pela terra que a gente tem hoje a gente não pode plantar nem colher. Hoje tem criança, tem tudo, a criança hoje não pode brincar, não tem mais aquele lazer, e hoje está tudo contaminado. É criança com o pé "pocado", é criança ferino, dando aquelas \*inaudível 03:42\*. Então é muito triste pra gente, ficar num local que a gente não se sente mais o lazer que a gente tinha. E aí a gente olha pros quatro lados e a gente não tem mais aquele lazer que a gente tinha antes sempre, que nós podíamos sair daqui tirando o pé do solo aqui agora, nós ir no rio ali tomar um banho, a gente não tem mais isso. Acabou. A gente não tem o peixe, não tem a caça, não tem mais nada, pra nós acabou tudo né. O solo tá todo contaminado (Entrevista 6)

Esse material que apresenta diferenças em relação aos materiais históricos e ao padrão de convivência das pessoas com a qualidade do sedimento se mobilizados pelo Rio Paraopeba ao longo do tempo, ressalta também ansiedades e preocupações referentes à possibilidade de impactos à saúde humana e às diferentes atividades econômicas na bacia do Rio Paraopeba. Na Figura 6 observa-se que, em 57,4 % das falas sistematizadas é possível perceber associações diretas em procedimento e as preocupações possíveis para a saúde humana.



**Figura 6.** Falas que manifestam preocupação, medo ou insegurança devido aos possíveis efeitos para a saúde a partir do contato com os materiais sedimentares das inundações. Fonte: dos autores, 2024.

A referência sobre os possíveis efeitos à saúde humana se soma às ansiedades de novos eventos e impactos:

Medo de sempre vir outra. Toda vez que a gente vê que começa a chover a gente já fica atento, a gente já fala: será que vai subir? será que a água vai subir? será que vai encher de novo? A gente fica com isso na cabeça, parece que você não descansa mais a mente não, você só fica vidrado naquilo. Porque, não moro num é porque a gente gosta, apesar que a infância inteira a gente passou aqui, a gente viu os filhos, eu vi os meus filhos, os meus netos, a minha infância eu também passei aqui. Além da gente não ter outra opção, como se diz, é uma vida, é uma parte da vida da gente. E assim, é claro que se a gente tivesse uma outra opção, tivesse outros imóveis, é claro que a gente ia correr disso, mas infelizmente a gente precisa da casa, da residência pra gente sobreviver. (Entrevista 1).

Então, nesse momento, por eu morar aqui tão perto do rio, a poeira que ficou depois que seca. É... coceira na garganta devido à poeira e a gente não sabe porque, se eu for fazer um exame detalhado né, mas eu creio que vai trazer bastante doenças pra nós porque após o rompimento falaram que não podia ter contato com a água, que não podia ter contato com a lama, tem que ter um certo cuidado, o pessoal não podia pescar no Paraopeba. De repente o Paraopeba jogou tudo pra fora, a gente querendo ou não pisou na água, usou da água, pisou na lama, então assim, cadê aquela preocupação que eles falaram antes que não podia usar? E sem querer a gente foi obrigado a usar no todo de repente, né? (Entrevista 2).

A maior preocupação é com relação à contaminação mesmo. A gente tem nesse momento uma preocupação que não nos deixa caminhar, a gente tem por exemplo os estragos que nós tivemos na casa, o estrago estrutural. A gente não sabe nesse momento se a gente conserta o estrago estrutural, o que a gente não sabe se vai continuar morando aqui, se o nosso solo tá próprio pra gente ficar. Então a gente tem aquela questão, se a gente consertar a casa, gastar o dinheiro pra consertar, mas a gente não poder ficar aqui, é um dinheiro que a gente praticamente jogou fora. A gente tem a preocupação de poder usufruir novamente do solo, poder usufruir das questões das plantações de tudo que nós temos no quintal, então esse momento é muito preocupante pra nós. É de uma incerteza muito grande,

porque a gente não tem essa resposta de nada, então a gente não sabe como retomar a vida novamente nesse momento (Entrevista 4).

O processo de reparação para um evento tão impactante como o rompimento de uma barragem não pode ser minimizado e não deve ser simplificado. Um processo de impacto ambiental como esse do rompimento, assume proporções frente a grandes eventos de impactos ambiental em nível mundial e envolve de gama multifacetada de dimensões físicas, sociais, ecológicas e econômicas, deve ser relevado dentro da sua complexidade técnica e política. As pessoas entrevistadas reconhecem a necessidade de ações diretas e que sejam efetivas para remediação dos impactos já consolidados e para se evitar que novos danos, como os ocorridos pelo processo de inundação voltem a acontecer ao longo do tempo. Importante destacar também que em um processo complexo de danos como o que é gerado a partir do rompimento de uma barragem, os diferentes danos materiais e para as formas de vida e somam a outras dimensões imateriais, como a própria saúde mental das pessoas e das populações que são impactadas por um evento como esse. É importante reconhecer que há o processo de ansiedade, de dúvida e de questionamentos que se consolidam como replicações de danos que são vividos diariamente pelas pessoas e comunidades atingidas.

