

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Natália Pires De Oliveira

**A VIOLAÇÃO DA LEI N° 9.605/1998 EM MARIANA E BRUMADINHO  
E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS**

Frederico Westphalen, RS  
2021

Natália Pires De Oliveira

**A VIOLAÇÃO DA LEI N° 9.605/1998 EM MARIANA E BRUMADINHO E SEUS  
IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Ambiental e Sanitarista**.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Couto Rodrigues.

Frederico Westphalen, RS  
2021

Natália Pires De Oliveira

**A VIOLAÇÃO DA LEI N° 9.605/1998 EM MARIANA E BRUMADINHO E SEUS  
IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Ambiental e Sanitarista**.

**Aprovada 31 de janeiro de 2022.**

---

**Alexandre Couto Rodrigues, Dr. (UFSM)  
(Presidente/Orientador)**

---

**Aline Ferrão Custódio Passini, Dra. (UFSM)**

---

**Willian Fernando de Borba, Dr. (USFM)**

Frederico Westphalen, RS  
2021

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho foi muito importante para mim. Nele está contido o conhecimento que fui capaz de absorver ao longo do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária no campus de Frederico Westphalen da Universidade Federal de Santa Maria.

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por ter tido a oportunidade de escrevê-lo com paciência e calma e ter tido a chance de aprender mais ainda, pois, a vida é um constante aprendizado mesmo estando em pandemia.

Gostaria de agradecer à minha família por está comigo ao longo dessa caminhada e de oferecer suporte nas horas mais difíceis.

Agradeço aos colaboradores da UFSM, especialmente do campus de Frederico Westphalen, todos servidores, funcionários e professores que trabalham com a finalidade de um ensino público de qualidade, acessível a todos, sem distinção.

Ao professor orientador Alexandre Couto Rodrigues por ter tido a tranquilidade de me ajudar nas etapas do trabalho, como anteriormente, já ministrando a Disciplina de Legislação Ambiental, o que foi possível agregar mais informações e foco para realizar o presente trabalho.

Aos professores, Dr. Willian Fernando de Borba e Dra. Aline Ferrão Custódio, por terem aceitado o convite de compor a minha banca e por proporcionarem bons ensinamentos durante suas aulas.

Em especial, todos professores e colegas de classe que contribuíram, de certa forma, para essa trajetória de formação tanto para a Universidade como para vida.

*“Seja por amor às causas perdidas”*

Engenheiros do Hawaii

## RESUMO

### A VIOLAÇÃO DA LEI N° 9.605/1998 EM MARIANA E BRUMADINHO E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

AUTOR: Natália Pires de Oliveira  
ORIENTADOR: Alexandre Rodrigues Couto

O trabalho se refere aos crimes ambientais ocorridos no Brasil pela mineradora Samarco, em 5 de novembro de 2015 e a mineradora Vale S.A, em 25 de janeiro de 2019. Será demonstrado os danos que as empresas causaram em dois municípios no Estado de Minas Gerais, em Mariana e Brumadinho e o delito contra a Carta Magna, a Lei de Crimes ambientais (Lei 9605/98), sendo que serão utilizadas fontes como laudos e pesquisas que já foram publicados. Primeiramente, será descrito a dimensão dos acidentes e as consequências imediatas, o rompimento das barragens das mineradoras, como e quando ocorreram e as circunstâncias que levaram ao acontecimento. O armazenamento incorreto dos rejeitos em barreiras à montante, uma retenção comum nas mineradoras brasileiras, que proporcionam o fenômeno de liquefação apontado como a causa dos acidentes nas barragens. Em segundo plano, os efeitos, sendo esses os impactos socioeconômicos diretos ou indiretos, de imediato ou de longo prazo. Será mostrado as modificações ocorridas na biota, na fauna e flora, no solo e nos corpos hídricos. Dois rios principais dos municípios que sofreram alteração em seus parâmetros, O Rio Doce, em Mariana e o Rio Paraopeba, em Brumadinho e os ademais afluentes que sofreram a contaminação do rejeito de minério. Além disso, como o maior crime ambiental já relatado envolvendo mineradoras trouxe impactos negativos na sociedade pelo motivo de destruir pessoas e famílias e todo sistema público e a infraestrutura local. Ainda, para complementar, as acusações e penas imposta às empresas, como responderam pela responsabilidade penal. Aplicabilidade de multa às empresas, desde os presidentes até técnicos que foram acusados pelo desastre e sabiam do possível rompimento das barragens e indenizações de famílias que perderam tudo na catástrofe. Após anos, pouco se fez para restaurar a área danificada, o que mostra que a melhor solução é sempre remediar e denunciar qualquer irregularidade e insegurança dentro de empresas e a fiscalização rígida dos órgãos competentes se torna essencial.

**Palavras-Chave:** Crimes Ambientais. Responsabilidade Civil. Tragédia.

## **ABSTRACT**

### **VIOLATION OF LAW N° 9,605/1998 IN MARIANA E BRUMADINHO AND ITS SOCIAL AND ENVIRONMENTAL IMPACTS**

AUTHOR: Natália Pires de Oliveira  
ADVISOR: Alexandre Couto Rodrigues

The work will be a monograph referring to the environmental crimes that occurred in Brazil by the mining company Samarco, on November 5, 2015 and the mining company Vale SA, on January 25, 2019. The damage that companies caused in two municipalities in the State of Minas will be demonstrated. General, in Mariana and Brumadinho and the offense against the Magna Carta, the Environmental Crimes Law (Law 9605/98), and sources such as reports and research that have already been published will be used. First, the dimension of the accidents and the immediate consequences, the collapse of the mining dams, how and when they occurred and the circumstances that led to the event will be described. The incorrect storage of tailings in upstream barriers, a common retention in Brazilian mining companies, which provide the phenomenon of liquefaction pointed out as the cause of accidents in dams. Secondly, the effects, these being the direct or indirect socio-economic impacts, whether immediate or long term. Changes in biota, fauna and flora, soil and water bodies will be shown. Two main rivers in the municipalities that underwent changes in their parameters, the Rio Doce, in Mariana and the Rio Paraopeba, in Brumadinho and the other tributaries that suffered contamination from ore tailings. Furthermore, as the largest environmental crime ever reported involving mining companies, it has had negative impacts on society by destroying people and families and the entire public system and local infrastructure. Still, to complement, the accusations and penalties imposed on the companies, as they responded for the criminal responsibility. Applicability of fines to companies, from presidents to technicians who were accused of the disaster and were aware of the possible collapse of the dams and compensation for families who lost everything in the catastrophe. After years, little has been done to restore the damaged area, which shows that the best solution is always to remedy and report any irregularities and insecurity within companies, and strict inspection by the competent bodies becomes essential.

**Keywords:** Environmental Crimes. Liability. Tragedy.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Local das barragens da Samarco no município de Mariana.....	12
FIGURA 2 - Distrito de Bento Gonçalves, em Mariana (MG), atingido pelo rompimento de duas barragens de rejeitos da mineradora samarco.....	13
FIGURA 3 – Experimento de restauração florestal em área sob influência de rejeitos da barragem de fundão, trecho do rio gualaxo do norte, um dos principais afluentes do rio doce, que abrange municípios de Mariana, Ouro Preto e Barra Longa.....	14
FIGURA 4 – Mariana sofre consequências da tragédia na economia, com queda de arrecadação, e também no turismo .....	15
FIGURA 5 – Caminho da lama: veja por onde passaram os rejeitos da barragem rompida em Brumadinho (MG) .....	17
FIGURA 6 – Exato momento do rompimento da barragem da vale em Brumadinho.....	18
FIGURA 7 – Selo como funciona a barragem de brumadinho – montante .....	19
FIGURA 8 – Tipos de construção das barragens de mineração no Brasil .....	20
FIGURA 9 – Imagens de satélite das áreas afetadas pelo rejeito .....	26
FIGURA 10 – Material carregado depositado na usina Hidrelétrica Candonga.....	27
FIGURA 11 – Rio Gualaxo do norte com leito visível devido ao assoreamento .....	28
FIGURA 12 – Área de vegetação impactada na data de 12 de novembro de 2015...	31
FIGURA 13 – Complexo minerário do Germano .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b> 5
FIGURA 14 – Brumadinho e Mariana, óleo sobre tela, 2019 .....	37
FIGURA 15 – Imagem aérea da parte aérea diretamente afetada pelo rompimento da barragem b1 .....	41

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1	OBJETIVOS.....	11
1.1.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	11
1.1.1	<b>Objetivos Específicos</b> .....	11
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>12</b>
3.1	ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO. ....	12
3.2	ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS B1 NA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO .....	16
<b>4</b>	<b>BARRAGENS À MONTANTE</b> .....	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>CIRCUNSTÂNCIAS PARA QUE A TRAGÉDIA ACONTECESSE</b> .....	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS</b> .....	<b>25</b>
6.1	IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS EM MARIANA (MG) .....	26
6.1.1	<b>Impactos relacionados à disponibilidade e qualidade de água</b> .....	28
6.1.2	<b>Impactos relacionados ao solo</b> .....	30
6.1.3	<b>Impactos na flora e na fauna</b> .....	32
6.1.4	<b>Impactos sociais e econômicos</b> .....	35
6.2	IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS EM BRUMADINHO (MG) .....	38
6.2.1	<b>Impactos relacionados à disponibilidade e qualidade de água</b> .....	39
6.2.2	<b>Impactos relacionados ao solo</b> .....	41
6.2.3	<b>Impactos na fauna e flora</b> .....	42
6.2.4	<b>Impactos sociais e econômicos</b> .....	44
<b>7</b>	<b>APLICABILIDADE DA RESPONSABILIDADE PENAL SOBRE ÀS MINERADORAS E A VIOLAÇÃO DA LEI DE CRIMES AMBIENTAIS (LEI 9.605/98)</b> .....	<b>46</b>
7.1	O CASO DA SAMARCO EM MARIANA .....	47
7.2	O CASO DA VALE S.A EM BRUMADINHO .....	50
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>50</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A primeira vez que o termo “meio ambiente” foi apropriadamente utilizado no sistema jurídico brasileiro foi na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Outrora, na Emenda Constitucional 1/1969 no art.172 era tratado vagamente com outros termos como a expressão “ecológico”.

No Brasil, a Constituição de 1988 reformulou a lei de forma exclusiva para a questão ambiental no Capítulo VI do Título VIII do regulamento. Além disso, o art. 225 ganha destaque em seu transcrito essencial, no qual outorga: todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

A primeira perspectiva relevante do art. 225 é a ideia difusa do direito ao ambiente equilibrado. Aborda um direito que cada um têm, e principalmente da sociedade, são validados por instituições constituídas, legalmente com este propósito e o Ministério Público intervém a favor da coletividade, pois, tudo que afeta o equilíbrio ambiental é de dimensão de todos. E, através dessa convicção, defende-se a criminalização de ações que lesionam o meio ambiente.

Para garantir que este direito seja decisivo, cumpre o Poder Público conforme o art. 225 § 1º: conservar e restaurar os principais processos ecológicos e viabilizar o manuseio ecológico da fauna, flora e dos ecossistemas; preservar a diversidade, manter íntegro o patrimônio genético brasileiro, e exercer fiscalização em instituições que pesquisam e manipulam material genético; e como exigência, um estudo prévio de impacto ambiental, para obra ou atividade, antes que seja instalada, que tenha potencialidade de causar alguma degradação ambiental.

Já aquele que explora recursos minerais, de acordo com o § 2º do mesmo artigo, deve obrigatoriamente recuperar o meio ambiente que foi degradado. E o § 3º do art. 225 da Constituição Federal de 1988 determina infrações para condutas e atividades prejudiciais ao meio ambiente para o infrator, sejam eles pessoas físicas ou jurídicas, aplicações de punições no âmbito penal e administrativo junto com a responsabilidade de reparar os danos.

No Brasil, ocorreram os mais graves crimes ambientais de rompimento de barragens de rejeitos em mineradoras. Um deles aconteceu em 2015, na cidade de

Mariana/MG causado pela Mineradora Samarco Mineração S.A. E em 2019, ocorreu outro desastre em Brumadinho/MG através da Mineradora Vale S.A.

Foram as maiores tragédias e crimes ambientais, no Brasil, que causaram destruições no biosistema e perdas irreversíveis: a morte de pessoas que moravam na região e de funcionários que trabalhavam nas próprias empresas. Até hoje, não se sabe o paradeiro de algumas vítimas, desaparecimento de corpos e as regiões que foram tomadas pelas lamas continuam arruinadas, pois dificilmente se recupera o ecossistema, a fauna e a flora local.

