

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA POLITÉCNICA

ISABELA FERNANDES MACHADO

**Diretrizes para revitalização da área afetada pelo rompimento
da barragem em Brumadinho/MG**

São Paulo

2022

ISABELA FERNANDES MACHADO

**Diretrizes para revitalização da área afetada pelo rompimento
da barragem em Brumadinho/MG**

Versão Corrigida

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Especialista em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields.

Orientadora: Dra. Mônica M. Stuermer

São Paulo

2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação-na-publicação

Machado, Isabela Fernandes

Diretrizes para revitalização da área afetada pelo rompimento da barragem em Brumadinho/MG / I. F. Machado -- São Paulo, 2022.

36 p.

Monografia (MBA em MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química.

1. Mineração 2. Barragens de rejeitos 3. Impacto 4. Brumadinho
I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Química II.t.

RESUMO

MACHADO, Isabela Fernandes. Diretrizes para revitalização da área afetada pelo rompimento da barragem em Brumadinho/MG. 2022. 36 f. Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Essa dissertação objetiva um estudo bibliográfico, acerca dos impactos ambientais e sociais gerados pelo rompimento da Barragem I, da Mina do Córrego do Feijão, em Brumadinho, Minas Gerais/Brasil, em especial no Córrego do Feijão, bairro rural do município e região mais afetada, bem como as diretrizes para requalificação da área. A discussão mostra que os impactos são de longa data e ainda vão persistir por um bom tempo. O evento e seus impactos jamais serão esquecidos, entretanto, pensando-se no futuro, há algumas formas de reverter o cenário trazendo bem-estar, aquecimento econômico, convívio social e novas perspectivas de inserção da população à região afetada. É de suma importância essa discussão sobre o assunto e a tentativa de se criar uma nova atmosfera para a região, trazendo benefícios e novas possibilidades.

Palavras-chave: Mineração. Barragens de rejeitos. Impacto. Brumadinho.

ABSTRACT

MACHADO, Isabela Fernandes. Guidelines for revitalization of the area affected by the dam failure in Brumadinho/MG. 2022. 36 f. Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

This dissertation aims at a bibliographic study, about the environmental and social impacts generated by the rupture of Dam I, of the Córrego do Feijão Mine, in Brumadinho, Minas Gerais/Brazil, especially in Córrego do Feijão, a rural neighborhood of the municipality and region most affected, as well as guidelines for requalification of the area. The discussion shows that the impacts are long-standing and will persist for a long time. The event and its impacts will never be forgotten, however, thinking about the future, there are some ways to reverse the scenario, bringing well-being, economic heating, social interaction and new perspectives for the insertion of the population in the affected region. This discussion on the subject and the attempt to create a new atmosphere for the region is extremely important, bringing benefits and new possibilities.

Keywords: Mining. Tailings dams. Impact. Brumadinho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da barragem I e demais áreas em estudo	7
Figura 2 – Imagens do exato momento do rompimento da barragem de Brumadinho	8
Figura 3 – Método construtivo de montante	13
Figura 4 – Método construtivo de jusante	13
Figura 5 – Método construtivo de linha de centro	14
Figura 6 – Contraste da lama de rejeitos com a vegetação	17
Figura 7 – Praça da Bandeira, Município de Brumadinho – 1958	19
Figura 8 – Matriz de danos socioambientais devido ao rompimento da barragem	21
Figuras 9 e 10 – Animais soterrados pela lama de rejeitos	22
Figura 11 – Complexo Minerário de Córrego do Feijão	23
Figura 12 – Área de abrangência da Bacia do rio Paraopeba	24
Figuras 13 e 14 – Área atingida e o andamento das ações de reparação no local	28
Figuras 15 e 16 – Área urbana do Córrego do Feijão com indicação das áreas propostas pela Vale para o “Projeto Território-Parque”	30

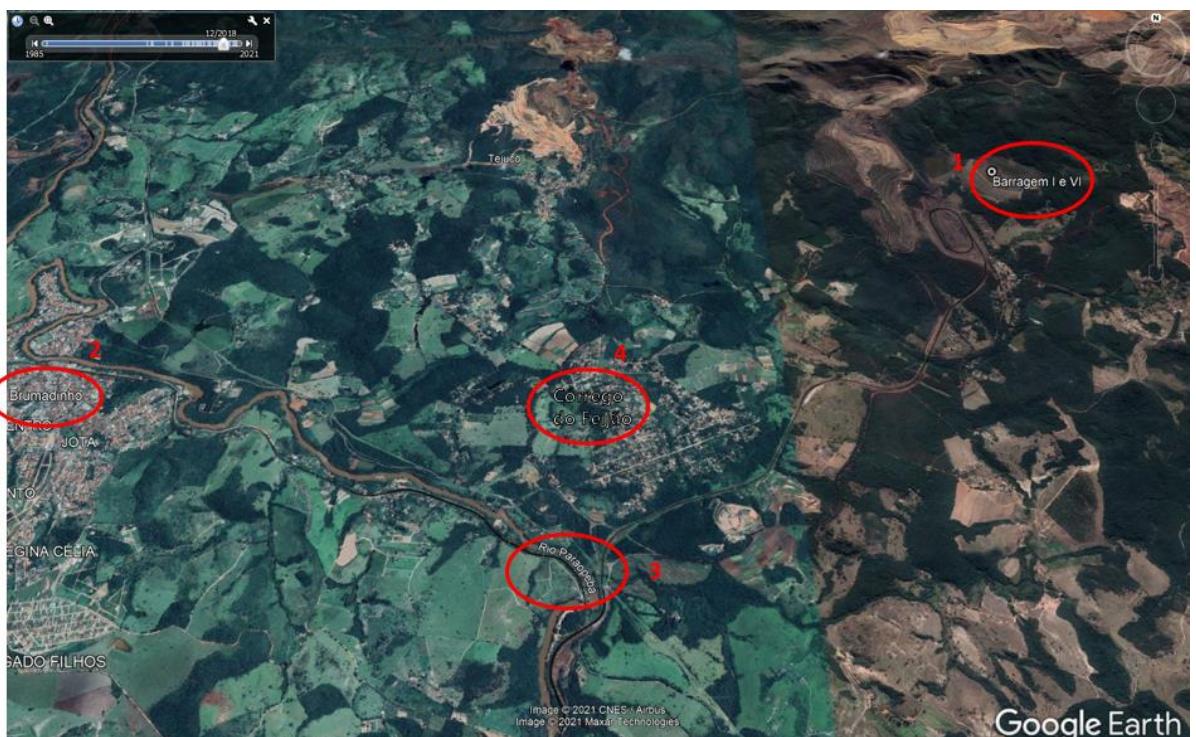
SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVOS	9
3	JUSTIFICATIVA.....	10
4	METODOLOGIA	11
5	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
5.1	BARRAGENS DE REJEITO.....	12
5.2	IMPACTOS DAS BARRAGENS DE REJEITO.....	16
6	ÁREA DE ESTUDO	18
6.1	ANTECEDENTES	18
6.2	IMPACTOS GERADOS PELO ACIDENTE (FÍSICOS, SOCIAIS, FINANCEIROS) ...	20
6.3	BACIA DO RIO PARAOPÉBA	23
6.4	MEDIDAS DE RECUPERAÇÃO DA ÁREA.....	25
7	DIRETRIZES DO GAC PARA REQUALIFICAÇÃO DA ÁREA.....	27
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1 INTRODUÇÃO

No dia 25 de janeiro de 2019, a Barragem I, da Mina do Córrego do Feijão, em Brumadinho, Minas Gerais/Brasil, se rompeu, deixando cerca de 270 mortos e um rastro de destruição pelo caminho. A figura 1, a seguir, apresenta a localização da barragem e demais áreas em estudo.

Figura 1 – Localização da barragem I e demais áreas em estudo



Fonte: Imagem do GoogleEarth (2018).

A barragem foi construída através do método de alteamento a montante em 1976, pela Ferteco Mineração e adquirida posteriormente pela Vale, em abril de 2001, dando prosseguimento as atividades. A barragem foi implantada em uma Elevação (El.) inicial de 874,00m, passando mais tarde por cinco alteamentos de 3,00m de altura cada, alcançando então El. 889,00m. Segundo dados do Governo de Minas, da Secretaria de Meio Ambiente e da Superintendência Regional de Minas Gerais (2010), a partir do 4º alteamento a barragem teve seu eixo deslocado para montante do eixo inicial. A Barragem ainda foi alteada mais 5,00m até a El. 894,00m e logo em seguida, ainda foram executados mais três alteamentos. No 9º

alteamento, realizado pelo método de montante, a barragem atingiu a elevação de 937,00m e altura de 81,00m (GEMG; SEMAD; SUPRAM CM, 2010).

