



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

WALTER ARAÚJO DE LIMA FILHO

**MEIO AMBIENTE E MINERONEGÓCIO: ANÁLISE DOS IMPACTOS
SOCIOAMBIENTAIS PERCEBIDOS A PARTIR DE UM DESASTRE NA
CIDADE DE MACEIÓ**

Maceió

2023

WALTER ARAÚJO DE LIMA FILHO

**MEIO AMBIENTE E MINERONEGÓCIO: ANÁLISE DOS IMPACTOS
SOCIOAMBIENTAIS PERCEBIDOS A PARTIR DE UM DESASTRE
AMBIENTAL NA CIDADE DE MACEIÓ**

Dissertação apresentada ao Mestrado
Profissional em Administração Pública -
Profiap, como requisito parcial para a
obtenção do título de Mestre em
Administração Pública

Área de Concentração: Administração Pública

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Natallya de Almeida Levino.

Maceió

2023



FOLHA DE APROVAÇÃO

WALTER ARAÚJO DE LIMA FILHO

MEIO AMBIENTE E MINERONEGÓCIO: ANÁLISE DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS PERCEBIDOS A PARTIR DE UM DESASTRE AMBIENTAL NA CIDADE DE MACEIÓ

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Alagoas como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Profissional em Administração Pública em Rede Nacional - PROFIAP, para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em:

Maceió, 17 de agosto de 2023.

Documento assinado digitalmente
gov.br NATALLYA DE ALMEIDA LEVINO
Data: 17/08/2023 10:54:05-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

BANCA EXAMINADORA

Profª Dra. Natallya de Almeida Levino (PROFIAP/FEAC/UFAL)

Documento assinado digitalmente
gov.br ANDERSON MOREIRA ARISTIDES DOS SANTOS
Data: 17/08/2023 14:27:58-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

– Orientadora –

Prof. Dr. Anderson Moreira Aristides dos Santos (PROFIAP/FEAC/UFAL)

NAPIE GALVE ARAUJO SILVA Assinado de forma digital por NAPIE GALVE ARAUJO SILVA
Data: 2023.08.17 11:01:01 -0300

– Examinador Interno –

Profª Dra. Napiê Galvê Araújo Silva (UFERSA)

Documento assinado digitalmente
gov.br PATRICIA GUARNIERI DOS SANTOS
Data: 17/08/2023 11:30:00-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

– Examinadora Externa –

Profª Dra. Patricia Guarnieri dos Santos (UnB)

– Examinadora Externa –

À memória de minha mãe, Joseane, que me acompanhou e sonhou junto nesta jornada. Saudades!

“E me mandaram sair do Pinheiro. Mas para onde eu vou, sem dinheiro? Um teto e quatro paredes, nas quais pendurava a minha rede e cochilava após o almoço: Assim era o meu lar, seu moço, que vai sucumbindo, rachando, caindo, descendo ao fundo do poço.”

(Mirian Monte)

RESUMO

Em meados de 2018 diversos bairros da cidade de Maceió foram afetados pela subsidência do solo na região. A partir de então, desdobramentos e consequências sem precedentes foram observados na localidade afetada. Partindo deste cenário, o estudo tem como objetivo realizar uma análise acerca dos impactos socioambientais sofridos pelos cinco bairros afetados pela subsidência proveniente da extração de sal-gema, no município de Maceió. Para consecução da pesquisa foi realizada uma coleta com dados secundários provenientes de documentos que permitiram a aferição dos impactos socioambientais causados pelo desastre ambiental em tela. Os resultados destacam a complexidade dos impactos, visto que foram observados sob o aspecto do meio físico, biótico e antrópico. Além disto, resta evidenciado que estes impactos obtiveram relevância e importância sob o ponto de vista de especialistas e quando analisado de forma quantitativa e qualitativa. O estudo conclui ainda que é pertinente a tomada de medidas mitigadoras dos impactos, sendo indicadas como possíveis a partir da integração entre poder público e a empresa mineradora.

Palavras-chaves: Desastre ambiental; Mineronegocio; Impactos socioambientais.

ABSTRACT

In mid-2018, several neighborhoods in the city of Maceió were affected by soil subsidence in the region. Since then, unprecedented developments and consequences have been observed in the affected locality. Based on this scenario, the study aims to carry out an analysis of the socio-environmental impacts suffered by the five neighborhoods affected by subsidence from rock salt extraction in the municipality of Maceió. To achieve the research, a collection was carried out with secondary data from documents that allowed the measurement of the socio-environmental impacts caused by the environmental disaster on screen. The results highlight the complexity of the impacts, since they were observed under the aspect of the physical, biotic and anthropic environment. In addition, it is evident that these impacts obtained relevance and importance from the point of view of specialists and when analyzed quantitatively and qualitatively. The study also concludes that it is pertinent to take measures to mitigate the impacts, being indicated as possible from the integration between public authorities and the mining company.

Keywords: Environmental disaster; Mining business; Socio-environmental impacts.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 – Extração de Salmoura.....	18
Figura 2 – Fluxograma de Operação Industrial de Vinílicos da Braskem.....	20
Figura 3 – Sistematização do protocolo de pesquisa	37
Figura 4 – Informações gerais acerca do <i>corpus</i>	38
Figura 5 – Distribuição anual do <i>corpus</i>	39
Figura 6 – Distribuição geográfica dos autores a partir da vinculação institucional.....	40
Figura 7 - Distribuição da colaboração entre países	41
Figura 8 – Colaboração entre países (redes)	42
Figura 9 – Cocitação entre autores	46
Figura 10 – Cocitação entre referências	46
Figura 11 – Acoplamento bibliográfico.....	48
Figura 12 – Diagrama de Sankey – Relacionamento entre autores/ palavras-chaves/periódicos.....	54
Figura 13 - Mapeamento Temático	55
Figura 14 – Mapeamento das evidências.....	57
Figura 15 – Aspecto do mapa de integração dos processos de instabilidade do terreno	59
Figura 16 – Caracterização das unidades de paisagem	64
Figura 17 – Setorização das zonas impactadas	65
Figura 18 – Densidade demográfica dos bairros	67
Figura 19 – Perfil socioeconômico da região afetada	69
Figura 20 – Mapeamento das zonas de subsidência	74
Figura 21 – Delimitação da zona de risco	89
Figura 22 – Mapeamento para inclusão no PCF	93
Figura 23 – Cronograma de Compensação dos moradores atingidos	94
Figura 24 – Mapa das áreas de Monitoramento, Realocação e Ilhamento Socioeconômico	95

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 – Principais leis e documentos oriundos da política do meio ambiente.....	14
Tabela 2 – Abordagens e objetos identificados.....	21
Tabela 3 - Estratégia de busca nas bases de dados.....	36
Tabela 4 – Aplicação de Critérios de exclusão	36
Tabela 5 – 10 autores e co-autores mais citados.....	43
Tabela 6 – Documentos relevantes do <i>corpus</i>	49
Tabela 7 – Caracterização dos periódicos do <i>corpus</i>	52
Tabela 8 – Documentos analisados	60
Tabela 9 – Definição constitutiva e operacional das variáveis analisadas.....	61
Tabela 10 – Quantidade de equipamentos/espços afetados pelo desastre..	66
Tabela 11 – População dos bairros afetados pelo desastre.....	66
Tabela 12 – Situação ocupacional por bairro	69
Tabela 13 – Escolaridade dos moradores dos bairros afetados	70
Tabela 14 – IDH dos bairros afetados	70
Tabela 15 – Checklist dos impactos identificados	71
Tabela 16 – Medidas quantitativas dos Impactos Socioambientais.....	75
Tabela 17 – Medidas qualitativas dos Impactos Socioambientais.....	79
Tabela 18 – Diretrizes dos Termos de Acordo	89
Tabela 19 – Medidas pertinentes ao reparo ambiental	95
Tabela 20 – Medidas cabíveis aos impactos identificados.....	97

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1 Problema de Pesquisa	6
1.2 Objetivos	9
1.2.1 Objetivo Geral	9
1.2.2 Objetivos Específicos	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 Discurso contemporâneo de sustentabilidade	10
2.2 Mineronegócios e Meio ambiente: implicações desta relação no Brasil	12
2.3 Desastres e seus impactos: aproximações e desdobramentos	15
2.3 Extração do sal-gema	17
2.3.1 Do descobrimento à tragédia: percepções acerca da extração do sal-gema em Maceió – AL	19
2.4 Impactos de Desastres ambientais analisados por meio de uma Revisão Sistemática de Literatura	21
2.4.1 Distribuição Anual do Corpus	25
2.4.2 Distribuição Geográfica dos Autores	27
2.4.3 Análise das citações de autores e co-autores	29
2.4.4 Análise da rede de cocitação de autores e referências citadas	33
2.4.5 Análise de Acoplamento Bibliográfico	35
2.4.6 Análise dos periódicos	39
2.4.7 Análise a partir de Palavras Chaves	42
2.4.8 O meio ambiente como recorte para os desdobramentos dos desastres ambientais	44
2.4.9 Os desdobramentos dos desastres ambientais no contexto social	50
3. DELINEAMENTO METODOLÓGICO	58
3.3 Lócus da pesquisa	62
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.1 Perfil e Diagnóstico socioambiental das áreas afetadas	65
4.1.1 Físico/Biótico	65
4.1.2 Meio socioeconômico	68
4.2. Impactos socioambientais	74
4.3 Medidas e providências tomadas pelo poder público	90
4.4 Produto técnico: Oportunidades e sugestões	99
5. Considerações finais	108

1. INTRODUÇÃO

A consolidação do desenvolvimento por meio da revolução industrial na Inglaterra, em meados do século XVIII, alterou o modo de vida no planeta, e passados três séculos a questão ambiental começou a ganhar vulto em meados do fim dos anos 60 (POTT; ESTRELA, 2017). Soma-se a este movimento a necessidade de o Estado potencializar os mecanismos regulatórios para que sejam estabelecidos marcos regimentais nas políticas ambientais em torno deste objeto. Alinhados a esta necessidade, estudos recentes identificam os efeitos que as ações danosas ao meio ambiente podem causar aos diversos contextos como por exemplo a flora e fauna (MARQUE et al., 2022; SÁ et al., 2021; REIS et al., 2020; GABRIEL et al., 2021; SANTOS et al., 2020; VERGILIO et al., 2021; REIS et al., 2019; QUARESMA et al., 2021; DUARTE et al., 2021; LANA-COSTA et al., 2021; GLOTOV et al., 2018; GABRIEL et al., 2020), às diversas perspectivas da sociedade SILVA JUNIOR et al., 2022; EDUVIRGEM, SOARES & BEIER, 2020) e no cenário econômico e do empreendedorismo (SOUZA; TARIFA; PANHOCA, 2019; LIMA; 2019; BARBOSA; BARROS, 2021; ALVES; CARNEIRO; PAIVA, 2020).

Desta forma, apoiado nos estudos em evidência são colocados à tona questões relevantes no que diz respeito aos impactos sofridos pelo meio ambiente, pela sociedade e demais contextos quando dos eventos adversos ao desenvolvimento sustentável do meio ambiente e suas tratativas permeadas pela complexidade e sensibilidade nas discussões em torno das atividades desenvolvidas nesta conjuntura

1.1 Problema de Pesquisa

Conforme Teixeira et al. (2019), um dos componentes do cenário econômico no município de Maceió é o desenvolvimento de atividades voltadas à indústria do setor petroquímico que realiza a extração da sal-gema, sendo esta atividade a responsável pela transformação da dinâmica socioespacial da cidade. Em discussão sobre a sustentabilidade da indústria de mineração realizada no Brasil, Vieira (2011) define que no Brasil essa indústria tanto é insustentável como caminha para a sustentabilidade. Em outros termos, há uma falta de consenso quanto à interferência deste tipo de atividade no que diz respeito ao lócus em que é realizada, em que pese uma concepção difundida de que o exploracionismo é executado visando o

lucro, sendo este o fim que mobiliza os meios que por vezes não leva em consideração as influências sofridas pelos impactos socioespaciais (RAFFESTIN, 1993).

Dentre os impactos socioespaciais está o que Santos e Viegas (2021) referenciam de refúgio ambiental, fato que ocasiona um deslocamento forçado ou espontâneo, e motivado por causas ambientais, sendo estes fatos antigos na história da humanidade, citando como exemplos causas naturais e crimes ambientais notórios, como os desastres nucleares de Fukushima (2011) e Chernobyl (1986); a catástrofe radiológica do Césio-137 (1987); desastres naturais do furacão Katrina nos EUA (2005) e terremoto no Haiti (2010); e no contexto brasileiro as tragédias no âmbito da exploração mineral como o rompimento das barragens de rejeitos de Mariana (2015) e Brumadinho (2019); e as manchas de óleo no litoral do nordeste brasileiro (2019).

Desta forma, surgem alguns questionamentos quanto à sustentabilidade e os impactos sofridos por parte dos diversos agentes envolvidos em ações deste tipo de exploração mineral, visto que “apesar do grande desenvolvimento que gerou para o estado, como a oferta de empregos e a alta taxa de exportação de PVC, a extração que teve início entre as décadas de 60 e 70 trouxe graves impactos socioambientais para os bairros Pinheiro, Mutange, Bebedouro, Bom Parto e Farol (TEIXEIRA et al., 2019).

Em Maceió visualiza-se um cenário palpável dos impactos obtidos a partir da atividade de exploração mineral. Diversos bairros da capital alagoana sentiram um forte tremor de terra, em meados de 2018 dando início a uma série de acontecimentos e desdobramentos sem precedentes, no âmbito social, econômico e ambiental na região que compreende os bairros do Pinheiro, Mutange, Bom Parto, Bebedouro e Farol (uma parte). Após investigações, observou-se que as minas de extração de sal, operadas pela Braskem, geraram uma espécie de desestabilização das cavidades provenientes da extração de sal-gema, ocasionando a movimentação do sal subterrâneo, a halocinese, provocando desta forma a subsidência do terreno, trincas no solo e nos edifícios da região (CPRM, 2019).

Como medida de prevenção os moradores e comerciantes residentes nos locais afetados foram realocados em outras partes da cidade, gerando desta forma um desafio composto por várias implicações para a cidade no que diz respeito a mobilidade, estoque de imóveis no plano urbanístico (SANTOS et al., 2019) bem como

a readaptação tendo em vista a característica de re-territorialização (HAESBAERT, 2001) e os impactos financeiros.

Baseando-se na quantidade de propostas indenizatórias oferecidas pela Braskem aos comerciantes da região afetada, estima-se que 6.086 comerciantes da região tiveram que fechar seus negócios ou mudar para áreas mais seguras da região (BRASKEM, 2023), estimativa esta que inclui dentre os serviços oferecidos lojas, supermercados, escolas, postos de combustíveis, centro diagnóstico e um hospital de grande porte (FOLHA, 2021). Quanto à economia da região, a Federação do Comércio do Estado de Alagoas (FECOMERCIO, 2019) da existência de 2.700 empresas apenas no bairro do Pinheiro, das quais 2.060 são consideradas microempresas. O bairro do Pinheiro ainda possuía 360 Pequenos Negócios e outras 368 sem identificação empresarial (ASSOCIAÇÃO, 2020). Portanto, se a paralisa da Braskem gerou impacto no universo dos bairros atingidos por rachaduras e naufrágios, o impacto econômico é maior, sem considerar a relação afetiva existente entre os e “seus bairros, construída, em alguns casos, por gerações, a partir das festividades, laços de vizinhanças, atividades e práticas estabelecidas ao longo dos anos” (SANTOS et al., 2020, p. 07).

Na seara socioambiental os impactos percebidos pelo evento em questão são diversos, desde as questões de deslocamento ambiental (refúgio ambiental) (SANTOS et al., 2020; SANTOS; VIEGAS, 2021; VIEGAS; SANTOS, 2021), modificações estruturais e espaciais com o aumento da frequência de abalos sísmicos, de entulhos, infiltrações, afundamentos, surgimento de crateras e rachaduras em prédios comerciais, apartamentos e residências populares, dentre outros (TEIXEIRA et al., 2019), questões ambientais visto que conforme defende Perez (2001) a cadeia produtiva da mineração está associada a perturbações e modificações no tocante a danos físicos e ecológicos à fauna, flora, paisagem, clima, contaminação de leitos fluviais e aquíferos, como qualquer outra atividade de relevância econômica, a cadeia produtiva da mineração está diretamente associada a perturbações e modificações momentâneas e permanentes no ambiente, com danos físicos e ecológicos na fauna, flora e paisagem, interferência direta no clima e contaminação de leitos fluviais e aquíferos, podendo a localidade do desastre ambiental sofrer no ambiente ao seu entorno, futuras consequências e perdas irreparáveis em sua biodiversidade (TEIXEIRA et al., 2019)

Desta forma, surgem as questões norteadoras deste trabalho: quais os impactos socioambientais gerados na região? Quais ações no âmbito das políticas públicas foram providenciadas para favorecer melhorias nas externalidades negativas causadas pelo evento, na ótica socioambiental?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo realizar uma análise acerca dos impactos socioambientais sofridos pelos cinco bairros afetados pela subsidência proveniente da extração de sal-gema, no município de Maceió.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Analisar as externalidades negativas que o impacto ambiental tem gerado para a comunidade afetada e circunvizinhas;
2. Propor medidas mitigadoras voltadas à reparação dos danos socioambientais identificados na região afetada pelo desastre.
3. Identificar e contribuir para construção de políticas públicas que viabilizem a execução das ações de reparação do desastre.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentadas as construções teóricas orbitantes ao tema em questão. A partir da consolidação da teoria, a discussão sobre o tema torna-se referenciada permitindo a interlocução entre os achados desta pesquisa e as inferências precedentes às descobertas deste estudo.

