

**Processo SEI nº 23109.001384/2021-16**

Projeto "Desenvolvimento de estudos, relatórios e pareceres técnicos relativos às ações de reparação integral dos danos decorrentes do desastre de Fundão no município de Barra Longa/MG"

# Frente Rejeitos

## Produto 3 **Relatório de Análises Laboratoriais das Amostras de Rejeitos de Barra Longa**



Processo SEI nº 23109.001384/2021-16

Projeto "*Desenvolvimento de estudos, relatórios e pareceres técnicos relativos às ações de reparação integral dos danos decorrentes do desastre de Fundão no município de Barra Longa/MG*"

**CONTRATADA:** Universidade Federal de Ouro Preto | UFOP

**CONTRATANTE:** Associação Estadual de Defesa Ambiental e Social | AEDAS

**FUNDAÇÃO DE APOIO:** Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa | FUNDEP

**TERMO DE REFERÊNCIA:** Edital de seleção nº 06/ 2020 – AEDAS/ Barra longa

## Frente Rejeitos

### Produto 3 – Relatório de Análises Laboratoriais das Amostras de Rejeitos de Barra Longa

#### Equipe técnica

**Coordenadora Geral:** Profa. Dra. Tatiana Ribeiro de Souza

**Coordenação do Projeto de Extensão:** Profa. Dra. Karine Gonçalves Carneiro

**Coordenação do Produto AEDAS:** Lineu Vianna de Oliveira Ribeiro

**Coordenação Técnica:** Profa. Dra. Adivane Terezinha Costa

**Consultora técnica:** Profa. Dra. Olívia Maria de Paula Alves Bezerra

**Equipe técnica de Laboratório:** Adriana Tropia de Abreu, Antônio Celso Torres, Débora Vasconcelos de Oliveira e Leonardo Brandão Nogueira

**Bolsistas:** Yuri Ovídio de Paiva Soares e Carolina Aparecida Menuchi da Silva

**Voluntários/os:** Maria Tereza de Godoy Cordeiro, Alana Lima Pereira, Pedro Reis e Carlos Maurício Cruz Ayala

**Diagramação:** Anne Elly Fonseca

Trabalho vinculado ao Produto 15 - Assistência Técnica Rural II - Promoção da Assessoria Técnica aos atingidos e atingidas pela Barragem de rejeitos da Samarco (Vale e BHP Billiton) em Barra Longa - MG, para a Democratização das Decisões relativas à Reparação de Perdas e Danos.

Agosto, 2021



# SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	6
2.	METODOLOGIA.....	7
2.1	TRABALHO DE CAMPO PARA COLETA DAS AMOSTRAS .....	7
2.2	PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISES QUÍMICAS .....	7
2.3	PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISES DE MEV/EDS.....	9
2.4	TRATAMENTO DE DADOS E ELABORAÇÃO DOS MAPAS GEOQUÍMICOS.....	11
3.	DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS COLETADAS .....	13
4.	RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS.....	24
4.1	ELEMENTOS QUE ULTRAPASSARAM OS LIMITES DA LEGISLAÇÃO.....	25
4.2	CORRELAÇÃO ENTRE ELEMENTOS.....	35
5.	RESULTADOS DAS ANÁLISES POR MEV .....	37
6.	SÍNTESE SOBRE A COMPOSIÇÃO QUÍMICA E MINERALOGIA DOS DEPÓSITOS DE REJEITOS EM BARRA LONGA EM COMPARAÇÃO COM OUTROS ESTUDOS.....	44
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	45
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Amostra já peneirada com detalhe ao centro do processo de peneiramento e à direita o equipamento ICP-OES onde foram realizadas as análises químicas .....	9
<b>Figura 2:</b> Amostras analisadas no MEV (esquerda e direita).....	10
<b>Figura 3:</b> Amostras preparadas para análise (esquerda e direita).....	10
<b>Figura 4:</b> Equipamento MEV-EDS utilizado para a realização das análises mineralógicas .....	10
<b>Figura 5:</b> mapa com localização das amostras de rejeitos .....	12
<b>Figura 6:</b> Coleta de amostra nos pontos P1 e P1-A no povoado de Barretos, próximos à árvores frutíferas (coletando a amostra à esquerda e local amplo à direita).....	15
<b>Figura 7:</b> Coleta de amostra no ponto P2 na estrada de Gesteira para Barretos (local amplo à esquerda e coleta à direita) .....	15
<b>Figura 8:</b> Coleta de amostra no ponto P3 na estrada de Gesteira para Barretos (local amplo à esquerda e coleta à direita) .....	15
<b>Figura 9:</b> Coleta de amostra no ponto P4 na estrada de Gesteira para Barretos, próximo à curva do rio (coleta da amostra à esquerda e local amplo à direita) .....	16
<b>Figura 10:</b> Coleta de amostra no ponto P4 na estrada de Gesteira para Barretos, próximo à ponte (momento de coleta à esquerda e local amplo à direita).....	16

<b>Figura 11:</b> Coleta de amostra no ponto P6 na estrada de Gesteira para Barretos (coleta à esquerda e local amplo à direita) .....	16
<b>Figura 12:</b> Coleta de amostra no ponto P7 na estrada de Gesteira para Barretos (local amplo à esquerda e momento de coleta à direita).....	17
<b>Figura 13:</b> Coleta de amostra no ponto P8 na estrada de Gesteira para Barretos (local amplo à esquerda e momento da coleta à direita).....	17
<b>Figura 14:</b> Coleta de amostra no ponto P14 no povoado de Gesteira, próximo ao reassentamento (momento da coleta à esquerda e local amplo à direita).....	17
<b>Figura 15:</b> Coleta de amostra no ponto P15 no povoado de Gesteira, próximo à Igreja (local amplo à esquerda e momento da coleta à direita).....	18
<b>Figura 16:</b> Coleta de amostra no ponto P16 na estrada da Onça (momento da coleta à esquerda e local amplo à direita) .....	18
<b>Figura 17:</b> Coleta de amostra no ponto P17 na estrada da Onça (momento da coleta à esquerda e local amplo à direita) .....	18
<b>Figura 18:</b> Coleta de amostra no ponto P24 no Centro de Barra Longa/MG, na Avenida Beira Rio (esquerda e direita ilustram o momento da coleta).....	19
<b>Figura 19:</b> Coleta de amostra no ponto P25 na região do Morro Vermelho, na margem esquerda (local amplo à esquerda e momento da coleta à direita).....	19
<b>Figura 20:</b> Coleta de amostra no ponto P26 na região do Morro Vermelho, no pátio da Prefeitura (local amplo à esquerda e momento da coleta à direita).....	19
<b>Figura 21:</b> Coleta de amostra no ponto P27 na região do Morro Vermelho (esquerda e direita ilustram o momento da coleta) .....	20
<b>Figura 22:</b> Coleta de amostra no ponto P28 na região do Morro Vermelho (local amplo à esquerda e momento da coleta à direita).....	20
<b>Figura 23:</b> Coleta de amostra no ponto P29 no Centro de Barra Longa/MG, na Avenida Beira Rio (esquerda e direita ilustram o momento da coleta).....	20
<b>Figura 24:</b> Coleta de amostra no ponto P29-A no Centro de Barra Longa/MG, na Avenida Beira Rio (local amplo à esquerda e momento de coleta à direita).....	21
<b>Figura 25:</b> Coleta de amostra no ponto P30 na estrada da Onça, na margem esquerda, frente ao Parque de Exposições (momento da coleta à esquerda e local amplo à direita) .....	21
<b>Figura 26:</b> Coleta de amostra no ponto P31 na estrada da Onça, na margem direita (momento da coleta à esquerda e local amplo à direita).....	21
<b>Figura 27:</b> Coleta de amostra no ponto P32 na estrada da Onça, na margem direita (local amplo à esquerda e momento da coleta à direita).....	22
<b>Figura 28:</b> Coleta de amostra no ponto P33 na estrada da Onça, na margem direita (local amplo à esquerda e momento da coleta à direita).....	22

<b>Figura 29:</b> Coleta de amostra no ponto P34 no Centro de Barra Longa/MG (local amplo à esquerda e momento da coleta à direita).....	22
<b>Figura 30:</b> Gráfico de concentração de Arsênio nas amostras coletadas.....	26
<b>Figura 31:</b> Mapa geoquímico de concentração do Arsênio.....	26
<b>Figura 32:</b> Gráfico de concentração de Bário nas amostras coletadas.....	27
<b>Figura 33:</b> Mapa geoquímico de concentração do Bário.....	28
<b>Figura 34:</b> Gráfico de concentração de Antimônio nas amostras coletadas.....	29
<b>Figura 35:</b> Mapa geoquímico de concentração do Antimônio.....	29
<b>Figura 36:</b> Gráfico de concentração de Manganês nas amostras coletadas.....	30
<b>Figura 37:</b> Mapa geoquímico de concentração do Manganês.....	30
<b>Figura 38:</b> Gráfico de concentração de Ferro nas amostras coletadas.....	31
<b>Figura 39:</b> Mapa geoquímico de concentração do Ferro.....	32
<b>Figura 40:</b> Gráfico de correlação entre Arsênio e Manganês.....	33
<b>Figura 41:</b> Gráfico de correlação entre Antimônio e Ferro.....	34
<b>Figura 42:</b> Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P1.....	35
<b>Figura 43:</b> Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P7.....	36
<b>Figura 44:</b> Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P14.....	36
<b>Figura 45:</b> Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P15.....	37
<b>Figura 46:</b> Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P24.....	37
<b>Figura 47:</b> Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P26.....	38
<b>Figura 48:</b> Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P28.....	38
<b>Figura 49:</b> Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P29A.....	39
<b>Figura 50:</b> Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P30.....	39
<b>Figura 51:</b> Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P34.....	40

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Coordenadas e descrições dos pontos de coleta de amostras.....	13
<b>Tabela 2:</b> Dados de análises químicas dos depósitos de rejeitos em Barra Longa.....	23
<b>Tabela 3:</b> Concentrações dos elementos químicos que ultrapassaram os limites da Resolução	

CONAMA 420/09 .....	25
<b>Tabela 4:</b> Correlações de elementos (As, Sb e Fe, Mn) .....	33
<b>Tabela 5:</b> Minerais identificados por MEV-EDS .....	35
<b>Tabela 6:</b> Quadro mostrando a mineralogia e os elementos químicos encontrados acima do Limite do CONAMA 420 nos rejeitos depositados em Barra Longa considerando vários estudos anteriores ....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS

**AEDAS** - Associação Estadual de Defesa Ambiental e Social

**CONAMA** - Conselho Nacional do Meio Ambiente

**EPA** - Agência de proteção Ambiental dos Estados Unidos

**GEPSA** - Grupo de Estudos e Pesquisas Socioambientais

**ICP-OES** - Espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado

**MEV/EDS** - Microscopia Eletrônica de Varredura acoplado com Espectrometria de Energia Dispersiva

# 1. INTRODUÇÃO

O rompimento da Barragem de Fundão, operada pela Mineradora Samarco, que ocorreu em novembro de 2015, na cidade de Mariana/MG, despejou grande quantidade de rejeitos no Município de Barra Longa, MG. A partir dos dados de Jacobs e CH2M (2018) foi estimado um volume de 3,2 milhões de m<sup>3</sup> de rejeitos depositados no município, sendo que muitas dessas áreas mostraram contaminações nos solos superficiais das planícies onde vive a maior parte da comunidade da zona urbana e rural. Dados de relatórios anteriores mostraram contaminações de elementos diferenciados, muitas vezes apresentando divergências nas concentrações e também dos elementos específicos (GEPISA, 2021). Nesse contexto, esse relatório busca apresentar um diagnóstico da composição química e da mineralogia nas áreas de deposição dos rejeitos em Barra Longa, MG, visando caracterizar os rejeitos superficiais presentes nas áreas de domínios públicos e privados da comunidade.

As zonas urbana e rural de Barra Longa/MG sofreram danos sociais e ambientais irreparáveis. A composição química dos rejeitos despejados na cidade alterou a composição de sedimentos dos rios e solos das planícies e encostas, tornando essa área contaminada pela presença de substâncias ou elementos químicos potencialmente tóxicos com concentrações nocivas ao ser humano. Essa alteração da qualidade ambiental prejudica a saúde, a segurança e o bem-estar de toda a população, criando condições adversas às atividades econômicas da região e desfavorecendo as condições estéticas do meio ambiente.

Pela sensibilização das causas ambientais após o desastre de Fundão e a divergência de dados já produzidos acerca dos rejeitos em Barra Longa/MG, foram selecionados pontos críticos na área de deposição dos rejeitos que afetam diretamente a comunidade. Nesses pontos foram realizadas coletas e análises químicas e mineralógicas de amostras de rejeito e/ou solo superficial com padrões confiáveis, visando informar a comunidade sobre os riscos em que se encontram as diferentes localidades.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 TRABALHO DE CAMPO PARA COLETA DAS AMOSTRAS

A visita de campo aconteceu no dia 01/07/2021 e foi realizada por uma equipe de três pesquisadores voluntários do GEPISA, participantes do projeto e um profissional da AEDAS, tendo início às 8h e término às 18h.

As atividades de campo foram sujeitas às determinações do Protocolo de Segurança da AEDAS para desenvolvimento do projeto de extensão "Desenvolvimento de estudos, relatórios e pareceres técnicos relativos às ações de reparação integral dos danos decorrentes

do desastre de Fundão no município de Barra Longa/MG". Todas as coletas foram realizadas mediante cuidados éticos preconizados pela Resolução CNS 466, de 12 de dezembro de 2012. Foi fornecido e explicado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e obtida a concordância e posterior assinatura dos moradores em cujas adjacências ao domicílio foram coletadas amostras para análises.

Foram coletadas amostras em 25 pontos (Figura 1) localizados dentro da área delimitada pela deposição de rejeitos, dando prioridade a quintais de moradias, locais de deposição ao longo das margens e várzeas (planícies de inundação), áreas de plantação e cultivo de alimentos e pastagens de gado. Em cada ponto foi coletado 1 kg de amostra de solos superficiais com profundidade de 5 a 10 cm, priorizando o rejeito exposto (em geral apresentando coloração marrom avermelhada).