De acordo com a Vale, a Barragem I da Mina Córrego do Feijão tinha como finalidade a disposição de rejeitos provenientes da produção de Brumadinho. Entretanto, a mesma estava inativa há 3 anos, não recebia rejeitos, não tinha a presença de lago e não existia nenhum outro tipo de atividade operacional em andamento. Naquele momento, encontrava-se em desenvolvimento o projeto de descaracterização da barragem. Os rejeitos dispostos ocupavam uma área de 249,5 mil metros quadrados e o volume disposto era de 11,7 milhões de metros cúbicos (Vale, 2019). A figura 2 apresenta imagens da Barragem I, antes e depois de sua ruptura.

Figura 2 – Imagens do exato momento do rompimento da barragem de Brumadinho



Fonte: TV Globo/Reprodução (2019).

Há quase três anos do rompimento, de acordo com a listagem da Vale datada de 05/01/2022, seis pessoas ainda seguem desaparecidas. Além das perdas humanas, tem-se uma série de consequências e impactos sociais, ambientais, econômicos e patrimoniais ainda recorrentes pela extensão territorial, em especial na Bacia do Rio Paraopeba (Vale, 2022).

2 OBJETIVOS

O principal objetivo desse estudo é analisar o contexto de Brumadinho/MG no período anterior e posterior frente ao rompimento da Barragem I, da Mina do Córrego do Feijão, os impactos sociais e ambientais causados na região e em seu entorno.

Como objetivo específico têm-se a proposta de requalificação da área diante de um novo uso para a área rural afetada pelos rejeitos da mineração, localizada no bairro de Córrego do Feijão.

3 JUSTIFICATIVA

Quase três anos após o rompimento em Brumadinho e sete anos depois do desastre da Samarco em Mariana, continua clara a necessidade de reflexão sobre o modelo de desenvolvimento adotado no País, que gera desigualdades sociais e ambientais e também riscos aos direitos humanos. A justificativa para o presente estudo se dá pela importância de discussão sobre o assunto e pela tentativa de se pensar um novo cenário mais integro e real, trazendo benefícios e novas possibilidades para a região atingida e a todos que nela habitam.

A ideia é trazer de volta ao tecido urbano a área contaminada, de forma a introduzir novas fontes de renda para os locais, de forma sustentável, tornado a área novamente íntegra e habitável.

4 METODOLOGIA

A revisão de literatura possibilita encontrar espaços para pesquisas dentro de um determinado campo de conhecimento – a partir da qual pode-se definir uma agenda de estudos (Prado et al., 2016). Além disso, pode ser feita em esferas que possuem poucas publicações, e também nas quais têm um grande número de divulgações. É importante que ela seja justificada dentro de um contexto (Steward, 2004).

O presente estudo utiliza o referencial da pesquisa bibliográfica, considerando a revisão de pesquisas, cartilhas e documentos, análise de referências existentes e discussões de outros autores sobre o tema abordado, como forma de embasamento teórico para a pesquisa desenvolvida no âmbito das diretrizes para revitalização da área afetada pelo rompimento da barragem em Brumadinho/MG.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 BARRAGENS DE REJEITO

Duarte, em 2008, pontuou a mineração como um complexo de atividades necessárias à extração econômica de bens minerais da crosta terrestre, que provoca transformações no meio ambiente, através de atividades de lavra e processo. A lavra constitui-se no conjunto de atividades coordenadas que extraem um bem mineral, objetivando o seu aproveitamento industrial ou uso direto. Os processos de mineração (tratamentos) envolvem separações físicas e químicas para obtenção da substância mineral de interesse (Espósito, 2000).

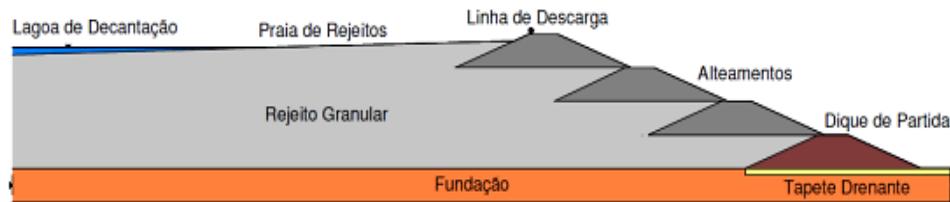
No processo, também são produzidos os rejeitos, que são considerados até então, de pouco valor comercial e por isso são descartados da unidade de beneficiamento. Entende-se por rejeitos, resíduos resultantes de processos de beneficiamento, a que são submetidos os minérios, visando extrair o produto final, que são os elementos de interesse econômico. Esses processos têm a finalidade de regularizar o tamanho das partículas de fragmentos, remover os minerais associados sem valor econômico e aumentar a qualidade, pureza ou teor do produto final. Os procedimentos empregados para esse fim são muito variados, uma vez que dependem diretamente do tipo e da qualidade do minério a ser extraído (Espósito, 2000).

Existem, no Brasil, inúmeros barramentos de diversas dimensões e destinados a diferentes usos. A diversidade de tamanhos e usos das barragens e aterros de contenção reflete-se também nas condições de manutenção dessas estruturas. Algumas são impecavelmente mantidas, atendendo normas de segurança compatíveis com os padrões internacionais mais exigentes, enquanto outras podem resultar no rompimento da estrutura, pois ficam esquecidas, sujeitas a enchentes ou quando ultrapassam os níveis de segurança.

Barragens de contenção de rejeitos, que são estruturas construídas para conter os materiais resultantes do beneficiamento do minério, são executadas em estágios (alteamentos), na medida em que os rejeitos são gerados, diluindo custos da construção e operação (Duarte, 2008).

Ainda de acordo com Duarte, os três métodos mais comuns em alteamentos das barragens são: método de montante, de jusante e de linha de centro. Estas denominações referem-se à direção do deslocamento do eixo da barragem em relação ao dique inicial, conforme ocorrem os alteamentos. As figuras 3, 4 e 5 a seguir representam esses métodos de alteamento.

Figura 3 – Método construtivo de montante



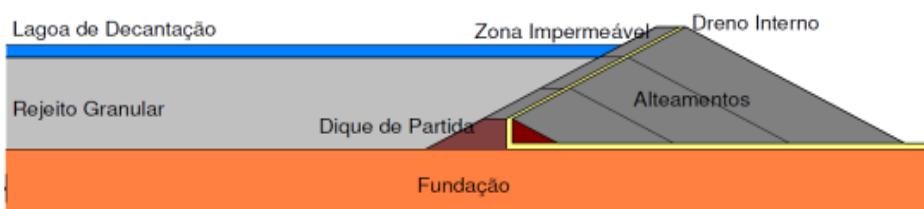
Fonte: Albuquerque Filho (2014).

De acordo com o glossário da Vale, à montante é o tipo de barragem cujo corpo é construído com o uso de rejeito através de alteamentos sucessivos sobre o próprio rejeito depositado. Os alteamentos são realizados no sentido contrário ao fluxo de água (montante). A barragem necessita de rejeito grosso para que o maciço possa ser construído e o processo continua sucessivamente até que a cota final prevista em projeto seja atingida (Araújo, 2006).

Apesar de ser o mais utilizado pela maioria das mineradoras, devido ao baixo custo de sua construção, a necessidade de menor volume de materiais, a rapidez e a simplicidade na execução dos alteamentos (Vick, 1983), o método de montante apresenta um baixo controle construtivo, tornando-se crítico principalmente em relação à segurança. Segundo Farias e Paranhos (2013) isso ocorre, principalmente, devido ao fato que os alteamentos são executados sobre materiais previamente depositados e não consolidados.

Ressalta-se, ainda, que, nesse método construtivo, existe uma dificuldade na implantação de um sistema interno eficiente de drenagem para controlar o nível d'água dentro da barragem, constituindo um problema adicional com reflexos na estabilidade da estrutura (Farias e Paranhos, 2013 *apud* Sabbo et al., 2017).