2.1 Discurso contemporâneo de sustentabilidade

Em torno da mobilização de recursos naturais, dentre estes os minerais há uma série de stakeholders que são os interessados e que apresentam suas intenções desde favoráveis a também aquelas não favoráveis a determinada exploração. Wanderley (2008) cita esta realidade sob a ótica de conflitos sociais que giram em torno destas atividades de exploração sob as suas diversas facetas, identificando que existem correntes que relacionam os conflitos em torno desses recursos desde a superexploração até a grande pressão populacional que levam à destruição da natureza.

Cunha (2004) em torno desta realidade do uso de recursos minerais destaca que os estudos realizados sobre o manejo de recursos naturais indicam a presença de interações complexas que vão se desdobrar em dimensões como as características do recurso, o regime de propriedade do recurso e outros arranjos institucionais que vão destacar as interferências das relações políticas, econômicas, e culturais influenciando no grau de sucesso do manejo de recursos.

A partir destas interferências, Raffestin (1993, p. 165) compreende e discorre sobre a existência de três formas de comportamentos no âmbito da mobilização de recursos: o comportamento explorador, preservacionista e conservador. Sobre os exploracionistas vai defini-los, inferindo que o ambiente físico e humano não é levado em consideração, na medida em que os benefícios e os custos imediatos muitas vezes têm como corolário os custos de média e longa duração.

Existe uma teoria defendida por Hardin (1980) denominada tragédia dos comuns, onde aparentemente as interações complexas são identificadas ao passo que o manejo dos recursos minerais é tratado de forma comum, por parte dos indivíduos da sociedade que acabam por desdobrarem em uma ação desordenada da racionalidade coletiva de uso comum de um determinado recurso. Para solucionar esta dimensão as interpretações implicam que os recursos comuns deveriam ser

privatizados ou mantidos sob propriedade do estado, parte em que os interessados definiriam as regras de acesso e uso destes recursos (CUNHA, 2005).

Sobre a privatização deste manuseio Wanderley (2008) compreende que esta apropriação gera diversos conflitos sociais, levando em conta todo um contexto que é influenciado pelas atividades da empresa mineradora que, na lógica capitalista na qual está inserida, se interessa pelo valor do minério no substrato geológico, almejando a reprodução do capital. Contudo, é impossível explorá-lo sem o controle total da área, sem provocar mudança nos recursos da superfície, ou desestruturar os espaços simbólicos e a paisagem. Entende-se que a luta por recursos não se resume a uma mera conquista ou uso de determinado bem material. O conflito por recurso engloba muitas outras dimensões (sociais, econômicas, culturais e históricas) que deveríamos levar em consideração.

Em contraponto, existe uma política considerada preservacionista, que mantém o viés político apesar da sua aplicabilidade ser um pouco mais complexa. Esta modalidade é citada por RAFFESTIN (1993, p. 166):

Neste caso, são as informações regulamentares que triunfam: o meio ambiente é pouco impactado e os atores renunciam a um importante benefício imediato [...]. As razões para isso não são apenas a preservação de um recurso, mas também o desejo de evitar o descontrole e que as estruturas econômicas nacionais fiquem fora de controle, que não seriam capazes de absorver e utilizar os recursos petrolíferos sem confrontação.

O entendimento quanto os níveis de comportamento no que diz respeito a exploração de recursos, dimensiona o contexto em que as relações de território estão inseridas, perfazendo a lógica capitalista observada em grande parte das relações dos *stakeholders* envolvidos neste jogo.

Wanderley (2011) ao estudar sobre exploração de minérios na Amazônia elenca alguns estímulos negativos que estes causam no cenário em que é desenvolvido. (1) Primordialmente há um contrassenso entre a empresa que está realizando a extração e a população local, visto que a empresa está habitualmente vislumbrando e desenvolvendo medidas para alcance do lucro enquanto a população não existe este interesse, sendo somente um interesse no que diz respeito ao simbolismo do território considerando os processos históricos e culturais delineados no ambiente. (2) Caracteristicamente há uma assimetria no que tange os impactos sofridos pelas atividades, sendo as pessoas classificadas como mais pobres as mais prejudicadas sob o ponto de vista financeiro. (3) Há uma tendência para que as

regulações ambientais dos países centrais direcionem o empreendimento de esforços para os países que se encontram em uma periferia capitalista. (4) As alterações são várias, visíveis ou não, traduzindo-se para uma mudança no espaço físico, ocasionando a alteração da paisagem, modificação das relações sociais pré-existentes. (5) Alterações nas diversas camadas como lençóis freáticos, poluição de água e solo, perda de biodiversidade, mudanças no sistema de drenagem, assoreamento, erosão, movimento de massa, e ainda o deslocamento compulsório da população local. (6) Entende que o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável do processo de mineração são realidades antagônicas visto que há uma necessidade em lidar com os desdobramentos que trazem repercussões psicológicas e simbólicas.

2.2 Mineronegócios e Meio ambiente: implicações desta relação no Brasil

A constituição brasileira garante em seu Art. 225, o direito ao meio ambiente equilibrado quando ao declarar que,

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 preservá-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

Resguarda ainda que para esta garantia são necessárias algumas ponderações ao poder público, exploradores de recursos minerais e infratores, determinando que. Ao poder público cabe a preservação e restauração dos processos ecológicos, definição de espaços de proteção em cada unidade federativa, a requisição de estudos técnicos ambientais antes da instauração de procedimentos que comprometam a integridade ambiental, promoção de educação ambiental. Ao infrator cabe a reparação do meio ambiente degradado conforme prevê a legislação (BRASIL, 1988).

Desta forma, o dispositivo constitucional atribui ao poder público o dever que demanda a criação do licenciamento ambiental como formar de facultar ao Estado o zelo pela preservação do meio ambiente e poder de polícia evitando a ação de particulares e resguardando o interesse coletivo, visto que há uma exigência pela harmonia da proteção dos bens ambientais considerando às exigências da sociedade consumerista (FINK; ALONSO JR; DAWALIBI, 2002).

O licenciamento ambiental passa a ser aplicado diante de uma necessidade no tocante à preservação do meio ambiente que abrange diversas perspectivas estando sendo o conjunto de fatores físicos, químicos e biológicos, que cerca os seres vivos e diretamente vinculado às condições de clima, terra, água, respiração, saúde, moradia, alimentação, lazer, definido enquanto o conjunto do patrimônio natural, artificial e cultural que permite o desenvolvimento equilibrado de todas as formas de vida, não havendo meio ambiente sem que exista um sujeito central inserido nele (BARROS, 2017; SCHORNADIE, 2016).

Neste cenário, deve ser levado em conta o movimento denominado revolução ambiental que após a segunda guerra mundial provoca mudanças em relação aos valores direcionados às medidas alternativas para sanar os problemas causados pela degradação ambiental (revolução ambiental). O movimento ganha força quando a Organização das Nações Unidas realiza na Suécia uma conferência para 13eriódic os problemas ambientais, abrindo portas para um novo tipo de desenvolvimento que volta seus olhares para a conciliação entre os atores representantes da seara econômica, que devem passar a observar uma prudência ecológica em prol da justiça social, fortalecendo ainda como seguimento a consciência pública no tocante aos problemas sociais (POTT; ESTRELA, 2017).

Este fortalecimento observado pelos normativos corroboram com a definição de um meio ambiente equilibrado como previsto na constituição brasileira, conferindo de todo modo uma máxima proteção ao meio ambiente de forma ecologicamente equilibrada, pois conforme Herath (2008) o princípio está incumbido de disciplinar a maneira de vinculação a outros institutos presentes na constituição federal, como por exemplo o direito à saúde, vida, que se interligam com aspectos de proteção a dignidade do ser humano perfazendo a inferência de que o mesmo pode ser tido como um direito fundamental (TEIXEIRA, 2006).

Em que pese a definição encontrada no Art. 225 da Constituição Federal brasileira, há outros instrumentos que sumarizam as discussões em torno da política ambiental e do desenvolvimento de atividades de mineração no Brasil, consoante Tabela 1.

Tabela 1 – Principais leis e documentos oriundos da política do meio ambiente

Dispositivo legal/Documents	Objetivo	Ano
Constituição Federal Brasileira		1988
Lei nº 6.938	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.	1981
Declaração do Rio de Janeiro sobre meio ambiente	Definição de princípios para desenvolvimento sustentável	1992
Decreto Lei nº 227	Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas)	1967
Projeto de Lei nº 5807/2013	Dispõe sobre a atividade de mineração, cria o Conselho Nacional de Política Mineral e a Agência Nacional de Mineração – ANM, e dá outras providências.	2013
Lei nº 9.605	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.	1998
Resolução CONAMA nº 1	Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental	1986
Resolução CONAMA nº237	Revisa dos procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de forma a efetivar a utilização do sistema de licenciamento como instrumento de gestão ambiental, instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente	1997
Lei nº 6.567	Dispõe sobre regime especial para exploração e o aproveitamento das substâncias minerais que especifica e dá outras providências.	1978
Lei nº 13.575	Cria a Agência Nacional de Mineração (ANM) e faz outras considerações	2017
Decreto nº 9.406	Regulamenta o código de mineração, altera a lei que dispõe do regime especial para exploração de substâncias minerais, e lei que cria a Agência Nacional da Mineração.	2018

Fonte: Autor (2023)

A criação destes mecanismos surge como um legado no intuito de consolidar os acontecimentos que promoveram a mudança de percepção da humanidade para com a temática ambiental. No Brasil, a Lei Federal nº 6.938, de 1981 instituiu o Sistema Nacional de Meio Ambiente e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (POTT; ESTRELA, 2017).

Em regra, se tem como responsabilidade da União, Estados e Municípios a preservação do meio ambiente, bem como o registro, acompanhamento e fiscalização da concessão de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus respectivos territórios (CHAVES et al., 2001). No que diz respeito a atividade de mineração há uma diferença em relação à legislação ambiental visto que os recursos minerais, incluindo os do subsolo, são bens da União, sendo sua pesquisa e lavras feitas por meio autorização ou concessão do órgão designado pela União (VAZ; MENDES, 1998). Ainda no âmbito da mineração, o marco normativo é o Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 com regras voltadas à indústria de produção mineral e a regulação e fiscalização da atividade mineral no País (BARROS, 2017).

2.3 Desastres e seus impactos: aproximações e desdobramentos

Um desastre ambiental é possível ser definido a partir do dano ambiental que é conceituado como “toda a degradação ao meio, seja em seus aspectos naturais, culturais e artificiais, que permitem e condicionam a vida em todas as suas formas” (SCHORNADIE, 2016, p. 40). Sobre desastres, o Decreto nº 10.593, de 24 de dezembro de 2020, entende este fato por “resultado de evento adverso decorrente de ação natural ou antrópica sobre cenário vulnerável que cause danos humanos, materiais ou ambientais e prejuízos econômicos e sociais” (BRASIL, 2020). A partir desta definição, Carvalho e Damascena (2013) destacam que para classificação dos desastres devem ser consideradas as duas espécies que leva em consideração as causas que os originaram: os desastres naturais e os desastres antrópicos. Onde os primeiros são os decorrentes de fenômenos naturais, atribuíveis ao exterior do sistema social, como por exemplo os fenômenos meteorológicos, geofísicos, climatológicos e biológicos causadores de impactos de grande magnitude no meio ambiente, enquanto os antrópicos são provenientes de ações do homem na natureza, como os tecnológicos e os sociopolíticos.

No tocante aos conceitos de impacto e degradação ambiental considera-se a forma como estes são evidenciados nos documentos legais. Sendo assim, o termo degradação ambiental é citado na lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 que institui a Política Nacional de Meio Ambiente como “degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente.” (BRASIL, 1981, artigo 3, inciso II). Por sua vez, o impacto ambiental é definido por meio da resolução nº 01 do CONAMA como,

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetem: I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II – as atividades sociais e econômicas; III – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; IV – a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

Acerca dos termos, Meneguzz e Chaicouski (2010) defendem que a degradação ambiental explicita um caráter de adversidade, ou seja, de negatividade. Entretanto o impacto ambiental apesar de no texto normativo apresentar um contexto negativo decorrente da atividade antrópica, pode ser observado com uma conotação positiva, em que pese pouco utilizado para esta finalidade.

Para avaliação do impacto ambiental são utilizados instrumentos detalhados na Resolução nº 237/97 do CONAMA, definidos como Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e os Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA) que refletem as conclusões do EIA, necessários para que por meio de uma avaliação acerca do meio ambiente em que se pretende iniciar ou se iniciará efetivamente alguma atividade de mineração, a fim de que sejam evitados os temidos desastres ambientais.

Em que pese a ação reguladora por meio dos estudos e atributos exigidos para a efetiva concessão por parte da União, os documentos preveem ainda punições descritas na Lei n. 9.605/98, que estabelece os tipos penais referentes aos crimes cometidos contra o meio ambiente, de modo que as sanções para os referidos tipos penais são: a pena privativa de liberdade, restritiva de direito e a pena de multa (BRASIL, 1998).

A responsabilização no caso de danos ambientais é aplicada segundo Leite (2003) estabelecendo que o detentor da atividade lucrativa que causou voluntária ou involuntariamente a consequência danosa deverá responder pelo risco bem como por suas externalidades. Nesta situação a previsibilidade ou má-fé do autor não são

requisitos observáveis, uma vez que o enfoque causal material é suficiente para responsabilização (WEDY, 2018).

2.3 Extração do sal-gema

Há uma clara consciência dos atributos do sal quando este é vinculado ao sal comumente conhecido como “sal de cozinha”, passo em que se ignora que este está relacionado a vários processos químicos e industriais para que se torne o produto popular.

Tratando-se de números, 97% do sal produzido no Brasil é decorrente da extração que ocorre no estado do Rio Grande do Norte (SILVA et al., 2013), ao tempo que a extração de sal-gema ocorre no estado do Espírito Santo, visto que segundo dados do Departamento Nacional de Produção Mineral existem nas reservas brasileiras cerca de 21,5 bilhões de toneladas de sal-gema, onde deste total em torno de 64% são provenientes do Espírito Santo (DNPM, 2007). A extração da sal-gema está distribuída entre os estados do Espírito Santo, Sergipe, Alagoas e Bahia, nos municípios e quantidades elencados a seguir: Conceição da Barra – ES (56%), Rosário do Catete – SE (17%), Maceió – AL (14%), Vera Cruz – BA (6%). São Mateus – ES (4%) e Ecoporanga – ES (3%), sendo os estados de Alagoas e da Bahia os únicos do país a explorarem este tipo específico de mineral (DNPM, 2015). A existência deste tipo de mineração em outras unidades da federação releva a necessidade do desenho de políticas públicas que estejam voltadas à esta realidade, de forma a evitar futuros desastres como o ocorrido em Maceió. A extração do minério permite a produção de alguns derivativos como plástico polietileno, que em uma de suas etapas faz o uso do hidróxido de sódio como reagente para separação de subprodutos das reações envolvidas, desinfetantes e papel, sendo este último a matéria prima utilizada para alvejar no processo de produção (MELO; CARVALHO; PINTO, 2008).

Em Maceió a descoberta do sal-gema, se deu em 1941, quando o Conselho Nacional do Petróleo (CNP) realizou diversas perfurações na região do Mangue da Lagoa de Mundaú, quando por meio das sondagens em busca de petróleo, encontrou um depósito de sal em sua forma mineral, em uma mina localizada a 2.000 metros de profundidade. Tendo em vista o desinteresse por parte do CNP na exploração de sal na área, em 1966 foi concedida ao empresário Eivaldo Freire de Carvalho Luz, que

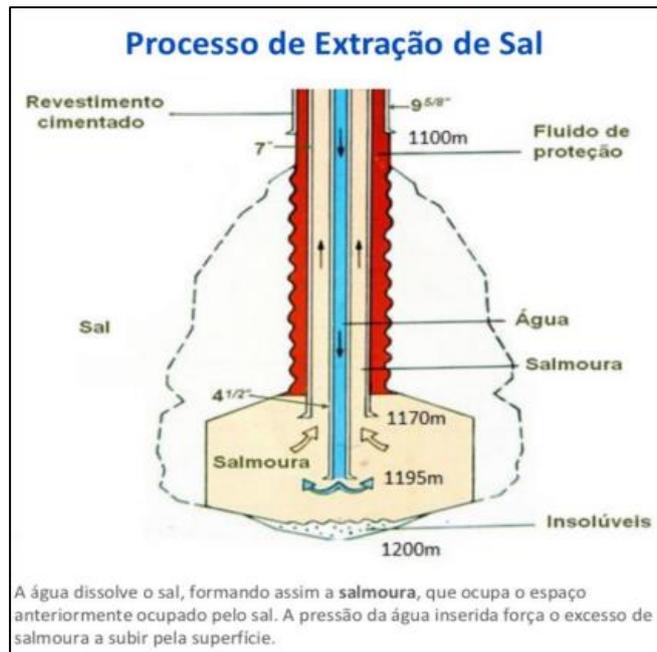
após estudos geológicos começou a extração do minério (CONTIERI, 2021). Ticianeli (2015) em sua pesquisa relata que nesta região foi levantada uma planta de produção de materiais como etileno e polietileno sendo utilizados a partir da extração do hidróxido de sódio alusivo a eletrolise do sal-gema.