Ao serem questionados sobre como entendem que devem ser as ações necessárias para evitar novos danos principalmente a partir dos processos de inundação, considerando as características morfológicas e dinâmicas hidrológicas, as pessoas entrevistadas são categóricas em reconhecer que são necessárias ações diretas de retirada dos materiais e garantia para que esses impactos não sejam replicados numa nova forma de atingimento das pessoas que já foram impactadas pelo rompimento da barragem em 2019:

A limpeza do rio. É a limpeza porque assim, toda vez que vier, vai vir os rejeitos pra gente, uai, o que não veio no dia que a barragem estourou agora tá lá no fundo do rio, vai subir. Porque por mais que eles limpem ainda vai ficar rejeito, toda vez que vir uma enchente. Agora, se fosse limpar o rio, fazer uma coisa mesmo, pra gente é difícil, mas talvez pra eles não, isso ajudaria muito porque se não toda vez que vier a lama vai vir pra dentro das casas (Entrevista 1).

Acho que o desassoreamento do rio, porque o rio foi muito... trouxe muito rejeito, muita matéria né do rompimento em de 2019. Então agarrou tudo aí nos caminhos e no fundo do rio, agora colocou isso tudo pra fora, nunca tivemos uma enchente como dessa vez. (Entrevista 3).

Nesse momento, acho que de imediato pra diminuir o impacto direto que nós estamos vivendo, seria a retirada de todo esse material dos nossos quintais. Até mesmo pra liberar mesmo o solo, pra gente ter essa segurança e essa tranquilidade de saber que pelo menos superficialmente, ali por cima ali, já não tem mais aquele material. (...). Nós percebemos, pós-enchente, que com o mínimo de chuva, o Paraopeba, ele ganhou um volume de água, então a gente já tem uma noção de que provavelmente o fundo do rio ele tá bem com

materiais acumulados, o que tá provocando essa cheia muito rápido. Então a gente pensa também no desassoreamento do rio até mesmo por chuvas futuras, a gente tem essa incerteza, será que ano que vem isso vai acontecer de novo? (Entrevista 4).

O procedimento qualitativo de entrevistas realizadas com pessoas e comunidades atingidas mostra que existe um entendimento recorrente de que o processo de inundação é intensificado e com um maior potencial de impacto para a saúde e para a qualidade ambiental das áreas após as inundações, principalmente devido à remobilização dos sedimentos advindos do rompimento da barragem. Nesse sentido, os danos gerados pelo rompimento da barragem se estendem temporalmente e espacialmente mesmo dois anos após o próprio rompimento. As chuvas de 2022, ao mobilizar esses sedimentos, diferentes impactos são intensificados gerando ansiedade nas pessoas e comunidades atingidas e têm mostrado uma replicação de danos e de impactos que ainda devem ser dimensionados, principalmente por considerar que podem acontecer novamente em outros momentos hidrológicos do Rio Paraopeba.

#### **4. Considerações finais**

Após o rompimento da barragem de Feijão em 2019, diferentes comunidades e pessoas foram impactadas de forma direta e indireta impedindo diferentes usos dos cursos da água e impactando formas de vida e modelos de organização social. O artigo analisou os efeitos das cheias de 2022 e demonstrou que tanto nas dimensões quantitativas da análise dos sedimentos quanto na lógica qualitativa, construída a partir da representação das pessoas e comunidades atingidas, é possível se perceber os impactos dos sedimentos na intensificação dos danos gerados pelas inundações.

A análise quali-quantitativa de materiais revelou não conformidades nos sedimentos em relação aos valores orientadores para substâncias potencialmente contaminantes, apontando para uma significativa alteração geoquímica decorrente do rompimento das barragens da Mina Córrego do Feijão. Tais achados são corroborados pela dimensão qualitativa, onde os depoimentos dos atingidos enfatizam uma alteração perceptível na qualidade dos sedimentos e nos impactos às suas práticas de vida e saúde. A junção dessas duas dimensões evidencia uma complexa interação entre as consequências físicas e as vivências sociais decorrentes dos eventos, reforçando a ideia de que os impactos do rompimento da barragem e subsequentes inundações transcendem os danos imediatos, afetando profundamente as dinâmicas socioambientais da bacia do Rio Paraopeba.