Ao identificar os pontos de coleta, realizou-se limpeza da área superficial retirando as impurezas e vegetação com enxada ou martelo estratigráfico. A seguir, procedeu-se à coleta de uma amostra composta constituída de três sub-amostras, compondo um total de aproximadamente 1 kg. As três sub-amostras abrangeram três porções diferenciadas da área selecionada. Utilizou-se enxada para desagregar as sub-amostras do solo e pá para coletá-las. A pá foi limpa com papel toalha antes da coleta da próxima amostra. Todas as três sub-amostras que compuseram a amostra final foram colocadas em sacos plásticos tamanho A4. Os sacos plásticos foram lacrados com fita crepe reforçada e os pontos e coordenadas foram anotados nas etiquetas e no saco plástico com caneta permanente, evitando perda de registro da amostra.

## 2.2 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISES QUÍMICAS

As análises laboratoriais consistiram na quantificação de elementos químicos das amostras de solo coletadas em campo, a fim de identificar a presença de elementos potencialmente tóxicos e outros elementos importantes por meio de espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

As amostras coletadas foram transportadas até o Laboratório de Geoquímica da UFOP em embalagens plásticas devidamente vedadas, etiquetadas e identificadas. Posteriormente, foram secadas em estufa a 40°C, homogeneizadas, quarteadas e passadas na peneira granulométrica de nº250. Após o peneiramento, foram retiradas alíquotas de cerca de 1 g das frações granulométricas < 250 Mesh e em seguida, foram submetidas à digestão parcial com água régia.

**Método de digestão das amostras:** digestão com Água Régia utilizando o método proposto por *Community Bureau of Reference-BCR* (RAURET et al., 2001) modificado.

**Procedimento de digestão:** Pesou-se cerca de 1,0000 g de massa seca de amostra em béquer de 100 mL. Foi adicionada pequena quantidade de água ultrapura (de 0,5 a 1,0 mL).



A seguir foram adicionados 9,30 mL de água régia (7,00 mL de HCl 37% p/p Ultrapuro Merck e 2,30 mL de HNO<sub>3</sub> 65% p/p Ultrapuro Merck). Após uma leve homogeneização, o béquer foi tampado com vidro de relógio e mantido à temperatura ambiente por 16 horas. O béquer tampado foi colocado na placa aquecedora com temperatura entre 90 °C e 100 °C por 2 horas. Após o resfriamento a mistura foi filtrada, utilizando papel de filtro quantitativo JP-41, marca **Quanty** e 9 cm Ø. Fez-se a lavagem do resíduo com água ultrapura, recolhendo o filtrado em balão volumétrico de 50,00 mL.

Em seguida, foram analisados via espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) marca Agilent, modelo 725, os seguintes elementos: Arsênio (As), Bário (Ba), Bismuto (Bi), Cádmiio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Lítio (Li), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Escândio (Sc), Estrôncio (Sr), Tório (Th), Vanádio (V), Ítrio (Y), Zinco (Zn), Berílio (Be), Manganês (Mn), Antimônio (Sb), Alumínio (Al), Ferro (Fe), Cálcio (Ca), Potássio (K), Magnésio (Mg), Sódio (Na), Chumbo (Pb), Fósforo (P), Enxofre (S) e Titânio (Ti).

**Figura 1:** Amostra já peneirada com detalhe ao centro do processo de peneiramento e à direita o equipamento ICP-OES onde foram realizadas as análises químicas



Fonte: GEPSA, 2021

### 2.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISES DE MEV/EDS

Das 25 amostras coletadas, 10 foram selecionadas para análise em MEV/EDS no Laboratório de Microanálises do Departamento de Geologia - DEGEO/UFOP, como complementação às análises em ICP-OES realizadas no Laboratório de Geoquímica da mesma instituição. A escolha das 10 amostras ocorreu mediante consulta a moradores e pessoas que conhecem bem o município, incluindo membros da AEDAS, e foi baseada em estimativas de risco devido à proximidade de residências, intensidade do acúmulo dos rejeitos ou por serem áreas de cultivo/pastagem. As amostras selecionadas para análise em MEV/EDS foram as de número P01, P07, P14, P15, P24, P26, P28, P29A, P30 e P34. As amostras e os resultados das análises em Microscopia Eletrônica de Varredura MEV/EDS permanecem sob a guarda da equipe de pesquisadores.

Após o peneiramento das amostras, os passantes de 250 Mesh foram obtidos e uma alíquota de cada uma das 10 amostras peneiradas foi separada e transportada até o Laboratório de Microanálises para análise em MEV/EDS. Lá, uma pequena porção de cada amostra foi colada em fita condutiva de carbono e metalizada com uma fina camada de carbono, por meio da evaporadora JEOL modelo JEE420. Essa última etapa foi necessária pelo fato das amostras não serem condutivas.

**Figura 2:** Amostras analisadas no MEV (esquerda e direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 3:** Amostras preparadas para análise (esquerda e direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 4:** Equipamento MEV-EDS utilizado para a realização das análises mineralógicas



Fonte: GEPSA, 2021

As amostras foram, então, imageadas por elétrons retroespalhados com aumentos de 200x e 2000x, em um microscópio eletrônico de varredura (MEV) marca JEOL, modelo JSM 6010LA. As condições analíticas incluíram aceleração de voltagem 20KV, *spot size* 70 e *work distance* de 10mm.

Também foram realizadas no MEV as análises químicas qualitativas com a técnica analítica de espectrometria dispersiva de energia (EDS). Com essa técnica foi possível detectar o percentual de óxidos presentes em pontos marcados nas amostras. Os resultados foram salvos em nuvem e colocados à disposição da equipe de pesquisadores.

## 2.4 TRATAMENTO DE DADOS E ELABORAÇÃO DOS MAPAS GEOQUÍMICOS

A partir dos dados químicos das amostras de solo, foram elaboradas tabelas no Excel e gráficos para melhor visualização e entendimento, considerando a complexidade dos dados. Os gráficos com a composição química de solos e sedimentos foram confeccionados somente para os elementos que apresentaram valores acima dos limites estabelecidos pelas resoluções CONAMA 420 /09 e pela Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA) para Ferro e Manganês, uma vez que não existe limite estabelecido para esses elementos na legislação brasileira.

Além dos gráficos de composição química, foram produzidas as correlações de Pearson e gráficos de correlação, visando compreender a relação de sorção dos elementos que apresentaram concentrações elevadas com Ferro e Manganês, entendendo que estes dois últimos elementos têm como fonte principal os rejeitos da barragem de Fundão.

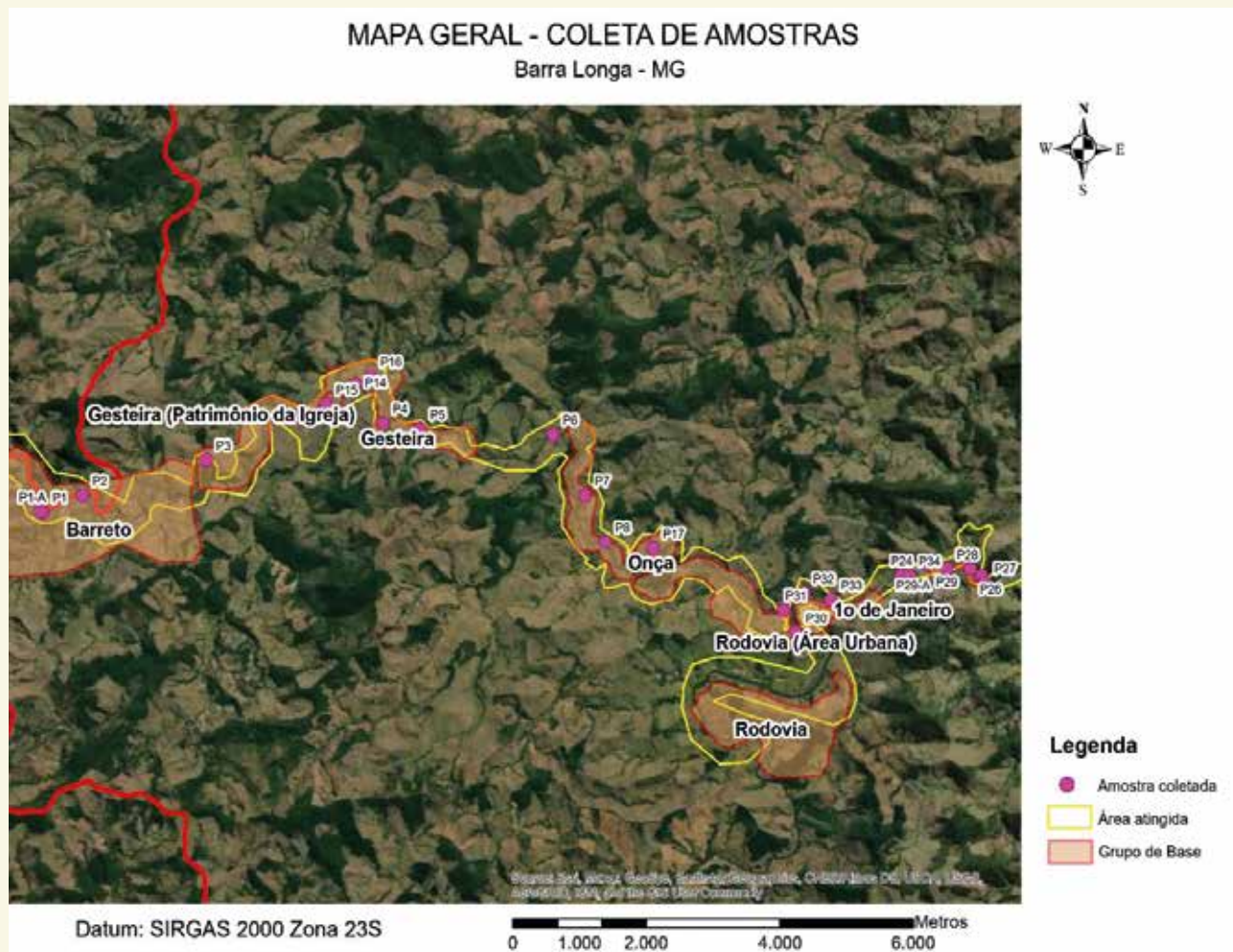
Os mapas Geoquímicos foram elaborados pelo *Software ArcGis* 10.5 e foram utilizados para melhorar o entendimento da comunidade sobre a localização das amostras que apresentaram elementos com concentrações elevadas e apresentam maior risco à saúde da população. Em linhas gerais, a classificação utilizada nas legendas e nos mapas também obedece aos limites das resoluções CONAMA 420/09 para elementos traço em solos superficiais e da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - EPA (EUA) para os elementos Ferro e Manganês. Nas legendas, os valores acima do "Valor de prevenção" da resolução CONAMA 420/09, foram representados por círculos em vermelho considerando um limite que oferece maior risco e necessita controle da fonte de contaminação, visando o entendimento para o manejo dos rejeitos de Barra Longa. Para o elemento Ferro, as concentrações muito acima dos limites da EPA foram registradas com círculos de coloração roxa.

Vale ressaltar que todas as imagens, figuras, mapas, gráficos e tabelas apresentadas neste relatório são inéditas, estando arquivados nas fontes do GEPSA (2021).

### 3. DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS COLETADAS

A seguir, são apresentadas todas as características principais dos pontos selecionados para a realização da coleta de amostras, incluindo mapa com localização, tabela informativa e registro fotográfico.

Figura 5: mapa com localização das amostras de rejeitos



Fonte: GEPSA, 2021

**Tabela 1:** Coordenadas e descrições dos pontos de coleta de amostras

Pontos	Coordenadas		Descrição
	E	N	
<b>P1</b>	691366,612	7756964,845	Barretos / casa Marlene / pés frutíferos
<b>P1-A</b>	691330,08	7756965,8	Barretos / casa Marlene / bananeiras
<b>P2</b>	691964,334	7757204,194	Estrada Gesteira - Barretos (próximo a Barretos)
<b>P3</b>	693819,586	7757709,509	Estrada Gesteira - Barretos
<b>P4</b>	696465,937	7758239,699	Estrada Gesteira - Barretos (curva do rio)
<b>P5</b>	697027,025	7758156,9	Estrada Gesteira - Barretos / ruína da ponte de Barretos
<b>P6</b>	699015,085	7758079,358	Estrada Gesteira - Barretos
<b>P7</b>	699494	7757204,81	Estrada Gesteira - Barretos / pasto
<b>P8</b>	699798,416	7756532,9	Estrada Gesteira - Barretos
<b>P14</b>	696050,223	7758795,121	Reassentamento Gesteira
<b>P15</b>	695614,718	7758505,336	Igreja Gesteira
<b>P16</b>	696281,211	7758910,307	Estrada Onça - Gesteira (próximo a Gesteira)
<b>P17</b>	700511,8	7756443,768	Estrada Onça - Gesteira / casa abandonada
<b>P24</b>	704236,135	7756055,753	Centro Barra Longa / Av. Beira Rio
<b>P25</b>	705439,152	7756049,696	Morro Vermelho (margem esquerda)
<b>P26</b>	705266,053	7756150,934	Morro Vermelho / pátio da Prefeitura / casa com plantação próxima
<b>P27</b>	705486	7755944,971	Morro Vermelho / estrada para São Gonçalo
<b>P28</b>	704917,227	7756143,083	Centro Barra Longa / casa Marta / árvores frutíferas
<b>P29</b>	704607,762	7756207,727	Centro Barra Longa / Av. Beira Rio / fora do restaurante / cano de esgoto
<b>P29-A</b>	704607,762	7756207,727	Centro Barra Longa / Av. Beira Rio / casa Elaine (atrás do restaurante)
<b>P30</b>	702652,12	7755243,936	Estrada Onça / margem esquerda em frente ao Parque de Exposições / propriedade Vista Alegre
<b>P31</b>	702477,426	7755556,535	Estrada Onça / propriedade Vista Alegre / margem direita
<b>P32</b>	702767,882	7755795,514	Estrada Onça / propriedade Vista Alegre / margem direita
<b>P33</b>	703184,24	7755700,61	Estrada Onça / propriedade Vista Alegre / margem direita
<b>P34</b>	704350,976	7756050,2	Centro Barra Longa / casa Mércia / sind. Trabalhadores rurais

Fonte: GEPSA, 2021

Os pontos P1 e P1-A (Figura 6) estão localizados dentro de uma moradia rural no povoado de Barretos. Devido ao fato de a área atingida pelos rejeitos ser destinada ao cultivo de árvores frutíferas, o solo se encontra arado e com uma mistura bem superficial de outras terras em alguns pontos, entretanto foram indicados pelos proprietários os pontos P1 e P1A, onde não houve a mistura de terra.