O sal-gema é uma denominação coloquial do fato observado à obtenção do mineral halita por parte das rochas, constituído em sua maior parte por cloreto de sódio (NaCl), apresentando em sua aparências características como: cor branca, formato cúbico e quando apresenta impurezas tende a obter uma variação em sua coloração, observando-se tons roxos, amarelos e rosa, sendo em ambas as formas (salinas ou de jazidas) induzidos a um processo de purificação e refino objetivando a refinação dos grãos bem como a uniformização de seu tamanho (MELO, CARVALHO; PINTO, 2008).

Para Melo, Carvalho e Pinto (2008), a extração do minério pode acontecer através de vários métodos, sendo dois destes os mais comuns: lavra por solução (diluição) ou pelo método convencional. Quanto à mineração, em algumas situações a pressão sofrida pela halita por parte das camadas superiores à esta, influência na formação de domos que são uma protuberância com uma aparência parecida com a de cogumelos, gerando uma jazida de halita mais próxima ao solo, permitindo assim sua mineração.

Após a perfuração dos poços, e encontro do sal-gema é possível a realização do processo de extração, conforme demonstrado na Figura 1. Por meio da utilização de três tubos que vão do solo até a salmoura, um dos tubos, realiza a injeção da água, este tubo possui duas paredes, uma interna e outra externa, formando dois tubos concêntricos, que se unindo ao sal e fazendo a dissolução deste, torna possível a retirada da salmoura por um dos tubos, a partir de então a partir do fluxo da salmoura pelo cano externo até a superfície é feita a purificação em fornos. A existência de um terceiro tubo serve para controlar a medida do fundo do poço (MELO; CARVALHO; PINTO, 2008; BASTOS, 2011).

Figura 1 – Extração da Salmoura



Fonte: Braskem (2019)

Independente do processo observado, ambos são realizados até que haja a exaustão do sal-gema na reserva, momento em que não havendo mais condições para a mineração, os poços são abandonando, formando desta forma uma espécie de vão subterrâneo. Tal vão compromete a estabilidade do solo acima, podendo gerar deslizamentos de terra e danos a áreas habitadas (SOUZA FILHO, 2019).

Este cenário é uma realidade precursora do que viria a ser o desenvolvimento das atividades extrativistas na cidade de Maceió, por parte da empresa Braskem que possui hoje a outorga para realização da extração do minério que serve como matéria-prima para a produção de vinílicos (PVC).

2.3.1 Do descobrimento à tragédia: percepções acerca da extração do sal-gema em Maceió – AL

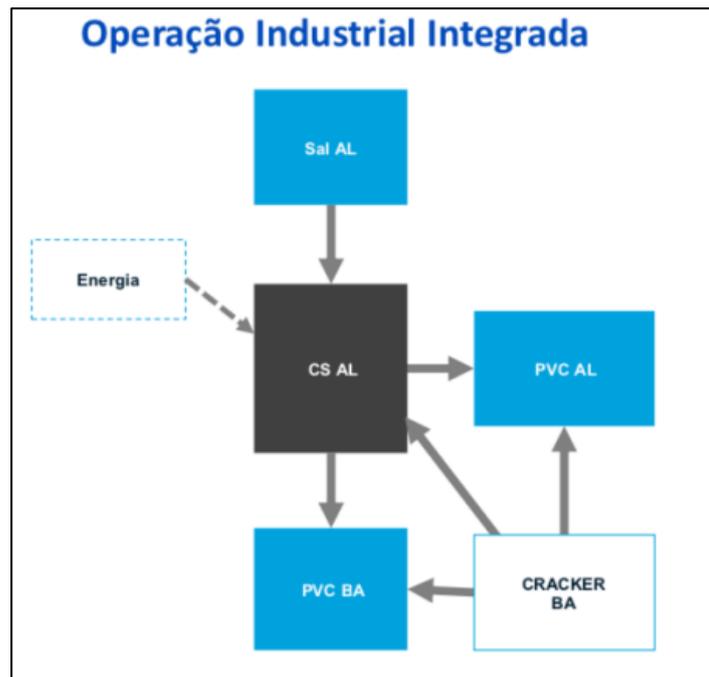
Um marco inicial que pode ser considerado para se considerar o início da extração do sal-gema na capital do estado de Alagoas, pode ser dado a partir da promulgação do Decreto nº 59.356 de 04 de outubro de 1966, permite a extração do minério na cidade, descoberto por acaso a partir de sondagens da Agência Nacional do Petróleo, em busca do combustível fóssil na região da lagoa do Mundaú. Foi também em 1966 que houve a fundação da empresa Salgema Indústria Químicas

Ltda, empresa que tempos depois explorou o minério na região em questão (DIODATO, 2017).

Em 1974, quase uma década após sua fundação, foram iniciadas construções importantes que exerceram influência no desenvolvimento urbano da cidade, como a construção da fábrica de cloro-soda, do campo de salmoura e do terminal marítimo. Este feito, considerando o grande porte da mineradora, com o apoio do aparato estatal, demandou uma intervenção na laguna, momento em que foram incorporadas ilhas e aterro, correspondente a 202 hectares, bem como também a criação do Dique-estrada em 1982, sendo uma via com cerca de cinco quilômetros em sua extensão, construída às margens da Lagoa Mundaú tendo em vista as necessidades logísticas e escoamento da produção da empresa (DUARTE, 2010).

Atualmente a Braskem é líder na produção de PVC no Brasil, com um marketshare de 48% no exercício de 2019, concentrando a maior parte de sua produção de vinílicos no estado de Alagoas, produzindo o material por meio da produção de cloro, eteno e outras matérias-primas que são produzidos pela própria companhia. Em Alagoas, a empresa possui a planta de cloro-álcali e de PVC, nas cidades de Maceió e Marechal Deodoro, respectivamente. O PVC é muito utilizado na fabricação de tubos, esquadrias e outros materiais utilizados na construção civil. Já o cloro é utilizado na produção do PVC, em defensivos agrícolas, fármacos, produtos para limpeza hospitalar e no tratamento de água. A soda cáustica é um dos principais insumos para fabricação de sabão, papel e celulose, alumínio e outros produtos (CONTIERI, 2021).

Figura 2 – Fluxograma de Operação Industrial de Vinílicos da Braskem



Fonte: Braskem (2021)

Em Maceió, segundo Contieri (2021), a empresa é detentora de 35 poços destinados à extração de sal-gema em Alagoas, estando em operação e com licenças da Agência Nacional de Mineração (ANM) bem como pelo Instituto do Meio Ambiente (IMA). Na região em que o minério é extraído, a cama de sal está a aproximadamente 1.000 metros de profundidade, sendo impossível o acesso de pessoas nos locais onde estas camadas são ainda mais profundas, sendo utilizado para tanto a extração por diluição.

2.4 Impactos de Desastres ambientais analisados por meio de uma Revisão Sistemática de Literatura

Buscando melhor compreensão do tema, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura e para o alcance do objetivo desta RSL, as buscas e análises foram baseadas no método PRISMA (Moher et al., 2015). Desta forma, a RSL foi conduzida seguindo as etapas a seguir: (1) formulação da pergunta; (2) localização dos estudos e detalhamento da busca; (3) avaliação crítica do *corpus* textual, aplicando para este feito, filtros pré-determinados e a possível seleção dos trabalhos aderentes à proposta da pesquisa; (4) coleta de dados; (5) análise e apresentação dos dados; (6) interpretação dos dados; e (7) análise crítica.

Com base na RSL, este trabalho busca evidências na literatura científica para responder a questão central de pesquisa (1): “Quais os impactos dos desastres ambientais decorrentes das atividades de mineração?”. Assim, visando a resposta à questão foram definidas algumas estratégias para consecução do objetivo. Foi definida a *string* de busca (2), com palavras-chave permitindo a correspondência à investigação. Destaque-se que antes da definição da string de busca, foi realizada uma pesquisa exploratória para identificar os termos utilizados nos títulos, resumos e palavras chaves e a partir dos resultados a aproximação dos resultados com a ideia a ser investigada pela presente pesquisa. Após esta fase de pesquisa exploratória, foram definidas as fontes de busca: Web of Science e Scopus.

As bases foram escolhidas devido ao fato destas abrangerem dentro de seus respectivos banco de dados outras bases de periódicos, como por exemplo: *Wolters Kluwer, Social Sciences Citation, Arts & Humanities Citation Index, Conference Proceedings Citation Index, Social Science & Humanities, Emerging Sources Citation Index, Current Contents Connect, Derwent Innovations IndexSM, KCI, Russian Science Citation Index, SciELO Citation Index, Science Citation Index Expanded, Cambridge University Press, Elsevier, Springer, Wiley-Blackwell, Conference Proceedings Citation Index (Science), Nature Publishing Group, Taylor&Francis Group, SAGE, Wolters Kluwer, Emerald, Oxford University Press, Cambridge University Press, Oxford University Press, Current Contents Connect, Inder Science Publishers, Bentham Science e IEEE Xplore* (Elsevier (2019); Clarivate Analytics (2019)).

A partir desta decisão, a string de busca formulada foi “*environmental disaster**” and “*impact**” and “*mining*” visando estabelecer esta relação entre abordagens que incluam na discussão os impactos dos desastres ambientais decorrentes das atividades de mineração. A Tabela 1 apresenta a forma que a busca foi realizada em cada plataforma.

Tabela 3 – Estratégia de busca nas bases de dados

Databases	Search Strings	Number of Articles
Web of Science	TS=((“environmental disaster*” AND impact* AND “mining”))	58
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (“environmental disaster*”) AND TITLE-ABS-	51

KEY (impact*) AND TITLE-ABS-KEY (mining)		
Science Direct	“environmental disaster*” (Tópico) and impact* (Tópico) and mining (Tópico)	57

Fonte: Autor (2023)

Após a definição da string, realizou-se a criação de filtros para seleção dos artigos (3) com informações potenciais para construção do corpus final de acordo com o objetivo e a resposta que se buscava, conforme explícito na Tabela 4.

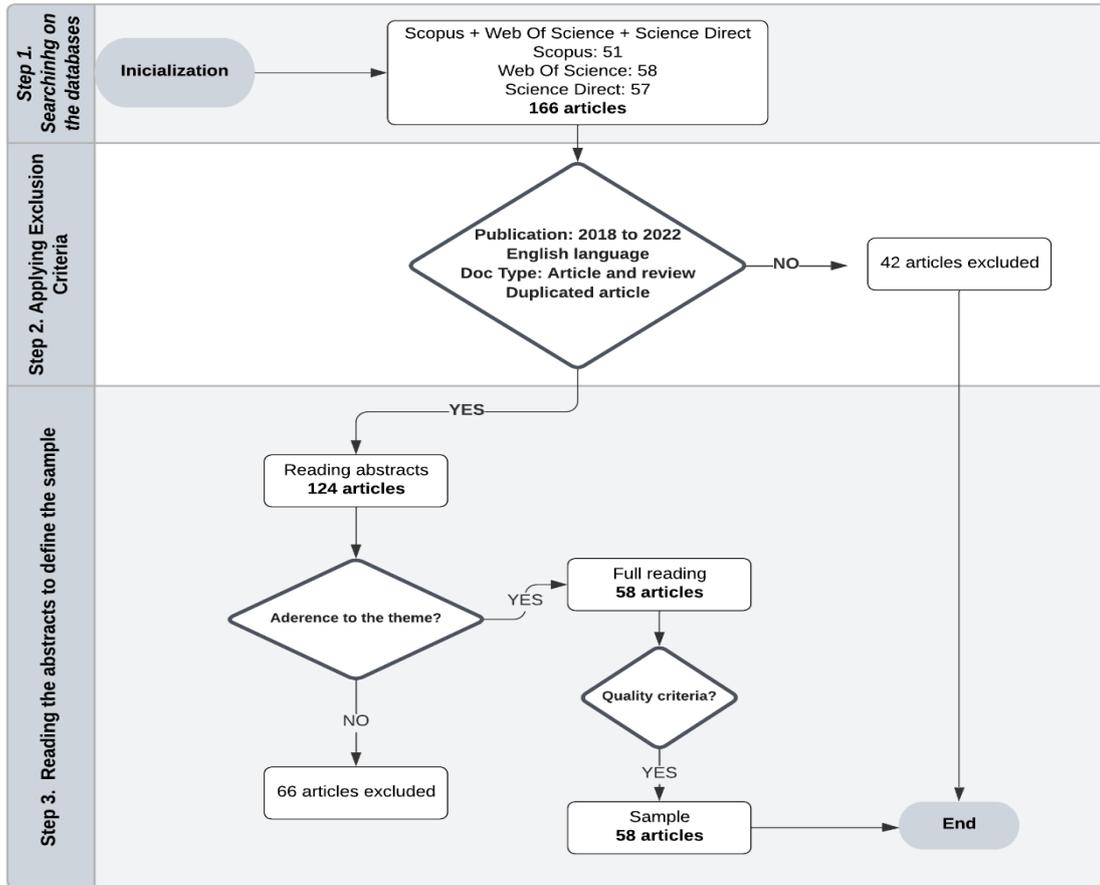
Tabela 4 – Aplicação de critérios de exclusão

Ordem	Filtro	Justificativa
1 ^a	Data de Publicação	Buscou-se estudos compreendidos entre 2018 e 2022, tendo em vista a necessidade de se investigar o que estudos recentes abordam sobre a questão dos desastres ambientais e a mineração sob uma perspectiva atual.
2 ^a	Idioma	As buscas foram realizadas com strings com termos em inglês. Desta forma, foram excluídos os artigos que não estavam desenvolvidos neste idioma.
3 ^a	Tipo de Documento	Foram selecionados apenas artigos científicos e revisões. Foram excluídos capítulos de livros e publicações de conferências.
4 ^a	Análise dos Resumos	Foi realizada uma leitura em todos os resumos dos artigos para identificar a aderência do paper à temática abordada. Neste momento também foram excluídos os artigos duplicados
5 ^a	Leitura dos Artigos	Foi realizada a leitura dos artigos, aplicando-se critérios de qualidades para definição final do corpus textual a partir destes critérios pré-estabelecidos.

Fonte: Autor (2023)

Conforme destacado, excluiu-se artigos anteriores a 2018, tendo em vista que uma das premissas do estudo seria identificar os estudos mais recentes que analisaram os impactos ambientais como produto dos desastres ambientais causados por parte de mineradoras. O segundo filtro foi a seleção por idioma, sendo inseridos no portfólio os artigos no idioma inglês, enquanto o terceiro avaliou o tipo de documento. Para o terceiro filtro adotou-se como critério de exclusão os documentos que não eram artigos ou revisões da literatura.

Figura 3 – Sistematização do protocolo de pesquisa



Fonte: Autor (2023). Adaptado de Moher et al. (2015).

No quarto filtro foi realizada a análise dos resumos, a partir da leitura foi identificada a aderência do trabalho ao tema. Ao final, conforme identificado na Figura 3, restaram 58 artigos, os quais foram lidos sob a perspectiva de alguns critérios de qualidade baseados a partir de quatro perguntas: (1) O artigo foi escrito com coerência e coesão textual? (2) Os métodos ou técnicas foram reportados de forma objetiva? (3) Os impactos dos desastres ambientais foram explicitamente citados? e (4) O trabalho identificou como foi feito o mapeamento destes impactos?

A partir destas perguntas, todos os 58 artigos se enquadraram positivamente nos critérios de qualidades, sendo a amostra final de 58 artigos definida para adoção das etapas 4, 5, 6 e 7 do protocolo PRISMA, quais sejam coleta de dados, análise e apresentação dos dados, interpretação dos dados e análise crítica, respectivamente.

Para realização de planejamento, execução e sumarização dos artigos utilizou-se a ferramenta StArt (State of the Art trough systematic review), enquanto que para análise, apresentação e interpretação dos dados que serão apresentados e

discutidos nas seções seguintes, utilizou-se o ambiente de desenvolvimento integrado de código aberto para linguagem de programação R, Rstudio.

A partir da obtenção dos artigos que comparação a revisão sistemática por meio de todas as estratégias de busca elencadas no protocolo deste estudo obteve-se os dados constantes na Figura 4.