Figura 4 – Método construtivo de jusante



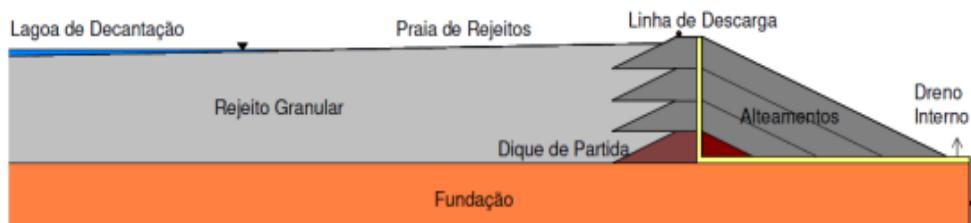
Fonte: Albuquerque Filho (2014).

Segundo a Vale, barragem à jusante é a convencional. O maciço da barragem é construído em solo compactado, independentemente do tipo de rejeito depositado na mesma. Os alteamentos são realizados no sentido do fluxo de água (jusante).

De acordo com Klohn (1981), os pontos positivos do processo de alteamento para jusante consistem no controle do lançamento e da compactação, de acordo com técnicas convencionais de construção. Nenhuma parte ou alteamento da barragem é construída sobre o rejeito previamente depositado, além disso, os sistemas de drenagem interna podem ser instalados durante a construção da barragem e prolongados durante seu alteamento, permitindo o controle da linha de saturação na estrutura da barragem e aumentando sua estabilidade. A barragem também pode ser projetada e construída apresentando a resistência necessária ou pretendida, inclusive resistir a qualquer tipo de forças sísmicas, desde que projetadas para tal, já que há a possibilidade de atendimento integral das especificações de projeto (Duarte, 2008).

Com este método, a área ocupada pelo sistema de contenção de rejeitos é muito maior, devido à direção da estrutura para jusante em função do acréscimo da altura além de apresentar custos mais elevados (Araújo, 2006).

Figura 5 – Método construtivo de linha de centro



Fonte: Albuquerque Filho (2014).

A barragem de linha de centro é um sistema intermediário em termos de custo, possui estabilidade maior que a barragem alteada com o método à montante e não requer um grande volume de materiais como no alteamento à jusante (Geoscan, 2020). No entanto, um dreno acompanha o alteamento da construção e os rejeitos são lançados a partir da crista do dique inicial, sendo ampliada em etapas, ao longo de sua vida útil, através de sobreposições. Este

método é apropriado para áreas com alta atividade sísmica, pois é possível controlar a linha de saturação em todas as etapas (Harano, 2019).

Segundo a Agência Nacional de Mineração (ANM), também existe o método construtivo de etapa única, quando a barragem inteira consiste em um único dique, construído de uma vez só.

No Brasil, estão sujeitas à Lei nº 12.334/2010, que trata da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), as barragens que têm:

- altura maior ou igual a 15 m; ou
- reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³; ou
- resíduos perigosos depositados em seu reservatório; ou
- que sejam classificadas com médio ou alto potencial para causar danos ambientais e socioeconômicos.

A PNSB determina diversos conceitos, parâmetros e obrigações aos empreendedores (donos das barragens) e aos órgãos que fiscalizam a gestão de sua segurança. Desta forma, cabe à Agência Nacional de Mineração:

- cadastrar e classificar as barragens, de acordo com os riscos referentes à sua operação e a sua capacidade de causar danos ambientais e socioeconômicos;
 - fiscalizar a gestão da segurança das barragens de mineração em todo o país;
 - elaborar normas relativas à segurança deste tipo de estruturas;
 - assegurar que os empreendedores que possuam barragens de mineração cumpram rigorosamente a legislação federal de segurança e suas normas complementares.
- (ANM, 2021).

5.2 IMPACTOS DAS BARRAGENS DE REJEITO

Conforme apontado por Carvalho em 2018, por muito tempo os resíduos da mineração (estéril e rejeito) foram descartados de maneira equivocada no meio ambiente, tanto em cursos d’água quanto em terrenos vizinhos, sem nenhuma preocupação com os impactos negativos que tal prática poderia causar. Somente no século XX, com a instalação de distritos minerários que atraíram empresas de maior porte e contribuíram com o aumento da população, que a problemática ambiental teve seu início. Dentre as causas, pode-se citar os conflitos pelo uso da terra e da água, principalmente por parte do setor agrícola, devido a obstrução dos poços de irrigação e contaminação das águas a jusante do local de descarte. Diante disso, tiveram início os primeiros debates a respeito da elaboração de legislações sobre o gerenciamento de resíduos da mineração (Mello e Piasentin, 2011).

Os rompimentos de barragens de contenção de rejeitos são eventos de baixa probabilidade, mas que geram grande preocupação em função dos impactos que estão sempre associados a esse tipo de ocorrência. Isto acontece em função dos elevados danos e prejuízos causados às populações que se encontram à jusante destes reservatórios, e aos impactos ambientais decorrentes nos meios físico, biótico e socioeconômico (Carvalho, 2018). Duarte (2018) aponta os dois principais fatores que podem ser indicados como causa primária dos rompimentos: a origem de um fenômeno natural intenso responsável por abalar a estrutura da barragem, como eventos sísmicos ou o mal planejamento da estrutura.

O rompimento de barragens de rejeito de mineração causa mudanças drásticas na cobertura da terra e causa impactos severos, como distúrbios hidrológicos, problemas socioeconômicos, contaminação do meio físico e biótico, mortes e comprometimento da saúde e bem-estar das populações atingidas (Aires et al., 2018). A figura 6 abaixo retrata o contraste decorrente dessas mudanças.

Nos últimos anos, o Brasil, em especial Minas Gerais, na região do Quadrilátero Ferrífero, foi alvo de casos de rompimento de barragens de rejeitos, em decorrência da maior concentração de atividades mineradoras no Estado.

Figura 6 – Contraste da lama de rejeitos com a vegetação



Fonte: Douglas Magno, AFP para El País (2021).

6 ÁREA DE ESTUDO

6.1 ANTECEDENTES

No período de 1964 a 1984, os governos militares acreditavam na mineração como fator de integração nacional e de ocupação do território. Dessa forma, fomentaram-na de modo bastante significativo e incentivaram a criação de vilas de mineração no Brasil (Barreto, 2001).

Décadas mais tarde, conforme documento final assinado na Conferência Rio+10, realizada entre maio e agosto de 2002, em Johannesburgo na África, tendo em vista que os minerais são considerados essenciais para a vida moderna, a mineração foi elencada como uma atividade fundamental para o desenvolvimento econômico e social de muitos países. Segundo Farias, por ser um dos setores básicos da economia do país, a mineração contribui para o bem-estar e qualidade de vida das atuais e futuras gerações, desde que seja operada com responsabilidade social, em conformidade com os preceitos do desenvolvimento sustentável (Farias, 2002).

Com relação à Brumadinho, sua história inicia-se ainda no final do século XVII, quando os bandeirantes, em busca do ouro das Minas Gerais, fundaram os primeiros povoados na região do Vale do Paraopeba, onde está localizado o município. Piedade do Paraopeba, São José do Paraopeba e Brumado do Paraopeba foram os primeiros Arraiás da região e a figura 7 abaixo ilustra como era uma das praças da cidade. Já no início do século XX, a construção da linha férrea e da Estação Ferroviária possibilitou à vinda de vários trabalhadores para a região, dando origem à cidade. O pequeno povoado recebeu este nome em alusão à antiga Vila do Brumado do Paraopeba e as brumas, comuns em toda a região montanhosa, principalmente no período da manhã. Neste ano de 2021, comemoram-se 83 anos de sua emancipação política e hoje Brumadinho é um dos municípios mais importantes do Estado de Minas Gerais, com destaque para o turismo, devido à forte influência do Museu Inhotim. Atualmente, de acordo com o IBGE, a população estimada é de 41.208 habitantes (IBGE | Cidades, 2021 e Portal da Cidade Brumadinho).

Ainda de acordo com o portal da cidade, o município está numa região situada no Maciço do Espinhaço e início do Tabuleiro do Oeste, que começou a ser colonizada pelos “insubmissos” da Guerra dos Emboabas, que teve seu berço no Município de Caeté/MG. A principal atividade econômica, já naquela época era o garimpo do ouro, onde estariam livres dos impostos da Coroa.