Os pontos P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8 (Figuras 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13) estão localizados ao longo da estrada entre Barretos e Barra Longa. As amostras foram retiradas de depósitos em barra de pontal (várzeas) e margens de rios. Os pontos P3 e P6 estão situados próximos a moradias rurais que possuem pastagem de gado e foram indicados por pessoas da região, considerando os locais em que os animais são levados eventualmente para a pastagem próxima ao rio. Os pontos P7 e P8 estão localizados próximos a plantações destinadas a trabalhos de remediação do solo infértil da região.

Os pontos P14 e P15 (Figuras 14 e 15) estão localizados no povoado de Gesteira, sendo, respectivamente, a propriedade reservada para o reassentamento das famílias atingidas e a área da igreja local. Na igreja, as marcas de lama de rejeitos ainda são visíveis. O solo onde foi retirada a amostra nesse ponto se encontra muito endurecido, sendo necessário até maior esforço para retirada.

Os pontos P16, P17 (Figuras 16 e 17) e P30, P31, P32, P33 (Figuras 25, 26, 27 e 28) estão localizados ao longo da estrada da Onça, entre o Centro de Barra Longa e Gesteira. As amostras foram retiradas próximas às margens do rio. As amostras dos pontos P16, P17, P31, P32 e P33 estão localizadas na margem direita do rio, sendo as três últimas partes da propriedade Vista Alegre. Trata-se de áreas próximas a casas abandonadas ou temporárias, onde ainda se usa o solo para plantio e/ou pastagem de gado. O ponto P30, localizado na margem esquerda do rio, é também da propriedade Vista Alegre e merece destaque por estar localizado à frente do Parque de Exposições da cidade, área onde houve grande deposição de rejeitos.

Os pontos P25, P26 e P27 (Figuras 19, 20 e 21) estão localizados na região do Morro Vermelho. As amostras foram coletadas próximas à margem do rio, em barrancos. O ponto P26 se destaca em importância por ser local de propriedade da prefeitura da cidade e por ter em sua proximidade moradias com cultivo de hortas e árvores frutíferas.

Os pontos P24, P28, P29, P29-A, P 34 (Figuras 18, 22,23,24 e 29) estão localizados no Centro da cidade de Barra Longa, mais especificamente na Avenida Beira Rio, local de grande deposição depois da passagem da lama de rejeitos. Os pontos P28, P29, P29-A e P34 são quintais de moradias urbanas. Entre os principais relatos e indicações para retirada das amostras estão a concentração de terras de cores muito avermelhadas, duras, inférteis e com cheiro desagradável com ou sem chuva.

**Figura 6:** Coleta de amostra nos pontos P1 e P1-A no povoado de Barretos, próximos a árvores frutíferas (coletando a amostra à esquerda e local amplo à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 7:** Coleta de amostra no ponto P2 na estrada de Gesteira para Barretos (local amplo à esquerda e coleta à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 8:** Coleta de amostra no ponto P3 na estrada de Gesteira para Barretos (local amplo à esquerda e coleta à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 9:** Coleta de amostra no ponto P4 na estrada de Gesteira para Barretos, próximo à curva do rio (coleta da amostra à esquerda e local amplo à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 10:** Coleta de amostra no ponto P4 na estrada de Gesteira para Barretos, próximo à ponte (momento de coleta à esquerda e local amplo à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 11:** Coleta de amostra no ponto P6 na estrada de Gesteira para Barretos (coleta à esquerda e local amplo à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 12:** Coleta de amostra no ponto P7 na estrada de Gesteira para Barretos (local amplo à esquerda e momento de coleta à direita)



Fonte: GEPSA, 2021



**Figura 13:** Coleta de amostra no ponto P8 na estrada de Gesteira para Barretos (local amplo à esquerda e momento da coleta à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 14:** Coleta de amostra no ponto P14 no povoado de Gesteira, próximo ao terreno destinado ao reassentamento (momento da coleta à esquerda e local amplo à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 15:** Coleta de amostra no ponto P15 no povoado de Gesteira, próximo à Igreja atingida (local amplo à esquerda e momento da coleta à direita)



**Figura 16:** Coleta de amostra no ponto P16 na estrada da Onça (momento da coleta à esquerda e local amplo à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 17:** Coleta de amostra no ponto P17 na estrada da Onça (momento da coleta à esquerda e local amplo à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 18:** Coleta de amostra no ponto P24 no Centro de Barra Longa/MG, na Avenida Beira Rio (esquerda e direita ilustram o momento da coleta)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 19:** Coleta de amostra no ponto P25 na região do Morro Vermelho, na margem esquerda (local amplo à esquerda e momento da coleta à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 20:** Coleta de amostra no ponto P26 na região do Morro Vermelho, no pátio da Prefeitura (local amplo à esquerda e momento da coleta à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 21:** Coleta de amostra no ponto P27 na região do Morro Vermelho (esquerda e direita ilustram o momento da coleta)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 22:** Coleta de amostra no ponto P28 na região do Morro Vermelho (local amplo à esquerda e momento da coleta à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 23:** Coleta de amostra no ponto P29 no Centro de Barra Longa/MG, na Avenida Beira Rio (esquerda e direita ilustram o momento da coleta)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 24:** Coleta de amostra no ponto P29-A no Centro de Barra Longa/MG, na Avenida Beira Rio (local amplo à esquerda e momento de coleta à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 25:** Coleta de amostra no ponto P30 na estrada da Onça, na margem esquerda, frente ao Parque de Exposições (momento da coleta à esquerda e local amplo à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 26:** Coleta de amostra no ponto P31 na estrada da Onça, na margem direita (momento da coleta à esquerda e local amplo à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 27:** Coleta de amostra no ponto P32 na estrada da Onça, na margem direita (local amplo à esquerda e momento da coleta à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 28:** Coleta de amostra no ponto P33 na estrada da Onça, na margem direita (local amplo à esquerda e momento da coleta à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 29:** Coleta de amostra no ponto P34 no Centro de Barra Longa/MG (local amplo à esquerda e momento da coleta à direita)



Fonte: GEPSA, 2021

## 4. RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS

Para todas as 25 amostras de solo superficial foram analisados os seguintes elementos (Tabela 2): Arsênio (As), Bário (Ba), Bismuto (Bi), Cádmiio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Lítio (Li), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Escândio (Sc), Estrôncio (Sr), Tório (Th), Vanádio (V), Ítrio (Y), Zinco (Zn), Berílio (Be), Manganês (Mn), Antimônio (Sb), Alumínio (Al), Ferro (Fe), Cálcio (Ca), Potássio (K), Magnésio (Mg), Sódio (Na), Chumbo (Pb), Fósforo (P), Enxofre (S) e Titânio (Ti). Destes, somente o Bismuto apresentou valores abaixo do limite de quantificação.

Em relação à frequência de aparecimento dos elementos químicos, temos que 19 (65%) deles apareceram em 100% das amostras, 2 (6%) apareceram em 93% das amostras, 1 (3%) apareceu em 85% das amostras, 2 (6%) apareceram em 56% das amostras, 2 (6%) apareceram em 30% das amostras, e 3 (10%) apareceram em menos de 15% das amostras. Segue abaixo a tabela com os resultados.



Ferro. A tabela 3, os gráficos e mapas apresentados a seguir ilustram essa afirmativa.

**Tabela 3:** Concentrações dos elementos químicos que ultrapassaram os limites da Resolução CONAMA 420/09

Amostra	As Total	Ba Total	Mn Total	Sb Total	Fe Total
	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
P1	3,79	43,8	964	16,8	251334
P1A	3,79	39,9	1090	21,0	283517
P2	3,79	36,2	866	16,6	255602
P3	3,79	35,6	1059	19,7	292719
P4	3,79	27,2	1076	22,2	298285
P5	3,79	23,4	916	20,3	263241
P5	3,79	24,2	929	19,4	266810
P6	3,79	29,7	917	16,7	254945
P7	3,79	25,7	898	17,9	264778
P8	3,79	32,5	1013	20,9	275597
P14	3,79	44,0	1031	18,2	254296
P15	3,79	61,6	1326	17,8	267359
P16	3,79	36,8	1067	20,9	278044
P17	3,79	27,1	874	19,0	234237
P24	40,1	133	2241	10,8	158149
P25	3,79	27,0	972	19,5	274878
P26	24,7	91,2	1275	9,11	186976
P27	12,7	213	912	3,75	86137
P28	12,4	129	853	3,75	78432
P29	12,6	72,3	964	8,93	131787
P29	13,8	68,2	895	3,75	125249
P29A	7,63	40,2	881	12,2	187515
P30	3,79	20,1	866	17,0	246783
P31	3,79	37,1	857	14,7	219942
P32	17,5	90,9	921	10,4	160366
P33	3,79	32,3	956	16,0	231414
P34	3,79	25,5	348	3,75	91267
LQ	7,58	0,545	5,55	7,50	7,24
Valor Máx. de Prevenção	15	150		2	
Valor Máx. de Investigação Agrícola	35	300		5	
Valor Máx. de Investigação Residencial	55	500		10	
EPA			1800		55000

Fonte: GEPSA, 2021

#### 4.1.1 ARSÊNIO

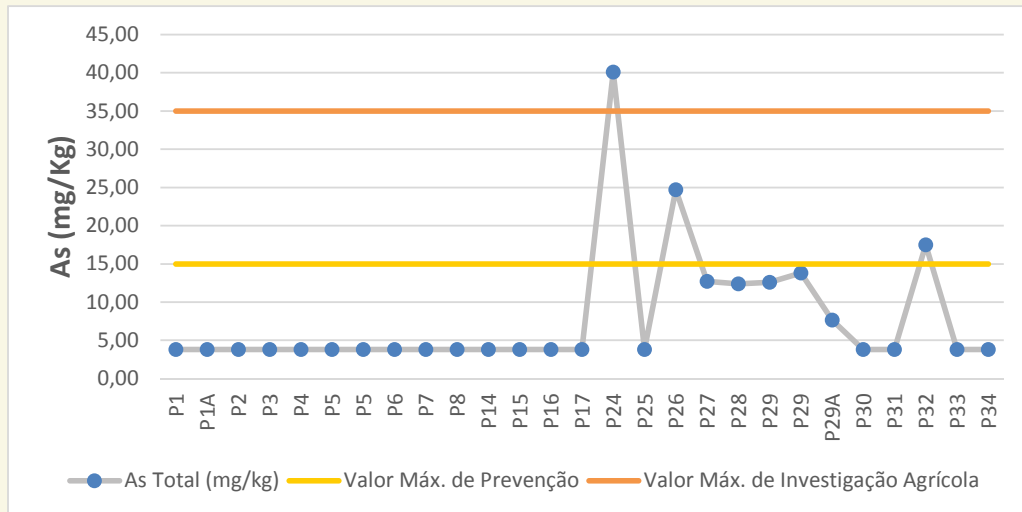
Especificamente, o Arsênio (As) ultrapassa o valor máximo de prevenção da Resolução CONAMA 420/09 nos pontos P24 e P26, que se posicionam na Av. Beira Rio, no Centro, e na região do Morro Vermelho, respectivamente (Figuras 30 e 31). Na Avenida Beira Rio, Centro de Barra Longa (P24) é encontrada a maior concentração, ultrapassando até o Limite Máximo de Intervenção Agrícola, ou seja, os valores estão acima dos limites considerados de riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição



padronizado.

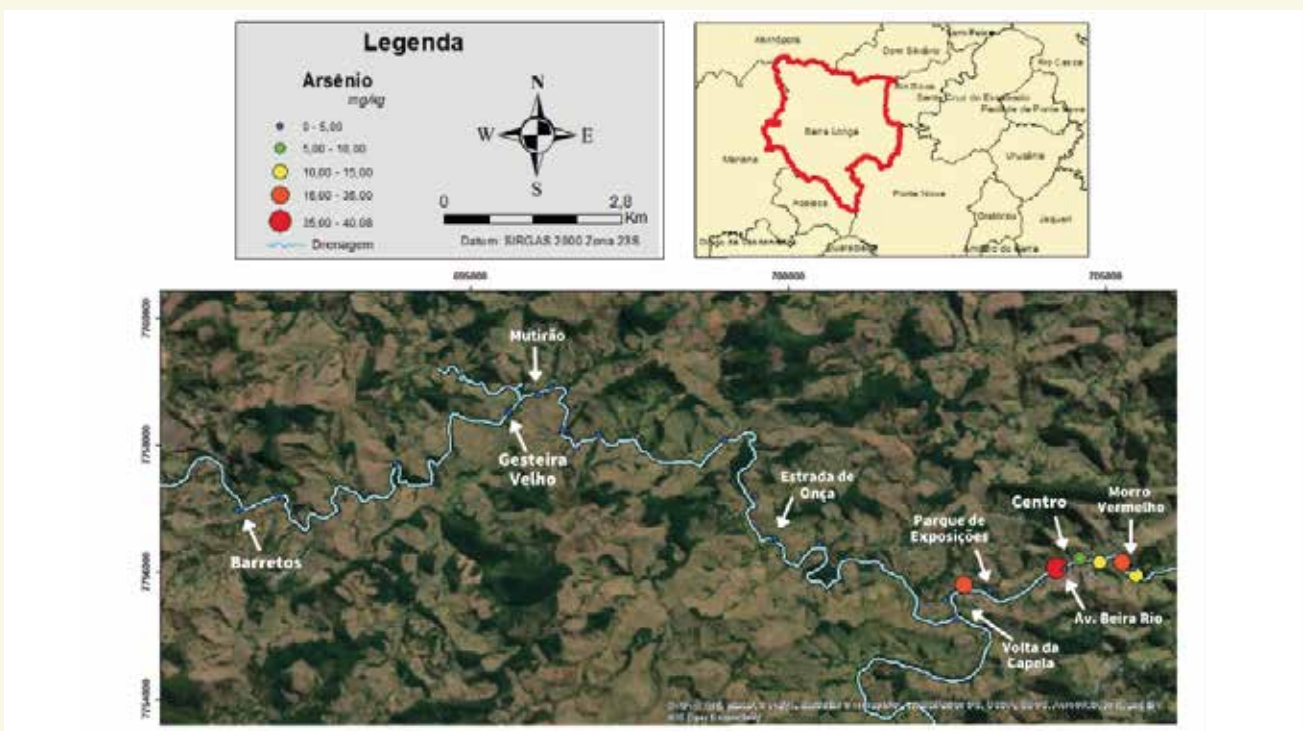
A contaminação de Arsênio nesta área é preocupante porque é densamente ocupada pelas comunidades e em sua proximidade há grupos familiares que possuem vínculo com a agricultura familiar.