Podem ser considerados como os maiores ataques aos direitos humanos, a vida e ao meio ambiente causados pelas negligências das mineradoras, e a maior violação contra a Carta Magna Brasileira, a Lei nº 9.605/1998, que é a Lei de Crimes Ambientais.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar os impactos ambientais causados pelo rompimento das barragens de Mariana e Brumadinho.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Analisar o acontecimento dos fatos ocorridos;
- ✓ Apontar os crimes ambientais cometidos;
- ✓ Aplicabilidade penal sobre as empresas;

## 2 METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado a partir de uma pesquisa bibliográfica. Foi feito o levantamento das informações considerando a temática escolhida. A elaboração da pesquisa teve como base os materiais disponíveis em sites oficiais, revistas eletrônicas, artigos e nos seguintes bancos de dados (SciELO e Google Acadêmico).

Para a organização do material localizado foi realizada uma investigação preliminar do tema escolhido, por meio de estudos exploratórios (LAKATOS; MARCONI, 2003, p. 159).

Dentre os materiais selecionados foram incluídos artigos em todos os idiomas, a partir dos anos de 2010 a 2021. Os trabalhos publicados nesse período foram selecionados com a finalidade de atender a proximidade com a temática em questão.

Os critérios de inclusão foram os estudos que tinham uma correlação com a temática escolhida. Foram excluídos os estudos que tinham sido publicados a mais de 10 anos, que não tinham associação com o tema.

Dentre os materiais encontrados foi realizada uma leitura sistemática, afim de selecionar aqueles que contribuíam com informações complementares para a temática escolhida. Após a realização da leitura, foi possível identificar aqueles que melhor se encaixavam nos termos do trabalho.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO**

No Brasil e no mundo, a maior tragédia ambiental envolvendo rompimento de barragens de rejeitos de mineradora ocorreu no dia 5 de novembro de 2015. A ruptura da barragem de minerais de Fundão ocorreu em Mariana (MG) e de parte de Santarém (Figura 1). Ambas eram pertencentes à empresa de mineração Vale, que era uma empresa empregada pela BHP *Billiton* Brasil Ltda e pela Vale S.A. (Samarco, 2016).

A barragem de rejeitos de Fundão, liberou uma quantidade de lamas de rejeitos de minérios que atingiu 40 cidades, de forma que, 19 pessoas foram a óbito impactando diretamente na fauna e na flora ali presente. A barragem de rejeitos do Fundão pertence a mineradora Samarco, trata-se nada menos do que uma junção das duas maiores mineradoras do mundo: Vale S.A e Anglo-Australiana BHP *Billiton* (ARMADA, 2021, p. 15).

Figura 1 – Local das barragens da Samarco no município de Mariana.



FONTE: G1 (Disponível em: <http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2015/11/barragem-rompida-em-mg-tinha-era-considerada-de-risco-baixo-diz-dnpm.html>).

Segundo o Governo de Minas Gerais, três rios foram afetados com o derrame do rejeito causados pelo rompimento das barragens que alcançaram mais de 55 milhões de metros cúbicos, formando uma onda de aproximadamente 10 metros, um percurso extremamente longo de toxicidade. Dezenove pessoas faleceram e milhares foram atingindo diretamente ou indiretamente.

As águas do Rio Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce foram prejudicadas bem como a mata ciliar ao redor dos rios. O volume da lama de rejeitos fez que após o acidente insensato 18 pessoas morressem e 1 ficaria desaparecida. E ao total 39 municípios foram atingidos pelo rompimento que chegou em outros Estados brasileiros: um percurso desde Mariana (MG) até a foz na vila de Regência no município de Linhares (ES). Parte dos rejeitos chegaram no Oceano Atlântico alterando praias e atingindo o ecossistema marinho.

Nesse percurso total, cidades foram afetadas, a pesca (toneladas de peixes morreram), ribeirões e rios sofreram impactos, e até tribos indígenas que dependiam do consumo de água do Rio Doce e para suas necessidades diárias como banho, limpeza e manuseio ficaram sem essas condições.

Figura 2 – Distrito de Bento Gonçalves, em Mariana (MG), atingido pelo rompimento de duas barragens de rejeitos da Mineradora Samarco.



Fonte: AGÊNCIA BRASIL (Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-10/tragedia-de-mariana-faz-5-anos-e-populacao-ainda-aguarda-reparacoes>).

Figura 3 – Experimento de restauração florestal em área sob influência de rejeitos da barragem de Fundão, trecho do rio Gualaxo do Norte, um dos principais afluentes do Rio Doce, que abrange municípios de Mariana, Ouro Preto e Barra Longa.



Fonte: Agência Brasil (Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-10/tragedia-de-mariana-faz-5-anos-e-populacao-ainda-aguarda-reparacoes>).

Segundo a procuradora da República e coordenadora da Força-Tarefa Rio-Doce, Silmara Goulart: “O desastre que não só arrasou Mariana, mas toda a bacia do Rio-Doce, uma área equivalente a Portugal, continua aqui. Cinco anos depois, nada está concluído, tudo está por fazer.”

E após cinco anos, os grupos que foram prejudicados com o desastre ambiental como moradores, agricultores, lavadeiras, artesãos, pescadores e pequenos comerciantes não foram inteiramente indenizados. O meio ambiente não foi restaurado, e as destroças e ruínas de Bento Gonçalves, distrito de Mariana, onde exatamente aconteceu o acidente, ali permanecem fazendo do lugar inabitável, de acordo com Silmara Goulart.

O turismo, que era um dos principais atrativos de Mariana foi uma das atividades mais prejudicadas. A cidade histórica foi a primeira capital de Minas Gerais e a mais rica no Ciclo do Ouro o que atraía diversas pessoas de toda parte. Infelizmente, o centro histórico também foi invadido pela lama.

Figura 4 - Mariana sofre consequências da tragédia na economia, com queda de arrecadação, e também no turismo.



Fonte: G1 (Disponível em: <http://g1.globo.com/minas-gerais/desastre-ambiental-em-mariana/noticia/2016/05/seis-meses-apos-desastre-turismo-em-mariana-ainda-sofre-reflexos.html>).

### 3.2 ROMPIMENTO DA BARRAGEM B1 NA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO

Em 2019, no dia 25 de janeiro, aconteceu o segundo acidente envolvendo rompimento de barragens de rejeitos em Minas Gerais, no município de Brumadinho. A fatalidade aconteceu quando a barragem B1 da mineradora Vale na mina Córrego do Feijão, que está a 9 quilômetros em direção leste da cidade, rompeu-se. Imediatamente, a represa liberou um fluxo de lama que atingiu os escritórios da mina,

casas, fazendas, pousadas e estradas. A lama de rejeitos matou 270 pessoas, e ocasionou o desaparecimento de 11 pessoas.

O colapso aconteceu por volta de meio dia. A lama atingiu a área administrativa e naquele exato momento 430 funcionários estavam almoçando. E uma pequena vila chamada “Vila Ferteco”, que fica a 1 km da mina também foi atingida. E após, no dia 27 de janeiro, as sirenes soaram por volta das 05h30min da manhã devido à instabilidade do Reservatório IV adjacente a mina.

Devido a isso, 24.000 moradores de vários bairros e do centro de Brumadinho tiveram que desocupar suas casas. A lama destruiu duas seções da ponte rodoviária e cerca de 100 metros de trilhos. Três locomotivas e 132 vagões foram soterrados na área da mina abaixo do rompimento da barragem e 4 ferroviários ficaram desaparecidos.

Na época, várias organizações ligadas ao meio ambiente emitiram notas apoiando leis mais severas, sendo solidários com a situação em Brumadinho, uma delas foi a Greenpeace Brasil, que declarou:

*“Este novo desastre com barragem de rejeitos de minérios, desta vez em Brumadinho (MG), é uma triste consequência da lição não aprendida pelo Estado brasileiro e pelas mineradoras com a tragédia da barragem de Fundão, da Samarco, em Mariana (MG), também controlada pela Vale. Minérios são um recurso finito que devem ser explorados de forma estratégica e com regime de licenciamento e fiscalização rígidos. A reciclagem e reaproveitamento devem ser priorizados.”*

O rompimento da barragem alcançou cerca de 11,7 milhões de m<sup>3</sup>, atingindo uma ampla vegetação e chegando ao Rio Paraopeba. No dia 01 de fevereiro, o Instituto Nacional de Florestas, se pronunciou:

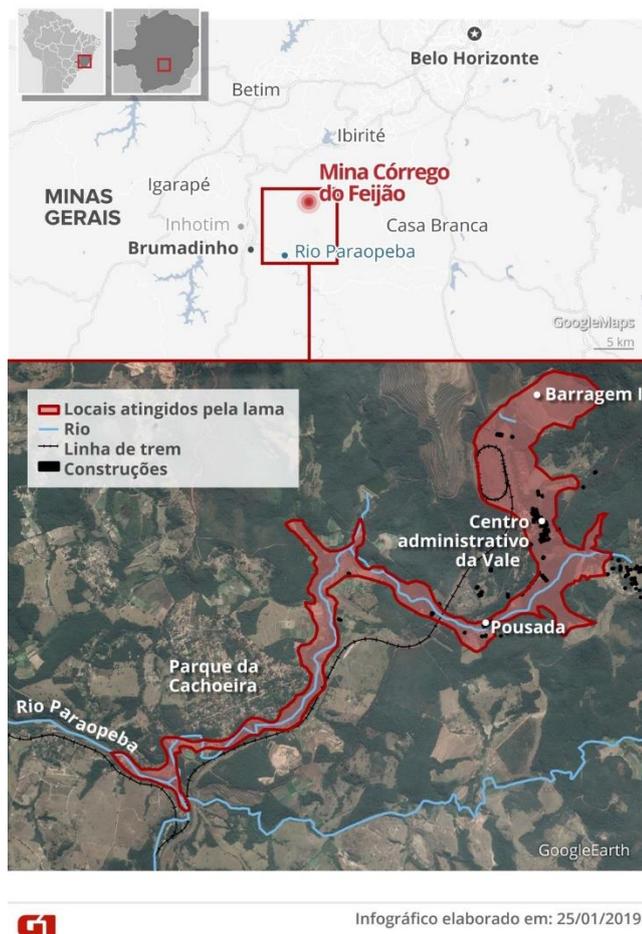
*“A área total ocupada pelos rejeitos, que parte da Barragem B1 até o encontro com o Rio Paraopeba, foi de 290,14 hectares. Deste total, a área da vegetação impactada representa 147,38 hectares.”*

Sendo assim, a bacia do rio São Francisco, uma das mais importantes do Brasil, foi afetada pois o rio Paraopeba é um dos principais afluentes desta bacia hidrográfica, e desta forma, se tornou prejudicial ao consumo e para qualidade de vida daqueles que dependiam do rio para suas necessidades.

Figura 5 - Caminho da lama: veja por onde passaram os rejeitos da barragem rompida em Brumadinho (MG).

### O caminho da lama

Após rompimento de barragem em Brumadinho, rejeitos encobriram a região e atingiram rio



Fonte: G1 (Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/01/27/tragedia-em-brumadinho-o-caminho-da-lama.ghtml>).

No município de Brumadinho o mercado local foi afetado pelo dano, sendo que algumas lojas e estabelecimentos ficaram fechados após a tragédia chegando assim à falência. A pecuária teve um enorme prejuízo com a perda de animais como gados e aves e ainda a destruição de áreas agrícolas afetadas pelo acidente.

Todo um ecossistema foi afetado na região, pois os metais presentes na lama de rejeitos chegaram aos lençóis freáticos. E ainda prejudicou outras cidades que são banhadas pelo rio São Francisco, sendo que o fluxo de rejeitos passou por outros quatro estados brasileiros além de Minas Gerais, e duas hidrelétricas: Retiro Baixo e

Três Marias. Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA), os rejeitos poderiam poluir até 300 quilômetros de rio.

Os acidentes que ocorreram em Brumadinho e Mariana são bastante semelhantes pelo fato de ambas mineradoras pertencerem a Vale e possuírem o mesmo tipo de barragem chamada “a montante”, é o tipo de barragem que usa o próprio rejeito como fundação ampliando para cima do dique. É um dos modelos mais utilizado pelas mineradoras brasileiras pelo baixo custo, porém, um dos modelos mais instáveis.

A Mina do Feijão 1, apesar de estar desativada há 3 anos e possuir rejeitos antigos que deveriam ter sido descartados pela Vale, quando rompeu veio à tona, criou uma verdadeira enxurrada de efluentes e invadiu tudo que estava pela frente. Para agravar ainda mais a situação, a barragem estava construída acima da estrutura da mineradora e da cidade, e por sua elevação destruiu tudo adiante e grande parte de Brumadinho, o que fez que o número de mortes fosse maior do que em Mariana.

Figura 6 – Exato momento do rompimento da barragem da Vale em Brumadinho.