Figura 4 – Informações gerais acerca do corpus



Fonte: Autor (2023)

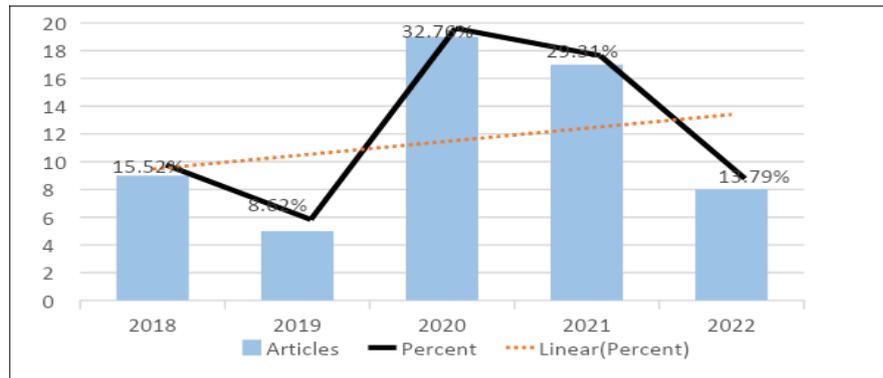
Os dados podem ser interpretados indicando algumas características do conjunto de trabalhos investigados nesta revisão sistemática. O período em que os trabalhos foram publicados, compreendido entre 2018 e 2022. O corpus composto por 43 jornais/revistas, 58 documentos, uma média de crescimento anual negativa em 2,9%, 363 autores e co-autores, sendo destes 3 que realizaram a publicação de forma isolada.

Além destas evidências, 18,97% publicaram o artigo em parceria com autores de países diferentes, obtendo ainda uma média de 7,36 autores por publicação, 2769 referências e uma média de 17,33 citações por artigo do corpus.

2.4.1 Distribuição Anual do Corpus

Com o intuito de analisar qual foi a distribuição de publicação em cada ano do recorte temporal da pesquisa, aplicou-se a apuração por meio da frequência e proporção destes índices no contexto global do corpus textual, conforme indicado na figura 5.

Figura 5 – Distribuição anual do corpus



Fonte: Autor (2023)

Merecem destaque os anos de 2020 e 2021, respectivamente responsáveis por 32,76% e 29,31% das publicações. No ano de 2018 merece destaque o trabalho intitulado “The Samarco Mine Tailing Disaster: A Possible Time-Bomb For Heavy Metals Contamination?” de Queiroz et al. (2018) bem como “Remote Sensing Monitoring Of The Impact Of A Major Mining Wastewater Disaster On The Turbidity Of The Doce River Plume Off The Eastern Brazilian Coast” de Rudorff et al. (2018). Em 2019, ano com menos índice de publicação, o trabalho de Pinheiro et al. (2019), com o título “Opportunistic Development And Environmental Disaster Threat Franciscana Dolphins In The Southeast Of Brazil” é o de maior relevância, considerando o número de citações.

Na segunda metade, estão compondo dois dos anos com maior frequência na distribuição anual. Em 2020, os estudos “The 2019 Brumadinho Tailings Dam Collapse: Possible Cause And Impacts Of The Worst Human And Environmental Disaster In Brazil”, Rotta et al. (2020) e ainda “Oil Spill In South Atlantic (Brazil): Environmental And Governmental Disaster”, de Soares et al. (2020) são os que obtiveram maior expressividade com base na quantidade de citações conferidas a estes.

No ano de 2021, os trabalhos de Queiroz et al. (2021) e Sá et al. (2021) intitulados respectivamente como “Manganese: The Overlooked Contaminant In The World Largest Mine Tailin” e “Time-Sequence Development Of Metal(Loid)S Following The 2015 Dam Failure In The Doce River Estuary, Brazil” merecem destaque pelo quantitativo de citações. Em 2022, por sua vez, dois artigos que abordam temas próximos foram os responsáveis pelo maior quantitativo de citações, sendo estes “Do Metals Differentiate Zooplankton Communities In Shallow And Deep Lakes Affected By Mining Tailings? The Case Of The Fundao Dam Failure (Brazil)” de Santos et al.

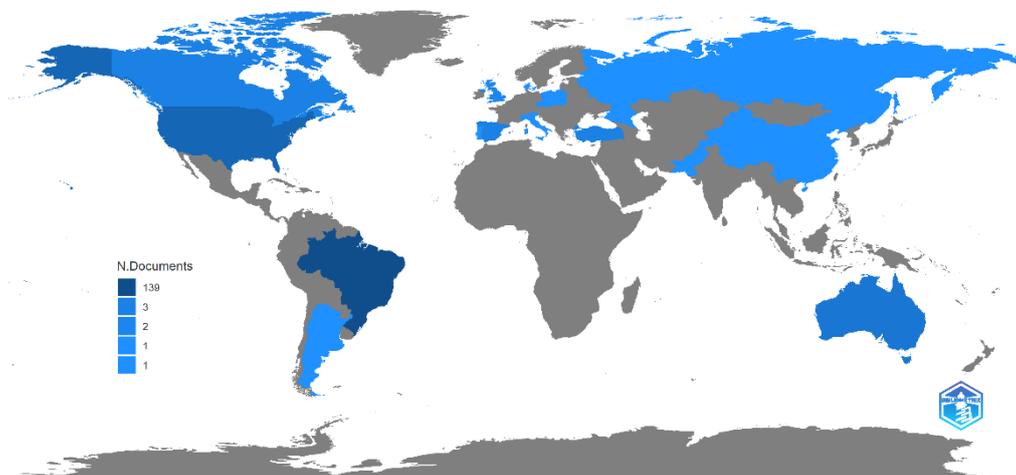
(2022) e o “An Integrated Study Of The Plankton Community After Four Years Of Fundao Dam Disaster” (Bonecker et al., 2022).

2.4.2 Distribuição Geográfica dos Autores

Com essa análise, a questão: “Quais os países e afiliações dos autores constates ao portfólio?”. Desta forma, foi averiguada a distribuição geográfica do corpus textual, evidenciada conforme a Figura 6, obtida com base no vínculo institucional dos autores. Sabe-se que a quantidade acumulada de autores em cada país, deve-se ainda ao vinculo internacional dos autores, ou seja, a vinculação em instituições de diferentes países.

Nota-se que a maioria dos autores possuem vinculação em instituições brasileiras (n=139), sendo seguido pelos Estados Unidos (n=22); Austrália (n= 06); Canadá, Espanha e Turquia (n=03); Singapura e Reino Unido (n=02) e também Argentina e China (n=01). Destaque-se que a filiação correspondente às instituições brasileiras é de 76,37% de todo o universo da pesquisa, indicando que a maior parte dos estudos publicados neste período são decorrentes do trabalho realizado por autores vinculados a instituições no Brasil.

Figura 6 – Distribuição geográfica dos autores a partir da vinculação institucional

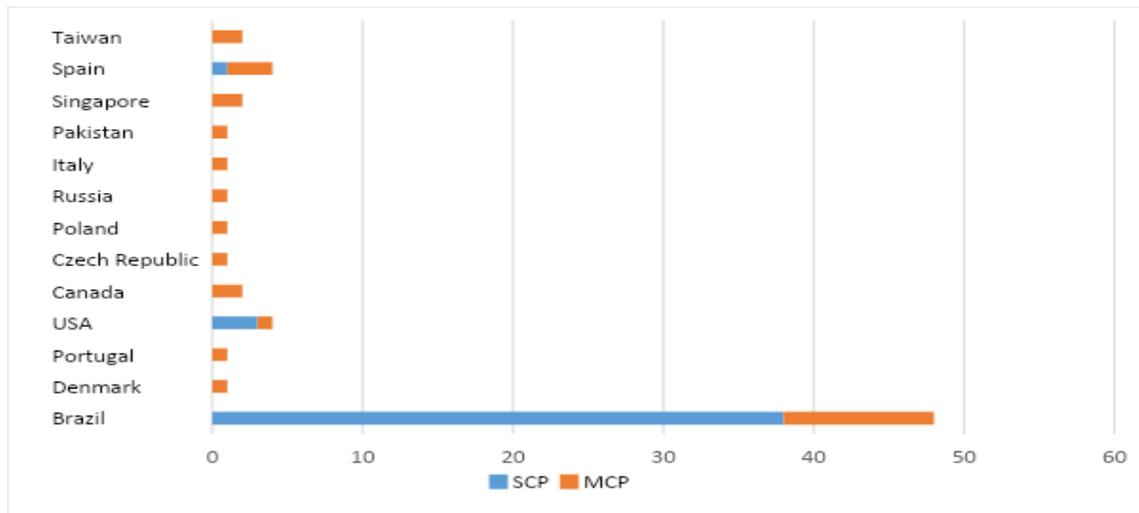


Fonte: Autor (2023)

Considerando o avanço científico, e a forma como este desenvolvimento pode acarretar na diversidade de métodos e pontos de vista sejam estes culturais ou intelectuais (Kretschmer et al., 2001). A figura 7, faz uma comparação desta colaboração entre dois ou mais pesquisadores, como forma de evidenciar este

processo de interação entre os cientistas. Esta comparação permite uma análise das colaborações dos diferentes pesquisadores dos países avaliados, em função do número de documentos que foram publicados sobre a temática explorada.

Figura 7 – Distribuição da colaboração entre países

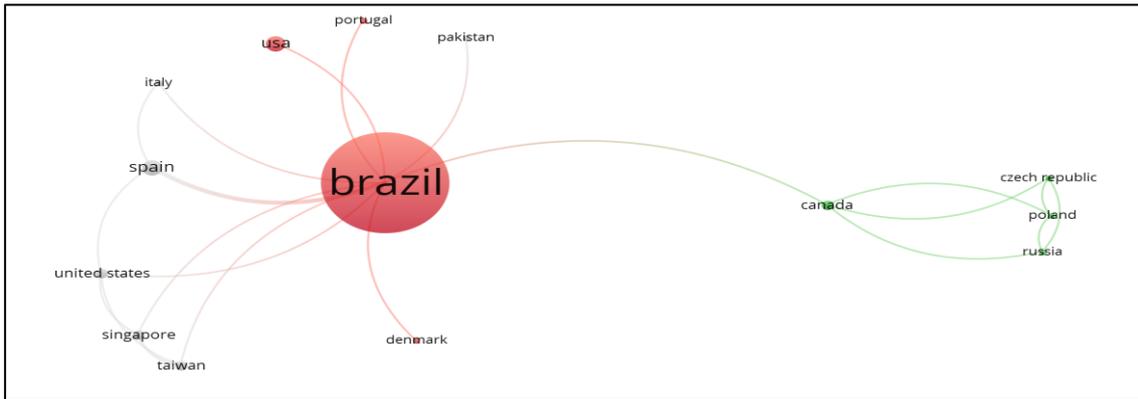


Fonte: Autor (2023)

A análise de colaboração, foi feita por meio da divisão de dois grupos, correspondentes aos artigos publicados por autores de um único país (SCP) e os artigos publicados por autores de países diferentes (MCP). A partir da análise O corpus textual foi classificado em 2 grupos: (i) os artigos publicados por um por autores de único país (cor azul), que representa 77% do total de artigos; e, os (ii) artigos publicados por autores de países distintos (cor laranja), os quais representam 23% do total de artigos. Com relação a classificação adotada, entendemos como colaboração entre países, ao verificarmos que os coautores são de países distintos, em relação ao autor principal, de maneira que cada artigo representa um país. Fica compreendido que 72,41% dos artigos do corpus foram feitos sem colaboração com coautores de outros países enquanto 27,59% corresponde aos artigos publicados com colaboração.

Aprofundando a análise, por meio da Figura 8 é possível identificar a rede de coautoria existente entre os países.

Figura 8 – Colaboração entre países (rede)



Fonte: Autor (2023)

Por meio da figura, destaca-se a existência de 3 Clusters, que dentre outras perspectivas retratam a dimensão colaborativa entre três grupos distintos.

O Cluster 1 (vermelho), é destacado em sua intensidade a partir do grande número de publicações no Brasil, realidade esta já evidenciada em seções anteriores a esta. Em conjunto, encontram-se outros países como Paquistão, Portugal, Estados Unidos, Dinamarca neste mesmo Cluster.

O Cluster 2 (verde), é apresentado com um estudo que faz link com o Cluster 1, sendo esta rede de colaboração destacada pelo Canadá, em comunhão com República Checa, Polônia e Rússia.

Por fim o Cluster 3 (cinza) encontram-se os países que também se vinculam ao maior correspondente do corpus (Brasil), porém sem tanta intensidade, o que denota a figuração cinza visto a baixa intensidade entre a coautoria pertencente a este mesmo corpus.

Este tipo de análise que aproxima visualmente as instituições e seus respectivos países, se faz necessária para que seja possível identificar as proximidades existentes entre as publicações e temáticas abordadas pelos autores que buscaram analisar quais os impactos dos desastres ambientais decorrentes das atividades de mineração.

2.4.3 Análise das citações de autores e co-autores

A questão: “Quais os autores mais citados do portfólio?”, pode ser respondida a partir da avaliação da estrutura de citação de autores e co-autores que compõem a estrutura do levantamento bibliográfico. O indicador utilizado para aferir as considerações neste tipo de análise é a sugestão de Zupic e Carter (2015) que inferem

sobre como a quantidade de citações recebidas denotam uma influência, visto que os autores tendem a citar documentos que consideram importantes.

Na Tabela 5, buscou-se acoplar as informações relacionadas ao nome dos autores e co-autores, título, periódico, ano de publicação, quantitativo de citações recebidas e o percentual de proporção em relação aos demais artigos melhor colocados no portfólio em análise.

Tabela 5 – 10 autores e co-autores mais citados

N	Author	Title	Journal	Year	Citation	%
1	Queiroz et al.	The Samarco mine tailing disaster: A possible time-bomb for heavy metals contamination?	Science of The Total Environment	2018	140	13,93
2	Rotta et al.	The 2019 Brumadinho tailings dam disaster: Possible cause and impacts of the worst human and environmental disaster in Brazil	International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation	2020	125	12,44
3	Soares et al.	Oil spill in South Atlantic (Brazil): Environmental and socio-economic disaster	Marine Policy	2020	82	8,16
4	Rudorff, Ruforff, Kampel &	Remote sensing monitoring of the disaster a major	ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote	2018	57	5,67

	Ortiz	mining wastewater disaster on the turbidity of the Doce River plume off the 31eriódi Brazilian coast	Sensing			
5	Queiroz et al.	Manganese: The overlooked contaminant in the world largest mine tailings dam 31eriódi	Environment International	2021	55	5,47
6	Glotov, Chlachula, Glotova & Little	Causes and environmental 31eriódico the gold-tailings dam failure at Karamken, the Russian Far East	Engineering Geology	2018	54	5,37
7	Aires, Santos, Coelho, Silva & Calijuri	Changes in land use and land cover as a 31eriódico the failure of a mining tailings dam in Mariana, MG, Brazil	Land Use Policy	2018	50	4,98
8	Weber, Sales, Faria, Melo, Bazzoli,	Effects of metal contamination on liver in two fish species from a	Ecotoxicology and Environmental Safety	2020	47	4,68

	Rizzo	highly impacted neotropical river: A case study of the Fundão dam, Brazil				
9	Sá et al.	Time-sequence development of metal(loid)s following the 2015 dam failure in the Doce river estuary, Brazil	Science of The Total Environment	2021	34	3,38
10	Gabriel, Silva, Queiroz, Ferreira, Hauser-Davis & Bernardino	Ecological Risks of Metal and Metalloid Contamination in the Rio Doce Estuary	Integrated Environmental Assessment and Management	2020	34	3,38

Fonte: Autor (2023)

No que diz respeito aos dados constantes na Tabela 5, o trabalho de título “The Samarco mine tailing disaster: A possible time-bomb for heavy metals contamination?”, publicado por Queiroz et al. (2018) possuem 140 citações. Este trabalho, aborda em seu escopo os impactos ambientais em decorrência do desastre ambiental ocasionado pela mineração na região e a contaminação dos rios devido aos metais pesados despejados durante o evento.

No tocante aos periódicos onde há a possibilidade de publicação dos artigos, consideram-se como importante o jornal “Science of The Total Environment” que dentre os artigos mais citados do corpus, aloca dois desses. Este número evidencia um importante meio para divulgação de pesquisas relacionadas aos impactos ambientais ocasionados pelas atividades de mineração.

Alguns artigos do corpus que não obtiveram um número relevante de citações são recentes, e conforme afirmações de Campanario (2011) existe um fator que geralmente leva em torno de dois anos para que as publicações comecem a ser evidenciadas e a receber citações. Sendo assim, levando-se em conta que os artigos são em sua maioria recentes, devido ao recorte temporal escolhido na metodologia do estudo em tela, considera-se que existem outros trabalhos com potencial para alcançar essa relevância estimada a partir do número de citações, evidenciando que os trabalhos que articulam entre suas proposituras os impactos ocasionados pelas atividades de mineração são importantes e necessários para entendimento dos efeitos ocasionados por eventos deste porte.