Figura 7 – Praça da Bandeira, Município de Brumadinho - 1958



Fonte: IBGE (2021).

O antigo Brumado do Paraopeba, primeiro nome dado ao município (IBGE | Cidades), também se destaca pela sua riqueza hídrica por causa de seus grandes mananciais de água, possibilitados pela grande extensão do município e pelo relevo montanhoso. Segundo o jornal Estado de Minas, "a maior fonte de água mineral do mundo" estaria localizada na serra que separa os municípios de Brumadinho e Mário Campos (IBGE, 2021).

Na parte econômica, o município tem sua principal base econômica sustentada pela atividade da mineração, sobretudo pela atuação da Vale S.A. Em segundo plano, entra a agricultura de pequeno porte. Segundo o IBGE, Censo Agropecuário 2017 - Resultados definitivos, dos 20.466 hectares de lavoura, cerca de 17 mil são de produtores individuais, e a maior área plantada é de pastagem. A produção de hortaliças e frutas que abastecem a capital também se destaca e o sistema de agricultura familiar e a produção de orgânicos é bem estimulado pela prefeitura da cidade.

Atrelado ao crescimento da cidade, tem-se o nascimento da Vale em Minas Gerais e sua atuação na região desde 1942 com a exploração de grandes jazidas de minério de ferro que promoveram alterações significativas na paisagem e criaram uma significativa dependência nos

municípios onde estão localizadas suas instalações e em seus arredores, que eram muitas vezes projetados a desenvolver infraestrutura urbana necessária a receber moradores aumentando a sua população (Ruchkys, Castro e Miranda, 2019).

Com relação ao Córrego do Feijão, vilarejo que se tornou bairro do município de Brumadinho em 2004 e que, de acordo com o último censo demográfico (IBGE, 2011), contava com 415 residentes no bairro, tinha como principal fonte de lazer e sustento das famílias, a pesca e turismo no rio Paraopeba, além da agricultura familiar que é bem forte em toda a região. Segundo relatos de moradores para o programa Terra de Minas (2016), seu nome se deve a um caminhão carregado de feijão que caiu sobre o principal curso hídrico local no passado. É considerado o principal bairro rural do município e foi a região mais afetada pelo rompimento da barragem.

6.2 IMPACTOS GERADOS PELO ACIDENTE (FÍSICOS, SOCIAIS, FINANCEIROS)

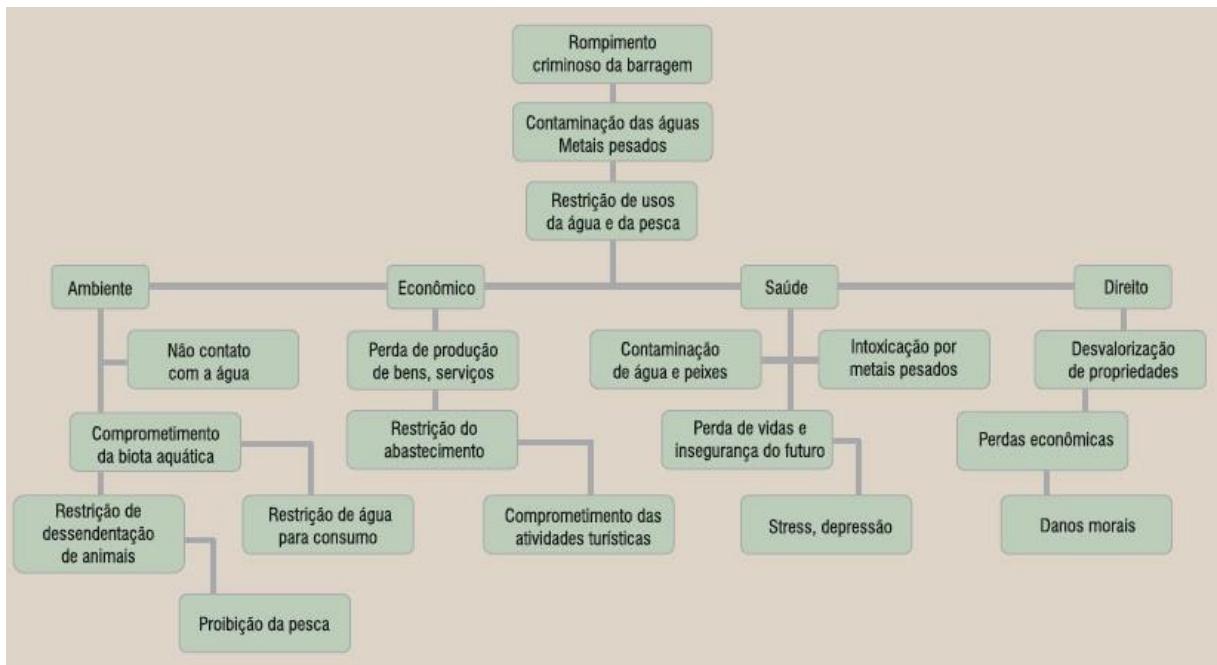
O rompimento da barragem do Córrego do Feijão é classificado como um dos maiores crimes ambientais e de acidente de trabalho do Brasil, uma vez que uma grande quantidade de vítimas era de trabalhadores que atuavam na área da empresa. Esse impacto se deu por ação de negligência relacionada à operação da barragem de rejeitos de responsabilidade da Vale (Polignano e Lemos, 2020).

Os desastres são classificados quanto à sua intensidade, evolução e origem. O rompimento do presente estudo, quanto à intensidade, classifica-se como nível IV que, de acordo com o Glossário de Defesa Civil (1998):

Os desastres de muito grande porte (intensidade) são caracterizados quando os danos causados são muito importantes e os prejuízos muito vultosos e consideráveis. Nessas condições, esses desastres não são superáveis e suportáveis pelas comunidades, mesmo quando bem informadas, preparadas, participativas e facilmente mobilizáveis, a menos que recebam ajuda de fora da área afetada. Nessas condições, o restabelecimento da situação de normalidade depende da mobilização e da ação coordenada dos três níveis do Sistema Nacional de Defesa Civil — SINDEC e, em alguns casos, de ajuda internacional.

Polignano e Lemos (2020) em seu artigo muito bem pontuaram os impactos causados na Bacia do Rio Paraopeba em decorrência do acidente, vide matriz na figura 8 abaixo. Também reforçam que, nessas condições, para o reestabelecimento da situação e toda vida presente na região, é necessário apoio e ajuda de estruturas externas à área afetada.

Figura 8 – Matriz de danos socioambientais devido ao rompimento da barragem



Fonte: Polignano e Lemos (2020).

O meio ambiente sofreu diversos impactos, dentre eles, a alteração da qualidade e disponibilidade das águas, a perda de vegetação nativa e do solo natural, alteração da morfologia dos cursos d'água e a mortandade da fauna terrestre e aquática. Tudo isso, de acordo com o Caderno 1 ano do SISEMA, devido ao carreamento dos milhões de metros cúbicos de rejeitos que estavam dispostos na Mina de Córrego do Feijão. A maior parte do rejeito ficou contido na calha do ribeirão Ferro-Carvão até seu encontro com rio Paraopeba, mas uma parte atingiu a calha do rio Paraopeba, propagando-se até o remanso da Usina Hidrelétrica (UHE) de Retiro Baixo.

Brumadinho, segundo Freitas et al. (2020), é um município que depende 60% da mineração para as suas receitas e o desastre não só envolve a lama de rejeitos que os atinge, mas também

as perdas de receitas arrancadas, que se reflete na capacidade de oferta dos serviços essências como a saúde, educação, saneamento, entre outros. Também há a interrupção da cadeia econômica formada por pequenas e médias empresas que gravitam entorno da prestação de serviços à mineração, levando a um declínio no sistema da economia local/regional.

Esses processos afetam populações e territórios de modo mais amplo e sistêmico, gerando impactos sobre as condições de vida e situações de saúde (tensões, depressões, inseguranças, ampliação e agravamento das doenças crônicas como observado também anos antes em Barra Longa, 2015) com elevação dos problemas e necessidades de saúde, exigindo maiores investimentos financeiros para a ampliação dos serviços exatamente quando as receitas tendem a diminuir ao longo do tempo. Tem-se após o desastre um cenário ambíguo, que envolve sentimentos de repulsa e traição com o desejo de aumentar a punição e os custos para as empresas, combinados com a dependência econômica das pessoas e dos municípios que demandam que as atividades produtivas não sejam interrompidas (Freitas et al., 2020).