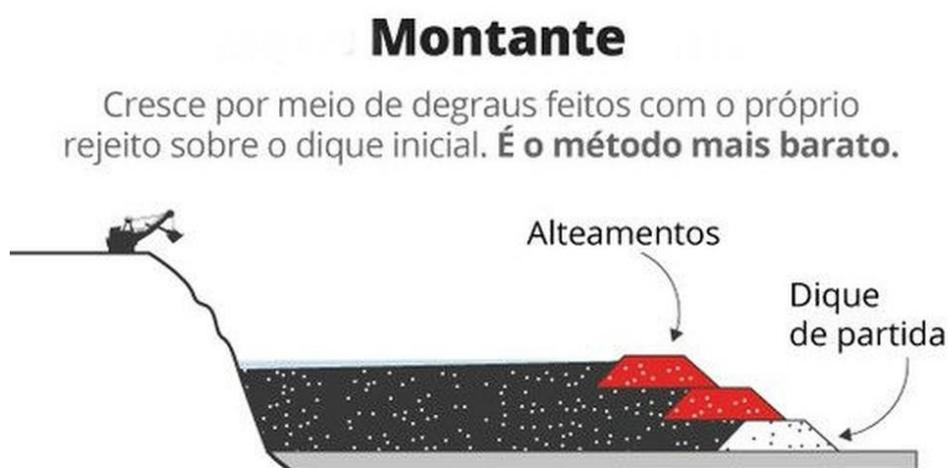
Fonte: G1 (Disponível em: <https://g1.globo.com/globonews/estudio-i/video/video-mostra-momento-exato-do-rompimento-da-barragem-da-vale-em-brumadinho-7347700.ghtml>)

## 4 BARRAGENS À MONTANTE

Ainda em 2019, após as circunstâncias, o Governo de Minas Gerais, em fevereiro, deu um prazo definitivo de dois anos para que dezenove mineradoras deixassem de armazenar rejeitos de minério de ferro em barragens, uma situação típica das mineradoras do estado. Os municípios que mais registraram essa estrutura “à montante” foram: Ouro preto, com vinte barragens, Itabira, com oito e Itatiaiuçu com seis. Itabirito e Noma Lima apresentavam quatro dessas estruturas. E outras cidades vieram em seguida como Rio Acima, Igarapé, Mariana, Nazareno, Barão de Cocais, Caeté, Congonhas, Fortaleza de Minas, Itapecerica e São Tiago, além de Brumadinho.

A Vale é a que mais possui esse modelo de armazenamento de rejeitos de mineração, possui dezenove barragens com alteamento “à montante”, em seguida, a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), a Minerita Minérios Itaúna e a SAFM Mineração, sendo que cada uma dessas possui cerca de três barragens. As outras quinze empresas: AMG Mineração, Gerdau Açominas, Mineração Geral do Brasil, Morro do Ipê, Usiminas, Minérios Nacional, Arcelor Mittal, Granha Ligas, Herculano Mineração, Mineração Serra do Oeste, Minerações Brasileira Reunidas, Nacional de Grafite, Samarco, Topázio Imperial Mineração e Votorantim Metais possuem duas ou pelo menos uma estrutura desse tipo.

Figura 7 - Selo como funciona a barragem de Brumadinho – montante.



Fonte: G1 (Disponível em <https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/02/18/governo-determina-eliminacao-de-barragens-como-a-de-brumadinho-ate-2021.ghtml>).

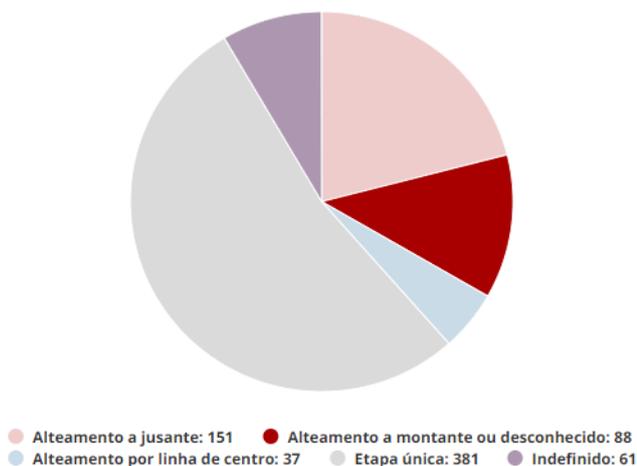
O projeto de Lei 3676/2016, conhecido como “Mar de Lama Nunca Mais”, foi homologado pelo governador do Estado, Romeu Zema, em fevereiro de 2019, após um mês do rompimento da barragem no Córrego do Feijão, o qual têm o objetivo da eliminação de todas barragens do tipo de barragem “à montante”, e em 2016, já havia sido suspenso em território mineiro, pelo então Fernando Pimentel, que era o governador naquele ano. Era proibido até então, o licenciamento ambiental e ampliação para barragens que utilizavam este método.

No Brasil todo, há uma lista de cerca de 717 barragens de rejeitos de mineração, pelo menos 88 delas têm o método de alteamento “à montante” ou desconhecido, de acordo com a Agência Nacional de Mineração (ANM). Dentre elas 44 são consideradas de alta perigosidade.

Figura 8 – Tipos de construção das barragens de mineração no Brasil.

#### Tipo de construção das barragens de mineração no Brasil

em unidades



Fonte: AMN

Fonte G1: (Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/02/18/governo-determina-eliminacao-de-barragens-como-a-de-brumadinho-ate-2021.ghtml>)

## 5 CIRCUNSTÂNCIAS PARA QUE AS TRAGÉDIAS ACONTECESSEM

A atividade de mineração consiste em separar o material valioso, aquele que se vende, daquele que não possui valor rentável, que é atribuído o nome de rejeito. Que de acordo com a legislação ambiental deve ser armazenado cuidadosamente para que não veja causar algum tipo de dano. A barragem, que é comum em mineradoras, consiste em uma forma de armazenamento que é feita de terra compactada.

Após o rompimento da barragem de Fundão, a Samarco, a principal responsável, pelo acidente em Mariana, contribuiu com a investigação. A empresa junto com a Vale e *BHP Billiton* convocaram o escritório de advocacia norte-americano *Cleary Gottlieb Steen & Hamilton LLP* sob a premissa absoluta independente uma averiguação acerca do caso.

A *Cleary Gottlieb* desenvolveu um painel com especialistas no setor de Geotecnia do Brasil, do Canadá e dos Estados Unidos para analisar quais eram os desfechos do acidente. Foram feitos inspecionamentos do campo, análises de dados, testes de laboratório, pesquisas de modelagem e entrevistas com os envolvidos. E, os resultados oficiais foram divulgados em Nova Lima, na região metropolitana de Belo Horizonte, em 2016, junto com a imprensa e os executivos da Samarco.

Segundo o laudo final da investigação, já havia acontecido incidentes em anos anteriores relacionados à barragem de Fundão e que posteriormente poderiam resultar em uma situação drástica de maior espaço. Em 2009, foi identificado que o dreno de fundo do dique de partida já apresentava dificuldades técnicas para funcionar de acordo com o projeto inicial.

O segundo incidente aconteceu entre 2011 e 2012, que foi identificado que a galeria principal da barragem necessitava de um canal extravasor pela ombreira esquerda para receber água das chuvas, e durante esse período a água passou junto com lama e chegou na área de praia da barragem. E em 2013 e 2014, surgências da barragem começaram já aparecer, fazendo o recuo da ombreira esquerda e várias elevações desproporcionais.

Chegou à conclusão que houve o fenômeno de liquefação ocasionado por esses motivos, sendo que o acidente não pode ser considerado uma fatalidade, mas sim uma tragédia que iria acontecer em qualquer momento.

De acordo com Poulos *et al.* (1985), o fenômeno da liquefação consiste na redução da resistência ao cisalhamento de um solo quando submetido a carregamentos monotônicos, cíclicos ou dinâmicos a volume constante, levando a grandes deformações, como se estivesse fluindo.

Nesse fenômeno ocorre o amolecimento (*strain-softening*) do solo devido a carregamentos rápidos o suficiente para que o solo se mantenha em volume constante, com conseqüente aumento de poropressão; esse carregamento que vai disparar o processo é denominado de gatilho, o qual pode ser carregamento estático (e.g., peso próprio de aterros) ou dinâmico (e.g., sismos).

A liquefação ocorre quando há perda da resistência do material e ao mesmo tempo o crescimento de poropressões junto com meios não drenados. Quando os rejeitos já estão saturados, o dique desses tipos de fundações faz aumentar a tensão entre eles, o que aconteceu na barragem de Fundão por se tratar de um aterro hidráulico.

No entanto, essas seriam as três causas apontadas pelos especialistas para o início da tragédia na ombreira esquerda da barragem de Fundão, em Bento Rodrigues, que causaram o fenômeno da liquefação. A primeira seria um defeito no sistema de drenagem, que seria a entrada de lama dentro do sistema, que se misturou com o material arenoso, a segunda seria a instabilidade da base da estrutura.

A ombreira esquerda possuía uma base de areia e lama, e não somente areia como deveria ser, fazendo com que estivesse recuada e a sustentação da barragem inconstante no processo de alteamento. E a terceira causa, que agravou as anteriores e que seria o “estopim” para o acontecimento foi a ocorrência de três abalos sísmicos na região, que aceleraram o desgaste e o desmoronamento.

A Polícia Civil em 2016 afirmou para a imprensa que o excesso de água teria causado o rompimento da barragem de Fundão, dado que esse acúmulo também ocasionou o fenômeno. A autoridade ainda afirmou que houve elevada saturação do solo devido aos rejeitos arenosos, incorreções no monitoramento, equipamentos com defeitos, pouca quantidade de equipamentos no monitoramento, elevada taxa de alteamento da barragem, assoreamento do dique 02 e deficiência junto com o sistema de drenagem.

O delegado, Rodrigo Bustamante, responsável pelo inquérito, disse sobre o alteamento da barragem: “É como se o aumento do eixo (da barragem) fosse construído

em cima de uma gelatina”. A elevação de Fundão não foi comunicada ao órgão fiscalizador, segundo o delegado.

A perícia realizada no local pela Polícia Civil, destacou que a drenagem era ineficaz devido a quantidade de água e lama, de acordo com o perito, Otávio Guerra, o colapso aconteceu porque toda estrutura se anulou devido a sua sustentação. A polícia pediu e indicou a prisão de sete pessoas, o inquérito teve 2432 páginas, sendo que foi aberto no dia 6 de novembro de 2016 e a investigação durou cerca de 3 meses.

Em Brumadinho, um conjunto de especialistas contratados pela mineradora Vale, informaram que a ruptura que a barragem I sofreu foi devido a uma súbita e rápida perda de resistência, ocasionando assim um o fenômeno de liquefação estática.

Muitos relatos mostram a ocorrência da liquefação estática com instabilidades iniciais devidas a alteamentos, galgamentos, erosões internas, superfície freática elevada, dentre outros, atribuindo-se a rupturas convencionais o efeito disparador do fenômeno (PENNA, *et al.*, 2010, p. 01).

O estudo demonstrou que houve deformações na estrutura, e a perda da resistência em algumas partes da estrutura por causa de infiltração de chuvas fortes que haviam caído na região uns dias antes da tragédia acontecer.

Além disso, o relatório apontou vários gatilhos, que podem ter contribuído para a desestabilização da barragem, dentre eles: carregamento rápido de lançamento de rejeitos, sismos ou detonações (essas repetidas), aumento dos níveis de água no solo, camadas fracas, erosão interna (“piping”), interação humana, perda de sucção em zonas não saturadas acima do nível de água e “creep” (deformações específicas que desenvolvem ao longo do tempo sob cargas constantes).

Na conclusão feita no relatório pelo líder do estudo contratado pela Mineradora Vale: "A barragem era essencialmente muito íngreme e muito úmida, e o material retido pela barragem era fofo, saturado, e muito pesado e de comportamento muito frágil", destacou Peter Robertson.

Já outro relatório sobre o rompimento da barragem de Brumadinho foi feito a pedido do Ministério Público Federal, o Centro Internacional de Métodos Numéricos em Ingeniería (CIMNE), que possui vínculo com a Universidade Politécnica de Catalunya (UPC) fez um estudo para descobrir as causas. O relatório continha 500 páginas e a participação de peritos da polícia federal e de técnicos independentes.

Segundo o relatório, o rompimento aconteceu por volta de 12:28 do horário local. A ruptura foi registrada por câmeras, uma situada à frente e outra atrás da barragem. As imagens mostraram uma ruptura de repente, que atingiram 80% da face da barragem em cerca de 5 segundos.