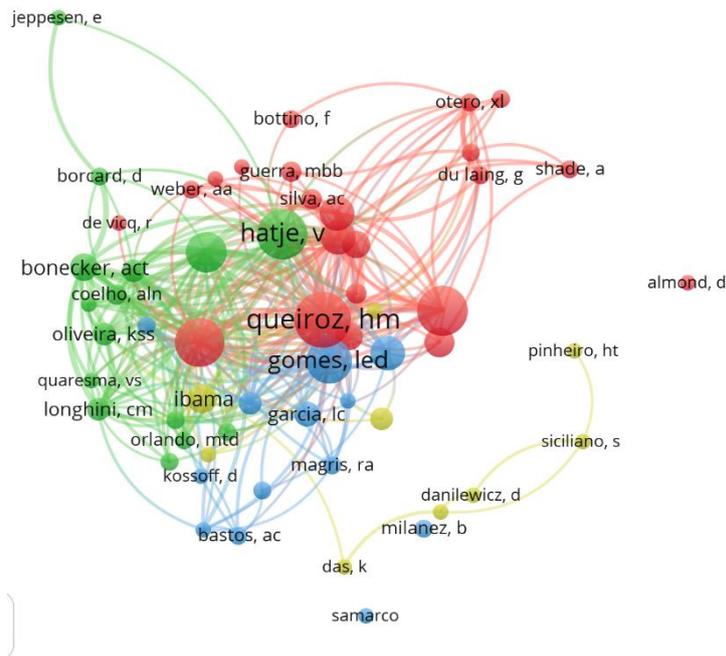
2.4.4 Análise da rede de cocitação de autores e referências citadas

Este tipo de análise baseia-se basicamente no que inferem Eck & Waltman (2014), que demonstram que quanto maior for o número de documentos em que dois autores ou artigos são cocitados, mais forte é a relação de cocitação entre estes autores. Para esta evidência é preciso que um terceiro canal realize esta cocitação, e neste caso para detalhar os achados deste tipo de parâmetro, utilizou-se as referências utilizadas pelos artigos componentes do corpus textual estudado.

A análise de cocitação existente entre os autores pode ser destacada na figura 9. Para tanto, foram considerados os 2321 autores presentes nas referências utilizadas pelos artigos.

Figura 9 –
autores

Cocitação entre

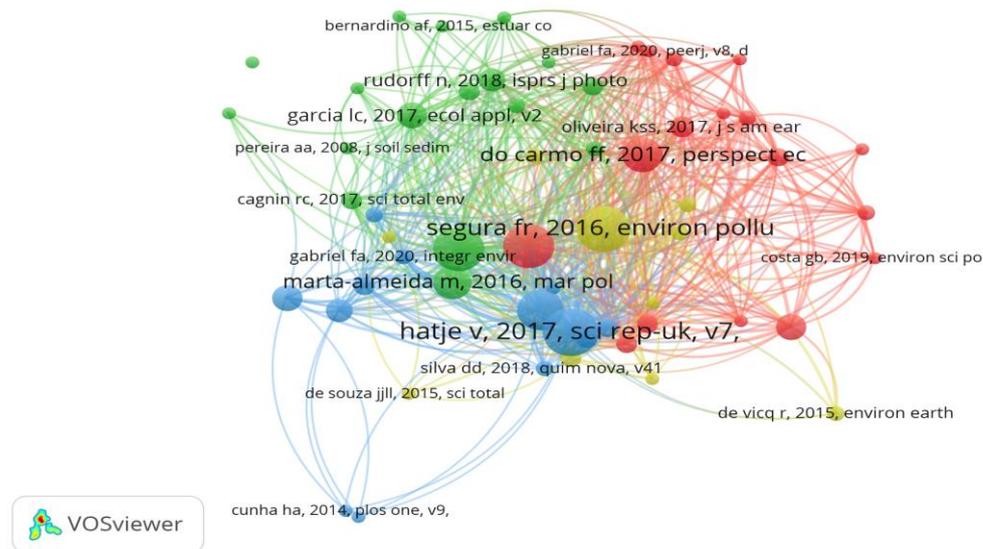


Fonte: Autor (2023)

A rede formou 4 Clusters, destacam-se os Clusters vermelhos e verdes em que os autores são majoritariamente cocitados e além desta frequência apresentam uma maior força nos links, onde é possível constatar que além de uma cocitação, que foi dimensionada a no mínimo 4, apresentam uma consistência considerável.

No tocante à rede de cocitação dos documentos, está demonstrado na Figura 10 e segue o mesmo raciocínio da análise anterior, os documentos que foram majoritariamente cocitados pelos artigos do portfólio são destacados na análise de redes e nós.

Figura 10 – Cocitação entre referências



Fonte: Autor (2023)

Nesta análise 4 Clusters são formados, com base nas 2767 referências sinalizadas como base dos artigos, a partir de então definiu-se um mínimo de quatro citações. A divisão dos Clusters evidencia a proximidade entre as abordagens e temas discutidos pelos pares. Esta divisão, elucidada quais os caminhos teóricos escolhidos pelos artigos. O percurso escolhido pelos autores pode ser destacado a partir dos artigos com maior evidência e força nos links.

A exemplo desta consideração, cita-se a exemplo o trabalho de Do Carmo et al. (2017), de título “Fundão tailings dam failures: the environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global 35 eriodic” que destaca dentre outras contribuições que o rompimento da barragem do fundão foi o maior desastre ambiental da indústria mineral mundial, a identificação de danos aos ecossistemas e patrimônio cultural e ainda um constatado retrocesso no ordenamento jurídico ambiental, contrariando as expectativas pós-desastres.

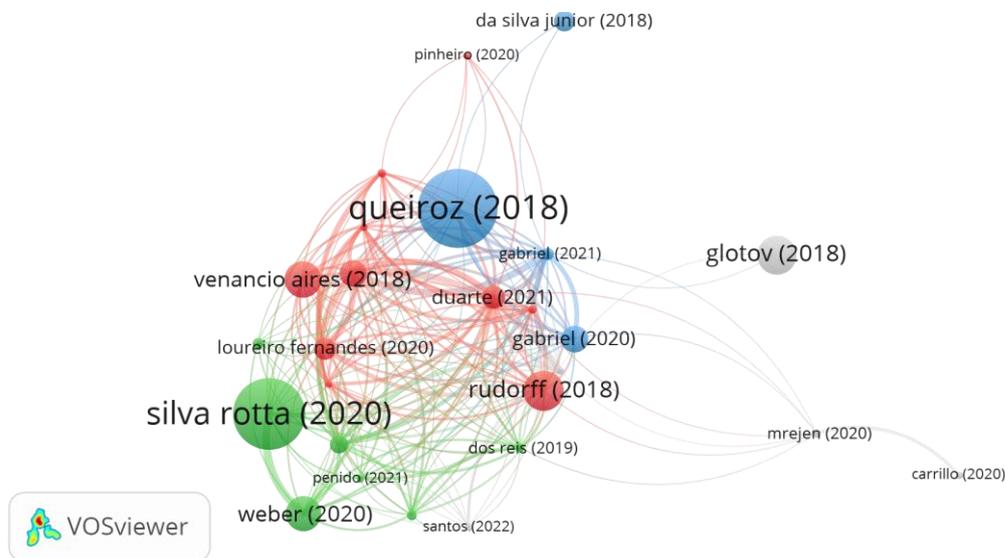
2.4.5 Análise de Acoplamento Bibliográfico

A pergunta secundária desta pesquisa que norteou a escolha desta análise é a seguinte: “Quem são os autores com maior quantidade de acoplamentos?”. É uma forma de evidenciar também a forma como diferentes autores se relacionam implicitamente a partir dos grupos de documentos que compartilham referências. Garfield (2001) analisa que os estudos bibliograficamente acoplados tendem a demonstrar uma certa aproximação de temas.

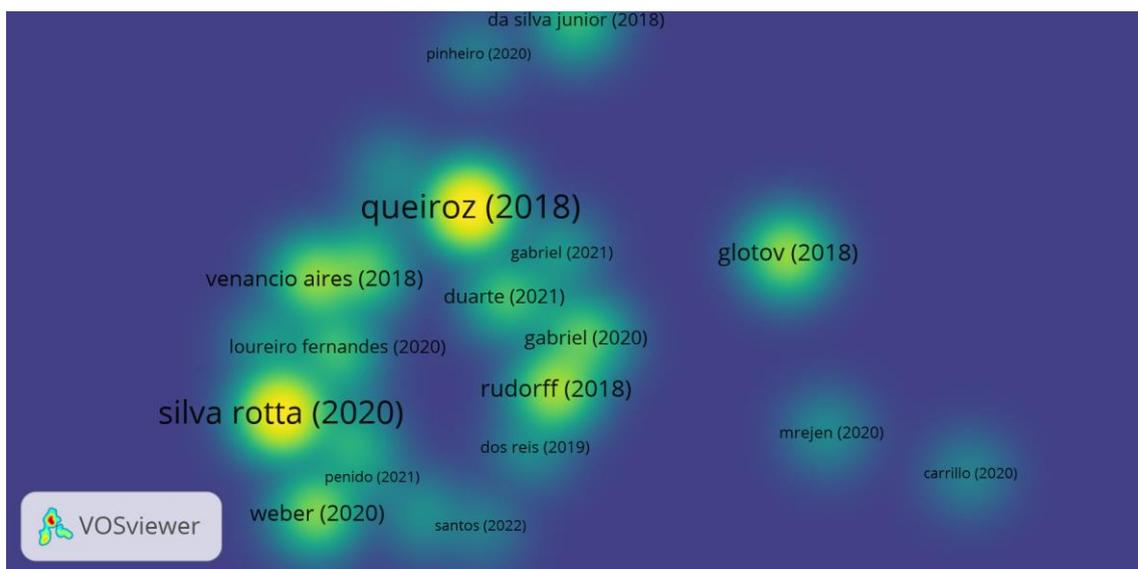
Mariano e Santos (2017) identificam que o coupling possuem uma métrica análoga a da cocitação, embora apresenta como base de sua análise de que os artigos por citarem trabalhos parecidos apresentam similaridade. Lucas complementa esta característica, destacando que a partir do número de referências compartilhadas há uma similaridade podendo ser temática, teórica, metodológica ou outra particularidade compartilhada (Lucas et al., 2013)

A figura 11 destaca quais foram os artigos que desenvolveram a similaridade tida como norte para definição dos índices de acoplamento bibliográfico.

Figura 11 – Acoplamento bibliográfico



(a). Acoplamento entre autores



(b). Mapeamento da densidade do acoplamento bibliográfico

Para realizar a análise de acoplamento bibliográfico, destacou-se os artigos que fizeram no mínimo duas citações parecidas, dentro de um universo de 387 autores. Este tipo de filtro, resultou numa amostra final de 58 autores participantes e um total de 4 Clusters.

A Figura 11(a) apresenta a formulação da rede de acoplamento de autores, efetuada junto o intuito de reconhecer os Clusters de autores, mais excessivamente acoplados, quando na Figura 11(b) está ilustrado o mapa de densidade de acoplamentos entre autores.

Cabe destacar que o tamanho dos nós indica a quantidade de documentos de cada autor no corpus textual avaliado. Ademais, o algoritmo de agrupamento utilizado no acoplamento autoral leva em conta a quantidade de autores a que cada par de pesquisadores faz referência, ou seja, quando 2 nós estivermos mais próximos um do outro, maior é o número de autores citados por ambos, e maior será o acoplamento entre eles.

Para contribuir com os achados, a Tabela 6 evidencia os 12 artigos com maior força dos links existentes entre os 4 Clusters. A análise ajuda a entender quais as principais aproximações existentes em cada Cluster, evidenciando a aproximação e permitindo um panorama sintetizada dos temas abordados em cada Cluster e a influência exercida por cada trabalho a partir da força dos links.

Tabela 6 – Documentos relevantes do corpus

Rank	Documents	Citations	Total Link Strength	Cluster
1	SÁ, Fabian et al. Time-sequence development of metal (loid) s following the 2015 dam failure in the Doce river estuary, Brazil. <i>Science of the Total Environment</i> , v. 769, p. 144532, 2021.	34	115	1
3	DUARTE, Eduardo Baudson et al. Trace metals in Rio Doce sediments before and after the 37eriódi of the Fundão iron ore tailing dam, Southeastern Brazil. <i>Chemosphere</i> , v. 262, p. 127879, 2021.	28	105	1
9	FERNANDES, Luiz Fernando Loureiro et al. Marine zooplankton dynamics after a major mining dam rupture in the Doce River, southeastern Brazil: Rapid response to a changing environment. <i>Science of The Total Environment</i> , v. 736, p. 139621, 2020.	26	70	1

10	QUARESMA, V. S. et al. The 38eriódico trace metals in marine sediments after a tailing dam failure: the Fundão dam case (Brazil). <i>Environmental Earth Sciences</i> , v. 80, p. 1-16, 2021.	5	57	1
11	MATTHEWS-CASCON, Helena et al. Marine benthic communities affected by the Doce River (southwestern Atlantic): Baseline before a mining disaster. <i>Marine pollution 38eriódic</i> , v. 135, p. 1000-1006, 2018.	5	56	1
8	DOS SANTOS VERGILIO, Cristiane et al. Immediate and long-term impacts 38eriód of the worst mining tailing dam failure worldwide (Bento Rodrigues, Minas Gerais, Brazil). <i>Science of The Total Environment</i> , v. 756, p. 143697, 2021.	20	78	2
12	ROTTA, Luiz Henrique Silva et al. The 2019 Brumadinho tailings dam 38eriódi: Possible cause and impacts of the worst human and environmental disaster in Brazil. <i>International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation</i> , v. 90, p. 102119, 2020.	125	52	2
13	WEBER, André Alberto et al. Effects of metal contamination on liver in two fish species from a highly impacted neotropical river: a case study of the Fundão dam, Brazil. <i>Ecotoxicology and environmental safety</i> , v. 190, p. 110165, 2020.	47	52	2
4	GABRIEL, Fabrício Â. et al. Long-term contamination of the Rio Doce estuary as a 38eriódico Brazil's largest environmental disaster. <i>Perspectives in Ecology and Conservation</i> , v. 19, n. 4, p. 417-428, 2021.	12	93	3
14	GABRIEL, Fabrício A. et al. Ecological risks of metal and metalloid contamination in the Rio Doce estuary. <i>Integrated environmental assessment and management</i> , v. 16, n. 5, p. 655-660, 2020.	34	49	3
6	QUEIROZ, Hermano M. et al. The Samarco mine tailing disaster: a possible time-bomb for heavy metals contamination?. <i>Science of the Total Environment</i> , v. 637, p. 498-506, 2018.	140	49	3
7	BONECKER, Ana Cristina Teixeira et al. An integrated study of the plankton 38eriódico after four 38erió of Fundão dam disaster. <i>Science of The Total Environment</i> , v. 806, p. 150613, 2022.	5	84	4

Fonte: Autor (2023)

Sendo assim, o Cluster 1 preocupa-se em destacar os impactos das atividades mineradoras no tocante aos resíduos de metais tóxicos despejados ou

ocasionados pelo evento do desastre ambiental da barragem do Fundão, causando como um dos impactos a intoxicação do rio, perpetrando efeitos ambientais na região.

O Cluster 2, preocupa-se em demonstrar quais os impactos sofridos por desastres ambientais ocasionados por minerados em algumas regiões, sendo estes impactos medidos a curto ou longo prazo (Santos Vergílio, 2021) ou ainda mesmo um foco maior nas possíveis causas do evento (Rotta et al., 2020).

O Cluster 3, se aproxima do primeiro, merecendo o destaque para estudos que se diferem de um enfoque voltado à contaminação dos rios e preocupando-se também com o levantamento dos riscos pertinentes aos desastres ambientais e ainda o que caracteriza a relevância desses desastres em uma escala global, justificando até mesmo o grande enfoque dos artigos deste portfólio para os desastres ocorridos em Mariana e Brumadinho, ambos no estado de Minas Gerais, no Brasil.

Por fim o Cluster 4, que pode ser considerado os artigos sem Cluster específico, aparentam um nível de citações aproximadas em suas discussões, porém com uma força de link irrelevante o que marginaliza estes artigos no corpus, impedindo a consideração destes em uma comparação ou estruturação de conduções temáticas, teóricas, metodológicas ou outras característica que aproximam os respectivos pertencentes ao acoplamento bibliográfico identificado.

2.4.6 Análise dos periódicos

Respondendo à questão: “Quais os principais periódicos do corpus?”, utilizamos como apoio a Lei de Bradford (1934), que conforme Mariano e Santos (2017) estima o grau de relevância de cada periódico, em dada área do conhecimento. Justificando a forma em que analisa os periódicos, Alabi (1979), destaca que é realizada uma ordenação decrescente de produtividade em um conjunto de periódicos científicos, a respeito da publicação de artigos sobre um determinado assunto, a partir de agrupamentos (zonas) que são distribuídos de forma exponencial, tal que $1: n: n^2$.