**Figura 30:** Gráfico de concentração de Arsênio nas amostras coletadas



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 31:** Mapa geoquímico de concentração do Arsênio



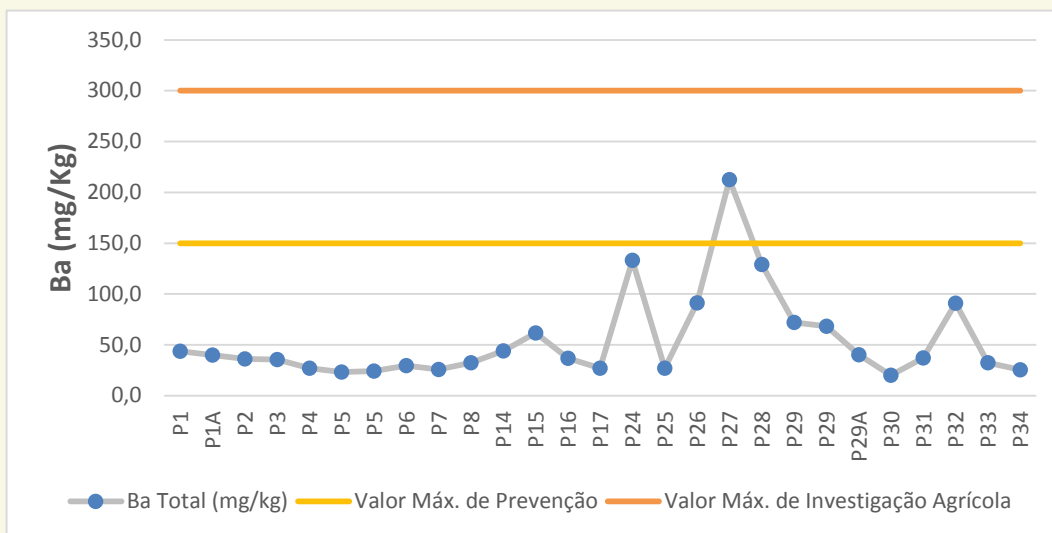
Fonte: GEPSA, 2021

As doenças causadas pelo Arsênio dependem muito da intensidade, do tempo e da forma da exposição. A intoxicação por Arsênio pode causar anemia, demência, conjuntivite, perda de audição, arritmia cardíaca, perfuração do septo nasal, doenças no fígado, hipertensão, doenças respiratórias e carcinogênicas como, por exemplo, câncer de pele e pulmão (Ministério da Saúde, 2001).

#### 4.1.2 BÁRIO

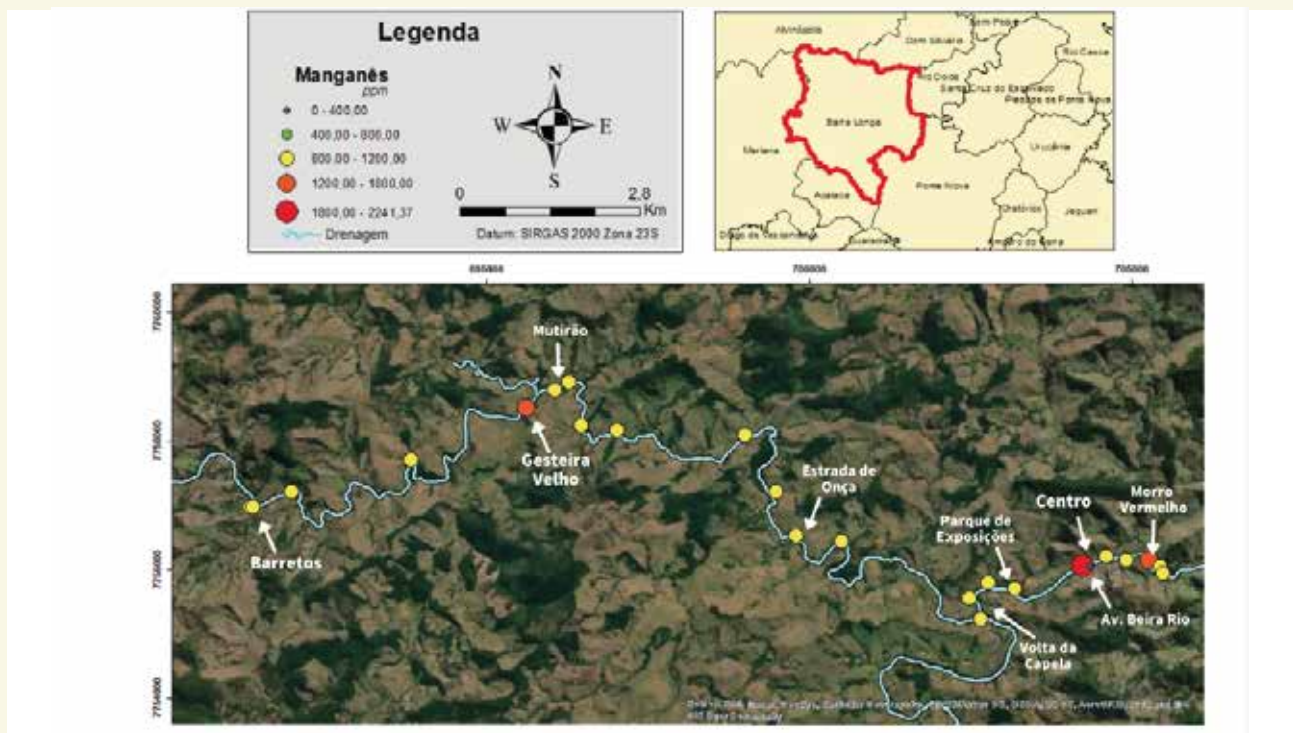
O Bário ultrapassou o Limite Máximo de Prevenção da Resolução CONAMA 420/09 no ponto 27, na região do Morro Vermelho, na estrada para São Gonçalo, significando que é necessário controle seguido de monitoramento da qualidade do solo e da água subterrânea. Além disso, os pontos P24, P26 e P28, localizados no Centro e também na região do Morro Vermelho, apresentaram concentrações muito próximas ao limite de prevenção da Resolução CONAMA 420/09 (Figuras 32 e 33). Portanto o Bário também é foco de preocupação.

**Figura 32:** Gráfico de concentração de Bário nas amostras coletadas



Fonte: GEPSA, 2021

Figura 33: Mapa geoquímico de concentração do Bário



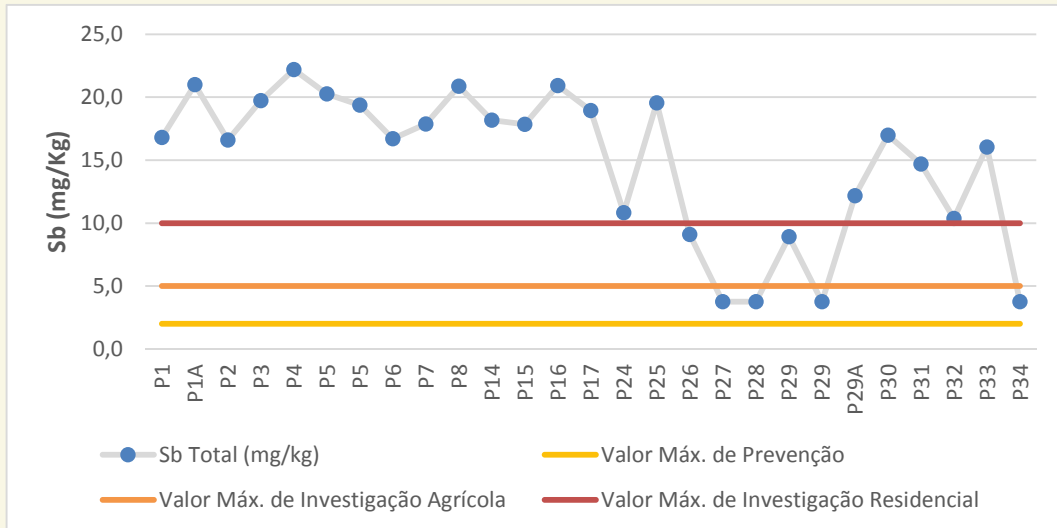
Fonte: GEPSA, 2021

A principal via de contaminação humana pelo Bário ocorre pela ingestão de água ou alimentos contaminados. A depender da concentração, do tempo e da forma da exposição, a contaminação humana por Bário pode levar a doenças pulmonares, quando presente em poeiras. A ingestão de pequenas quantidades de Bário pode provocar distúrbios gastrointestinais como náuseas, vômitos, cólicas e diarreia, assim como alterações da pressão arterial e debilidade muscular. A ingestão de Bário em grandes quantidades pode causar alterações no ritmo cardíaco e, eventualmente, óbito (Ministério da Saúde, 2001).

#### 4.1.3 ANTIMÔNIO

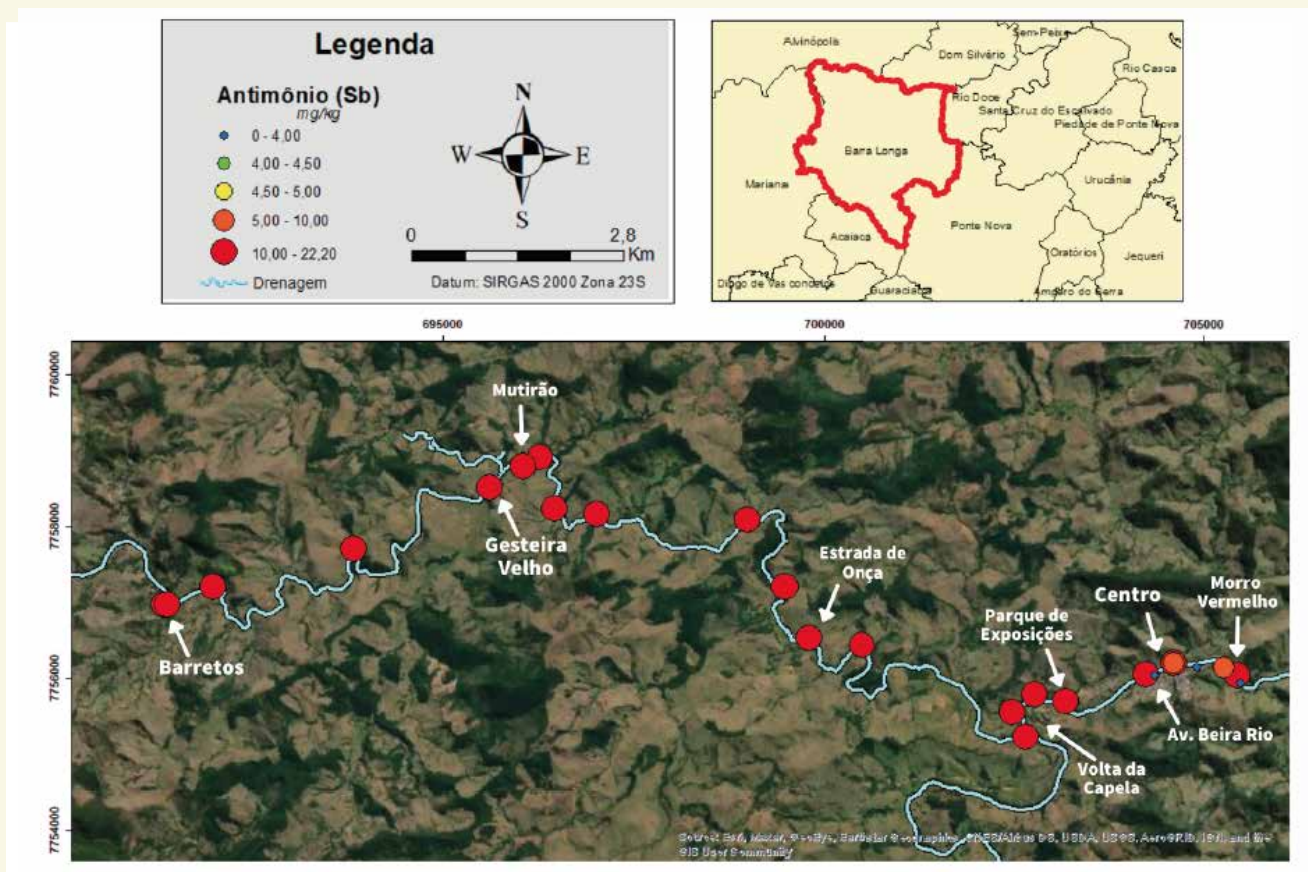
O elemento Antimônio se mostrou acima do Limite Máximo de prevenção em todos os pontos investigados (Figuras 34 e 35), significando que é necessário controle seguido de monitoramento da qualidade do solo e da água subterrânea. Maior preocupação está associada principalmente à superação dos limites de Investigação Residencial em quase todos os pontos (P1, P1-A, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P14, P15, P16, P17, P24, P25, P30, P31, P32 e P33), ou seja, os valores estão duas vezes acima do qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado, e demanda maior atenção da comunidade e ações emergenciais do poder público e das empresas responsáveis pela reparação dos danos.