Toda ruptura foi em direção dos taludes que falharam retrogressivamente, e toda ruptura aconteceu em cerca de 5 minutos. Foram 9,7 milhões de m<sup>3</sup> que escaparam da barragem, o equivalente a 75% do volume de material que havia antes.

De acordo com a informação, a barragem já estava interrompida por 2,5 anos e o relatório comprova que o acidente não aconteceu somente por acúmulo de água, mas também por outro fenômeno chamado de “piping”, que se trata de uma erosão interna e relevante neste caso, havia o aparecimento de canais dentro da estrutura de contenção. O fenômeno “piping” é agravado por falhas no sistema de drenagem. Devido ao peso e da pressão da lama de rejeitos sobre o fundo da estrutura.

Outro parecer da Universidade da Espanha, foi em relação aos rejeitos que foram caracterizados como não homogêneos, que haviam variantes, umas mais finas e outras mais grossas. As mais finas possuíam permeabilidades mais baixas e contráteis, e menor capacidade de mobilizar resistência em condições não drenadas, portanto essas partículas mais finas eram mais propensas ao fenômeno de liquefação e consideradas mais frágeis e perigosas.

Durante o estudo para a descrição, foram feitas simulações para mostrarem como o efeito de liquefação havia acontecido neste caso, e compreendeu-se que particularmente foi um conjunto desfavorável de circunstâncias que comprometeram a barragem, como as propriedades dos materiais, dentre elas, a permeabilidade, resistência e fragilidade foram as mais consideradas. O estado de tensão local e a influência de aumento da pressão da água também foram um acréscimo.

## **6 IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS**

A degradação ambiental é um processo de degeneração do meio ambiente resultante de atividades que direta ou indiretamente, prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, que criem condições adversas às atividades sociais e econômicas, afetem desfavoravelmente a biota e as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente, além das emoções de matérias ou energia em desacordo

com os padrões ambientais estabelecidos. Sendo assim, degradação ambiental é a alteração adversa das características do meio ambiente (BRASIL, 1981).

A Lei nº 6.938/1981 implementou a Política Nacional do Meio Ambiente, que têm como objetivo conciliar o desenvolvimento econômico e social junto com a preservação do meio ambiente e da qualidade de vida, prevendo ainda em seu art. 2º e incisos:

Ação governamental com vistas a preservar o equilíbrio ecológico, tendo em vista ser o meio ambiente um patrimônio público que precisa ser garantido e protegido, visando o uso coletivo; o uso racional do solo, subsolo, água e ar; planejamento e fiscalização da forma como os recursos ambientais estão sendo utilizados; proteção dos ecossistemas, preservando as áreas de maior representatividade; controle e zoneamento das atividades que potencial ou efetivamente podem trazer poluição; incentivos a estudos e pesquisas de tecnologias direcionadas à racionalização e proteção dos recursos ambientais; acompanhamento do nível de qualidade ambiental; e recuperação de áreas que foram degradadas (BRASIL, 1981).

Qualquer alteração no meio ambiente é chamada de impacto. Sendo que essa modificação das propriedades físicas, químicas, biológicas através de atividades humanas em um dado espaço geográfico podem ser positivas ou negativas.

## 6.1 IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS EM MARIANA (MG)

Sendo extraído na natureza sob forma de minério, que é um agregado rico em um certo mineral ou elemento químico, o ferro é um dos metais mais utilizados no mundo. É obtido através de um processamento chamado de flotação catiônica reversa. Neste processo que ocorre em um pH alcalino, um pH entre 10 e 10,5, a precipitação do minério de ferro, ocorre através da adição de amido, enquanto a flotação do material restante é feita através da adição de aminas.

Sendo que essas últimas são extremamente tóxicas ao meio ambiente. De acordo com a Clariant, uma das maiores empresas químicas especializadas no mundo, e fornecedora de amina, o produto é bastante corrosivo e tóxico, podendo causar a morte por inalação, em contato com a pele ou por ingestão. É possível imaginar os estragos que essa substância pode trazer em quantidades muito maiores no solo e no lençol freático.

A Samarco é uma das empresas mineradoras situadas no Quadrilátero Ferrífero, região que concentra mais de 70% das reservas e 68,4% da produção de

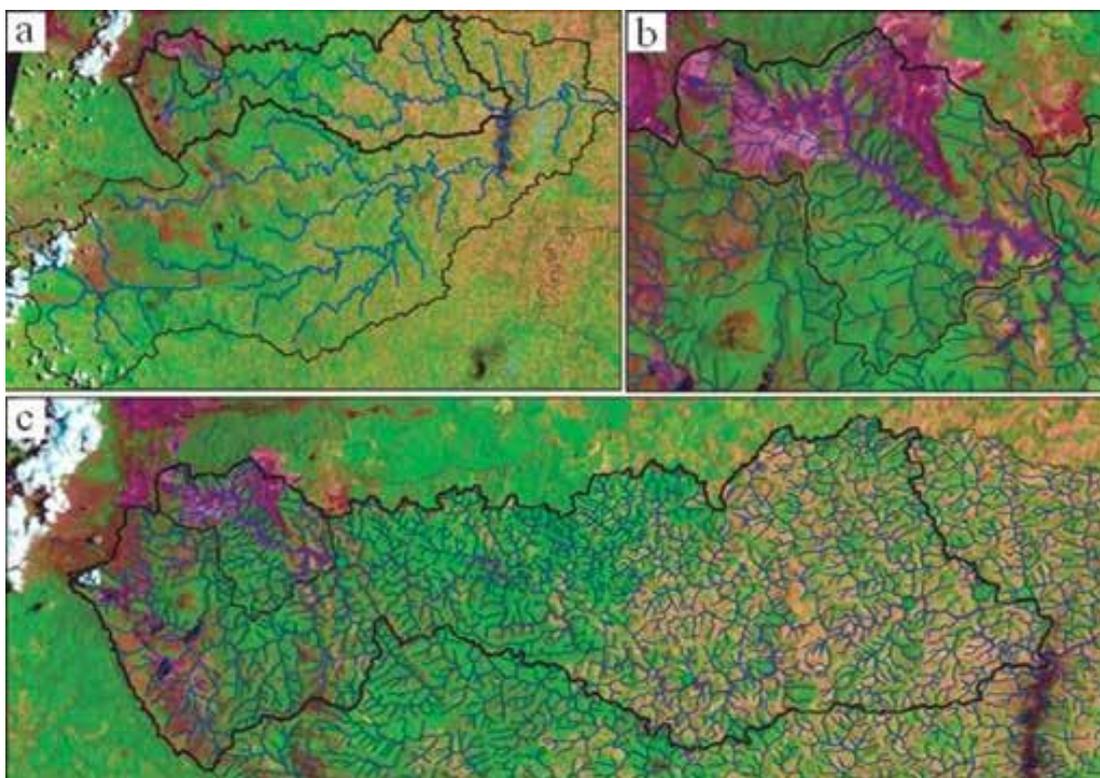
minério de ferro do Brasil, além de expressivas reservas de manganês, ouro, topázio, calcário, dolomito, rochas ornamentais e de revestimento (BRASIL, 2015).

A mineração de ferro, pela Samarco, sempre foi um bom investimento. Todavia, o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana gerou muitos impactos negativos para aquela região e para a imagem da empresa, vista como negligente na sociedade, trazendo outras questões problemáticas como o não cumprimento das legislações pelas mineradoras e a incapacidade de fiscalização do órgão responsável.

As consequências no município mineiro foram muito negativas, tanto na disponibilidade de água e na de qualidade de vida, no solo e na vegetação. Todo um ecossistema foi alterado drasticamente. No solo e na água houve a elevada alcalinidade provocada pelas aminas, a toxicidade e um acúmulo de sedimentos.

Na imagem a seguir, via satélite, é possível ver os despejos pela coloração roxa em controvérsia com o azul, que são os corpos d'água que não foram afetados. Totalizando um percurso afetado de 77 kms.

Figura 9 - Imagens de satélite das áreas afetadas pelo rejeito.



FONTE: Adaptado de USGS, 2015.

De acordo com as imagens, o quadrante (a) representa a Bacia do Rio Doce; o (b) a Bacia do córrego Santarém; e o (c) a Bacia do Rio Carmo. Em (b) e (c) percebe-se o caminho dos rejeitos pela colaboração roxa em contraste com a azul dos corpos d'água não afetados.

A partir do estudo técnico e relatório da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária) e do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais) foi possível ter detalhes dos impactos sobre as regiões atingidas pelo rejeito de minério.

### **6.1.1 Impactos relacionados à disponibilidade e qualidade de água**

A qualidade dos corpos hídricos foi afetada até em afluentes de menores volumes. Desde o local da fatalidade, passando pelo Rio Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce, finalizando no litoral do Espírito Santo, no delta do Rio Doce. Trazendo um problema central que foi o assoreamento drástico dos Rios Gualaxo do Norte, Carmo e parte do Rio Doce até a barragem de Candonga, uma extensão de 77 kms. Além disso, há muito material sedimentado nas margens dos rios, o que ocasiona um efeito contínuo de carreamento e deposição de sedimento nos corpos hídricos (IBAMA, 2016, p. 02).

O carreamento é efeito da erosão do solo, e neste caso, otimizado pela lama minéria, que casou uma quantidade ainda maior de depósito de sedimentos. Os rios assoreados perdem sua capacidade de transporte de partículas em suspensão e em direção à sua foz. O material sedimentado, ainda traz outros problemas como o abastecimento de água, seja para fins de produção ou para consumo humano ou animal (IBAMA, 2016, p. 07).

Figura 10 - Material carregado depositado na Usina Hidrelétrica Candonga.



Fonte: IBAMA, 2015.

Figura 11 - Rio Gualaxo do Norte com leito visível devido ao assoreamento.



Fonte: IBAMA, 2015.

Em relação à qualidade e disponibilidade de água, as análises foram feitas pelo IGAM (Instituto Gamma de Acessória a Órgãos Públicos) e pela COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais). Foram analisados aspectos físicos e químicos, a turbidez e a afetação de nascentes. O ensaio permitiu concluir que a água bruta apresenta turbidez e características físico-químicas divergente da média histórica e totalmente fora dos padrões de qualidade para consumo e boa para a saúde humana, não sendo seguro ingeri-la.

O IGAM chegou no resultado do nível de turbidez da água da bacia do Rio Doce através de ensaios, a qual foi detectada com elevação do parâmetro, bem acima dos padrões aceitáveis. Foi detectado também elementos químicos e metais pesados no sistema hídrico da região, como o ferro e o manganês, os quais oferecem risco por contaminação, pois não se degradam e alteram todo parâmetro físico-químico da água. O IBAMA apontou o provável impacto sobre as nascentes.

### **6.1.2 Impactos relacionados ao solo**

O estudo feito no solo da região foi realizado pela SEMAD (Secretária de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento), EMBRAPA e o IBAMA. Os impactos permitiram uma comparação da disponibilidade e qualidade do solo anterior e após o contato com a lama, do material depositado e de suas características físicas e químicas.

De acordo com a EMBRAPA, nas encostas e nos vales, os estragos foram recobertos pela lama, então, alguns aspectos não poderiam ser avaliados em curto prazo e necessitaria de estudos abrangentes, uma caracterização geotécnica, para a possibilidade de realizar um plano de ação para correção.

Houve a modificação do relevo, afetando diretamente a dinâmica ambiental da localidade. O relevo foi remodelado pois não houve a consolidação do material da lama e o solo teve revolvimento e quebra das rochas. Além de rupturas, houve descrições de processos erosivos, a formação de ravinamento, uma vez que em períodos chuvosos, haverá novos carregamentos de sedimentos para o rio, ressaltando mais ainda o problema de assoreamentos, o que diminui o processo natural do rio de transporte de partículas até sua foz.

Os fundos de várzeas, planícies aluviais e áreas de colúvio também houveram modificações de acordo com o Grupo de Trabalho de Solo. E uma preocupante modificação, na linha talvegue, que é considerada a linha mais profunda no leito de um rio que delinea a direção natural do curso, alterando assim a dinâmica fluvial.

Foram analisados os teores de elementos químicos e metais pesados encontrados no solo através da técnica de fluorescência de raios X em campo. Os metais pesados determinados foram: chumbo, arsênio, cobre, níquel, alumínio e manganês. Sendo que houve aumento considerável na concentração de ferro, manganês e alumínio de acordo com a legislação ambiental vigente deixando o solo pouco fértil. De acordo com a EMBRAPA, o pH da mata ciliar foi de 4,5 para 8,9 prejudicando as atividades celulares de plantas, animais e micro-organismos.