A tabela 7 sintetiza indicadores importantes para análise e score dos periódicos elencados no portfólio. Os indicadores determinados na tabela são: Número de Artigos, Zona (aplicada por meio da Lei de Bradford), SJR Quartil (métrica que identifica entre Q1 e Q3 os índices de relevâncias dos periódicos sendo Q1 o índice máximo); e H-Index que é um índice que equilibra a importância do periódico a partir de suas citações e métricas de impacto.

Tabela 7 – Caracterização dos periódicos do corpus

n	Journal	Number of Article	Zone	SJR Quartil	H-Index
1	Science Of The Total Environment	9	Zone 1	Q1	5
2	Chemosphere	2	Zone 1	Q1	2
3	Environmental Monitoring And Assessment	2	Zone 1	Q2	1
4	Integrated Environmental Assessment And Management	2	Zone 1	Q2	2
5	Land Use Policy	2	Zone 1	Q1	2
6	Marine Policy	2	Zone 1	Q1	2
7	Perspectives In Ecology And Conservation	2	Zone 1	Q1	2
8	Revista Contabilidade E Controladoria-Rc C	2	Zone 2		
9	2020 24th Isprs Congress – Technical Commission Iii	1	Zone 2		
10	7th International Conference On Building Resilience, Icbr 2017	1	Zone 2		1
11	Anuario Do Instituto De Geociencias	1	Zone 2	Q3	
12	Aquatic Ecology	1	Zone 2	Q2	1
13	Archives Of Environmental Contamination And Toxicology	1	Zone 2	Q2	1
14	Construction And Building Materials	1	Zone 2	Q1	1
15	Current Research In Environmental Sustainability	1	Zone 2		1
16	Ecotoxicology And Environmental Safety	1	Zone 2	Q1	1
17	Engineering Geology	1	Zone 2	Q1	1
18	Environment International	1	Zone 2	Q1	1
19	Environmental And Experimental Botany	1	Zone 2	Q1	1
20	Environmental Earth Sciences	1	Zone 2	Q2	1
21	Environmental Science And Pollution Research	1	Zone 2	Q1	1
22	Geomorphology	1	Zone 2	Q1	1
23	Health Economics	1	Zone 2		1
24	Iconos	1	Zone 2	Q3	

25	International Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation	1	Zone 3	Q1	1
26	International Journal Of Environmental Research And Public Health	1	Zone 3	Q1	1
27	International Journal Of Environmental Science And Technology	1	Zone 3	Q1	
28	International Journal Of Hygiene And Environmental Health	1	Zone 3	Q1	1
29	Isprs Journal Of Photogrammetry And Remote Sensing	1	Zone 3	Q1	1
30	Journal Of Exposure Science And Environmental Epidemiology	1	Zone 3	Q1	1
31	Journal Of Fish Biology	1	Zone 3	Q2	1
32	Journal Of Law And Sustainable Development	1	Zone 3		1
33	Land Degradation & Development	1	Zone 3		1
34	Marine Pollution Bulletin	1	Zone 3	Q1	1
35	Orbital-The Electronic Journal Of Chemistry	1	Zone 3		1
36	Reunir-Revista De Administracao Contabilidade E Sustentabilidade	1	Zone 3		
37	Revista De Gestao Ambiental E Sustentabilidade-Geas	1	Zone 3		
38	Revista Eletronica Em Gestao Educacao E Tecnologia Ambiental	1	Zone 3		
39	Social Science & Medicine	1	Zone 3		1
40	Society & Natural Resources	1	Zone 3		1
41	Tropical Conservation Science	1	Zone 3	Q2	1
42	Veredas Do Direito	1	Zone 3	Q3	1
43	Zookeys	1	Zone 3	Q1	1

Fonte: Autor (2023)

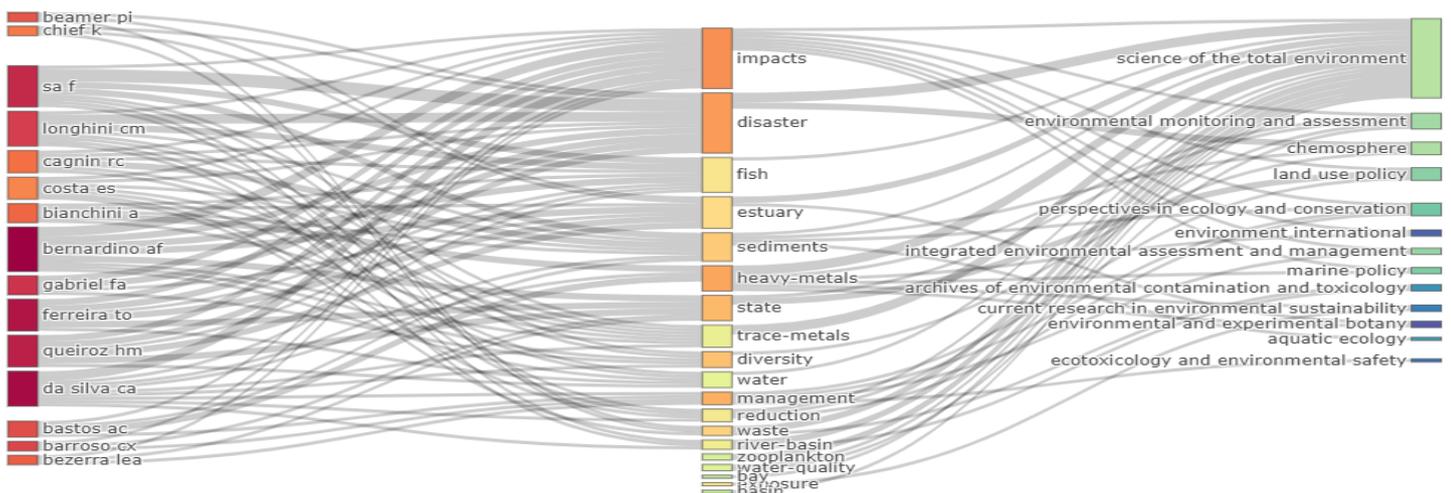
Os 58 artigos do corpus textual são contemplados em 43 periódicos, demonstrando uma baixa concentração. Estes 41 periódicos aplicados a Lei de Bradford foram distribuídos em três zonas. A primeira zona contém um total de sete periódicos altamente produtivos, a segunda zona considerada intermediária, contém um número maior de periódicos menos produtivos, sendo dezesseis periódicos no

geral, enquanto a terceira zona possuem dezoito periódicos com reduzida produtividade.

2.4.7 Análise a partir de Palavras Chaves

“Quais são os principais temas e palavras chaves identificadas?” é a pergunta que parametriza os achados desta seção. A primeira análise é destacada a partir do Diagrama de *Sankey*, que conforme cita Riehmman et al. (2005), este diagrama é responsável por ilustrar informações quantitativas acerca dos fluxos, seus relacionamentos bem como a transformação. Para este estudo, conforme Figura 12, levou-se em consideração para análise o relacionamento existente entre autores (coluna esquerda), palavras-chaves (coluna do meio) e periódicos (coluna direita).

Figura 12 – Digrama de Sankey – Relacionamento entre autores/palavras-chaves/periódicos



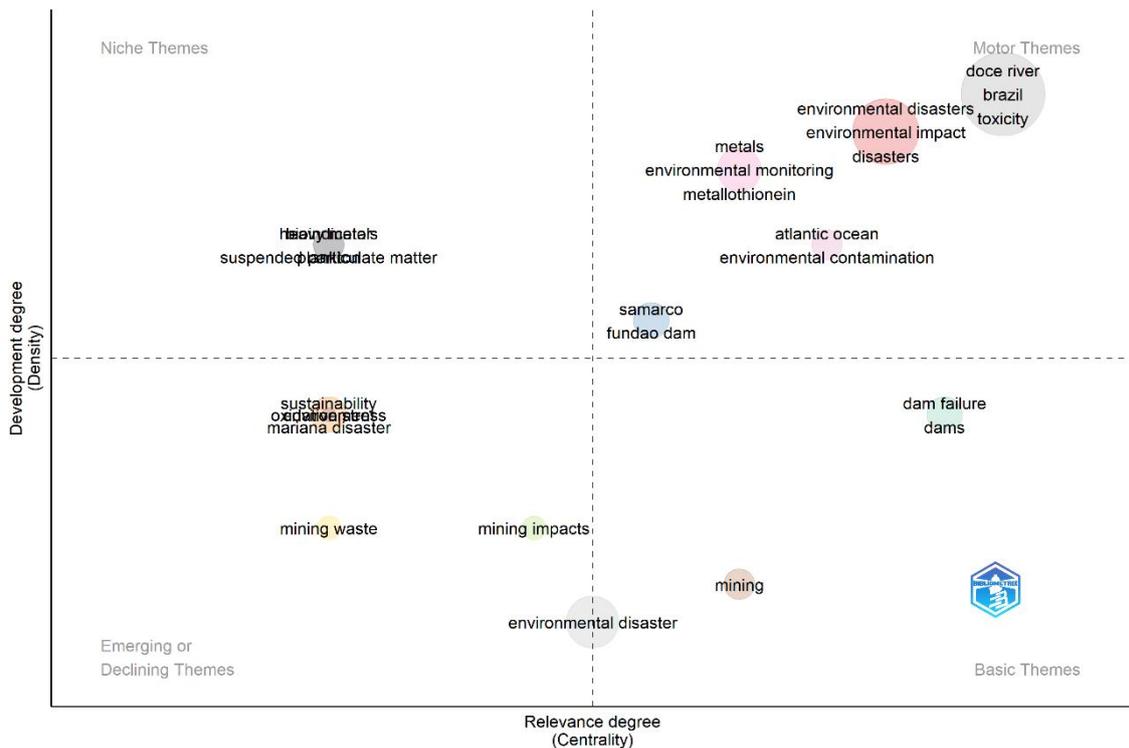
Fonte: Autor (2023)

Dentre palavras-chaves mais utilizadas pelos autores, merecem destaque as palavras “impacts” e “disaster”. Em que pese os diversos impactos que um desastre ambiental possa ocasionar em determinada região, notou-se que na literatura identificada que a maioria dos estudos dão enfoque nos impactos ecológicos sofridos, nota-se esta postura ao avaliar as palavras chaves bem referenciadas, mas não com a relevante frequência das acima citadas.

É possível aferir por meio dos fluxos de conexão evidenciados no diagrama que existem dois periódicos que absorvem essas palavras de forma majoritariamente concomitantes, sendo estes: “Science of the total environment” e “Chemosphere”.

Seguindo a proposta de análise, por meio das palavras chaves é possível a realização de uma análise conceitual da evolução do tema investigado. A Figura 13 organiza essa exposição temática a partir da definição de temas motores, básicos, emergentes/em declínio ou específicos.

Figura 13 – Mapeamento temático



Fonte: Autor (2023)

O mapeamento em análise é possível a partir do enunciado por Callon *et al.* (1991) que ornamentou um diagrama estratégico. A análise é feita por meio da densidade (eixo vertical) e centralidade (eixo horizontal).

Desta forma, os *Clusters* que estão no quadrante superior direito constituem o núcleo do tema estudado, pois são os temas motores. Devido à sua alta densidade (links internos) e centralidade (links externos) tem uma tendência a sistematicamente e por um longo período ser tratado por um grupo específico de pesquisadores do tema. Dentro deste quadrante estão cinco *Clusters*, formados pelas palavras chaves “enviromental disasters”, “brazil”, “samarco”, “enviromental impact” e “toxicity”. Neste quadrante, são temas motores os que envolvem os impactos ambientais decorrentes de desastres ambientais já conhecidos e ocasionados no Brasil.

Do mesmo lado, na parte inferior, encontra-se o *Cluster* que correlaciona os estudos relacionados à equidade como um tema básico, devido à sua baixa densidade e alta centralidade. Ou seja, não possui um desenvolvimento relevante a ponto de criar uma coesão interna forte entre seus pares, porém é um tema que permeia entre vários trabalhos, devido à sua centralidade, o que justifica a definição deste como um tema básico.

Do outro lado, o esquerdo, no campo inferior estão os temas em declínio ou em uma situação emergente. Neste caso somente aplicando uma análise que relacione a evolução de uma rede em vários períodos ou uma análise comparativa desta rede com outras redes, facultaria a determinação de sua contribuição para o campo. As palavras-chaves que se encontram neste quadrante abordam temas relacionados aos impactos da mineração e trabalhos que abordam a sustentabilidade em torno da perspectiva do desastre ambiental.

Por fim, no quadrante superior-esquerdo, estão os temas com boa densidade e baixa centralidade. Devido a esta última característica são considerados temas específicos, que ganharam tonalidade em seu desenvolvimento, embora não perfaçam conexões externas. Estes trabalhos por sua vez, discorrem sobre o despejo de metais pesados após desastres ambientais.

2.4.8 O meio ambiente como recorte para os desdobramentos dos desastres ambientais

Nos estudos identificados, grande parte das abordagens é oriunda dos problemas atinentes à realidade da natureza em suas diversas óticas.

Tabela 2 – Abordagens e objetos identificados

Objeto	Autor(es)
Impactos sofridos pelo meio ambiente no que diz respeito às espécies terrestres em extinção	KNOPFF et al., 2020
Impactos das altas concentrações de metais no solo e águas dos locais onde os desastres ambientais foram averiguados	MARQUE et al., 2022; SÁ et al., 2021; REIS et al., 2020; GABRIEL et al., 2021; SANTOS et al., 2020; VERGILIO et al., 2021; REIS et al., 2019; QUARESMA et

	al., 2021; DUARTE et al., 2021; LANA-COSTA et al., 2021; GLOTOV et al., 2018; GABRIEL et al., 2020
Desastres ambientais e a relação no uso e ocupação do solo	DAMASCENO et al., 2021; AIRES et al., 2018; QUEIROZ et al., 2018
Alterações ambientais em rios em decorrência dos desastres	VIEIRA et al., 2022; CENTENO & KISHI, 2020; RUDORFF, CONRADO & KAMPEL, 2018; PINHEIRO et al., 2020; NOGUEIRA et al., 2021; ROTTA et al., 2022; LATRUBESSE et al., 2020
Desastres e influência em seres vivos aquáticos	BONECKER, 2022; MANHAES et al., 2022; SANTOS et al., 2021; PENIDO, PESSALI & ZAWADZKI, 2021; REIS et al., 2020; PINHEIRO et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2020; FERNANDES et al., 2020; WEBER et al., 2020; MAYORGA et al., 2020; MATTHEWS-CASCON et al., 2018
Impactos de desastres na vegetação	LIMA et al., 2022; EDUVIRGEM; SOARES & BEIER, 2020; SILVA JUNIOR et al., 2018;
Concentração de resíduos químicos nas áreas atingidas pelos desastres	CARVALHO et al., 2018; MATOS et al., 2022; QUEIROZ et al., 2021

Fonte: Autor (2023)

Quando categorizados, os estudos que avaliam os impactos dos desastres ambientais no que diz respeito às consequências sofridas pelo ecossistema local e o consequente acúmulo de metais e seus derivados na localidade. Estudos indicam uma continuidade dos efeitos das externalidades negativas em torno do meio ambiente atingindo pelo impacto.

Os estudos inferem que após o desastre ambiental estudado identificou-se um acúmulo suficiente para causar efeitos biológicos adversos, destacando que há uma contaminação crônica do ambiente estudado, como consequência dos desastres (GABRIEL et al. 2021; SÁ et al., 2021; VERGÍLIO et al., 2021, QUARESMA et al.,

2021), com números considerados acima do indicado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (DUARTE et al., 2021), o que influencia de forma contundente a comunidade marinha em seu desenvolvimento bioquímico (MARQUES et al., 2021). ensejando um mecanismo de adaptação por parte dos seres vivos afetados direta e indiretamente pelos desastres (LANA-COSTA et al., 2021) ou até mesmo influenciando a abundância do vírus potencialmente infeccioso (adenovírus humano – HadV) nos sítios estudados onde existe uma correlação com as concentrações de metal/semimetal. A complexidade é aprofundada visto que o estudo de Santos et al. (2022) identifica uma diferença entre o grau de contaminação a partir do nível dos rios, diversificando ainda mais os efeitos dos desastres ambientais quando estes afetam esta comunidade.

Propostas a partir dos efeitos de uma crise em decorrência de um desastre que ocasiona uma contaminação relevante à comunidade afetada, podem ser tomadas a partir das características próprias deste desastre visto que após os fenômenos são observados um elenco de fatores de risco, que podem ser utilizados para prever a estabilidade ou instabilidade de instalações que a partir da execução da mineração pode incorrer na contaminação da estrutura biológica, em seus diversos aspectos, do local onde houve a incidência (GLOTOV et al., 2018).