O mar de lama causado pelo rompimento de uma barragem também arrastou cães, vacas, aves e animais silvestres pela maré de rejeitos, como pode ser visualizado nas figuras 9 e 10 a seguir. Muitos agonizaram por horas sem água e comida e sofrendo também por estarem machucados. Em reportagem para a Carta Capital (2019), foi informado pela Defesa Civil que diversos animais tiveram de ser sacrificados, uma vez que o resgate dos bovinos e cavalos é o mais crítico, pois esses animais pesam em média 800 quilos e é preciso tapumes, correias e em alguns casos, até aeronaves para tirá-los da lama, não reunindo condições para resgate com vida em decorrência do estado e características do local do desastre.

Figuras 9 e 10 – Animais soterrados pela lama de rejeitos



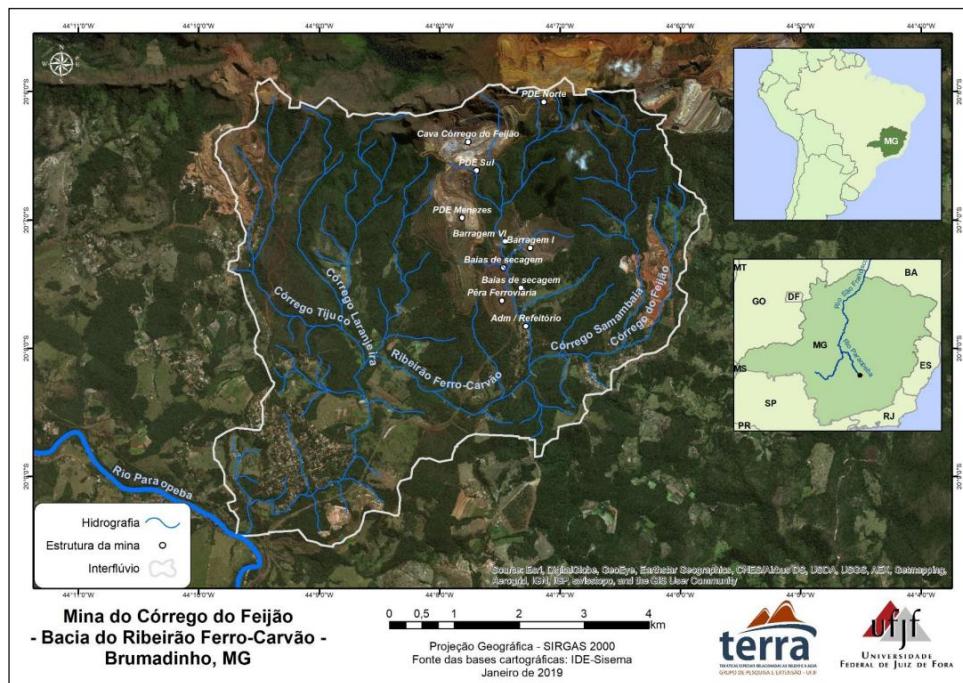
Fonte: Imagens da reportagem para a Carta Capital (2019).

Com relação aos animais domésticos, desde janeiro de 2019, à determinação do Tribunal de Justiça de Minas Gerais (TJMG), a Vale tem resgatados os animais de pequeno e grande porte que foram impactados direta ou indiretamente pelo rompimento, para acolher e tratar dos mesmos. Já foram realizadas 3 feiras de adoção até hoje e 239 animais foram adotados, sendo eles 149 cães e 90 gatos, e ainda, 17 animais resgatados foram devolvidos aos antigos donos (Vale, 2021).

6.3 BACIA DO RIO PARAOPEBA

De acordo com o portal dos Comitês do IGAM, baseado no IBGE/CENSO 2010, a Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba (SF3), conforme figura 12 abaixo, possui uma área de 12.054,25km², sendo 5,14% do território da bacia do rio São Francisco. Sua nascente está localizada em Minas Gerais, ao sul no município de Cristiano Otoni e sua foz está na represa de Três Marias, no município de Felixlândia. Conta também com 48 municípios ao todo, onde 35 tem sede na bacia. Seus principais rios são: Paraopeba, Águas Claras, Macaúbas, Betim, Camapuã e Manso e 1.318.885 milhão de habitantes são abrangidos pelos rios dessa bacia. A figura 11 a seguir apresenta o complexo minerário de Córrego do Feijão.

Figura 11 – Complexo Minerário de Córrego do Feijão



Fonte: Vale S.A (2021).

As captações da água que abastecem a Região Metropolitana de Belo Horizonte concentram nas bacias hidrográficas do rio das Velhas e do Paraopeba. Cada uma contribui com pouco menos da metade de toda a água consumida por mais de cinco milhões de pessoas na RMBH. No caso específico de Belo Horizonte, a captação na bacia do Paraopeba representa cerca de 30% da água que é distribuída na capital (Lei.A, 2019).

Ainda foi apontado pela reportagem do Lei.A que com o rompimento de barragens da Vale, em Brumadinho, foram despejados cerca de 13 milhões de metros cúbicos de rejeitos, o equivalente a 5.200 piscinas olímpicas, no seu leito. Além de matar quase 300 pessoas, destruindo 269,84 hectares de vegetação nativa e áreas de preservação permanente (APP) deixando uma biodiversidade irrecuperável, o rompimento também arruinou uma área imprescindível para o abastecimento de água da Grande BH (Ibama, 2019).

Figura 12 – Área de abrangência da Bacia do rio Paraopeba



Fonte: Vale S.A (2021).

6.4 MEDIDAS DE RECUPERAÇÃO DA ÁREA

Segundo notas técnicas, a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), a Secretaria de Estado da Saúde (SES) e a Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SEAPA) recomendaram que a população não fizesse uso da água bruta do Rio Paraopeba, no trecho que abrange os municípios de Brumadinho até Pompeu, para nenhuma finalidade e determinou, ainda, que a empresa responsável pela barragem suprisse a população com água em condições seguras para os mais diversos usos. Essa recomendação vigora até os dias atuais, e foi respaldada pelo monitoramento executado pelo IGAM, COPASA e CPRM/ANA (FEAM, 2021).

Apesar disso, de acordo com o site da Vale para a Reparação, no final de dezembro de 2019, a empresa iniciou o Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, seguindo as diretrizes apresentadas pelo Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF). Já em 2020, foi feita a remoção dos rejeitos na foz do ribeirão Ferro Carvão, desde a Ponte Alberto Flores até a confluência do ribeirão Ferro Carvão com o rio Paraopeba, através do projeto Marco Zero, que tinha o objetivo de reabilitar esse trecho mais afetado pelo rompimento da barragem em Brumadinho, e também de restaurar a vegetação com plantas nativas da região, além de contribuir com a recuperação do rio Paraopeba.

De acordo com a reportagem feita pela Vale ao portal Diário do Comércio, uma das primeiras ações iniciadas pelo projeto em prol da recuperação ambiental da área foi a implantação de um conjunto de estruturas para contenção do rejeito. Ao longo do ribeirão Ferro-Carvão, a empresa construiu 25 pequenas barreiras e quatro grandes estruturas de contenção. Essas obras estão concluídas e, desde maio de 2019, o rio Paraopeba não recebe mais sedimentos (Diário do Comércio, 2020).

Como parte das obras emergenciais para reabilitação dos rios, foram construídas duas Estações de Tratamento de Água Fluvial (ETAFs) e até agora, mais de 10 bilhões de litros de água foram tratados e devolvidos ao rio Paraopeba. Uma outra ação importante é a dragagem dos rejeitos do trecho assoreado do rio. Por meio dessa ação, é possível remover o material sólido e drenar a água para uma das estações de tratamento, devolvendo-a limpa ao Paraopeba. De acordo com a Vale, também foi feita a estabilização das margens do ribeirão e a reconstituição da sua calha. Entretanto, ainda assim, tem muito a ser feito.