As análises físicas do solo realizada pela EMBRAPA, indicaram um alto teor de areia e silte, evidenciando uma homogeneidade granulométrica, ambos apresentando uma fração de 90%. Enquanto, de argila somente 10%, diminuindo assim significativamente a capacidade de troca catiônica do solo nessas condições. Além disso, através de difratograma de raios-X, foi possível observar a presença de basicamente goetita, caulinita, quartzo, hematita e gipsita na composição mineralógica da fração de argila. Enquanto, quartzo e fragmento de concreções ferruginosas (hematita, magnetita e ilmenita) e alguns fragmento de rochas xistosas foram encontrados na fração areia.

Durante os estudos, supôs uma barreira física de alta intensidade de concreções ferruginosas, sais de ferro, após o secamento e adensamento das partículas, em virtude da composição granulométrica e da composição mineralógica, com teores ainda mais elevados, porém com baixa porosidade através das análises coletadas do solo que se comportaram com um alto adensamento após secagem ao ar. Podendo haver consequências e restrição à infiltração e do desenvolvimento do sistema radicular das plantas, e a crosta ferruginosa prejudica ainda mais o processo de recuperação.

Os pesquisadores do Grupo de Trabalho de Solo perceberam que a maior dificuldade seria recuperar a qualidade física do solo devido à instabilidade do rejeito e de sua granulometria considerado siltoarenosa, permitindo apenas a mão-de-obra humana com equipamentos adequados em alguns pontos sem a utilização de máquinas e animas.

Além disso, o acúmulo de ferro, que veio através dos rejeitos ao solo da região, trará um endurecimento e encrostamento superficial transformando em um verdadeiro empecilho para as atividades do solo daquela região. O crescimento radicular, o reflorestamento e o reaproveitamento agrícola ficaram prejudicados, e parte inferior da lama que não formar concreções ferruginosas, se transformará em erosão em períodos de chuvas.

Em relação à qualidade química do solo, mostrou a escassez de nutrientes necessário para um bom desenvolvimento, sendo que a fertilidade dos mesmos ficou altamente comprometida, sendo que anteriormente, os solos da região eram considerados férteis, uma alteração muito negativa.

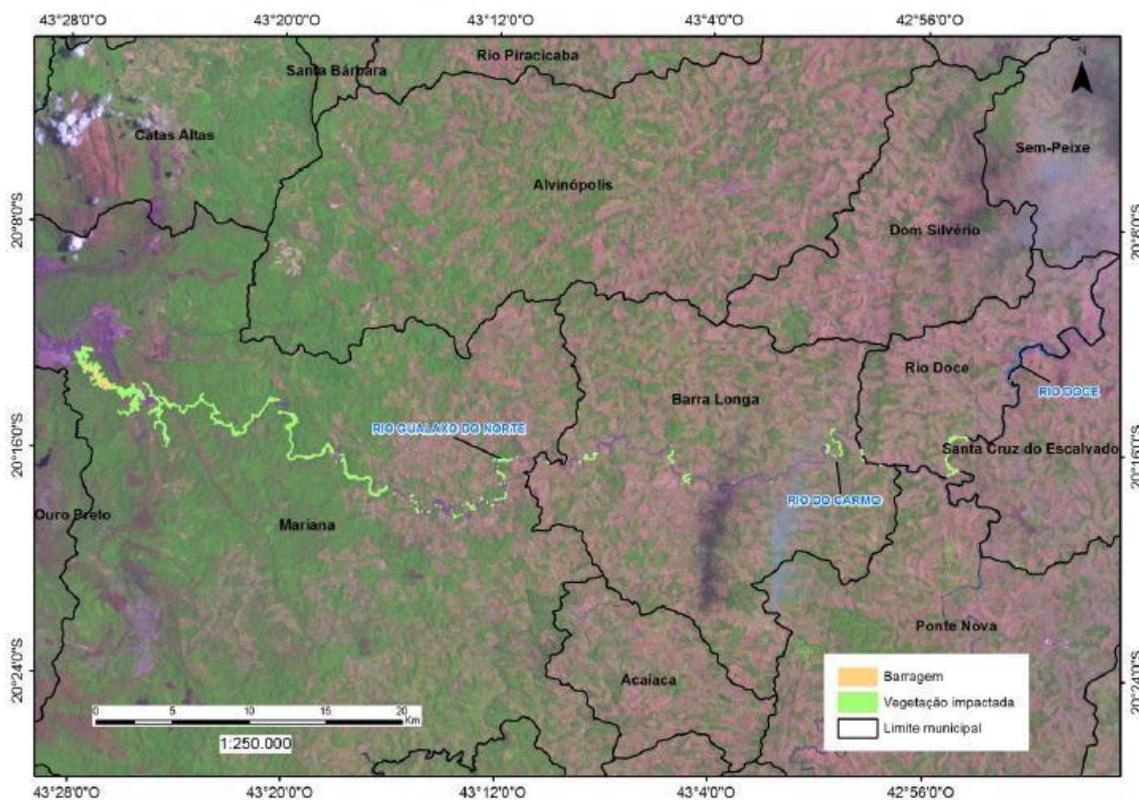
Os valores de matéria orgânica encontrados foram muito baixos, como os de argila, o que ressalta a troca catiônica do solo, que ficou incapacitada. A presença de sódio trocável com saturação, em excesso, superior a 10% prejudica as plantas. E o solo mostrou um pH extremamente ácido, o que para a correção é importante material orgânico.

### **6.1.3 Impactos na fauna e flora**

Os danos causados na biodiversidade da região, a fauna e flora foram extremos. Os danos extremos são aqueles que não possuem solução imediata e nem solução técnica. A possibilidade de aplicação de técnicas e metodologias padrões já não fazem efeito, podendo ser considerada a perda de um ecossistema.

Os impactos em relação à cobertura vegetal, concentraram ao longo das calhas dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, um turbilhão de aproximadamente 62 milhões de metros cúbicos danificou uma área de cerca de 374,81 hectares de cobertura florestal ciliar, segundo o IBAMA.

Figura 12 - Área de vegetação impactada na data de 12 de novembro de 2015.



Fonte: Instituto Estadual de Florestas - IEF, 2015.

Houve a morte de muitos peixes com a onda de lama em toda extensão de Rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce. Além do mais, após o crime ambiental, muitos peixes morreram por asfixia, devido a elevada turbidez da água, que impede a entrada da luz solar. De acordo com o IBAMA, algumas espécies endêmicas podem ter sido extintas.

De acordo com a Nota Técnica do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais, as consequências relacionadas ao impacto sobre os peixes são:

- ✓ Fragmentação e destruição de habitats (IBAMA);
- ✓ Contaminação da água com lama de rejeitos (IBAMA);
- ✓ Assoreamento do leito dos rios (IBAMA);
- ✓ Soterramento das lagoas e nascentes adjacentes ao leito dos rios (IBAMA);
- ✓ Destruição da vegetação ripária e aquática (IBAMA);
- ✓ Interrupção da conexão com tributários e lagoas marginais (IBAMA);
- ✓ Alteração do fluxo hídrico (IBAMA);
- ✓ Impacto sobre estuários e manguezais na foz do Rio Doce (IBAMA);

- ✓ Destruição de áreas de reprodução de peixes (IBAMA);
- ✓ Destruição das áreas “berçários” de reposição da ictiofauna (áreas de alimentação de larvas e juvenis) (IBAMA);
- ✓ Alteração e empobrecimento da cadeia trófica em toda a extensão do dano (IBAMA);
- ✓ Interrupção do fluxo gênico de espécies entre corpos d’água (IBAMA);
- ✓ Perda de espécies com especificidade de habitat (corredeiras, locas, poços, remansos, etc.) (IBAMA);
- ✓ Mortandade de espécimes em toda a cadeia trófica (IBAMA);
- ✓ Piora no estado de conservação de espécies já listadas como ameaçadas e ingresso de novas espécies no rol de ameaçadas (IBAMA);
- ✓ Comprometimento da estrutura e função dos ecossistemas (IBAMA);
- ✓ Comprometimento do estoque pesqueiro (IBAMA).

O IBAMA ainda registrou a morte lontra (*Lutra longicaudis*) e capivara (*Hydrochaeris hydrochaeris*) no dia 6 de novembro de 2015, ainda no apogeu da passagem de lama, posteriormente, aves foram contaminadas por se alimentarem de peixes mortos, o que mostra como um desastre ambiental pode alterar toda uma cadeia alimentar de um ecossistema.

Na biota aquática, houve a mortalidade de bentos, de peixes, a perda de habitat para a reprodução de espécies aquáticas e o impacto em toda cadeia ecossistêmica. Animais que viviam na beira dos corpos hídricos foram prejudicados e a perda de espécies vegetais, principalmente da Mata Atlântica. Além disso, a paisagem da área diretamente afetada foi drasticamente modificada.

No relatório feito pelo IBAMA, o órgão federativo também apontou a contaminação de animais silvestres por metais pesados e outros poluentes que estavam no rejeito de minério. Em relação aos mamíferos, muitos de porte pequeno, podem ter sido dizimados do local, visando que o reestabelecimento da fauna nativa pode demorar anos.

O que ganhou destaque no relatório ainda, foi a mortalidade da ictiofauna, conjunto de espécies de peixes, grande parte no Rio Doce. A morte de muitas capivaras e a contaminação de animais silvestres que usavam o rio. E o assoreamento do rio impede a reprodução de peixes e anfíbios, e traz o problema de enchentes. Tanto a fauna quanto a flora foram bastante prejudicadas, o que provoca dificuldades diretas na propagação das espécies de ambas.

#### 6.1.4 Impactos sociais e econômicos

Os danos sociais são variados. O considerado mais terrível foi a morte das pessoas na tragédia anunciada. Além do que, muitas pessoas ficaram feridas, precisando de atendimentos médicos e os moradores tiveram seu psicológico abalado pelo crime e porquê estavam em condições distintas da vida original. Há outra questão envolvida que é o abrigo dos moradores, que ficaram sem um lugar para morar, dentre eles, os moradores de Bento Rodrigues, o distrito de Mariana, local que foi palco da tragédia.

Os animais também ficaram prejudicados, expostos às doenças graves. De acordo com a FIOCRUZ (Fundação Oswaldo Cruz), na época, 485 animais ficaram alojados em um galpão sobre responsabilidade da Samarco. Eram cães, gatos, galinhas, porcos, gado, cavalos, patos e outros que apresentam doenças graves e altamente infecciosas como a cinomose e leishmaniose, já tendo ocorrido óbitos.

O galpão estava em uma área endêmica de leishmaniose visceral de Mariana, causando grande preocupação quanto à disseminação da doença. O que, pela lógica, poderia ser perigoso tanto para humanos quanto para os próprios animais, entre si, transmitirem doenças, aumentando assim o contágio.

Neste período, pós tragédia, houve a interrupção de serviços de vigilância em saúde, epidemiológica, sanitária, ambiental e saúde do trabalhador, de acordo com o IBAMA. No relatório, o órgão federal, cita a interrupção de serviços de desinfecção de habitat e o controle de pragas e vetores.

E os locais que foram atingidos pelo colapso, entre eles, Distritos de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo, em Mariana, e o distrito de Gesteira e a sede de Barra Longa, poderiam estar propícios a se tornarem pontos de reprodução de vetores de doenças como Dengue, Chikungunya, Zika Vírus, Esquistossomose, Chagas, Leishmaniose e problemas com animais peçonhentos, conforme apontado também pela FIOCRUZ. Sendo importante a limpeza desses locais.

O IBAMA e a DEFESA CIVIL, nesta época, também apontaram a interrupção de serviços de segurança pública. Ocorreram principalmente em áreas que tiveram que ser abandonadas, neste aspecto, o distrito de São Bento e Paracatu de Baixo. Nessas mediações, houveram registro de saques porque muitos pertencentes de valor foram deixados o que atraía criminosos.

No mesmo complexo industrial, há duas barragens, Germano e Santarém, que possuem níveis de segurança abaixo do esperado, o que traz uma forte sensação de insegurança para as populações da comunidade de que irão se romper. A população vive sob medo e angústia, principalmente aqueles que foram atingidos diretamente pelo rompimento da barragem de Fundão, e por isso, foi preciso assistência psicológica para as pessoas que vivem naqueles locais da proximidade.

Figura 13 - Complexo minerário de Germano.



Fonte: Google Earth (retirado de IBAMA, 2015).

Outro impacto social que os moradores sofreram foi a interrupção das escolas, devido a destruição ou impossibilidade de acesso. As escolas teriam que ser no mínimo reconstruídas em Bento Rodrigues e Paracatu do Baixo. Além disso, a cultura e o lazer também sofreram percas, artigos de artes sagras foram destruídos, e com isso os que restaram, artigos mobiliários e significativos de igrejas históricas sofreram saques.