Quando se trata das questões relativas ao uso do solo e território os autores realizam uma abordagem em torno dos impactos nessa dimensão causados pelos desastres estudados. Damasceno et al. (2021) ao estudarem sobre o colapso das barragens de rejeitos de mineração em Brumadinho, Minas Gerais, Brasil, realizando para cumprimento do objetivo o monitoramento das áreas impactadas, fazendo um comparativo de antes e depois do desastre visando o entendimento sobre o cenário real, os problemas de gestão de desastres e avaliação de impacto ambiental. Usando metodologia idêntica no tocante à comparação entre o antes e depois do desastre, Aires et al. (2018) na perspectiva da quantificação da área afetada pelos rejeitos, após a calamidade ocorrida em Mariana (MG), verificaram as mudanças no uso e cobertura da terra que ocorreram nos períodos anteriores e posteriores ao impacto ambiental, destacando em seus resultados que houve mudanças de uso e cobertura de solo, pois a partir da aplicação da pesquisa identificou-se que áreas vegetadas apresentaram perdas em decorrência do rompimento da barragem, com reduções equivalentes em torno de 12 km² em uma das áreas investigadas, concluindo que o desastre causou sérios danos ao meio ambiente e à população residente na região.

Assemelhando-se aos estudos que investigam o acúmulo de metais e suas consequências nas regiões afetadas pelos desastres ambientais, Queiroz et al. (2018) constata que em decorrência do desastre ambiental ocorrido em Mariana (MG), favorecem condições que possibilitam um aumento a biodisponibilidade de metais traço e o risco de contaminação no solo da região, afetando a dimensão de espaço no que diz respeito ao desenvolvimento ambiental do ecossistema da localidade.

Desastres ambientais que afetam os rios brasileiros têm sido frequentes recentemente, principalmente envolvendo atividades de mineração (PENIDO; PESSALI; ZAWADSKI, 2021). As alterações em rios são levadas em consideração nos trabalhos identificados, sendo objeto de estudo e intervenção no intuito de analisar as consequências e os impactos sofridos por este recurso natural nos fatos que são identificados e investigados. Como consequência das atividades de mineração de ferro e o incidente ocorrido no município de Brumadinho (MG), Centeno, Kishi & Mitishita (2009) discorrem que após estudo comparativo é possível, concluindo sobre o grande impacto sofrido pelo recurso natural com o rompimento da barragem e que há um indício de recuperação lenta do evento.

Além desta contribuição foram identificados impactos a nível ambiental no que diz respeito à turbidez da água dos rios (RUDORFF, CONRADO & KAMPEL, 2018), números insignificantes de contaminação das águas quando comparadas com o solo do local do desastre (PINHEIRO et al., 2020), não conformidade das águas quando comparadas com índices ideais no conteúdo relativo a resíduos tóxicos e químicos, inferindo desta forma que mesmo com o passar dos anos os impactos ambientais e sociais ainda estão vivos causando efeitos cumulativos para todo o meio ambiente (NOGUEIRA et al., 2021), influência da contaminação após o desastre em toda bacia, interferindo desta forma em comunidades ribeirinhas relativamente distantes do local onde ocorreu o desastre (ROTTA et al., 2019), e ainda uma situação observada onde o impacto hidrológico do desastre infere na forma como são realizados os planejamentos das barragens, demandando no contexto estudado implicações importantes no tocante à forma como são conduzidos e orientados o projeto e construção dos espaços onde são executadas as atividades de extração de algum tipo de minério, para que não venham a influenciar de maneira drástica nas condições biológica e naturais dentro dos mais diversos contextos (LATRUBESSE et al., 2020).

Os estudos destacam a grandiosidade dos efeitos gerados pelos desastres, e nestas discussões são relatados os efeitos relacionados aos seres vivos que são

desenvolvidos na biota aquática. Bonecker et al. (2022), fazem um comparativo entre uma comunidade planctônica e a forma como esta foi influenciada por mudanças nas condições meteoceanográficas originadas pelo desastre ambiental ocorrido no sudeste brasileiro, constando uma correlação de permanência dos efeitos do desastre nas condições biológicas destas comunidades. Este efeito é explicado por Santos et al. (2022) que menciona o papel dos metais na estruturação das comunidades zooplanctônicas, de forma que influencia o desenvolvimento desta população, de maneira negativa como elencado por Benccker et al. (2022).

Outro estudo de microbioma desenvolvido por Reis et al. (2020), identifica que após análise temporal as comunidades foram impactadas de maneira que apresentaram mutações nas interações que mudaram de positivas para negativas ou vice-versa entre as comunidades impactadas e de referência, sendo esta influência também observada no estudo de Fernandes et al. (2020) que observa um forte indicativo de alteração nesta população de microbiomas em virtude dos desastres ambientais da localidade estudada. Matthews-Cascon et al. (2020) tonificam o entendimento ao constatarem que os impactos do desastre ambiental na região em evidência neste estudo, contribuiu para a mudança negativa na diversidade de moluscos, poliquetas e crustáceos. Sendo que quanto maior a distância da costa maior a qualidade desta diversidade, visto a menor influência das consequências advindas da tragédia ambiental em questão.

Ao identificarem um índice relevante de botos-cinza em uma região afetada pelo rompimento de uma barragem, Manhães et al. (2022) averiguaram que o fato acarretou em uma alta concentração de substâncias químicas provenientes do desastre, evidenciadas após a constatação dessas substâncias em órgãos desta comunidade aquática, como consequência da contaminação histórica por atividades de mineração bem como também do efeito causal do rompimento que contribuiu consideravelmente na indução de efeitos tóxicos na biota por esses elementos, influenciando ainda conservação dessa população. Por sua vez, Mayorga et al. (2020) discorrem que os encalhes de cetáceos costeiros, como botos-cinza e franciscanas, concentram-se próximo aos estuários, principalmente o rio Doce, característica particularmente preocupante diante do desastre da barragem de Mariana, que alterou drasticamente o ambiente estuarino e costeiro associado ao Rio Doce.

Estudos revelam a influência sofrida por peixes nas regiões afetadas (PENIDO; PESSALI & ZAWADZKI, 2021; OLIVEIRA et al., 2020; WEBER et al., 2020)

ao analisarem a descoberta de duas novas espécies de peixes em regiões afetadas em diversas proporções pelos desastres ambientais realizados em mineração enfatizam a presunção de que os efeitos de grandes desastres ambientais não podem ser totalmente estimados, pois a biodiversidade local não é completamente conhecida. Entretanto, inferem que a descoberta realizada em uma área devastada enfatiza a necessidade de instrumentos legais ambientais mais rígidos voltados à proteção, supervisão e mitigação de grandes impactos (PENIDO; PESSALI & ZAWADZKI, 2021), ao contrário dos estudos de Oliveira et al. (2020), que dimensionam os efeitos dos desastres à forma como a manutenção da atividade pesqueira foi afetada como consequência da destruição das espécies em um bioma próximo às atividades da mineradora. Os achados de Weber et al. (2020) seguem essa tendência de influências relevantes no desenvolvimento de espécies de peixes em uma região afetada, a bacia do rio Doce especificamente. Desta forma, os resultados da amostra investigada inferem que a liberação de resíduos minerais do rompimento da barragem da mina da Samarco provocou danos hepáticos nos peixes do Rio Doce além de induzir a expressão de proteínas e enzimas relacionadas à contaminação por metais.

Nas tratativas que dizem respeito ao solo Lima et al. (2022) assegura que a deposição de rejeitos tem gerado sérios impactos no solo. Eduvirgem, Soares & Beier (2020) identificam que sugere existe na discussão sobre os efeitos dos desastres ambientais no solo uma necessidade de gestão ambiental que atenda a um conjunto de medidas e cooperação mútua entre gestores públicos e privada, sociedade civis e mineradoras que exploram recursos naturais, renováveis e não renováveis. Este indicativo ganha força visto que nos três estudos identificados por tratarem de questões relativas ao solo e território evidenciam que houve significância nos impactos causados pelos desastres (LIMA et al., 2022; EDUVIRGEM, SOARES & BEIER, 2020; SILVA JUNIOR et al., 2018).

Silva Junior et al. (2022) abordam por meio do sensoriamento remoto os impactos do rompimento da Barragem do Fundão em Mariana (MG) sobre a cobertura vegetal, identificando a partir do estudo que houve uma perda de 13,02% da vegetação. No trabalho executado por Eduvirgem, Soares & Beier (2020) é aplicada uma metodologia identificada dentre as utilizadas por Silva Junior et al. (2022), inferindo que os resultados comparativos entre os anos que antecederam os desastres e os que sucederam indicam a ausência de um índice de vegetação que foi

coberto pelos rejeitos, resultando em uma área com grandes espaços sem a cobertura registrada anteriormente em anos passados.

Desta forma, concluem que a vegetação sofreu uma alteração drástica provocada pelo rompimento da barragem de Fundão que também levou a outras externalidades negativas no contexto social da região como o aumento de moradores de rua, e ainda impactos negativos na subsistência de pequenos agricultores e pescadores, assoreamento de rios e córregos, morte de várias espécies animais e vegetais, afetando também o ecossistema e a biodiversidade local e regional (SILVA JUNIOR et al., 2022). Finalmente Lima et al. (2022) concentra-se nos efeitos do desastre, porém segue por um caminho distinto na proposta alusiva ao objeto de trabalho, pois traz em seu bojo as descobertas na resposta das bactérias existentes no solo, inferindo que houve uma resposta positiva ao longo do tempo em que pese a confirmação de um forte efeito da deposição de rejeitos na estrutura da comunidade bacteriana.

Outra preocupação recorrente entre os artigos identificados diz respeito aos resíduos químicos que são constatados após os desastres ambientais estudados, destacando desta forma que há uma característica de contaminação nos ambientes afetados pelo desastre. Os estudos em linhas gerais indicam que há um aumento na biodisponibilidade de metais traços após o contato dos minerais interferindo de forma crescente a possibilidade de uma contaminação (QUEIROZ et al., 2018). Seguindo este achado, Carvalho et al. (2018) identificam que após o desastre, há um teor elevado de concentração de chumbo tomando como referência o máximo permitindo pela legislação no que se refere à água potável. Desviando-se destas conclusões, Matos et al. (2022) discorrem que os resultados mostram que a lama e a água apresentam parâmetros dentro dos valores estabelecidos, ou seja, os impactos sofridos pelo meio ambiente por parte das substâncias químicas encontradas na região influenciada pelo desastre ambiental não são potentes a nível de interferir na condição biológica destas.

2.4.9 Os desdobramentos dos desastres ambientais no contexto social

Os estudos acerca dos impactos sofridos pelo meio ambiente destacam de forma pormenorizada os efeitos que os desastres trouxeram na seara social (SILVA JUNIOR et al., 2022; EDUVIRGEM, SOARES & BEIER, 2020).

Desta maneira, os achados listados no corpus da revisão da literatura que dizem respeito aos impactos sociais podem ser categorizados em três cenários que são os assuntos relativos à saúde, influência no contexto organizacional e econômico de empresas e aspectos sociais abordados de forma ampla nas diversas óticas que o termo abrange quando se trata da influência sofrida por pessoas quando se investigam os impactos trazidos pelas atividades de mineração permeada por algum desastre ou incidente.

No quesito da saúde, importantes estudos discorrem sobre os impactos sofridos neste campo, como no estudo de Carrillo et al. (2020) que faz referência aos efeitos sofridos pela saúde infantil demonstrando que a exposição na tragédia do colapso da barragem de rejeitos da mina de Mariana, em Minas Gerais, no Brasil, reduziu significativamente o peso do nascituro e aumentou a mortalidade infantil. Identificaram ainda que os efeitos adversos foram mais fortes para bebês nascidos de mães menos escolarizadas e não casadas, inferindo desta forma que uma má aplicação de regulamentação ambiental ocasiona impactos de longo prazo no bem-estar das comunidades afetadas pelos desastres ambientais.

Seguindo a mesma dinâmica Mrejen, Perelman & Machado (2020) relatam que existem evidências empíricas que comprovam a relação existente entre a exposição de indivíduos em desenvolvimento no útero e eventos catastróficos que ocasionam resultados adversos no parto, geralmente atribuídos ao estresse materno elevado. Utilizando-se de dados administrativos sobre registros de nascimento e relatórios sobre a tragédia ocorrida na cidade de Mariana (MG) conseguiram identificar todos os nascimentos de recém-nascidos expostos e a intensidade dessa exposição. Dentre os resultados encontrados pelos autores estão: a exposição direta ao fato resultou em 1,86 dias a menos de idade gestacional e 2,6 pontos percentuais a mais de parto prematuro.

No quesito ao peso dos bebês não foram encontradas evidências estatisticamente significantes, distanciando-se do achado por Carrillo et al. (2020), que desenvolveram o trabalho na mesma região. Os efeitos direta e indiretamente ligados à tragédia encontram-se relacionados não somente ao estresse materno elevado, mas também pela atividade econômica deprimida nos municípios diretamente afetados (MREJEN; PARELMAN; MACHADO, 2020)

Carroll et al. (2022), identificam que após exposição de indivíduos a um desastre ambiental, efeitos pós-traumáticos permaneceram de forma relevante após

6 anos da tragédia, tendo algumas influências moderadoras como por exemplo a idade do indivíduo afetado pela tragédia, sendo os adultos mais jovens os mais jovens os mais impactos pela exposição ao evento traumático. Os estudos ainda constataram que pelo fato da pesquisa de acompanhamento ter coincido com a temporada de incêndios florestais do verão negro no sudeste da Austrália e a exposição a este novo evento de fumaça pode ter desencadeado sensibilidades de angústia decorrentes da exposição ao incêndio anterior da mina. As respostas de saúde pública a eventos de desastres devem levar em consideração exposições anteriores e grupos vulneráveis, particularmente adultos mais jovens.

Relatos socioeconômicos também foram encontrados entre os estudos levantados, como os relativos às alterações perpetradas por parte de uma mineradora no contexto da sua comunicação e da divulgação ambiental após o desastre. Souza, Tarifa e Panhoca (2019) identificaram que as mineradoras pesquisadas utilizam estratégias de gestão de impressões para divulgar seus impactos ambientais. Concluindo a partir de então que as mineradoras pesquisadas, norteadas pela responsabilidade ambiental vinculada a partir do cenário em que se encontram, por meio das técnicas de impressões por parte da sociedade que consistem em ocultar e atribuir fatores externos, apresentando assim um relato parcial e seletivo de seu impacto ambiental.

Saindo da percepção externa sobre a empresa, Lima (2019) colabora realizando um estudo que evidencia os efeitos do rompimento da barragem do fundão em novembro de 2015, no município de Mariana (MG) no tocante às demonstrações contábeis da empresa responsável pelas atividades de mineração, identificando a partir dos achados que houve uma deficitária capacidade da empresa honrar com os compromissos nos anos de 2016 e 2017, movimentando-se de maneira paralela ao investigar os índices de rentabilidade, que ao serem expostos delinearam a obtenção de prejuízos por parte da organização a partir de 2015, o ano da tragédia. Esta evidência foi confirmada pelo fato de que após a análise dos documentos contábeis foram encontrados majoritariamente a parcela de capital de terceiros devido aos empréstimos e financiamentos obtidos.

Este relato destaca que os efeitos dos desastres ambientais perpassam a esfera ambiental e contemplam o contexto social, visto que a análise dos resultados evidenciou o impacto negativo causado pós-desastre ambiental na situação patrimonial, econômica e financeira da empresa analisada. No mesmo escopo e em

questão distinta Barbosa e Barros (2021) sob a ótica da Hipótese de Eficiência do Mercado (HME) verificaram o comportamento dos acionistas de uma empresa com ações na bolsa de valores brasileira, analisando a influência no mercado e sua correlação com rompimentos das barragens de rejeitos, motivados por irregularidades da empresa. Desta forma após análise dos dados obtidos por meio de séries históricas do retorno do ativo em relação ao índice de referência do mercado, identificou-se uma anormalidade significativa após um dos dois eventos de desastres ambientais envolvendo a empresa. Esta inferência contribui para o entendimento de que os investidores reagem diante das tragédias ambientais e sociais aplacadas pelas empresas que desenvolvem este tipo de atividade e possuem capital aberto.

Em outros termos a reação do mercado é condizente com a hipótese de que os preços se ajustam instantaneamente a qualquer informação relevante divulgada publicamente, perfazendo então uma eficiente gestão de crise por meio da gestão de impressões, conforme Souza, Tarifa e Panhoca (2019), sendo importante a identificação da forma como são vistas externamente as organizações por alguns de seus *stakeholders* como acionistas, consumidores, sociedade e instituições reguladoras, por exemplo.

Esta preocupação é tida por Alves, Carneiro e Paiva (2020, p. 76) como “Reputação Corporativa” que dentre outras qualidades,

compreende o conjunto de impressões, opiniões e percepções dos stakeholders em relação a uma organização nos aspectos econômico-financeiro, social, ambiental, ético e legal. As entidades procuram construir a imagem corporativa, por meio de comunicação corporativa, de forma a retratar a missão, a visão e os valores da organização, além de considerar prioritário aquilo que a sociedade exige como um padrão de comportamento responsável pelas entidades para legitimar a sua atuação no mercado.