**Figura 34:** Gráfico de concentração de Antimônio nas amostras coletadas



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 35:** Mapa geoquímico de concentração do Antimônio



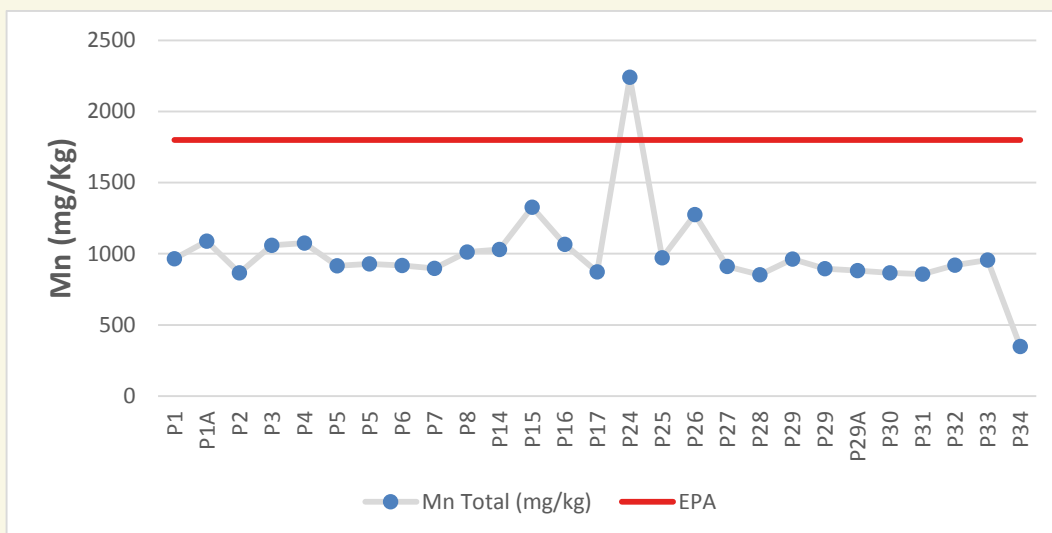
Fonte: GEPSA, 2021

Considerando a contaminação de Antimônio nas amostras de solo/rejeito em praticamente toda a região investigada e a ocorrência de intensa nuvem de poeira em Barra Longa, decorrente da deposição dos rejeitos, deve-se considerar que a inalação de Antimônio, por exemplo, a depender da concentração, do tempo e da forma da exposição, pode provocar diversos males à saúde, tais como irritação nos olhos e na pele, bronquite, inflamação dos pulmões, enfisema crônico, dentre outros. Além disso, destaca-se o potencial cancerígeno do trióxido de Antimônio para os seres humanos (Ministério da Saúde, 2001).

#### 4.1.4 MANGANÊS

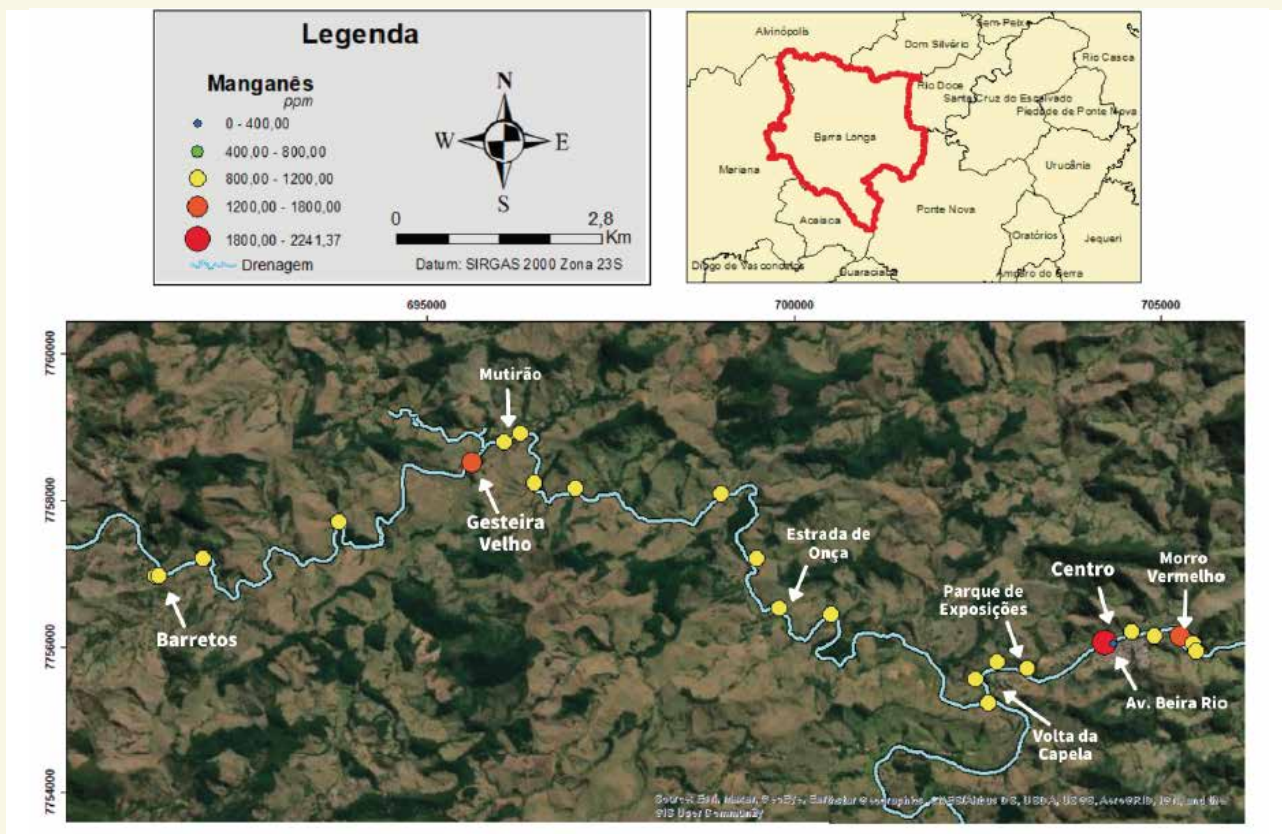
O Manganês também se mostrou com concentrações superiores ao limite de exposição preconizado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) no ponto P24, bem na Avenida Beira Rio, no Centro da cidade (Figuras 36 e 37), sugerindo que há riscos de toxicidade nessa área. Os pontos P15 e P26, localizados em Gesteira e na região do Morro Vermelho, respectivamente, também apresentaram concentrações elevadas, demandando atenção.

**Figura 36:** Gráfico de concentração de Manganês nas amostras coletadas



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 37:** Mapa geoquímico de concentração do Manganês



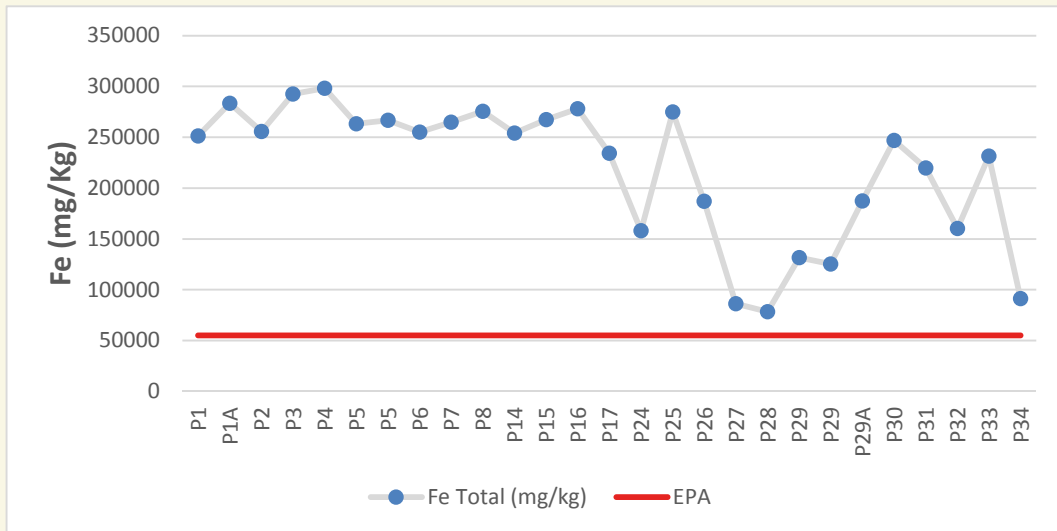
Fonte: GEPSA, 2021

Considerando a ocorrência de intensa nuvem de poeira em Barra Longa, decorrente da deposição dos rejeitos, e que o Manganês é geralmente introduzido no organismo pela inalação, essa anomalia de Manganês no Centro, área densamente urbanizada, é preocupante. Sua toxicidade depende da dose, do tempo e da forma de exposição. Ele está relacionado à depressão, demência, doença de Parkinson, bronquite, pneumonite aguda, dentre outras (Ministério da Saúde, 2001)

#### 4.1.5 FERRO

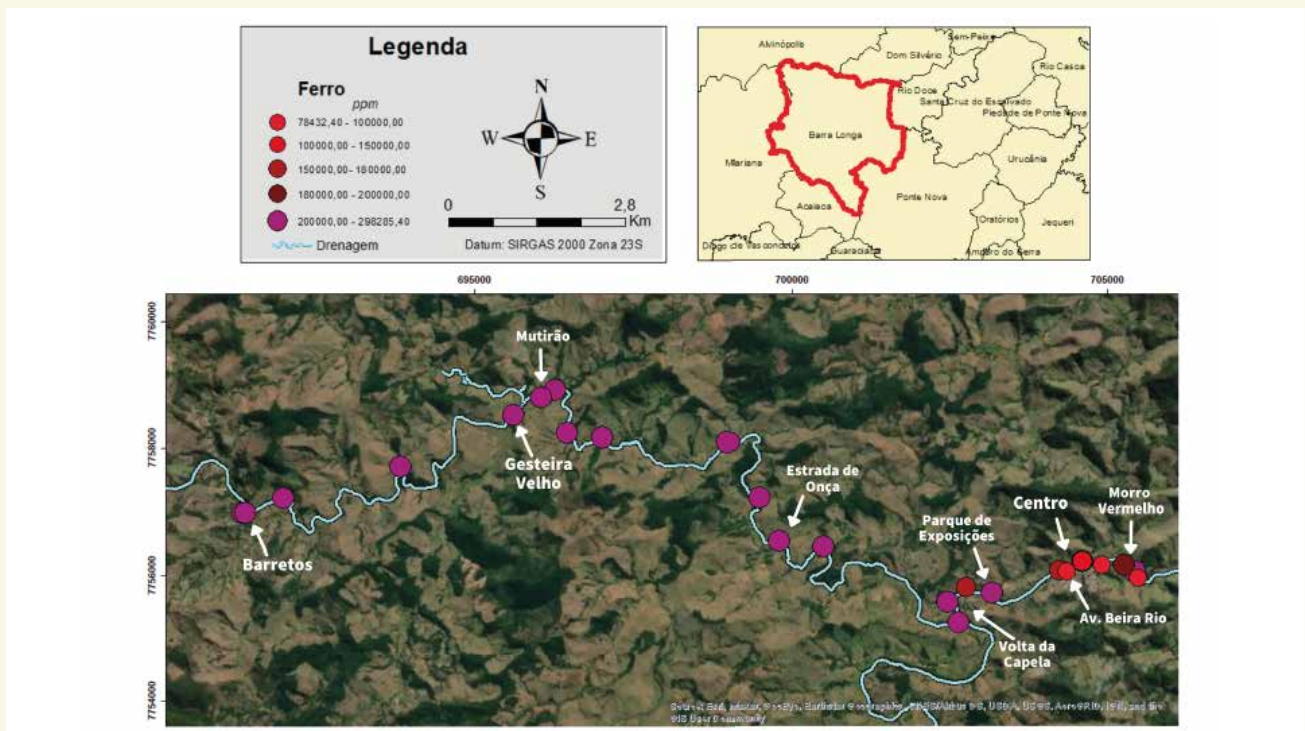
Com relação ao Ferro, todas as amostras apresentaram valores bem acima do limite máximo estabelecido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. Observam-se concentrações máximas de Ferro até cinco vezes acima do limite da EPA (Figuras 38 e 39). A depender da concentração, do tempo e da forma, a exposição ao Ferro pode representar elevados riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição onde essas altas concentrações de Ferro nos rejeitos depositados podem ser fontes de exposição de toxicidade por Ferro na poeira inalada pela população. Além disso, o Ferro apresenta a capacidade de captura de outros metais como Antimônio, caracterizada pela sua elevada toxicidade, como mostram os dados do item 5 deste relatório.

**Figura 38:** Gráfico de concentração de Ferro nas amostras coletadas



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 39:** Mapa geoquímico de concentração do Ferro



Fonte: GEPSA, 2021

Nesse contexto, considerando as elevadíssimas concentrações de Ferro em todos os pontos amostrados e a grande preocupação com relação aos riscos à saúde da população, é necessária maior atenção da comunidade e ações emergenciais do poder público e das empresas responsáveis pela reparação de danos em toda a área investigada.

A ingestão do Ferro, contaminante detectado em maior abrangência na cidade de Barra Longa, pode causar, a depender da concentração, do tempo e da forma da exposição, problemas gástricos (dor abdominal, vômito, diarreia e talvez hematemese). A inalação prolongada da poeira com elevadas concentrações de Ferro pode causar, a depender da concentração, do tempo e da forma da exposição, a siderose, pneumoconiose potencialmente grave e irreversível (Ministério da Saúde, 2001).

## 4.2 CORRELAÇÃO ENTRE ELEMENTOS

Após o tratamento e filtragem de dados, foram feitas as correlações de Pearson entre alguns elementos potencialmente tóxicos. Considerando que os rejeitos são enriquecidos em Ferro e Manganês, optou-se por investigar prioritariamente as correlações de Pearson de Ferro e Manganês, com os elementos potencialmente tóxicos que ultrapassaram os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 420/09, buscando entender se podem estar havendo mecanismos de sorção ou captura no ambiente superficial por oxi-hidróxidos de Ferro e Manganês.

As correlações moderadamente positivas a fortemente positivas indicam provável ocorrência do fenômeno de captura e sorção. É possível perceber (Tabela 4 e Figura 40), por meio de correlações positivas e maiores que 0,7 (marcadas em amarelo), que o Manganês apresenta correlação positiva com o Arsênio, sugerindo que os óxi-hidróxidos de Manganês dos rejeitos estejam atuando como esponja para o Arsênio, contaminante de elevada toxicidade.