O cotidiano dos índios Krenak houve mudanças drásticas, sendo que cinco comunidades foram atingidas, no total 450 pessoas. O rio que passava pela aldeia foi totalmente barrado, impactando em questões econômicas e culturais. A pesca e a

caça do povo foram prejudicadas e a medicina tradicional, causando assim insegurança tanto à alimentação quanto à saúde. Além de danos psicológicos e na cultura, o que trouxe agravos nos ritos espirituais e culturais das aldeias indígenas. A agricultura e a produção de leite também sofreram prejuízos.

Após o rompimento da barragem de Fundão, a economia regional se tornou fragilizada. Houve a interrupção da produção de minério, sendo que o município de Mariana, em sua maior parte representando 95 %, dependia desse setor. A agropecuária e o comércio também foram afetados.

Em relação ao comércio local foram prejudicados: o comércio varejista de mercadorias no geral, minimercados, mercearias e armazéns, o comércio varejista de hortifrutigranjeiros, a fabricação de produtos diversos, lanchonetes, casas de chá, de sucos e similares, comércio varejista de bebidas, atividades de consultoria em gestão empresarial, bares e outros locais específicos de servirem bebidas e pousadas.

A EMATER considerou um número de 195 propriedades rurais atingidas pelo desastre na região, além disso, foi registrado a morte de bovinos, equinos, aves, suínos e animais domésticos. Segundo o instituto, houve também percas de máquinas e equipamentos, ordenhadeiras, veículos, tratores, tubulações, motores e bombas, postes de energia elétrica, tanques de resfriamento de leite e balanças, todos tomados pela lama.

Houve a destruição de lavouras, hortaliças, frutíferas, eucaliptos, pastagens e capineiras. Houve a paralisação da produção de leite nas propriedades diretamente atingidas, cerca de 11.000 litros de leite por dia em Mariana e perca de 1.200 litros de leite foram perdidos entre o dia 05 e 12 de novembro de 2015.

Os maiores prejuízos econômicos públicos estão relacionados aos serviços de atendimento médico de urgência e ao transporte dos atingidos. Mas outros setores também apresentaram calamidades como o abastecimento de água para a população, o sistema de esgotos, a limpeza urbana e o sistema de ensino. Foram cerca de R\$ 1.210.850,22 em prejuízo de serviços públicos.

Os danos em infraestruturas estão relacionados com sistemas privados e sistemas públicos. Sendo que estradas foram obstruídas pela lama, pontes que interligavam um lugar ao outro foram destruídas, ficando assim a impossibilidade de acesso a certos lugares. Dentre as infraestruturas que foram estagnadas estão as unidades de escolas e saúde, mas também foram destruídas unidades básicas de

saúde, quadra poliesportiva, pontes, estradas, ruas, escolas e sedes de associações comunitárias.

Dentre outros problemas inúmeros que o rompimento da barragem de Fundão trouxe, podem ser citados: a interrupção de energia elétrica, principalmente em propriedades rurais, a interrupção do abastecimento de combustíveis e a perda da infraestrutura rural como currais, galinheiros, cercas, residências, depósitos e danos em captações de água. A destruição de cerca de 80% de edificações de Bento Rodrigues e perda total de móveis, eletrodomésticos, documentos e roupas.

## 6.2 IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS EM BRUMADINHO (MG)

O desastre ocorrido em Mariana ainda assusta após cinco anos da tragédia e levará muitos anos para que os planos de recuperação terminem. Mesmo após a intranquilidade vivida no Brasil, o crime ambiental retomou em Brumadinho e teve proporções alarmantes, principalmente quando se fala de vidas humanas: a perda de 270 delas e o desaparecimento de 11.

O rompimento que causou o maior número de óbitos no mundo já até então relatado na indústria de minérios. O conteúdo foi baseado na Comissão parlamentar de inquérito formada para o rompimento de barragem de Brumadinho para apontar os desrespeitos aos Direitos Humanos, à vida e ao Meio Ambiente.

Figura 14 - Brumadinho e Mariana, óleo sobre tela, 2019.



Fonte: Autorização de Ricardo Ferrari.

### **6.2.1 Impactos relacionados à disponibilidade e qualidade de água**

A barragem B1 da mina de ferro de Córrego de Feijão, pertencente à empresa brasileira Vale S.A., despejou de forma brusca e repentina 13 milhões de metros cúbicos no meio ambiente e sobre o município de Brumadinho, sendo que a barragem estava localizada no ribeirão Ferro Carvão, que é um afluente do rio Paraopeba, sendo este com 510 kms de extensão, passando por trinta e cinco municípios e contribuinte do rio São Francisco, um rio de extrema importância no Brasil.

A questão é que o Rio Doce já era considerado comprometido antes do crime ambiental cometido pela Samarco acontecer, devido a poluição de suas águas e com espécies aquáticas já em extinção. Enquanto, o Rio Paraopeba era considerado razoavelmente saudável, com biodiversidade aquática abundante além das margens estarem preservadas pela Mata Atlântica, servindo como fonte de sobrevivência para tribos indígenas e para populações ribeirinhas, dentre elas, a Aldeia Xohã, da tribo Pataxó e servia como captação de água para vários municípios.

O Presidente do Comitê da Bacia hidrográfica do Rio Paraopeba, Sr. Winston Caetano de Souza, disse em audiência:

Uma das peculiaridades da Bacia do Rio Paraopeba é que ela tem a maior concentração de oxigênio dissolvido entre todos os rios do Brasil, chegando ao máximo de solubilidade, pelas condições físicas e químicas que a natureza oferece. Isso, para nós, é um fator muito importante agora que vai se iniciar a recuperação dos impactos ambientais na bacia.

O Rio Paraopeba tem (tinha) a maior diversidade de ictiofauna em Minas Gerais. Agora, com essa mortandade de peixes, nós sabemos que isso já não existe mais. A situação atual da bacia, após essa estúpida recarga de rejeitos da Vale, é tão impressionante que todos nós, com certeza, aprenderemos com a permanente avaliação dos resultados e o monitoramento sistemático da flora, da fauna e da água. (Grifo nosso).

A SOS Mata Atlântica também destacou:

A lama de rejeitos de minério e contaminantes mudou drasticamente a geografia e a paisagem na região do Alto Paraopeba. Enterrou nascentes,

cursos d'água; ceifou vidas humanas, fauna e flora; devastou florestas nativas da Mata Atlântica e a vegetação natural e tingiu de cor de sangue um dos mais importantes mananciais da Região Metropolitana de Belo Horizonte, formador da bacia hidrográfica do rio São Francisco.

O rompimento da barragem de Fundão além de trazer consequências graves à biodiversidade aquática, interferiu no abastecimento de água de 21 municípios. Segundo a Fundação SOS Mata Atlântica, o Rio Paraopeba seria um dos mais importantes do Rio São Francisco e que abastece parte da região metropolitana da capital Belo Horizonte. Cerca de 2,3 milhões de pessoas ficaram prejudicadas, sem o abastecimento de água necessário. Isso, porque todos os pontos de coletas do rio, apresentaram índice péssimo ou ruim para o consumo humano.

De acordo com uma sobrevivente do desastre ambiental em Brumadinho, ela declarou em uma entrevista para a Revista Brasil de Fato:

O que sobrou de área produtiva a gente não consegue usar porque dependemos de água [...] além dos prejuízos à saúde mental e física, as pessoas que não morreram com a lama perderam a moradia ou outros patrimônios. A produção local de alimentos foi toda comprometida e ninguém pode lavar sua comida, ou mesmo cozinhar, com a água que sai da torneira (Grifo nosso).

Sendo que de acordo com o Ibama, o rio Paraopeba se enquadrava na classe 2. Em concordância com COPAM/CERH-MG nº 01/2008 e Resolução CONAMA nº 357/2005 – que dispõem sobre a classificação dos corpos de água e dá as diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

As águas do rio eram adequadas para abastecimento para consumo humano, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação, aquicultura e pesca. O que ficou impossibilitado em decorrência do crime ambiental.

Os parâmetros de qualidade de água no rio Paraopeba sofreram amplas modificações. Alguns pontos do rio foram monitorados pelo IGAM, pela COPASA, Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA) e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

As concentrações de ferro aumentaram, 2.200 vezes maior do que o valor máximo permitido, alcançando um valor de 3095, 5 mg/L. Já os valores de manganês alcançaram 7.365 vezes acima do máximo permitido. Dentre os metais pesados, foram encontrados valores alarmantes para o máximo permitido para os parâmetros chumbo total e mercúrio total e também alta turbidez. O que totalizou valores 21 vezes

maior que o máximo permitido para a classe 2, a classe que o rio Paraopeba se enquadrava anteriormente.

Além dos parâmetros de qualidade da água serem prejudicados, o rio principal de Brumadinho teve o mesmo problema que os rios em Mariana: a lama trouxe o assoreamento dos rios nos dois municípios, o que impede o processo natural de transporte de suas partículas até a foz e a situação se agrava em períodos chuvosos.

De acordo com o IGAM: inicialmente, foi identificado um grande impacto na qualidade da água. O parâmetro representativo principal foi a turbidez, além disso, foi mensurada a concentração de manganês, alumínio e ferro, os quais são parâmetros representativos do rejeito.

Na ocasião do rompimento da barragem B1, houve oscilação significativa da qualidade da água, o que levou à suspensão do uso da água na calha do rio Paraopeba. Também foi suspenso o uso de água subterrânea a 100 metros da margem do rio, por orientação da vigilância sanitária.

Além disso, após dois meses de monitoramento foram encontrados metais pesados não esperados pelo IGAM como mercúrio, cádmio, chumbo, cobre. Isso porque o rompimento se deu área de produção e já se esperava resíduos industriais. Após quatro meses do desastre, a população continuou não usando abastecimento de água do rio, mas por outra fonte fornecida pela COPASA, ainda sujeito a racionamentos ou rodízios.

### **6.2.2 Impactos relacionados ao solo**

Ocorreram várias mudanças no solo em Brumadinho, principalmente nas regiões próximas ao rompimento. A degradação do solo foi muito parecida com o caso em Mariana. Um dos impactos foi a impermeabilização do solo, que é a diminuição na infiltração de água da chuva no solo, o que pode trazer o problema de inundações, por um tempo menor, a água não consegue alcançar os rios sendo que a vazão aumenta.

Além disso, o solo da região sofreu erosões, como ravinas e sulcos, ajudando no assoreamento dos rios o que modificou a topografia do local e a qualidade de água dos rios.

É possível analisar que os teores de matéria orgânica diminuíram e que de acordo com a EMBRAPA, os teores de argila são menores que 10 %, sendo que o

resíduo da lama traz infertilidade ao solo o que ocasiona perdas agrícolas e prejudica a regeneração de plantas.

### 6.2.3 Impactos na fauna e flora

A área onde ocorreu o rompimento da barragem B1, é de encontro da Mata Atlântica com o Cerrado. A lama destruiu blocos de floresta, fragmentando e diminuindo a conectividade desses habitats. Segundo o IBAMA, após ter obtido imagens satélites, a área afetada pelo rejeito de minério foi de 269,84 ha e a área afetada de Mata Atlântica foi de 133,7 ha. Área de Proteção Permanente (APP) afetada foi cerca de 70,65 ha ao longo das drenagens e APPs com vegetação natural da Mata Atlântica foi de 43,04 ha.

Figura 15 - Imagem aérea de parte da área diretamente afetada pelo rompimento da barragem B1.



Fonte: Revista Piauí de 2/2/2019, disponível em: <https://piaui.folha.uol.com.br/o-movimento-da-lama/>. Acesso em: 07/12/2021.

Sem dúvidas, as regiões mais impactadas foram da Mata Atlântica e do Cerrado, de acordo com o relatório da SOS Mata Atlântica:

O Município de Brumadinho contava com uma cobertura florestal muito representativa, muito importante de Mata Atlântica primária, e essa floresta é

responsável pela manutenção do microclima, pelo restabelecimento dos aquíferos, pela recarga dos aquíferos, que afloram em nascentes, que abastecem essas importantes bacias hidrográficas, como a Bacia do Paraopeba, que é uma formadora da Bacia do São Francisco. Então, perder esses fragmentos florestais, soterrar essas nascentes, é diminuir a capacidade de segurança hídrica dessa bacia.

Os animais foram impactados pela lama, alguns ficaram presos em instalações e residências que foram abandonadas precisando de resgate. E outros ao buscar água e alimentos ficaram atolados na lama, de acordo com o IBAMA. Os animais foram submetidos aos centros cirúrgicos, as salas de necropsias e aos bebedouros artificiais que foram dispostos para esses animais silvestres já que grande parte do ecossistema foi destruído.

No caso de invertebrados terrestres, foram perdidos: insetos, formigas, abelhas, vespas, cupins, besouros grandes e algumas borboletas. Todos esses grupos representam funções ecossistêmicas que podem representar mudanças na estrutura de comunidades de organismos como plantas e mamíferos.