A reparação conta com técnicas de bioengenharia para recuperar o solo e controlar as erosões somadas à plantação de mais de quatro mil mudas de espécies nativas da região. Mais de 500 mil metros de cerca foram colocados nas Áreas de Preservação Permanente (APP) da bacia do rio Paraopeba, medida importante para garantir o crescimento da vegetação presente em espaços próximos aos cursos d'água. A Vale, nesse processo, conta com o apoio, orientação e acompanhamento de pesquisadores e professores das importantes universidades federais parceiras (Vale, 2021).

De acordo com o Balanço da Reparação Final, documento disponibilizado pela Vale, de todo volume vazado, 3,5 milhões de m³ já foram manuseados, o que representa 36% do total de rejeitos. A remoção de rejeitos é fundamental para apoiar as buscas dos bombeiros e para a recuperação ambiental das áreas impactadas (Balanço da Vale, 2021).

O arquivo também conta com um histórico de ações realizadas no território e junto à população. Projetos de resgate a fauna, desenvolvimento de lideranças, obras de infraestrutura, distribuição de água potável são, dentre outras, atitudes pensadas para a reparação.

7 DIRETRIZES DO GAC PARA REQUALIFICAÇÃO DA ÁREA

De acordo com o Manual da FIESP sobre “Áreas contaminadas informações básicas” tem-se a definição de área contaminada como uma área, terreno, local, instalação ou edificação onde há comprovadamente quantidades ou concentrações de matérias provenientes da deposição, acumulação, armazenamento de produtos, materiais, resíduos ou infiltração dessas substâncias que tenham ocorrido de forma planejada, acidental ou até mesmo natural, podendo causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger.

O Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) é definido como um conjunto de medidas tomadas com o objetivo de minimizar os riscos provenientes da existência dessas áreas em relação à população e ao meio ambiente.

A Remediação Ambiental é definida na publicação da RAÍZCON como uma medida de intervenção para reabilitação de uma área contaminada, através da aplicação de técnicas visando a remoção, contenção ou redução das concentrações de contaminantes presentes no local. A Lei Estadual 13.577/09, estabelece que a remediação de área contaminada consiste na adoção de medidas para a eliminação ou redução dos riscos em níveis aceitáveis para o uso declarado. Ou seja, trata-se da reabilitação da área de modo a possibilitar a sua reutilização, com limites aceitáveis de riscos ao meio ambiente e à saúde humana. Nas figuras 13 e 14 a seguir podem ser observadas a área atingida e o andamento das ações de reparação no local.

A ideia nesse capítulo é pensar em algumas formas de requalificar a área diante de um novo uso para a área afetada pelos rejeitos da mineração e abaixo estão elencados outros dois importantes termos que irão auxiliar nessa etapa de acordo com o Manual da FIESP (2014):

Área Reabilitada para Uso Declarado (AR): área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria anteriormente contaminada que, depois de submetida às medidas de intervenção, ainda que não tenha sido totalmente eliminada a massa de contaminação, tem restabelecido o nível de risco aceitável à saúde humana, ao meio ambiente e a outros bens a proteger; e

Reabilitação: processo que tem por objetivo proporcionar o uso seguro de áreas contaminadas, por meio da adoção de um conjunto de medidas que levam à eliminação ou redução dos riscos impostos pela área aos bens a proteger.

Figuras 13 e 14 – Área atingida e o andamento das ações de reparação no local



Fontes: Rodney Costa (2019) e Balanço da Reparação Final da Vale (2021).

Ruchkys et al. (2018) apontaram alguns exemplos bem-sucedidos de minas antigas que se tornaram importantes e valorizados centros de atividades turísticas e educativas que trazem uma ponta de esperança frente à degradação em Brumadinho. São eles: Instituto Inhotim (mina de ferro também em Brumadinho); Idrija (mina de mercúrio na Eslovênia); Sewell (Chile), Ametista (Brasil); Bacia Mineraria de Nord Pas de Calais (França); Lousal (Portugal); Wiliczka (Polônia) – dentre tantos outros. Seguindo nessa linha, a Vale, em dezembro de 2019, lançou o “Projeto Território-Parque” com o intuito de deixar um legado para a comunidade do Córrego do Feijão por meio de ações de melhoria da infraestrutura, reativação econômica, valorização da natureza, desenvolvimento do turismo local e cuidado com a memória das vítimas do rompimento da Barragem I. O nome foi pensado através do objetivo de trazer de volta a relação da comunidade com a natureza (Balanço da Vale, 2021).

O site de notícias, Além do Fato da Uai, trouxe em 2019 a apresentação da empresa quanto ao projeto, que foi realizada pelo arquiteto e urbanista Fernando Maculan. Como parte do reparo da sua responsabilidade na tragédia, o projeto é proposto para ser realizado bem no local do rompimento, sendo uma das “bases” proposta para ser instalada onde era o antigo campo de futebol da cidade, que foi utilizado como ponto de apoio para as operações de busca e resgates e heliporto para Corpo de Bombeiros, Forças Armadas, Polícias Militares e Civis e agentes dos diversos Estados.

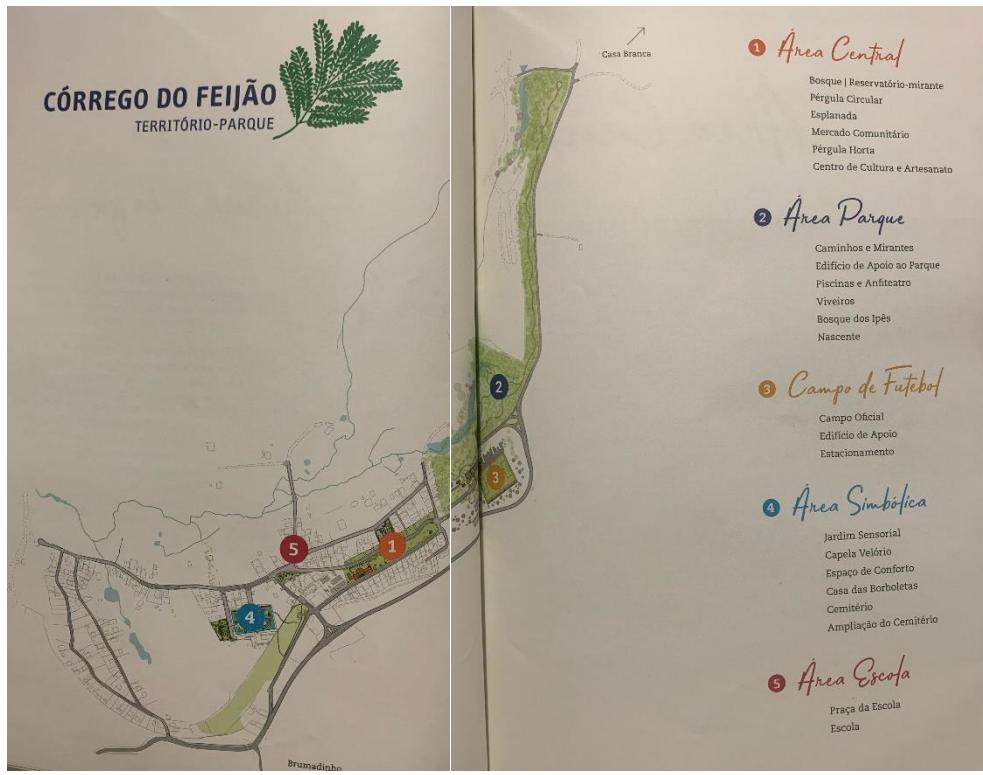
O projeto conta com áreas distintas, sendo algumas delas descritas e representadas nas figuras 15 e 16 abaixo (reprodução do site, conforme apresentação Vale):

- “Área Simbólica”: contará com um parque com alamedas, jardins, espelho d’água, cemitério e uma capela para velório;
- “Área Parque”: será polo de diversas atividades como centro de cultura e artesanato, lazer, mobilidade, feiras, festividades, pontos de apoio multiuso e também terá um bosque. A praça preencherá o enorme descampado que tem colorido a comunidade com terror.
- “Área Central”, terceira e maior instalação: ocupará superfície próxima da metade da ocupação urbana e favorecerá a preservação de imensa área verde, que, além de tudo, é foco de contínuas queimadas. Nesta parte, surgirão horto, viveiro, ciclovias, trilhas, piscina, anfiteatro, mercado (para venda de produtos locais), espelhos d’água e serviço de segurança. Terá, ainda, o núcleo de um sistema sustentável de manejo das águas – de superfície, poço artesiano e captação.