Também se observa na Tabela 4 e Figura 41, uma correlação fortemente positiva ( $>0,8$ ) do Ferro com Antimônio, sugerindo uma forte capacidade de sorção entre Ferro e Antimônio e indicando que os óxidos de Ferro possam estar atuando como esponja para o Antimônio, também um contaminante de elevada toxicidade. A associação desses contaminantes ocorre em elevadas concentrações em toda a área investigada, que abrange a maior parte da área de deposição de rejeitos de Barra Longa, aumentando os riscos de exposição da população, principalmente por intermédio da poeira gerada pela deposição desses rejeitos.

A tabela com as correlações é apresentada a seguir.

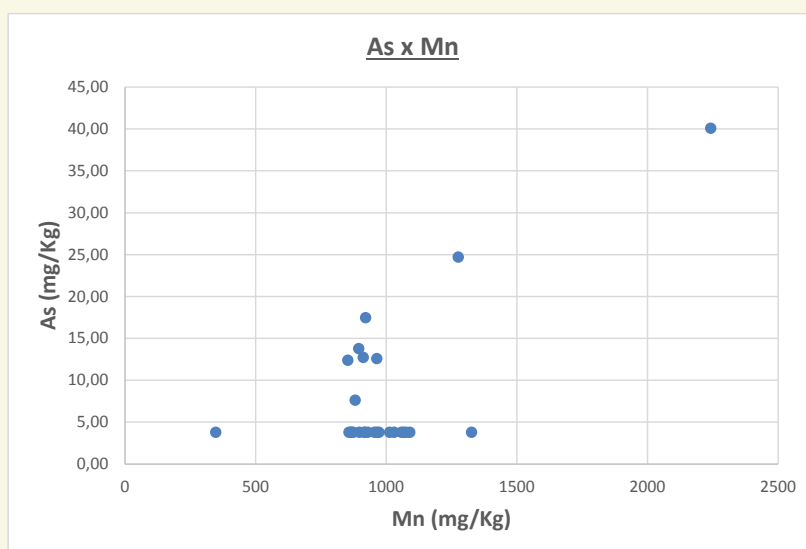


**Tabela 4:** Correlações de elementos (As, Sb e Fe, Mn)

	Fe	Mn
As	-0,53551	0,702834
Sb	0,974952	0,124228

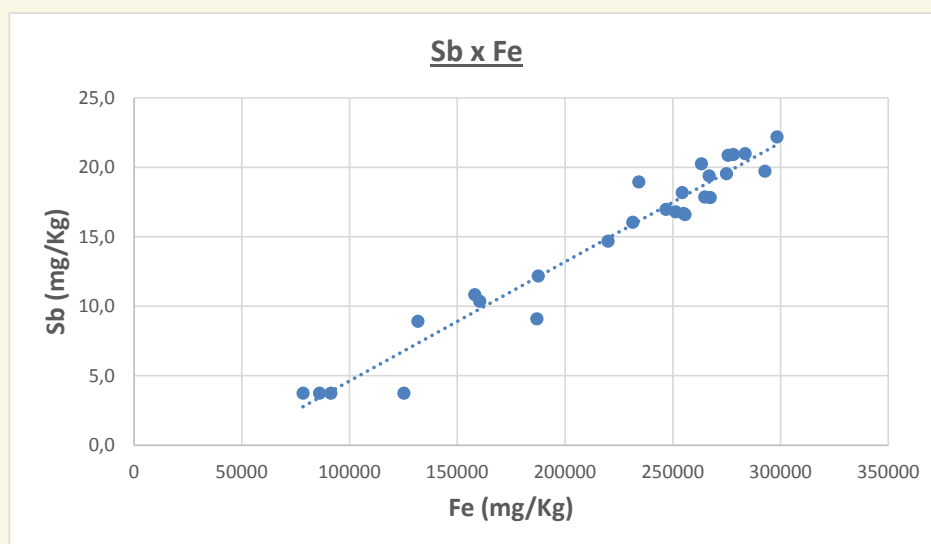
Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 40:** Gráfico de correlação entre Arsênio e Manganês



Fonte: GEPSA, 2021

**Figura 41:** Gráfico de correlação entre Antimônio e Ferro



Fonte: GEPSA, 2021

Estes dados acima apresentados sugerem que os rejeitos podem ser considerados inertes na barragem, mas quando entram em contato com outros contaminantes, os rejeitos enriquecidos em Ferro e Manganês podem aumentar a dispersão de outros contaminantes

de elevada toxicidade, como Arsênio e Antimônio, aumentando a disponibilidade e dispersão dos contaminantes dos solos. Esse contaminantes são caracterizados por granulometria fina, sendo fontes potenciais de rotas de exposição para geração de poeira contaminada, expondo a população a riscos à saúde.

## 5.RESULTADOS DAS ANÁLISES POR MEV

De forma geral observou-se, nos pontos de análise, a presença de óxidos de Ferro e silício em quantidades elevadas (acima de 90%), sendo interpretados como hematita e/ou magnetita e quartzo, com grande quantidade delas correspondente a partículas respiráveis (< 10 $\mu$ ). Menos abundantes tem-se óxidos de Alumínio e Potássio associados aos óxidos anteriores, podendo tratar-se de minerais de argila como illita e esmectita. Alguns elementos-traço foram observados em poucos pontos, como óxido de Cobre, Zinco, Titânio, Fósforo e Manganês.

Pontos com elevadas concentrações de Manganês, como o ponto P24 (Figuras 36 e 37), apresentaram óxidos de Manganês considerando a análises por EDS. Vale ainda ressaltar que todos os pontos que apresentaram concentrações extremamente elevadas de Ferro (Figuras 38 e 39) estão associados com minerais como hematita e magnetita.

**Tabela 5:** Minerais identificados por MEV-EDS

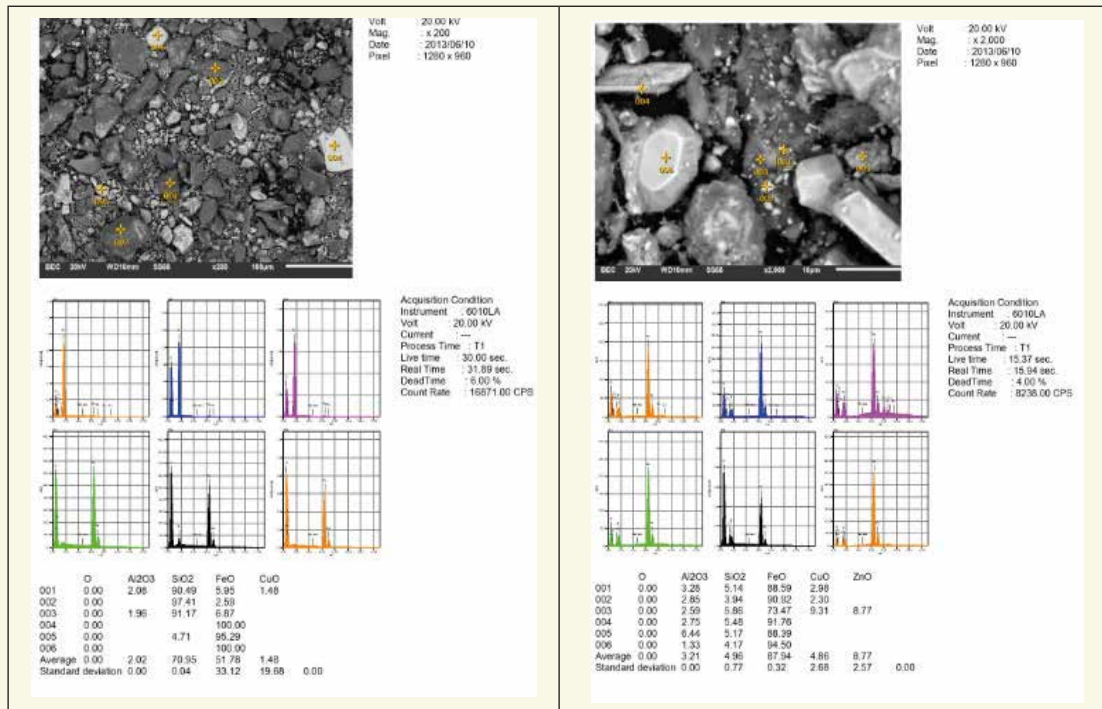
<b>Amostras</b>	<b>Alguns minerais identificados por EDS</b>
<b>01</b>	Quartzo e óxido de Ferro*
<b>07</b>	Quartzo, óxido de Ferro* e argilomineral
<b>14</b>	Quartzo, óxido de Ferro* e argilomineral
<b>15</b>	Quartzo, óxido de Ferro* e argilomineral
<b>24</b>	Óxido de Ferro*, ortoclásio, quartzo, talco e argilomineral
<b>26</b>	Óxido de Ferro*, quartzo, ortoclásio e argilomineral
<b>28</b>	Quartzo e argilomineral
<b>29A</b>	Óxido de Ferro*, quartzo e argilomineral
<b>30</b>	Óxido de Ferro*, quartzo e argilomineral
<b>34</b>	Óxido de Ferro*, calcita e argilomineral

\*Óxido de Ferro = hematita ou magnetita

Fonte: GEPSA, 2021

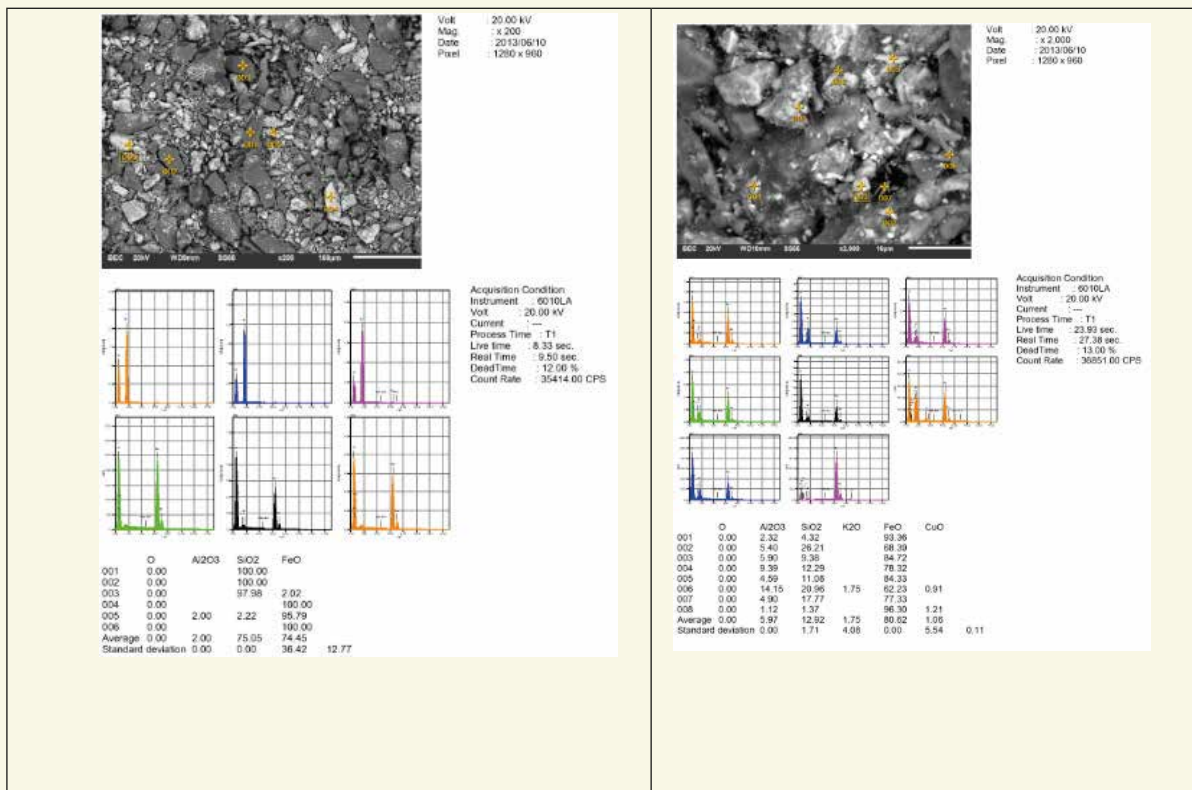
A seguir, são apresentadas algumas imagens (200x e 2.000x) e composições químicas das partículas analisadas.