O potencial de contaminação da lama pode ser considerado tão terrível para os animais, que os cachorros que foram usados pelo Corpo de Bombeiros em busca das vítimas muitos adoeceram no contato da lama e não poderiam retornar.

E segundo o boletim publicado pelo IGAM/ SEMAD, 206 carcaças de animais silvestres foram encontradas, e 305 de animais domésticos, sendo que 25 não foram identificadas.

O ecossistema aquático foi o mais afetado nessa situação, a vida aquática acaba onde houve acúmulo de lama, onde as espécies não conseguiriam sobreviver. Segundo o relatório do IBAMA, em decorrência do lançamento dos rejeitos no meio ambiente, formou-se uma pluma de contaminação na água do rio Paraopeba que ocasionou a mortandade de espécimes da biodiversidade, incluindo da ictiofauna, como pode ser observado em vistoria realizada no dia 29 de janeiro de 2019 na aldeia indígena Pataxó Hã Hãe, no município de São Joaquim de Bicas-MG (Relatório SEI 4287541).

Durante a vistoria, a equipe do Ibama constatou a presença de diversas carcaças de peixes que estão se decompondo em uma curva do rio, distante cerca de 20 metros da aldeia, causando mal cheiro e atraindo urubus para a área. Além dos peixes, os indígenas relataram que avistaram cobras, capivara e bovinos sendo arrastados pelo rio; que estão impossibilitados de pescar, tomar banho, irrigar a horta,

lavar louça e dessedentar os animais em decorrência da poluição causada pela pluma de contaminação.

Na bacia do Rio Paraopeba, com apenas 2 % da bacia do Rio São Francisco, abriga cerca de 70 % espécies de peixes, com o predomínio das ordens *Characiformes* e *Siluriformes*, esse número representa 30 % de espécies do Rio São Francisco, de acordo com o relatório da ICMBio, nesta mesma linha:

Essa alta diversidade evidencia a importância da bacia do Rio Paraopeba e a necessidade de adotar medidas para mitigar os efeitos do rompimento da barragem de rejeitos sobre a biota aquática. Entretanto, é pouco provável que espécies de peixes ameaçadas de extinção tenham populações diretamente afetadas pela lama de rejeitos, uma vez que, infelizmente, não há registros recentes de ocorrência no trecho impactado do Rio Paraopeba.

As espécies *Conorhynchos conirostris* (pirá) e *Lophiosilurus alexandri* (pacamã) são as únicas que possuem distribuição histórica no trecho impactado do Rio Paraopeba, mas atualmente são encontradas somente a jusante da Barragem Três Marias.

### **6.2.3 Impactos sociais e econômicos**

A intensidade do desastre em Brumadinho pode ser considerado nível IV, de acordo com o IBAMA, isso significa de grande porte, e para o glossário da Defesa Civil Nacional isso significa: “resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema, causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado.”

Os depoimentos dos atingidos são emocionantes e contundentes, o desastre destruiu famílias, vidas, o município e o meio ambiente, e além disso, os afetados tiveram que lidar com a poeira e doenças que estavam submetidos.

De acordo com o relato da Fiocruz:

[...] Os números dos desastres são assustadores. Diego Xavier, do Observatório do Clima da Fiocruz, apontou que 10% da população de Brumadinho foi afetada e 1% dos habitantes morreram devido ao acidente. Mas o que fica de mais impressionante mesmo são as histórias de quem perdeu tudo. “A partir do momento em que a barragem se rompe, acaba tudo,

você não é mais nada, só atingida”, Simone Silva, de Barra Longa, município atingido pelo rompimento da barragem de Mariana.

Todos os relatos de sobreviventes e atingidos foram chocantes, além disso, o que chama atenção é a enorme pressão vivida por funcionários, tanto econômica quanto psicológica, que era imposta pela própria Vale. A população servia como refém pela empresa, o que acontece em muitos municípios que dependem da mineração em Minas Gerais.

Conforme a reportagem de 1/10/2019 do Dr. Mariano Andrade da Silva Centro de Estudos e Pesquisas de Emergências e Desastres em Saúde (CEPEDES) ENSP/FIOCRUZ/MS há outros aspectos serem considerados:

- ✓ Contaminação de diferentes compartimentos ambientais e alterações ecossistêmicas;
- ✓ Alteração abrupta da organização social e dos modos de viver e trabalhar historicamente constituídos nos territórios;
- ✓ Efeitos e danos sobre a saúde.

Para além dos efeitos diretos, há efeitos indiretos que se ampliam no espaço (até centenas de milhares de quilômetros além do local do evento) e no tempo (dias, meses, anos e/ou décadas após o período de ocorrência) provocados pelas profundas mudanças, danos ou rupturas sociais e ecológicas que produzem e/ou ampliam as condições de vulnerabilidade ambiental e social das populações expostas aos riscos, danos e agravos à saúde decorrentes dos desastres, de acordo com o Doutor.

Após o período sombrio vivido pela população o que aumentou sete meses após o desastre foram as taxas de suicídio e as tentativas de suicídio, principalmente pelas mulheres, o que mostra a profunda angustia que o crime ambiental trouxe.

De acordo com a Fiocruz, houveram 39 tentativas (11 homens e 28 mulheres), um aumento de 23 % em relação ao período anterior. E um aumento de 60 % de antidepressivos, sendo que de ansiolíticos passou para 80%. Sendo que na UPA o número máximo de atendimentos em um plantão de 12 horas era de 165 passando para 280 após a tragédia, o que mostra o colapso no quadro da saúde, um dos principais aspectos sociais anulado.

Outra população afetada foram os indígenas e quilombolas. Contando 25 famílias, dentre eles, Pataxós Hã-hã-hãe, da aldeia Naô Xohã que viviam às margens do Rio Paraopeba, que se recusavam, no início, de sair das aldeias e de tirar o sustento do rio, mas com o avanço da lama de rejeitos de minério e de substâncias químicas viram que não havia outra forma que não fossem se retirarem dali.

Em Brumadinho, os impactos foram muito negativos como em Mariana, sem sobrar algo de bom. Moradores, no geral, ficaram sem teto e sujeito às doenças e psicologicamente abalados e terras e animais foram perdidos para a lama.

Quando um crime desse nível acontece, causado por uma mineradora, a população do local sofre. Um lugar é perdido, sem infraestruturas, como estradas, casas, pontes, abastecimento de água, coleta de esgoto, o sistema público, o sistema de saúde e escolas são danificados, o município foi perdido para a ganância humana.

## **7 APLICABILIDADE DA RESPONSABILIDADE PENAL ÀS MINERADORAS E A VIOLAÇÃO DA LEI DE CRIMES AMBIENTAIS (LEI 9605/98)**

O Direito Penal é importante para a redução dos ataques à natureza, é certo responsabilizar penalmente aqueles que danificam o meio ambiente, e neste caso, como os desastres são crimes ambientais considerados de nível elevado pois dois municípios foram destruídos nada mais justo que as empresas responderem pelas suas condutas.

O autor Milaré (2005, p. 441-442) defende que:

[...] preservar e restabelecer o equilíbrio ecológico em nossos dias é questão de vida ou morte. Os riscos globais, a extinção de espécies animais e vegetais, assim como a satisfação de novas necessidades e termos de qualidade de vida, deixam claro que o fenômeno biológico e suas manifestações sobre o planeta vão sendo perigosamente alterados. E as consequências desse processo são imprevisíveis [...]. Por isso, arranhada estaria a dignidade do Direito Penal caso não acudisse a esse verdadeiro clamor social pela criminalização das condutas antiecológicas.

A Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (BRASIL, 1998), estabelece que condutas e ações prejudiciais estão sujeitas às punições penais e administrativas. Assim chamada como “Lei dos Crimes Contra o Meio Ambiente”, “Lei dos Crimes Ambientais” ou “Lei Penal Ambiental”.

Estabelecido no art. 2º, da Lei 9.605/98, quem se envolve nos crimes previstos na Lei, recai sobre ele a culpabilidade, bem como o diretor, o administrador, o membro do conselho e de órgão técnico, o auditor, o gerente, o preposto ou mandatário da pessoa jurídica, o mesmo que sabendo da prática poderia ter ações para evitar medidas criminosas.

## 7.1 O CASO DA SAMARCO EM MARIANA

O Consórcio Samarco recebeu a responsabilidade penal por conta do rompimento da barragem de Fundão, além disso pelos rejeitos acumulados nos rios e pelas áreas destruídas em Mariana. através de suas atividades, infringiu os arts. 54, § 2º, I, II, III e 62, ambos da Lei 9.605/98.

O art. 54 da Lei Ambiental diz “causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora”. (BRASIL, 1998).

E acrescenta em seu § 2º que Art. 54, § 2º as seguintes situações passíveis de crimes:

- I - tornar uma área, urbana ou rural, imprópria para a ocupação humana;
- II - Causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que momentânea, dos habitantes das áreas afetadas, ou que cause danos diretos à saúde da população;
- III - Causar poluição hídrica que torne necessária a interrupção do abastecimento público de uma de água de uma comunidade.

Pena – reclusão de 1(um) a 5 (cinco) anos (BRASIL, 1998).

É claro que o desastre trouxe destruições por todo distrito em Bento Rodrigues. Por sua vez, a Lei 9.605/98 estabelece que: Art. 62. Destruir, inutilizar ou deteriorar:

- I - Bem especialmente protegido por lei, ato administrativo ou decisão judicial;
- II - Arquivo, registro, museu, biblioteca, pinacoteca, instalação científica ou similar protegido por lei, ato administrativo ou decisão judicial:

Pena – reclusão, de 1 (um) a 3 (três) anos, e multa (BRASIL, 1998).

Outra consequência irreversível da tragédia foi que trouxe a perda do ambiente cultural, já que Bento Rodrigues havia as origens do Município. Conforme publicado na página do Ministério Público de Minas Gerais, em 06 de novembro de 2015, em que o Promotor de Justiça Marcos Paulo de Souza Miranda, Coordenador Estadual

das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico, ele ressalta a perda no patrimônio cultural:

[...] o prejuízo é imenso e irreversível. Ele se refere principalmente a uma capela em Bento Rodrigues, construída no século 18, que remonta às origens do povoado e está totalmente soterrada pela lama. Além disso, dezenas de sítios históricos da época da mineração do ouro na região foram destruídos[...]

Bento Rodrigues é um dos mais antigos arraiais de Minas Gerais e toda a região é pioneira no que diz respeito à descoberta do Ouro, além de estar inserida na reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço, reconhecida pela Unesco como patrimônio de relevo para toda a humanidade (MIRANDA, 2015).

A empresa foi acusada pelo Ministério Público por vários crimes previstos na Legislação ambiental. O crime de poluição qualificado que consiste na poluição do ambiente, os cursos hídricos e o solo, os seus danos ao ser humano e animais e a capacidade de destruir a flora.

A definição de poluição se encontra clareza na Lei Federal nº. 6938/81, em seu artigo 3º, verbis:

Para os fins previstos nesta lei considera-se: III) poluição, a degradação da qualidade ambiental resultantes de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população, b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas, c) afetem desfavoravelmente a biota, d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente, e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

O crime contra a fauna foi evidenciado, a morte de espécies da fauna silvestre e da fauna aquática, répteis, anfíbios, mamíferos, animais fossoriais, animais terrestres de deslocamento ágil, invertebrados, a morte de animais domésticos (bovinos, equinos, suínos e aves), todos atingidos de forma direta ou indireta pela onda de rejeitos. Além disso, espécies raras ou ameaçadas de extinção tiveram fim, como a *Genidens genidens* (criticamente ameaçada no Estado de Minas Gerais.)

A mortandade ilícita de animais, os denunciados modificaram, danificaram e destruíram ninhos, abrigos e criadouros naturais. A lama atingiu área de desova e de ninhos de tartarugas ao redor de praias situadas pela foz do Rio Doce. No geral, a

mortalidade dos animais, utilizou-se métodos e instrumentos capazes de provocar destruição em massa.

Nos crimes contra a flora, os denunciados destruíram e danificaram floresta, considerada de preservação permanente, bem como de vegetação primária e secundária, de nível avançado ou médio de regeneração do Bioma Mata Atlântica. E ademais, as infrações dadas pelo crime contra a flora, foram cometidas contra espécimes raras e ameaçadas de extinção devido a erosão do solo, o que atrai toda aumento de pena todas elencadas no artigo 53, inciso I e inciso II, “c”, “d” e “e”, todos da Lei n.º 9.605/98.

Os acusados, por motivo torpe, que resultou em perigo comum e social, através do recurso utilizado dificultou a defesa das vítimas, resultando na morte de 19 pessoas no município perfazendo a conduta típica descrita no artigo 121, §2º, I, III e IV, do Código Penal.