Os resultados enfatizam a necessidade de intervenções ambientais e políticas públicas que orientem tanto a recuperação física da bacia do Rio Paraopeba quanto o suporte

às comunidades afetadas. A necessidade de desassoreamento do rio, mencionada nos relatos qualitativos, junto com a remoção segura dos sedimentos contaminados, destaca-se como ação urgente, mas muito complexa em nível ambiental, visto que o revolvimento dos materiais de fundo pode torná-los novamente disponíveis na coluna d'água, assim como impactar sobremaneira as dimensões de ecologia fluvial do Rio Paraopeba. Essa preocupação se torna ainda mais complexa ao analisar que à jusante existem dois grandes reservatórios (Retiro Baixo e Três Marias) e que qualquer alteração deve ser cuidadosa e suficiente para não potencializar outros danos. Além disso, é fundamental o desenvolvimento de estratégias de longo prazo para a reabilitação ambiental da bacia e a reconstrução socioeconômica das áreas atingidas, garantindo a segurança, o bem-estar e a resiliência das comunidades locais.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Guaicuy pelo apoio logístico, ao Instituto de Geociências da UFMG, nas pessoas das professoras Lussandra Gianasi e Adriana Monteiro, pelo apoio metodológico e armazenamento das amostras e à Região Episcopal da Nossa Senhora do Rosário – Renser pelo apoio na realização das análises laboratoriais.

## Referências

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 2 - Caracterização socioambiental pós-rompimento e avaliação de impactos - Volume 2.** 2021. Brumadinho: [s.n.]. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/pro-brumadinho/pagina/reparacao-brumadinho-recuperacao-socioambiental-anexo-ii1>. Acesso em: 12 set. 2024.

BARTORELLI, A. Contexto geológico e evolução da rede hidrográfica do Brasil. In: HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA, F.F.M.; BARTORELLI, A. (Eds.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Editora Beca, 2012. p. 574-610.

BEVILACQUA, J. E. **Estudos Sobre a Caracterização e a Estabilidade de amostras de Sedimento do Rio Tietê – SP**. 171 f. Tese (Doutorado em Química Analítica) -Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46133/tde-13012017-122443/en.php>. Acesso em 12/09/2024.

BARROS, Luiz Fernando de Paula; MAGALHÃES JUNIOR, Antônio Pereira. Reconstituição de eventos geomorfológicos no Quadrilátero Ferrífero/MG a partir de registros deposicionais fluviais: a bacia do rio Paraopeba. **Quaternary and Environmental Geosciences**, [S.I.], v.

9, n. 2, p. 36-48, nov. 2018. ISSN 2176-6142. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/abequa/article/view/51235/36849>>. Acesso em: 12 set. 2024.

BRITO, R.N.R. et al. Características Sedimentares Fluviais Associadas ao Grau de Preservação da Mata Ciliar - Rio Urumajó, Nordeste Paraense. **Acta Amazonica**, vol. 39(1), p. 173 – 180, 2009.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB); AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras**: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326 p. Disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/Guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras-2012.pdf>. Acesso em 12/09/2024.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução Conama nº 454, de 1 de novembro de 2012**. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Brasília: Diário Oficial da União, 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução Conama nº 420, de 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília: Diário Oficial da União, 2009.

FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G. T. W. **Metal pollution in the aquatic environment**. Berlin: Springer-Verlag, 1981. 486 p.

G1. **Brumadinho: lama de barragem volta à tona no Rio Paraopeba após enchentes do início do ano**. G1, Minas Gerais, 25 jan. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2022/01/25/brumadinho-lama-de-barragem-volta-a-tona-no-rio-paraopeba-apos-enchentes-do-inicio-do-ano.ghtml>. Acesso em 05 de abril de 2024.

GEOENVIRON. **Caracterização Geoquímica dos Rejeitos Fase I**: Composição química global, análise granulométrica e classificação segundo a norma ABNT 10.004/2004. Belo Horizonte: Vale S/A, 2019. Relatório Técnico RT-MIN-VL-CF-01-19-RV00, 201p.

GEOENVIRON. **Caracterização Geoquímica dos Rejeitos Fase II**: Avaliação Mineralógica e da Estabilidade Química. Belo Horizonte: Vale S/A, 2021. Relatório Técnico RT-MIN-VL-CF-01-21-RV00, 453p.

INSTITUTO GUAICUY. **Cheias de 2022**: situação das águas subterrâneas e sedimentos nas comunidades das regiões 4 e 5 do Rio Paraopeba. Belo Horizonte: Guaicuy. 2022. 24 p.