Figura 42: Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P1



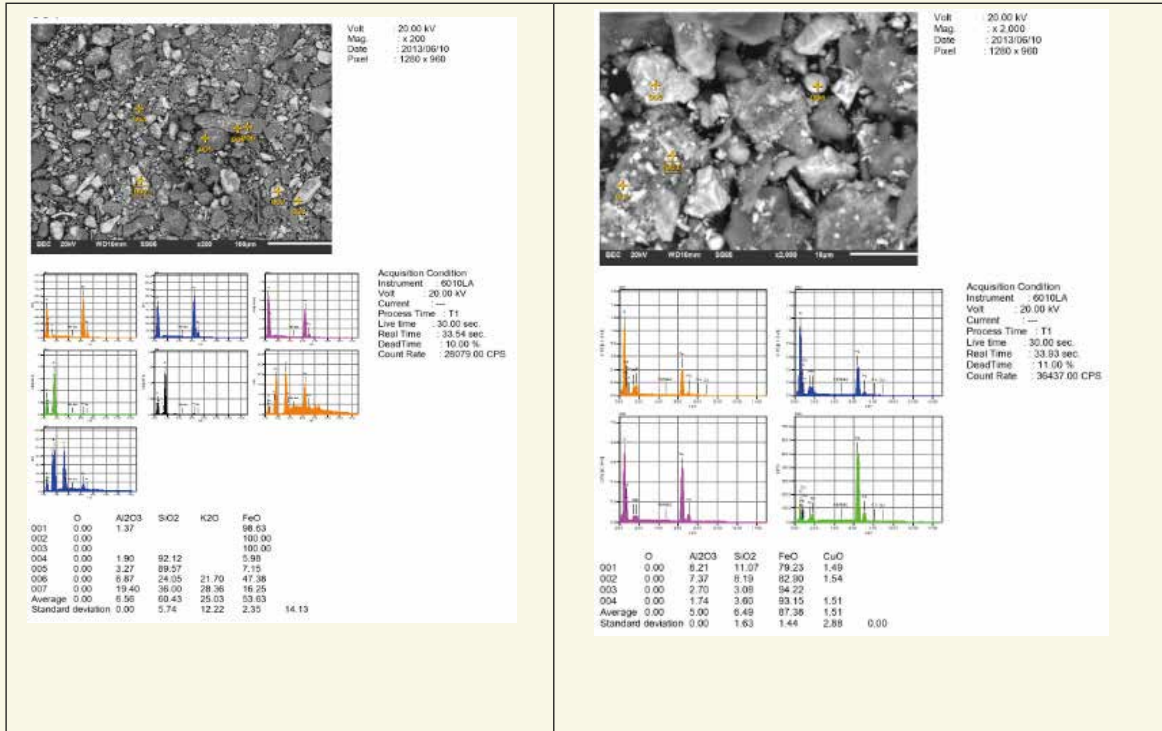
Fonte: GEPSA, 2021

Figura 43: Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P7



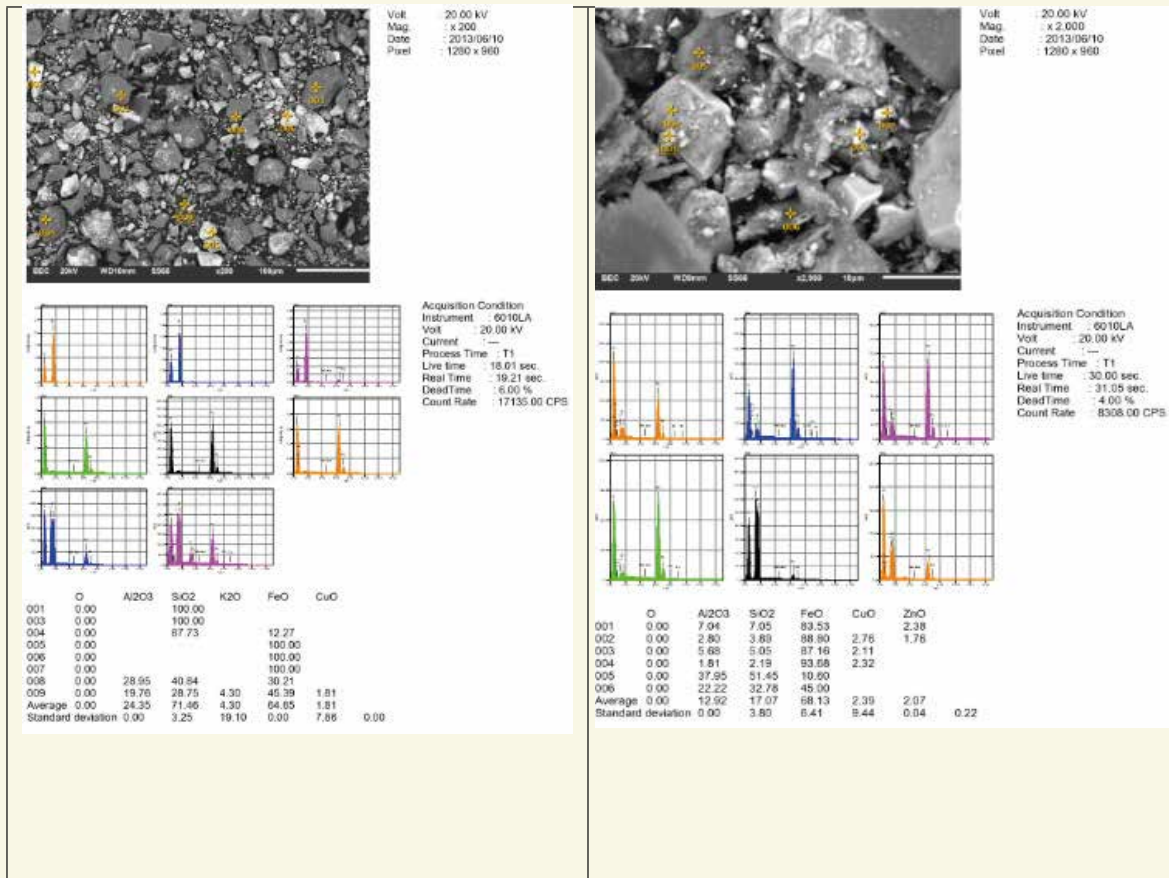
Fonte: GEPSA, 2021

Figura 44: Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P14



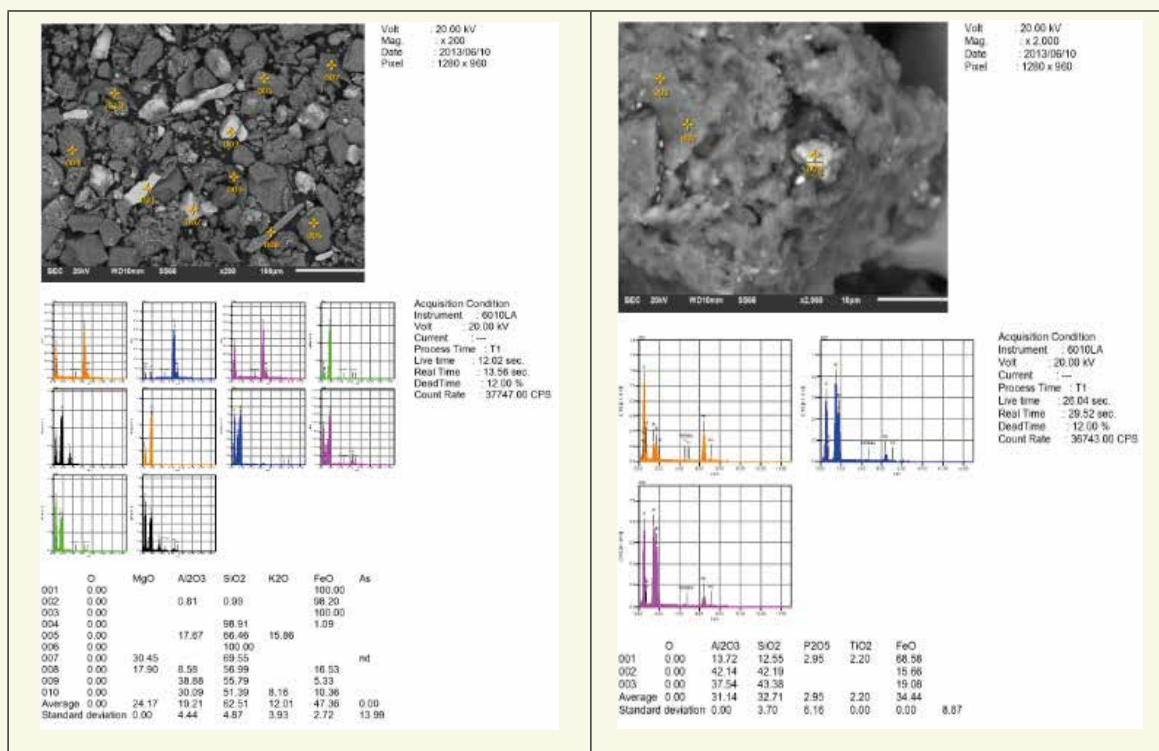
Fonte: GEPSA, 2021

Figura 45: Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P15



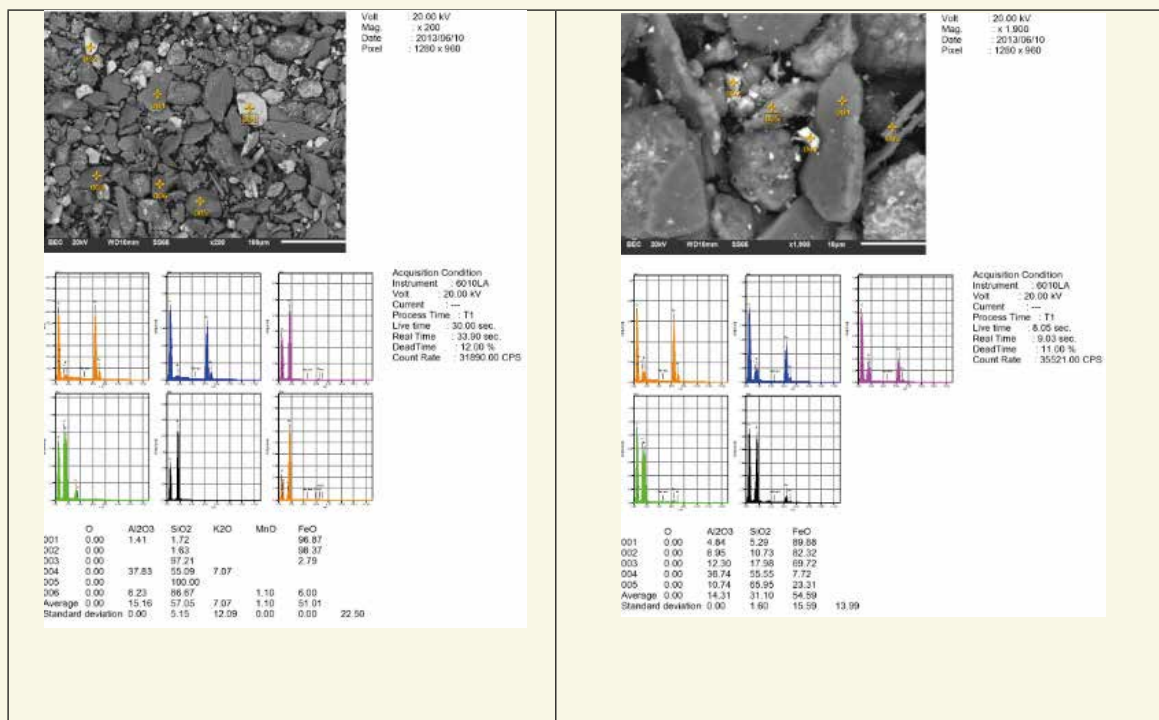
Fonte: GEPSA, 2021

Figura 46: Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P24



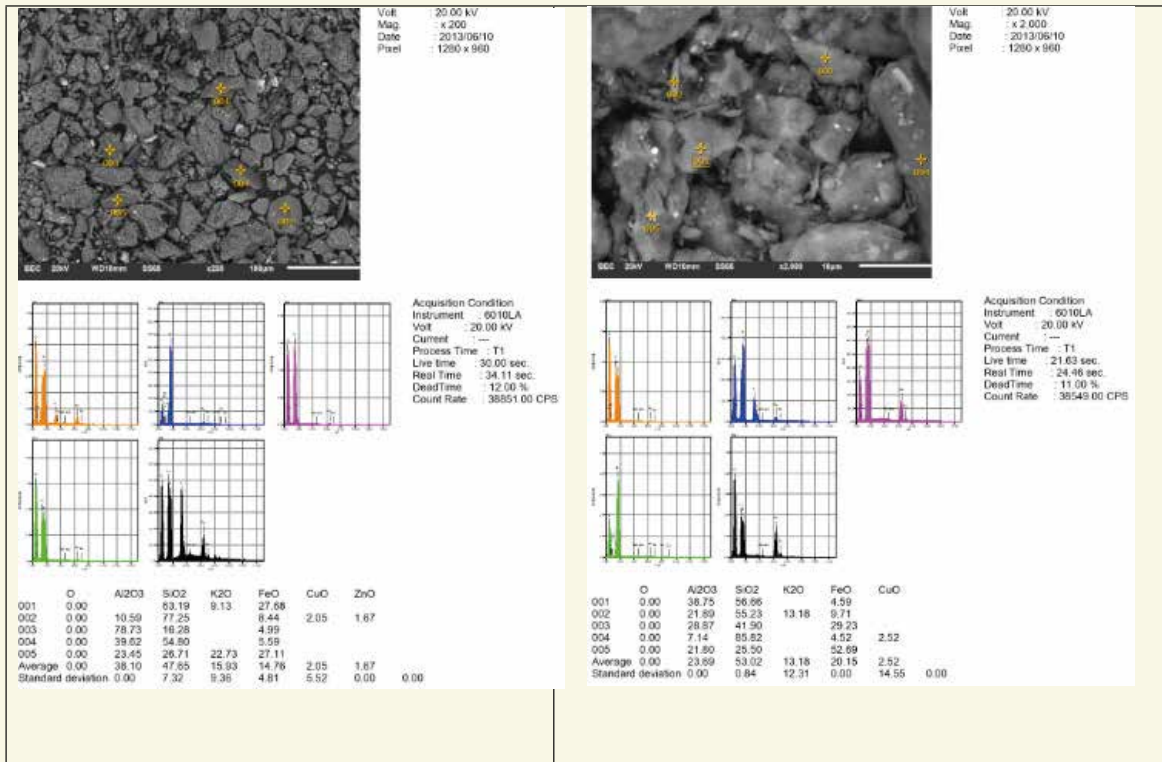
Fonte: GEPSA, 2021

Figura 47: Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P26



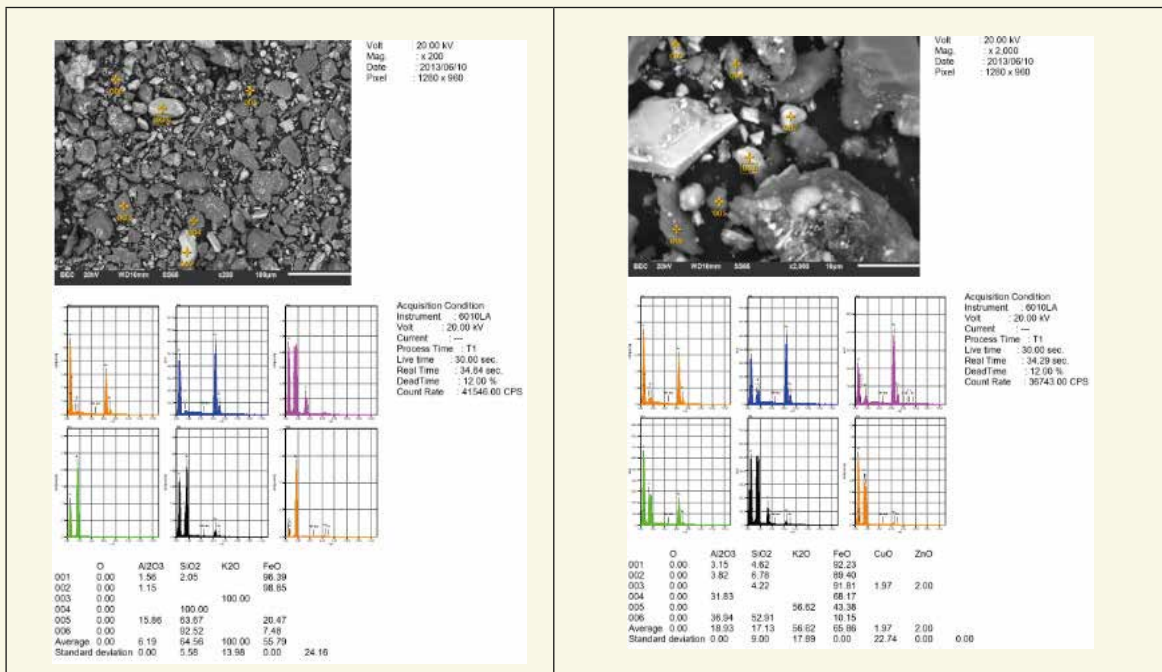
Fonte: GEPSA, 2021

Figura 48: Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P28



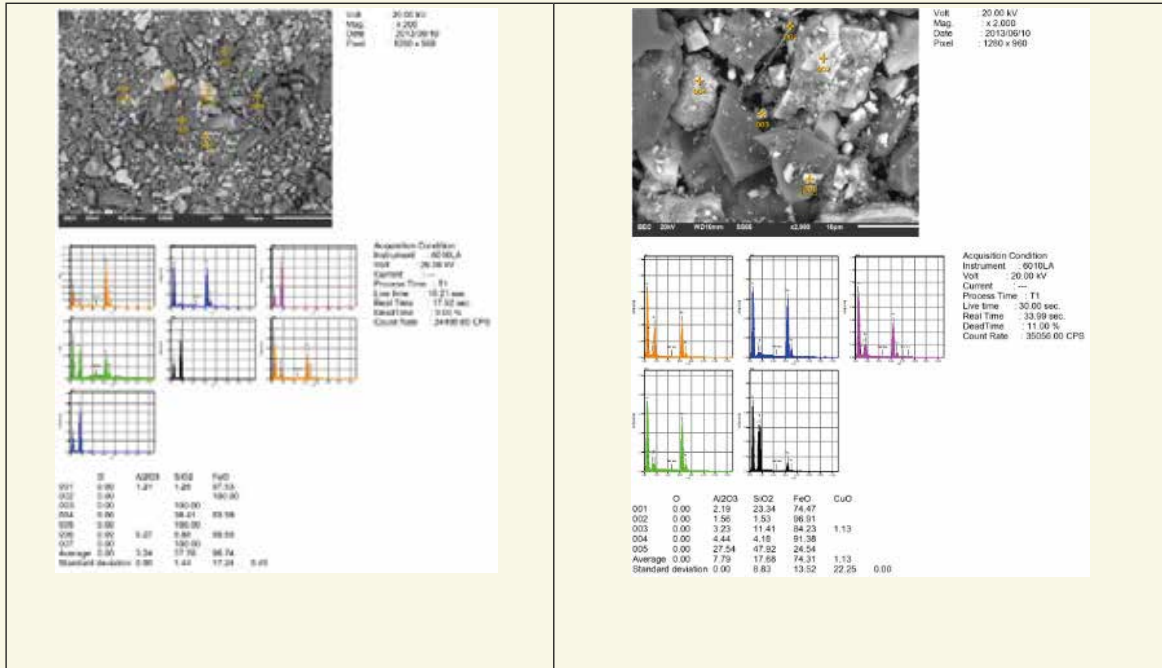
Fonte: GEPSA, 2021

Figura 49: Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P29A



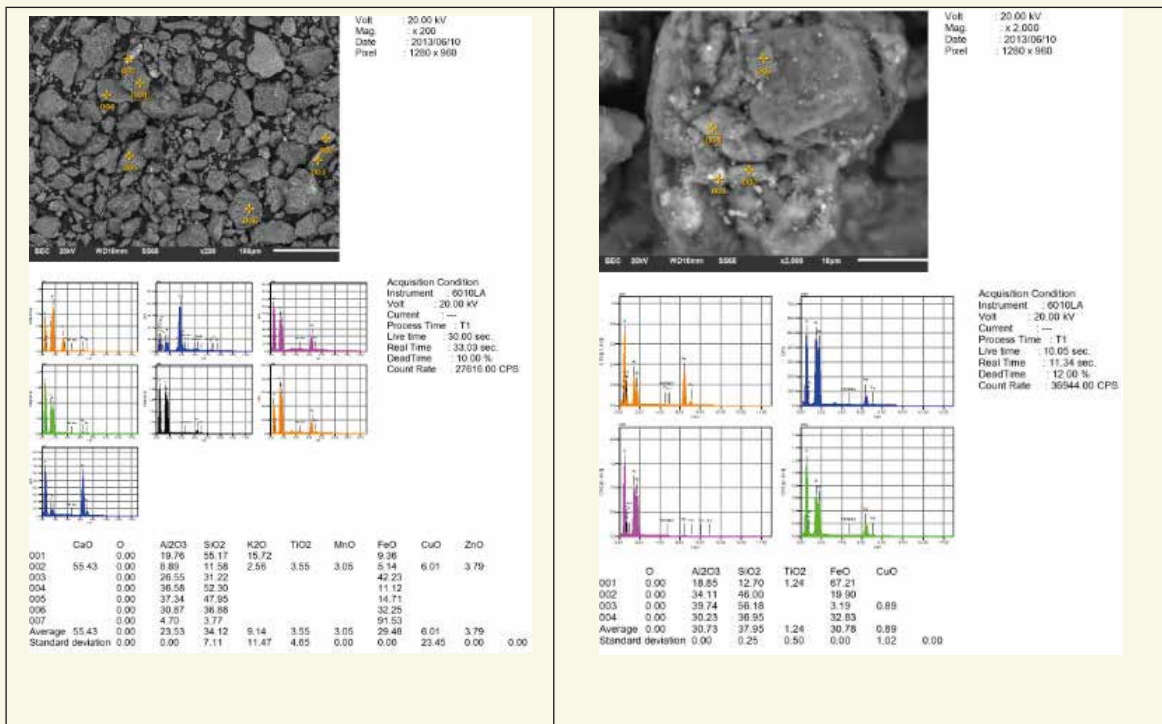
Fonte: GEPSA, 2021

Figura 50: Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P30



Fonte: GEPSA, 2021

Figura 51: Resultado das análises de MEV/EDS na amostra P34



Fonte: GEPSA, 2021

## 6. SÍNTESE SOBRE A COMPOSIÇÃO QUÍMICA E MINERALOGIA DOS DEPÓSITOS DE REJEITOS EM BARRA LONGA EM COMPARAÇÃO COM OUTROS ESTUDOS

Na tabela 6, destaca-se uma síntese dos estudos compilados, acrescentando os dados deste presente relatório, sobre a mineralogia e os elementos químicos encontrados acima do limite de prevenção da Resolução CONAMA 420/09 nos rejeitos depositados em Barra Longa e também as correlações destes elementos potencialmente tóxicos com Ferro e Manganês.

**Tabela 6:** Quadro mostrando a mineralogia e os elementos químicos encontrados acima do Limite do CONAMA 420 nos rejeitos depositados em Barra Longa considerando vários estudos anteriores

	<b>Composição química Barra Longa, acima dos limites de Prevenção (CONAMA 420, COPAM 166 ou EPA)</b>	<b>Correlações indicando captura de metais tóxicos por Ferro, Manganês</b>	<b>Mineralogia do Rejeito depositado em Barra Longa</b>	<b>Mineralogia (Rejeito Fundão e Santarém)</b>
<b>JACOBS e CH2M (2020)</b>	Cobalto, Bário, Arsênio e Níquel	Manganês com Bário e Cobalto em solos		
<b>AMBIOS (2019)</b>	Cádmio	Manganês e Ferro com Cádmio em sedimentos e poeira		
<b>TECNOHIDRO (2020)</b>	Alumínio, Antimônio, Arsênio, Cobalto, Cromo, Bário, Níquel Manganês e FERRO (muitas amostras)			
<b>Ecossistemas -Dulce Pereira (2019)</b>	Ferro e Níquel	Manganês com Zinco		



<b>LACTEC (2020)</b>	Ferro		Quartzo, Hematita, Magnetita, Goethita, Bimesita e Muscovita	Quartzo, Hematita, Magnetita, Goethita, Bimesita e Muscovita
<b>GEPSA (2021)</b>	Ferro, Manganês, Arsênio, Antimônio e Bário	Ferro com Antimônio e Manganês com Arsênio	Quartzo, Hematita, Magnetita e argilomineral	

Fonte: Modificado de GEPSA, 2021

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo aponta os elementos químicos Ferro, Manganês, Bário, Arsênio e Antimônio como contaminantes de interesse em rejeitos ou solos presentes em Barra Longa, por apresentarem valores acima dos limites de prevenção da resolução CONAMA 420/09 e dos limites da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA). A presença de concentrações extremamente elevadas de Ferro associada à presença de Antimônio acima dos valores de intervenção residencial (CONAMA 420/09) em toda a área investigada, corrobora com a afirmativa de que existem riscos potenciais, diretos e indiretos, à saúde humana em toda a região estudada.

Considerando um cenário de exposição onde essas altas concentrações de Ferro se correlacionam a óxidos de Ferro como magnetita e hematita, presentes em partículas respiráveis ( $< 10\mu$ ) nos rejeitos depositados, é possível prever que estas podem ser fontes de exposição de toxicidade por Ferro na poeira inalada pela população. Maior preocupação remete ao fato de que o Ferro apresentou correlação fortemente positiva com Antimônio o que se associa à capacidade de captura dos óxidos de Ferro, funcionando como esponjas para elementos de elevada toxicidade como é o caso do Antimônio. Sendo assim, há supostamente um aumento do risco de exposição da população a elementos que podem causar problemas à saúde a curto, médio e longo prazo, a depender da concentração, do tempo e da forma da exposição.