O que foi acusado pelo Ministério Público Federal, que o Plano de Ação Emergencial da SAMARCO era péssimo, tornando assim inoperante, não alertava os perigos que poderiam ou estariam prestes a acontecer sobre a barragem, além disso, no geral, o motivo do crime, segundo a Justiça, foi por motivo infame, o que resultou em muitas vidas perdidas.

A empresa sabia até então desde o licenciamento do empreendimento, em todos riscos envolvidos na construção e operação da barragem em Fundão, mas priorizaram os resultados econômicos, o que perante à sociedade, a mineradora foi dada como a culpada de todas as causas, das mortes, dos prejuízos ao meio ambiente e de todas pessoas potencialmente afetadas que sobreviveram ao desastre.

Em primeiro momento, foi aplicada à pessoa jurídica uma multa e outras medidas pelo judiciário como medidas protetivas para as famílias prejudicadas. A mineradora Samarco foi multada também, na época pelo IBAMA, em R\$ 250 milhões, até o momento havia sido corrompido cinco autos da infração, que foram no valor de R\$ 50 milhões cada, o valor máximo na Lei de Crimes Ambientais.

Em outubro de 2016 foi informado pela Polícia Federal que 21 acusados responderiam por crime de inundação, desabamento e lesão corporal, crimes ambientais, homicídio qualificado com dolo eventual, ou quando assume o risco de matar. Já as empresas Samarco, Vale e BHP Billiton responderiam por nove crimes ambientais, dentre eles, o de poluição, destruição significativa, morte de animais e alteração de locais protegidos pela lei sem consentimento da autoridade.

## 7.2 O CASO VALE S.A EM BRUMADINHO

Os indícios demonstram que os funcionários da Vale poderiam ter feito algo para evitar o rompimento da barragem, contudo não fizeram. Sabendo do perigo desde os técnicos até o presidente da empresa, estavam já cientes do rompimento da barragem B1 não fizeram nada para evitar o resultado.

Foram acusadas, no total, 19 pessoas pelos crimes e as empresas Vale e TÜV SÜD no inquérito da Polícia Federal. Dentre, as pessoas físicas, estão consultores, engenheiros, gerentes e diretores que trabalhavam para as empresas. Todos foram indicados pela prática do homicídio doloso duplamente qualificado pelo meio e emprego que resultou em perigo e sem possibilidade de defesa das vítimas.

As empresas Vale e TÜV SÜD foram indicados pela prática de vários crimes ambientais, da poluição do meio ambiente, contra a fauna aquática e terrestre, a flora, os recursos hídricos, e contra unidades de conservação e sítios arqueológicos.

A Vale também foi condenada pela juíza da 5ª Vara do Trabalho de Betim (MG), Vivianne Correa pagar 100 milhões para as famílias dos trabalhadores que faleceram como forma de indenização, A decisão partiu de uma ação coletiva do Sindicato dos Trabalhadores de Construção Pesada, visando que a empresa deveria firmar acordo com as famílias e fornece o suporte devido.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Trabalho tratou sobre os impactos sociais e ambientais causados pelas mineradoras Samarco e Vale S.A nos municípios de Mariana e Brumadinho e infrações cometidas contra a Constituição, Lei n.º 9.605 de 12 de fevereiro de 1998 (Lei de Crimes Ambientais). Pode se considerar que em Mariana os impactos negativos em relação ao meio ambiente foram maiores, enquanto em Brumadinho o número de vítimas foi incomparável.

Os crimes ambientais, causados pelos rompimentos das barragens foram os mais graves ambientais causados na história do Brasil, um após o outro e posteriores à outorga da Lei n.º 9.605 de 12 de fevereiro de 1998 (Lei de Crimes Ambientais). A regulamentação dá ênfase, nestes casos, nos crimes de flora, fauna, poluição e patrimônio histórico o que anteriormente não era esclarecido na Constituição, isso foi possível graças a outorga da mesma.

Através da lei e de responsabilidades civis impostas às empresas, fica mais claro analisar como o meio ambiente deve ser respeitado e não violentado. A Constituição de 1988 veio com o objetivo de dá autenticidade ao meio ambiente, já que antes não era levado em conta a legislação ambiental. É visto que as empresas foram penalizadas com multas e indenizações, mas isso não impede que tenham uma imagem repulsiva na sociedade, já que se passaram anos do desastre e muito pouco foi feito para restaurar o ambiente.

As modificações dos rios Doces e Paraopeba são um grande desafio, águas contaminadas pelo rejeito de minério, se tornam imprópria para o consumo humano e para aqueles que tinham o rio como forma de sobrevivência, como as tribos indígenas e para a manutenção da biota aquática.

Os solos, e as terras dos lugares, também se tornaram impróprios para o cultivo, a degradação causa grandes erosões e a impermeabilização causa inundações em períodos chuvosos, sem contar que agora o próprio solo prejudica os corpos hídricos levando material, causando assoreamento e impedindo o transporte natural das partículas até sua foz.

Catástrofes desse tipo, causados pela imprudência das mineradoras destroem uma sociedade inteira e por mais que haja penalidades e indenizações, não é possível recuperar o que era antigamente. Dois municípios foram perdidos para a lama pois escolas, casas, fazendas, estradas, famílias e pessoas foram destruídas, não se apaga a tragédia do cenário mineiro. Após anos do ocorrido, pouco se fez, pois, dificilmente se recupera um ecossistema, a fauna, a flora e a sociedade quando os impactos negativos são tão grandes.

A prevenção desses crimes é o melhor a se fazer, por meio de estímulo à população através de ONGs e projetos sociais. As mineradoras devem ser denunciadas, principalmente aquelas que utilizam armazenamento incorreto dos rejeitos, barreiras à montante, seja por funcionários ou para aqueles que não trabalhem na empresa.

A fiscalização deve se tornar um ponto forte nesta questão, através dos órgãos competentes que devem ter uma vistoria constante e caso esteja irregular, interromper o licenciamento. Deve ser pensado que outras catástrofes como essas não podem ocorrer nos municípios brasileiros, famílias e pessoas jamais serão perdidas para a lama e a ganância novamente.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASIL. **Tragédia de Mariana faz 5 anos e população ainda aguarda reparações.** 29.10.2020. Disponível

em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-10/tragedia-de-mariana-faz-5-anos-e-populacao-ainda-aguarda-reparacoes>> Acesso 22 nov. 2021.

ARMADA, Charles Alexandre Souza. Os desastres ambientais de Mariana e Brumadinho em face ao estado socioambiental Brasileiro. **Revista Territorium**, n. 28 (I), p. 13-22, 2021.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil, 1988.** Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988. 1988. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)> Acesso 22 nov. 2021.

BRASIL. *Lei n. 9.605 -Crimes Ambientais.* Brasília, 12-02-1998. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm)> Acesso 22 nov. 2021.

CÂMARA DOS DEPUTADOS (2019) Relatório da Comissão parlamentar de inquérito do Rompimento da barragem em Brumadinho, p 2287.

CNN BRASIL. **Juíza condena Vale a pagar R\$ 1 milhão para cada trabalhador morto em Brumadinho.** 10/06/2021 Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/juiza-condena-vale-a-pagar-r-1-milhao-por-trabalhador-que-morreu-em-brumadinho/>> Acesso em 24 dez. 2021.

CPI. (2019). **Resumo do Relatório CPI Bruma.** Novembro de 2019. Acesso em 07 de dez. 2021.

EMBRAPA. (2015). **Avaliação dos impactos causados ao solo pelo rompimento de barragem de rejeito de mineração em Mariana, MG. Apoio ao plano de recuperação agropecuária. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária,** 2016. Acesso em 07 de dez. 2021.

ESTADO DE MINAS. **Especialistas apontam causas do rompimento de barragem em Brumadinho.** 12/12/2019. Disponível em: <[https://www.em.com.br/app/noticia/nacional/2019/12/12/interna\\_nacional,1107773/especialistas-apontam-causas-do-rompimento-de-barragem-em-brumadinho.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/nacional/2019/12/12/interna_nacional,1107773/especialistas-apontam-causas-do-rompimento-de-barragem-em-brumadinho.shtml)> Acesso em 05 dez. 2021.

GLOBO.COM. **Excesso de água em barragem provocou o acidente rompimento, diz Polícia Civil.** 23/02/2016. Disponível em: Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/01/25/bombeiros-e-defesa-civil-sao-mobilizados-para-chamada-de-rompimento-de-barragem-em-brumadinho-na-grande-bh.ghtml>>. Acesso em 31 nov. 2021.

GLOBO.COM **Governo determina eliminação de barragens como a de Brumadinho até 2021.** 18/02/2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/02/18/governo-determina->

eliminacao-de-barragens-como-a-de-brumadinho-ate-2021.ghtml> Acesso em 31 nov. 2021.

GLOBO.COM. **2 anos após tragédia da Vale, quatro cidades de Brumadinho ainda sofrem com impactos.** 25.01.2021. Disponível em:<<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2021/01/25/2-anos-apos-tragedia-da-vale-quatro-cidades-do-entorno-de-brumadinho-ainda-sofrem-com-impactos.ghtml>> Acesso em 31 de nov. 2021.

GLOBO.COM. **Barragem em MG era classificada como de baixo risco.** 05.11.2015 Disponível em: <http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2015/11/barragem-rompida-em-mg-tinha-era-considerada-de-risco-baixo-diz-dnpm.html> Acesso em 22 de nov. 2021.

GLOBO.COM. Seis meses após o desastre, turismo em Mariana ainda sofre reflexos. 05.05.2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/minas-gerais/desastre-ambiental-em-mariana/noticia/2016/05/seis-meses-apos-desastre-turismo-em-mariana-ainda-sofre-reflexos.html> Acesso em 22 nov.2021.

GOVERNO DE MINAS GERAIS (2016). Relatório dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana, Minas Gerais, 287 p.

GREENPEACE BRASIL. Posicionamento sobre desastre ambiental em Brumadinho-MG. 25.01.2019. Disponível em: <https://www.greenpeace.org/brasil/press/posicionamento-sobre-desastre-ambiental-em-brumadinho-mg/> Acesso em: 31 de nov.2021.

IBAMA. **Mineradora Samarco é multada em R\$250 milhões por catástrofe ambiental** 12/11/2015. Disponível em:<[https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/copy\\_of\\_noticias/noticias-2015/mineradora-samarco-e-multada-em-r-250-milhoes-por-catastrofe-ambiental](https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/copy_of_noticias/noticias-2015/mineradora-samarco-e-multada-em-r-250-milhoes-por-catastrofe-ambiental)> Acesso em 14 dez. 2021.

IBAMA. **Relatório de Vistoria.** 2016. Disponível em:<[http://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/relatorios/2016-05-relatorio\\_de\\_vistoria.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/relatorios/2016-05-relatorio_de_vistoria.pdf)> Acesso em 14 dez. 2021.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MILARÉ, Edis. **Reação jurídica à danosidade ambiental: contribuição para o delineamento de um microssistema de responsabilidade.** 380 f. 2016. Tese (Doutorado em Direito), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2016.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL (2016). **Denuncia-Samarco.** Outubro de 2016. Acesso: 10/12/2021.

PENNA, Lorena Romã et al. Liquefação Estática em Depósitos de Rejeitos de Mineração. **COBRAMSEG 2010: Engenharia geotécnica para o**

**desenvolvimento, inovação e sustentabilidade. Liquefação estática em depósitos de Rejeitos de Mineração-COBRAMSEG**, p. 1-7, 2010.

POULOS, S.J., CASTRO, G. & FRANCE, J.W. Liquefaction Evaluation Procedure. **Journal of Geotechnical Engineering**, n. 111, p. 772-792, 1985.

PROCUDORIA DA REPÚBLICA NO ESTADO EM MINAS GERAIS. **Desastre da Vale: relatório elaborado por universidade da Espanha aponta causas do rompimento da barragem em Brumadinho (MG)**. 04/ 10/2021. Disponível em: <<http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/noticias-mg/desastre-da-vale-relatorio-elaborado-por-universidade-da-espanha-aponta-causas-do-rompimento-da-barragem-em-brumadinho>> Acesso em 05 dez. 2021.

SAMARCO.COM. **Relatório Bienal 2015-2016**. Disponível em: <[https://www.samarco.com/wp-content/uploads/2020/12/Samarco\\_Relatorio-Bienal-2015\\_16-08092017.pdf](https://www.samarco.com/wp-content/uploads/2020/12/Samarco_Relatorio-Bienal-2015_16-08092017.pdf)> Acesso em 05 dez. 2021.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. "**Rompimento da barragem em Brumadinho**"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/rompimento-barragem-brumadinho.htm>. Acesso em 31 out. 2021.