INSTITUTO GUAICUY. **Avaliação da qualidade dos sedimentos coletados do fundo das margens e da calha central do rio Paraopeba e dos reservatórios de Retiro Baixo e de Três Marias, de 2020 a 2022**. Belo Horizonte: Guaicuy, 2022a, 78 p.

LARDIM, W. F. Medição e interpretação de valores do potencial redox (EH) em matrizes ambientais. **Quím. Nova**, vol.37, no.7, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140207>. Acesso em 12/09/2024.

MARTINS, I.; ROCHA, K.; CAMPOS, M.; GUIMARÃES, V.; BEIRÃO, B. Biodiversidade em risco: peixes e contaminação. Belo Horizonte: **Revista Manuelzão**, 2021, n. 89. p 4-5.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM); Conselho Estadual de Recursos Hídricos (COPAM/CERH). **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02, de 08 de setembro de 2010.** Institui o Programa Estadual de Gestão de Áreas Contaminadas e estabelece as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas. Belo Horizonte: Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, 2010.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM); Conselho Estadual de Recursos Hídricos (COPAM/CERH). **Deliberação Normativa COPAM nº 166, de 2011.** Altera o Anexo I da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 2, de 6 de setembro de 2010, estabelecendo os Valores de Referência de Qualidade dos Solos. Belo Horizonte: Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, 2011.

MINAS GERAIS. **Histórico do rompimento das barragens da Vale na Mina Córrego do Feijão.** Governo de Minas Gerais, 03 de Maio. 2024. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/pro-brumadinho/pagina/historico-do-rompimento-das-barragens-da-vale-na-mina-corrego-do-feijao#:~:text=O%20desastre%20provocou%20a%20morte,Bombeiros%20Militar%20de%20Minas%20Gerais>. Acesso em 07 de agosto de 2024.

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA (MJSP). **Laudo de Perícia Criminal Federal N° 1070/2019.** Superintendência Regional em Minas Gerais – SETEC/SR/PF/MG, Engenharia, 207p., 2019. Disponível em [https://politica.estadao.com.br/blogs/fausto-macedo/wp-content/uploads/sites/41/2019/11/laudo\\_1070\\_2019\\_setec\\_sr\\_pf\\_mg\\_assinado-2.pdf](https://politica.estadao.com.br/blogs/fausto-macedo/wp-content/uploads/sites/41/2019/11/laudo_1070_2019_setec_sr_pf_mg_assinado-2.pdf). Acesso em 11 de abril de 2022.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS (MPMG). **Justiça decide que diretores da mineradora Herculano devem ser julgados pelo tribunal do júri por mortes ocorridas em rompimento de barragem.** MPMG, Belo Horizonte, 19 de agosto, 2022. Disponível em: <https://www.mpmg.mp.br/portal/menu/comunicacao/noticias/justica-decide-que-diretores-da-mineradora-herculano-devem-ser-julgados-pelo-tribunal-do-juri-por-mortes-ocorridas-em-rompimento-de-barragem.shtml>. Acesso em 07 de agosto de 2024

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS (MPMG). **Rompimento da barragem de Fundão, em Mariana: resultados e desafios cinco anos após o desastre.** MPMG, Belo Horizonte, 29 de outubro, 2020. Disponível em: <https://www.mpmg.mp.br/portal/menu/comunicacao/noticias/rompimento-da-barragem-de-fundao-em-mariana-resultados-e-desafios-cinco-anos-apos-o-desastre.shtml>. Acesso em 07 de agosto de 2024

OTEMPO. **Depois de enchente, lama tóxica da Vale assusta comunidades do Paraopeba.** OTempo, [s.l.], 25 jan. 2022. Disponível em: <https://www.ontempo.com.br/cidades/depois-de-enchente-lama-toxica-da-vale-assusta-comunidades-do-paraopeba-1.2596951>. Acesso em 05 de abril de 2024.

OTEMPO. **Minas já sofreu com outros rompimentos de barragens.** OTempo, [s.l.], 05 nov. 2015. Disponível em: <https://www.ontempo.com.br/cidades/minas-ja-sofreu-com-outros-rompimentos-de-barragens-1.1159501>. Acesso em 07 de agosto de 2024.

POLIGNANO, M. V.; LEMOS, R. S. Rompimento da barragem da Vale em Brumadinho: impactos socioambientais na Bacia do Rio Paraopeba. São Paulo: **Ciência e Cultura**, v. 72, n. 2, p. 37-43, 2020. Disponível em <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252020000200011](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252020000200011)>. Acesso em 12/09/2024.

REIMANN, C.; CARITAT, P. de. **Chemical elements in the environment.** Berlin: Springer-Verlag, 1998. 398 p.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia.** São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 1973, 317p.