Nesse contexto, o Ferro, Manganês, Antimônio, Bário e Arsênio presentes nos depósitos de rejeitos e solos de Barra Longa, associados a frações granulométricas finas podem expor a população a riscos de toxicidade, principalmente pela inalação de materiais particulados (poeira) e contato dérmico, que podem se estender por longo tempo, caso medidas adequadas de impedimento das rotas de exposição não sejam tomadas. Neste caso, estudos detalhados e discussões com a comunidade devem ser realizados, a fim de estabelecer medidas adequadas de intervenções como retirada de rejeitos principalmente

das planícies, margens de rios e encostas das áreas habitadas ou de domínio público, como vias e estradas.

Considera-se ainda importante salientar que mesmo se a área em questão apresenta outras fontes geogênicas ou de contaminação de Arsênio, Bário e Antimônio, a exemplo da exploração de ouro antiga, destaca-se que estes elementos têm grande afinidade para serem capturados ou aderidos pelos óxido-hidróxidos de Ferro e Manganês presentes em grandes concentrações em Barra Longa, nos rejeitos provenientes da barragem de Fundão, como mostram este e outros estudos realizados no município. Portanto, é inaceitável a busca de identificação denexo causal entre os contaminantes encontrados nos solos e a composição dos rejeitos quando estavam na barragem de Fundão, tendo em vista os processos químicos de relação entre o Ferro e Manganês provenientes do rejeito, atuantes como agentes que capturam, acumulam e dispersam metais potencialmente tóxicos como Arsênio e Antimônio, intensificando os riscos de adoecimento.

Finalmente, recomenda-se o monitoramento continuado a longo prazo e avaliação de risco em detalhe do solo, água e poeira, visando Intervenção com ações de controle para a eliminação do perigo ou redução, em níveis toleráveis, como também o monitoramento da saúde da população por meio de exames periódicos de toxicidade de metais na população, à critério médico.

## 8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBIOS. **Estudo de Avaliação de Riscos à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão**- Minas Gerais, 309p. 2019.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução do CONAMA N°420 de 2009**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>, acesso em: maio de 2021.

GEPSA, Grupo de Estudos em Pesquisas Sociambientais. **Relatório de compilação de dados:** Compilação das informações já produzidas sobre a composição dos rejeitos depositados em Barra Longa. Universidade Federal de Ouro Preto, 180p. 2021.

JACOBs e CH2M. **Aplicação dos Planos de Manejo de Rejeitos** (Volume 5) - Trechos 10 E 11. 2018

JACOBs e CH2M. **Aplicação dos Planos de Manejo de Rejeitos** (Volume 5) - Trecho 9. 2018

INSTITUTO LACTEC. **Diagnóstico de Danos: Resumo Executivo** - Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão na bacia do rio Doce e região costeira adjacente. Curitiba, Paraná, Brasil, p. 314, 2020.

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE & GREENPEACE. **Avaliação dos riscos em saúde da população afetada pelo desastre de Mariana**. São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade; 2018 Disponível em: <https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wpcontent/uploads/2017/04/Resumo.18.04.2017.pdf>

MINISTÉRIO DA SAÚDE. ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Doenças relacionadas ao trabalho:** Manual de procedimentos para os serviços de saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2001.

PEREIRA, D. LABORATÓRIO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E PESQUISAS: ARQUITETURA, URBANISMO, ENGENHARIAS E PROCESSOS ARTICULADOS PARA SUSTENTABILIDADE – UFOP. **Diagnóstico de Perdas Ecológicas Socioambiental de Barra Longa**, 2020.

RAURET G., LÓPEZ-SÁNCHEZ J.F., LÜCK D., YLI-HALLA M., MUNTAU H., QUEVAUVILLER P.H. **The certification of the extractable contents (mass fractions) of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in freshwater sediment following sequential extraction procedure** - BCR 701, BCR information reference material, Bruxelas, Bélgica, 76p. 2001.

TECNOHIDRO. **Relatório de avaliação de risco a saúde humana:** Metodologia Ministério da Saúde, Mariana – MG, Áreas alvo – 1, 2 e 3, 2019.

US.EPA. **Regional Screening Levels (RSLs)** - User's Guide. United States Environmental Protection Agency. Disponível em: <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-users-guide#references> . Acesso em: 30/09/2020.



**UFOP**

Universidade Federal  
de Ouro Preto