Ainda conforme o Balanço de Reparação da Vale, nesses espaços funcionarão os negócios sociais locais que estão sendo fomentados pelo projeto de empreendedorismo Social Comunitário, realizado em parceria com o Instituto Kairos. O projeto Yara Tupynambá também apoia a Vale em diversos projetos e até esse ano, já foram entregues 230 jardins e 201 residências que estão concluídas ou em fase de conclusão.

Essas propostas para o Território-Parque visam atender prioritariamente as famílias da principal região impactada, reparando e permitindo que a vida em comunidade possa ser ressignificada e fortalecida, e em segundo plano gerar desenvolvimento econômico e social à região, conforme as expectativas e demandas locais (Cartilha Vale “Córrego do Feijão Território-Parque”, 2021).

Figuras 15 e 16 – Área urbana do Córrego do Feijão com indicação das áreas propostas pela Vale para o “Projeto Território-Parque”



Fontes: Reprodução própria da Cartilha da Vale (2021).

Atrelado a isso, Harano (2019) levantou algumas alternativas para o uso dos rejeitos que podem ser somados ao projeto da Vale. Uma delas é o reaproveitamento do material descartado, alternativa tecnológica que permite que os rejeitos, de acordo com suas características físico-químicas, possam se tornar matéria prima para outras atividades, como por exemplo, nas indústrias de cerâmica, construção civil, metalúrgica, entre outros. Obtendo-se como produtos finais que podem ser utilizados nas ações de infraestrutura, bem como em atividades de engajamento da população:

- Ladrilhos hidráulicos;
- blocos pré-moldados (para pavimentação intertravada ou blocos de alvenaria);
- artefatos cerâmicos (blocos estruturais, tijolos de vedação);
- sais férricos para saneamento básico;
- pigmento para tintas, etc.

Ressalta-se que para o correto manejo e intervenção na área é necessário o conhecimento e aplicação do Plano de Intervenção através das Medidas de Remediação, de Engenharia e de Controle Institucional. O Plano determina as ações para recuperação da área contaminada e é fundamental para estabelecer todas as medidas necessárias para o seguro gerenciamento ambiental e utilização futura da área.

Também de acordo com o Manual da FIESP (2014) têm-se a definição das medidas: Medidas de Remediação são estabelecidas por um conjunto de técnicas aplicadas em áreas contaminadas, sendo divididas em tratamento, destinadas à remoção ou redução da massa de contaminantes, ou de contenção, que funciona pelo isolamento dos contaminantes destinado a prevenir a migração dos mesmos. As Medidas de Engenharia são ações baseadas em práticas de engenharia, com a finalidade de interromper a exposição dos receptores, atuando sobre os caminhos de migração dos contaminantes. Elas podem substituir ou complementar as técnicas de remediação. Já as Medidas de Controle Institucional são implementadas em substituição ou complementarmente às medidas de remediação, visando a afastar o risco ou impedir e/ou reduzir a exposição de um determinado receptor sensível aos contaminantes presentes nas áreas ou águas subterrâneas contaminadas. As imposições de restrições de uso, incluem, entre outras, ao uso do solo, ao uso de água subterrânea, ao uso de água superficial, ao consumo de alimentos e ao uso de edificações, podendo ser provisórias ou não. Por fim, as Medidas Emergenciais que são o conjunto de ações destinadas à eliminação do perigo, a serem executadas durante qualquer uma das etapas do gerenciamento de áreas contaminadas.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse trabalho foi o de estudar os impactos sociais e ambientais causados na região de Brumadinho/MG e em seu entorno, em decorrência do rompimento da Barragem em 2019, considerando a proposta de requalificação da área diante de um novo uso para a área afetada pelos rejeitos da mineração.

Após três anos do evento, conclui-se que os impactos causados à fauna e à flora ainda continuarão a existir por um bom tempo, devido à falta de monitoramento, fiscalização e adequações necessárias às barragens de rejeitos, uma vez que as construções possuem falhas similares desde o início do século XVII (Sabbo et al., 2017).

A experiência dos últimos desastres ambientais também tem mostrado que a desinformação enfraquece as capacidades de organização e luta dos atingidos, acentuando ainda mais os conflitos entre todos os envolvidos. Portanto, os estudos científicos e a educação ambiental emergem como caminhos-chave para o empoderamento e participação popular frente aos cenários atuais (Costa et al., 2016).

No caso em questão, o desespero com relação a perda de qualidade das águas do rio Paraopeba, sem saber as consequências de um eventual contato e também a perda de renda devido ao desconhecimento sobre a manutenção de atividades econômicas como a pesca e o turismo afetou a população que se via fragilizada diante da falta de informações confiáveis e responsáveis acerca das consequências do rompimento para seus modos de vida futuros, sendo refém dos noticiários da mídia de massa, que muitas vezes reproduzem um discurso a favor das empresas (Alves et al., 2016). Também foram afetados os fatores ambientais, resultando em danos ao meio biótico e sócio-econômico-cultural, sem esquecer dos efeitos significativos relacionados à lastimável perda das vidas humanas.

Entretanto, pensando nas técnicas de reabilitação e seguindo os casos de sucesso de minas antigas que se tornaram importantes centros de atividades turísticas e educativas, tem-se uma ponta de esperança frente à degradação em Brumadinho. Ações geoéticas de preocupação e responsabilidade para com as futuras gerações devem ser geradas na empresa, devolvendo à sociedade e ao Estado as áreas mineradas, após seu descomissionamento, devidamente recuperadas e preparadas para outros tipos de uso que possam existir no município.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE FILHO, L. H. Avaliação do comportamento geotécnico de barragens de rejeitos de minério de ferro através de ensaios de piezocone, 2004. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, UFOP, Ouro Preto, MG.

ANM - AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. Barragens de Mineração. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens>. Acesso em: 7 out. 2021.

ARAÚJO, C. B. Contribuição ao Estudo do Comportamento de Barragens de Rejeito de Mineração de Ferro. 2006. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

BARRETO, M. L. Mineração e desenvolvimento sustentável: Desafios para o Brasil. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 215p.

BBC NEWS BRASIL. Brumadinho: O que se sabe sobre o rompimento de barragem que matou ao menos 115 pessoas em MG, 25 jan. 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47002609>. Acesso em: 11 jan. 2022.

BRASIL. Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 21 set. 2010. Publicação Original. Parágrafo único.

CARTA CAPITAL. OLIVEIRA, T. R. Ativistas denunciam drama dos animais tragados pela lama em Brumadinho, 28 jan. 2019. Disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/politica/ativistas-denunciam-drama-dos-animais-tragados-pela-lama-em-brumadinho/>. Acesso em: 19 nov. 2021.

CARVALHO, G. B.s de. Incidências de impactos decorrentes de acidentes com barragens de rejeito, 2018. 207 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Núcleo de Geotecnia, UFOP, Ouro Preto, MG.

CASTRO, A. L. C. Glossário de Defesa Civil: estudos de riscos e medicina de desastres. Ministério do Planejamento e Orçamento - Secretaria Especial de Políticas Regionais - Departamento de Defesa Civil. 2ª edição revista e ampliada, 1998.

CBH VELHAS – COMITÊ DE BACIA DO RIO DAS VELHAS. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Plano Diretor Consolidado, Volume 1. Belo Horizonte, MG: CBH Velhas, 2015.

COSTA, A; FELIPPE, M. F.; REIS, G. Licenciamento ambiental de grandes empreendimentos minerários: dos alarmes que ninguém escuta à tragédia no rio Doce. Revista GEOgrafias, v. 1, p. 95-113, 2016.

COSTA, A. et al. Avaliação dos danos ambientais provocados pelo desastre tecnológico da Mineradora Vale S.A. no Vale do Rio Paraopeba. Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais - ISSN 2238-3565 V.8, N.2, p.210-246, 2019 – Dossiê: Extrativismo mineral, conflitos e resistências no Sul Global.

DIÁRIO DO COMÉRCIO. Por VALE. Marco Zero: projeto piloto de recuperação ambiental de Brumadinho, 11 jul. 2020. Disponível em:

<https://diariodocomercio.com.br/patrocinado/marco-zero-projeto-piloto-de-recuperacao-ambiental-de-brumadinho>. Acesso em: 11 jan. 2022.

DUARTE, A. P. Classificação das Barragens de Contenção de Rejeitos de Mineração e de Resíduos Industriais no Estado de Minas Gerais em Relação ao Potencial de Risco, 2008. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, MG.

EL PAÍS. O desastre de Brumadinho, em imagens, 26 jan. 2019. Imagem de Douglas Magnos (AFP). Disponível em: https://brasil.elpais.com/brasil/2019/01/25/album/1548444443_434346.html#foto_gal_1. Acesso em: 12 nov. 2021.

ESPÓSITO, T. D. J. Metodologia probabilística e observacional aplicada a barragens de rejeitos construídas por aterro hidráulico, 2000. 363 f. Tese (Doutorado em Geotecnica) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, UnB, Brasília, DF.

FARIAS, C. E. G. Mineração e Meio Ambiente no Brasil, 2002. PNUD - Contrato 2002/001604. Relatório para o CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

FARIAS, R; PARANHOS, H. Geotecnica Ambiental: Barragens de rejeito. 1º semestre, 2013. 10 p. Notas de Aula. UnB. Brasília, DF.

FEAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Recomendação quanto ao uso da água do rio Paraopeba, 2019. Belo Horizonte, MG.

FIESP – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Departamento de Meio Ambiente. Cartilha sobre Áreas Contaminadas Informações Básicas, nov. 2014. 44 f.

FREITAS, C. M. et al. Sobreposição de riscos e impactos no desastre da Vale em Brumadinho. Cienc. Cult., São Paulo, v. 72, n. 2, p. 21-28, abr. 2020. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252020000200008&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 10 nov. 2021.

GEMG - Governo do Estado de Minas Gerais; SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; SUPRAM CM - Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável Central Metropolitana. Parecer Único 430/2010. Belo Horizonte, 2010.

GEOSCAN. Blog. Barragem de Rejeito: O que são e como evitar rompimentos, 9 out. 2020. Disponível em: <https://www.geoscan.com.br/blog/barragem-de-rejeito/>. Acesso em: 2 out. 2021.

GLOSSÁRIO VALE. Reparação e Desenvolvimento. Disponível em: http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/atualizacoes_brumadinho/Paginas/glossario.aspx. Acesso em: 28 set. 2021.

HARANO, F. Barragens de Rejeito: Conceitos, impactos, e alternativas. Artigo publicado no LinkedIn, 30 jan. 2019. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/barragens-de-rejeito-conceitos-impactos-e-felipe-harano/?originalSubdomain=pt>. Acesso em: 2 out. 2021.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Rompimento de barragem da Vale em Brumadinho (MG)

destruiu 269,84 hectares, 30 jan. 2019. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/noticias/730-2019/1881-rompimento-de-barragem-da-vale-em-brumadinho-mg-destruiu-269-84-hectares>. Acesso em: 26 fev. 2022.

IBGE – FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sinopse dos dados - Setor: 310900605000022, 16 nov. 2011. Rio de Janeiro, RJ.

IBGE – FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário, 2017 - Resultados definitivos publicados em 25/10/2019. Rio de Janeiro, RJ.

IBGE – FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados, 2021. Rio de Janeiro, RJ.

IBGE – FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Histórico de Brumadinho, 2021. Rio de Janeiro, RJ.

IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Portal dos Comitês. Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba (SF3). 2010.

KLOHN, E. J. The development of current tailing dam design and construction methods. In: Design and Construction of Tailing Dams, D. Wilson (ed.), Colorado School of Mines, Golden, USA, 1981.

MATERIAL DO CURSO DESENV. URBANO SUSTENTÁVEL. STUERMER, M. M. Aula 14 – Metodologia de GAC para o Setor Imobiliário - parte 2, página 5. 2021.

MELLO, F. M. de; PIASENTIN, C. A História das Barragens no Brasil, Séculos XIX, XX, XXI: Cinquenta anos do Comitê de Barragens. Rio de Janeiro, RJ: CBDB, 2011. 524 p.

ORG LEI.A. Rio Paraopeba: o manancial que virou lama. 5º conteúdo da série “As águas de Belo Horizonte”, 1 nov. 2019. Disponível em: <https://leia.org.br/rio-paraopeba-o-manancial-que-virou-lama/>. Acesso em: 30 out. 2021.

POLIGNANO, M. V; LEMOS, R. S. Rompimento da barragem da Vale em Brumadinho: impactos socioambientais na Bacia do Rio Paraopeba. Cienc. Cult., São Paulo , v. 72, n. 2, p. 37-43, abr. 2020. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252020000200011&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 10 nov. 2021.

PORTAL DA CIDADE - BRUMADINHO. História de Brumadinho – MG. Disponível em: <https://brumadinho.portaldacidade.com/historia-de-brumadinho-mg>. Acesso em: 12 dez. 2021.

RAÍZCON. Publicação ‘Quais são as etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas?’ . Disponível em: <https://raizcon.com/etapas-do-gac/>. Acesso em: 12 nov. 2021.

RUCHKYS, U. A., CASTRO, P. T. A., SANTOS, D. J. dos; BITTENCOURT RODRIGUES, J. S. (2018). Patrimônio em Geossistemas Ferruginosos: Potencial de Uso para o Geoturismo. RELACult - Revista Latino-Americana De Estudos Em Cultura E Sociedade, 4(2).

RUCHKYS, U. A.; CASTRO, P. T. A.; MIRANDA, M. P. S. Mineração em Geossistemas Ferruginosos e Questões de Geoética: o Caso do Rompimento da Barragem de Córrego do Feijão, Minas Gerais – Brasil. Revista Franco Brasileira de Geografia. Número 40, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/confins.19973>. Acesso em: 24 nov. 2021.

SABBO, G. R. et al. Barragens de Retenção de Rejeitos de Mineração. Revista Engenharia em Ação UniToledo, Araçatuba, SP, v. 02, n. 01, p. 3-15, jan./ago. 2017.

SÃO PAULO. A Lei Estadual nº13.577, de 08 de julho de 2009. Dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo.

TERRA DE MINAS. Reportagem “Córrego do Feijão guarda historias e lembranças de Brumadinho”, 3 set. 2016. Disponível em: <http://redeglobo.globo.com/globominas/terrademinas/noticia/2016/09/corrego-do-feijao-guarda-historias-e-lembrancas-de-brumadinho.html>. Acesso em: 26 fev. 2022.

UAI - ALÉM DO FATO. Reportagem de Alméri N. Projeto da Vale para um Córrego do Feijão “sustentável”, 2019. Disponível em: <https://alemdofato.uai.com.br/economia/projeto-da-vale-para-um-corrego-do-feijao-sustentavel/amp/>. Acesso em: 28 nov. 2021.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica. Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: parte I (ABNT) / Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica; Vânia Martins Bueno de Oliveira Funaro, coordenadora, Vânia Martins Bueno de Oliveira Funaro... [et al.] – 4 ed. – São Paulo: AGUIA, 2020. 76p. : il. – (Cadernos de estudos; 9).

VALE, 2019. Disponível em: <http://www.vale.com/esg/pt/Paginas/Brumadinho.aspx>. Acesso em: 26 set. 2021.

VALE, 2019. Reparação e desenvolvimento. Adoção de cães e gatos de Brumadinho e região. Disponível em: http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/atualizacoes_brumadinho/Paginas/animais-brumadinho.aspx. Acesso em: 30 nov. 2021.

VALE, 2021. Balanço da Reparação, jul, 2021. Disponível em: http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/atualizacoes_brumadinho/SiteAssets/reparacao/docs/balanco-da-reparacao-final-12-07.pdf. Acesso em: 10 dez. 2021.

VALE, 2021. Cartilha “Córrego do Feijão Território-Parque”. 51 f.

VALE, 2022. Reparação e desenvolvimento. Listas atualizadas. Disponível em: http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/atualizacoes_brumadinho/Paginas/listas-atualizadas.aspx. Acesso: 5 jan. 2022.

VEJA. Vídeos mostram rompimento da barragem de Brumadinho por diferentes ângulos, 2 fev. 2019. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/brasil/videos-mostram-rompimento-da-barragem-de-brumadinho-por-diferentes-angulos/>. Acesso em: 27 dez. 2021.

VICK, S. G. Planning, design and analysis of tailing dams. New York: John Wiley & Sons, 1983. 369 p.