Neste aspecto, o trabalho intitulado “Os efeitos do desastre ambiental de Mariana sobre a reputação da Samarco Mineração S.A” evoca os cenários decorrentes do desastre ocorrido na cidade identificada no título. Tendo como objetivo a divulgação e os reflexos na reputação da Samarco, por meio de um método de análise comparativa em períodos antes e após o desastre ambiental à luz de quatro dimensões empresa, mídia, academia e sociedade. Os achados mostram aproximações entre os resultados, onde antes do desastre a empresa possuía reputação positiva, compromisso com a sustentabilidade e empregabilidade. A partir

do desastre nos cenários investigados foram identificados impactos negativos na reputação da empresa, destacando-se para um aumento de estudos vinculando uma reputação negativa da empresa pela ocasião, distanciando a empresa de uma vinculação positiva aos aspectos socioambientais visto que os impactos são evidentes e notórios em diversas redes de relação da instituição (ALVES; CARNEIRO; PAIVA, 2020).

O grau de negatividade atrelada às empresas mineradoras pode ser medido a partir das consequências e interferências nos contextos sociais que essas causam, visto que a partir dos danos são elencados diversos impactos sofridos por uma comunidade exposta aos desastres naturais ocasionados pela atividade de mineração. Um dos contextos investigados foi o da interferência no contexto sociocultural de comunidades indígenas (TEUFEL-SHONE et al., 2021; VAN HORNE et al., 2021)

Teufel-Shone et al. (2021) elucidam que as comunidades indígenas são dependentes dos recursos naturais que por vezes são destruídos e impactados pelas tragédias naturais em seus diversos gêneros e contextos. Após documentação dos modos de vida dos membros da comunidade e o relacionamento com o rio antes, durante e depois do derramamento e suas expectativas pós-derramamento, os participantes da pesquisa foram expostos a perguntas como: “Como a contaminação afetará a relação do povo Diné com os rios? O povo Diné será capaz de continuar seus padrões tradicionais de subsistência de fazendas e pecuária? Seus filhos vão se mudar, pois não podem continuar as tradições?” (p. 13).

Feito isso os pesquisadores concluem que a vida dos indígenas excede o contexto voltado somente ao desastre natural e percebe uma perda de cultura indígena como semelhante à perda íntima em relação ao parentesco e pertencimento ao invés de posse. A consequência do desastre se configura aos modos de vida da comunidade que possui práticas de subsistência, sistemas de significado, dinâmicas sociais e identidade, e não pode ser separada de sua localização geográfica. Outros impactos são relatados como danos às plantações e os custos relacionados ao manejo do gado, ambos os quais são um fardo grave para os indígenas.

Em trabalho metodologicamente alinhado ao de Teufel-Shone et al. (2021), Van Horne et al. (2021) constata na mesma comunidade indígena que após o desastre ambiental houve reduções significativas no número total, frequência e duração das atividades de subsistência, dietéticas, recreativas, culturais/espirituais e artísticas e

artesanais realizadas no rio afetado pela catástrofe. Segundo os autores, a redução acentuada na atividade após o GKMS pode levar a um trauma de longo prazo que afeta a capacidade de Diné de transmitir os ensinamentos às crianças e às gerações futuras. Os 43 eventos diferentes entre os rios Dine e San Juan destacam a importância de cientistas e socorristas de desastres considerarem os impactos culturais e espirituais ao responder a riscos ambientais e realizar avaliações de risco em comunidades indígenas.

No viés da territorialidade Deon (2021), estuda as narrativas coletivas no contexto das lutas socioambientais na Argentina, mapeando os desastres ambientais ocorridos no país entre 2010 e 2020, estimando um deslocamento social de 95.000 pessoas em decorrência destes eventos catastróficos. Neste artigo, são estudadas narrativas coletivas no contexto das lutas socioambientais argentinas diante de inúmeros desastres ecológicos que geraram cerca de 95.000 deslocados, entre 2010 e 2020. A partir dos estudos descobre-se então que as conjunturas colonialistas tidas como desenvolvimentista corroboram em suas ações para o despejo e morte de povos e minorias sociais. Descrevendo as novas práticas do processo de territorialização e seu alto impacto ambiental, o autor ao investigar a mobilização social emancipatória, organizada como resistência contra tal processo evidencia que o Estado criminalizou essa luta, e que as ações sociais coletivas contribuem com a desterritorialização do agronegócio, a mega mineração metalúrgica e pedreira e o desenvolvimento imobiliário.

Estendendo a discussão, Soares et al. (2020) faz uma análise dos impactos ambientais, mas também dos impactos econômicos e sociais sofridos pelo desastre do derramamento de óleo no oceano da costa brasileira em 2019. Neste contexto destacam que as condições climáticas e as características socioeconômicas do local determinam a extensão dos efeitos do derramamento de petróleo, visto que frequentemente, países mais pobres e regiões subdesenvolvidos sofrem as mais severas e efeitos a longo prazo (como neste caso), devido à falta de gestão, medidas e estratégias de resposta e aplicação de políticas. Contribuindo desta maneira com o aumento da taxa de pobreza, efeitos psicológicos e o deslocamento de pessoas, tendo em vista a busca por oportunidades visto a maneira como o problema interferiu nas atividades e trabalho realizado pela comunidade afetada.

Adicionalmente, concluem que, o derramamento de óleo tem repercussões na saúde pública devido à contaminação das águas, sedimentos e frutos do mar, e

pode têm efeitos negativos a longo prazo sobre a segurança alimentar dos vulneráveis comunidades do nordeste do Brasil, que é uma das regiões mais pobres no país.

As externalidades em torno dos desastres ambientais não podem ser desconsideradas pelos diversos efeitos que causam no contexto social e ambiental em que o desastre acontece. Entendendo esta lógica, Greenberg (2018) menciona que os perigos e externalidades associados às indústrias extrativas bem como seus impactos nas comunidades devem ser considerados em estudos.

Este mesmo estudo, aponta que há uma relação entre a proximidade das regiões afetadas por atividades de extração mineral, desastres ambientais em decorrência dessas atividades e a taxa de pobreza da comunidade no entorno da localidade onde há riscos de desastres ambientais, confirmando por meio de estudo estatístico a hipótese de que há uma tendência de alteração socioespacial no contexto onde as atividades de extração de minerais são realizadas.

Os efeitos embora não possam ser remediados na sua essência, são alvos de mecanismos compensatórios aliando-se ao objetivo de sanar possíveis lacunas e impactos materiais causados pelos desastres ambientais. Nos achados, o estudo de Albert, Amaratunga & Haigh (2018) deixa claro em uma situação específica que esses mecanismos estão previstos e que há dificuldades em sua execução. O mecanismo acaba sendo falho, pois encontra objeções no tocante e algumas essencialidades para que esta política compensatória alcance de forma efetiva as comunidades atingidas pelos desastres ambientais, como por exemplo: (I) Problema na aplicação de leis – quando as agências reguladoras apresentam entendimento conflitantes no tocante à responsabilidade pelo monitoramento, resposta, mediação e detecção de incidências de derramamento de óleo. (II) Inconsistência de Políticas – as leis vigentes preconizam que as políticas ambientais devem ser voltadas para a promoção de um desenvolvimento econômico equilibrado, e impedidas de exploração de recursos humanos e naturais do mesmo ambiente, da terra e dos cursos d'água, o que não acontece esclarecendo que a inconsistência e as contradições políticas são fatores de contribuição para vários problemas ambientais e incapacidade humana no gerenciamento de recursos naturais. (III) Falta na transparência e na estruturação de compensações adequadas - Leva-se em consideração o contexto do desastre ambiental onde diferentes pessoas, estados e comunidades tendem a ser compensados de forma diferente, à vontade das empresas operacionais.

Muitas vezes nos desastres causados por derramamento de óleo, as empresas pagam compensações após décadas de impactos, protestos, longos atrasos e vários litígios, e às vezes indenizações nunca pagas, inexistindo uma estrutura para a compensação de derramamento de petróleo e poluição para as comunidades afetadas. A falta de transparência é observada quando não há um ato que demonstre todos os danos causados pelos desastres ambientais e inexistência de estrutura de compensação devido ao fato de que a comunidade afetada e seus membros têm de se envolver em batalhas legais com as indústrias e empresas responsáveis pela extração mineral para saber por quê, a quem e quando a compensação será paga, influenciando desta forma para uma insatisfação ambiental e social.

Na visão de Salvador et al. (2020), os impactos causados pelos desastres inerentes às atividades de mineração não foram suficientes para levar os governos e a sociedade a um sério debate sobre os riscos das atividades de mineração. Destacando que o processo de privatização por parte das agências responsáveis pela regulação das atividades suscita um visível conflito de interesse. Citam características que podem influenciar diretamente as consequências dos desastres bem como na interferência para que novos eventos acabem acontecendo como: a dependência econômica das atividades de mineração, o enfraquecimento da fiscalização e desmantelamento dos conselhos setoriais voltados à formulação e acompanhamento destas atividades, a título de exemplo o Conselho Nacional de Meio Ambiente, no contexto brasileiro, inércia por parte dos responsáveis do poder executivo e o relaxamento do licenciamento ambiental que permitem a execução destas atividades.

Maia, Silva & Jordão (2020), avaliam juridicamente o impacto no aumento dos desastres ambientais a partir dos problemas relacionados ao licenciamento ambiental, alinhando que a mineração tem um dos níveis mais baixos de compromisso social e ambiental, sendo um dos ramos da economia industrial em que são muito mais buscados os lucros imediatos do que os interesses da sociedade, sendo considerada uma atividade onde as alterações das condições do ambiente realizadas pela mineração modificam a paisagem e degradam áreas extensas, cuja recuperação é bastante difícil, devido à degradação do solo, das águas e da vegetação. Observando que toda a área ao redor do empreendimento minerador é impactada e modificada, e os danos causados às áreas onde existem empreendimentos voltados à atividade minerária, muitas vezes, são irreversíveis.

Para sanar estes impactos Salvador et al. (2020) destaca sobre a necessidade de um caminho em que o meio ambiente é tão importante quanto a economia, visto que em alguns casos a economia prevalece sobre o meio ambiente, com a redução dos custos operacionais das empresas mineradoras, provocando desta forma impactos socioambientais. Ressaltam ainda a importância da discussão das limitações do método real de licenciamento e monitoramento das atividades potencialmente poluidoras, que é financiado e conduzido pela própria empresa, demandando aos governos aplicação de diretrizes que permite a conservação dos biomas como política pública, o que pode ajudar a planejamento antes do início do processo de licenciamento. Sugerem a criação de um banco de dados de informações fornecidas por empresas sobre monitoramento ambiental e quebra das regras de confidencialidade, facilitando a definição de uma metodologia padronizada, facilitando a implementação de um antes e depois bem como um protocolo de controle de impacto, corroborando com a equipagem das agências que fazem a inspeção na vigilância.

3. DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Nesta seção o percurso metodológico vislumbrado para o alcance do objetivo da pesquisa é detalhado, por meio da apresentação do lócus da pesquisa bem como da forma como serão coletados e analisados os dados obtidos para a consecução do estudo.

3.1 Caregorização da Pesquisa

Considerando os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa em tela, esta classifica-se como uma pesquisa qualitativa pois,

considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Esta não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. Tal pesquisa é descritiva. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem (PRODANOV; FREITAS, 2013, P. 70).

Desta maneira, foi realizada uma análise situacional a partir dos impactos ambientais sofridos pelos cinco bairros afetados pela subsidência proveniente da extração de sal-gema, no município de Maceió, visando estabelecer recomendações e propostas que direcionem os formuladores de políticas públicas na propositura de ações que apoiem os impactados pelo desastre ambiental em suas perspectivas econômicas e sociais.

Do ponto de vista de seus objetivos a pesquisa configura-se como descritiva tendo em vista que esta modalidade de pesquisa,

observa, registra, analisa e ordena dados, sem manipulá-los, isto é, sem interferência do pesquisador. Procura descobrir a frequência com que um fato ocorre, sua natureza, suas características, causas, relações com outros fatos. Assim, para coletar tais dados, utiliza-se de técnicas específicas, dentre as quais se destacam a entrevista, o formulário, o questionário, o teste e a observação (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 52)

3.2 Coleta e análise dos dados

Uma parte coleta de dados foi feita a partir de dados secundários, por meio dos documentos e relatórios emitidos pelos órgãos competentes tendo em vista a mensuração dos danos e impactos do desastre ambiental considerando a rede de relações existentes nesse cenário, momento em que foi aplicado o procedimento de análise documental. O *corpus* da pesquisa será definido a partir das materialidades expostas na Tabela 8.

Tabela 8 – Documentos analisados

Material analisado	Autoria(s)	Ano(s)	Objetivo
Estudos sobre a instabilidade do terreno nos bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro, Maceió (AL), V. 1	Serviço Geológico do Brasil (CPRM)	2019	Construção do Perfil/Diagnóstico Socioambiental
Caso Pinheiro/Braskem, Portal eletrônico.	Ministério Público Federal (MPF)	2021	Acompanhamento das ações realizadas

Programa de Compensação Financeira e Apoio à Realocação	Braskem	2022	Acompanhamento das ações realizadas
Termos de Cooperação, Aditivos e Resoluções	Braskem, Ministério Público Federal, Ministério Público Estadual, Defensoria Pública da União. Defensoria Pública do Estado de Alagoas e Ministério Público do Trabalho	2019/2022	Acompanhamento das ações realizadas
Plano de Ações Sociourbanísticas	Diagonal	2021	Acompanhamento das ações realizadas/Identificação de oportunidades
Estudo de Impactos Ambientais (EIA)	TEMIS/NEMUS	2022	Construção do Perfil/Diagnóstico Socioambiental
Plano Ambiental	Tetra Tech	2022	Construção do Perfil/Diagnóstico Socioambiental
Avaliação do impacto econômico-financeiro ao Estado de Alagoas ocasionado pelo afundamento de bairros	Finance	2023	Avaliação do impacto econômico-financeiro ao Estado de Alagoas ocasionado pelo afundamento de bairros

Fonte: Autor (2023)

Os dados extraídos dos documentos foram definidos a partir de uma matriz de impactos que permite analisar quais as dimensões e consequências destes impactos no tocante às categorias pré-estabelecidas.

Tabela 9 – Definição constitutiva e operacional das variáveis analisadas

Categoria do Impacto	Definição	Definição Operacional
-----------------------------	------------------	------------------------------

Constitutiva (Autores)		
Impacto Ambiental (Meio Físico)	Teixeira et al. (2020)	Impactos ambientais e espaciais sofridos na região em relação ao contexto físico
Impacto Ambiental (Meio Biotico)	Guimarães et al. (2014)	Quais os impactos sofridos no contexto biótico da região afetada
Impacto Social (Meio Antrópico)	Carroll (2022); Guimarães et al. (2014); Teixeira et al. (2022)	Quais os impactos sociais sofridos pelos indivíduos afetados pelo desastre ambiental

Fonte: Autor (2022)

A partir da extração do conteúdo foi realizada uma análise documental, com técnicas usuais da análise de impactos ambientais, recaindo desta forma à análise em questão a utilização de multimodos para mensuração do impacto causado pelo desastre ambiental no contexto físico, biótico e antrópico.

Para mensuração dos impactos, definiu-se a utilização dos métodos Checklist (i); Matriz de interações (ii) e Delphi (iii) para levantamento, delineamento e validação consecutivamente da mensuração de impacto almejada no estudo.

A aplicação do Checklist permite o levantamento de impactos em determinados projetos que podem assumir um certo grau de influência e risco, no contexto do Estudo de Impacto Ambiental. Segundo Carvalho e Lima (2010) a metodologia é comumente utilizada em situações com escassez de dados e quando a avaliação deve ser disponibilizada em um curto espaço de tempo.

Continuamente utilizou-se da Matriz de Interações para suprir as falhas ocasionadas pela subjetividade do método anterior, optando-se pela Matriz de Leopold que foi elaborada em 1971, para avaliar os impactos associados a todos os tipos de implantação de projetos (BEHELLI, 2010), atrelando-se ao teor qualitativo da análise de impactos. De forma complementar também foram mensuradas Magnitude e Importância dos critérios estabelecidos para análise do impacto ambiental.

Considerando que a Magnitude determina a significância dos impactos (Guimarães, 2014) a Importância surge para corrigir os efeitos da subjetividade imposta pelos graus observados na magnitude. Sendo assim, optou-se pela utilização do Método Delphi que tem como prerrogativa o julgamento por parte de especialistas sobre determinada questão. Para alcance destes dados, foram apresentados a 12 especialistas no tema discutido todos os pontos levantados para análise de impacto, e sugeriu-se a atribuição do grau de importância destes impactos em uma escala de 0 a 8.

Os especialistas consultados atuam em diversos órgãos ligados à atuação no desastre ou com algum conhecimento voltada à área de estudo socioambiental quais sejam: Professores universitários, Defensor Público, Técnico Judiciário, Técnico da Defesa Civil, Representante da Federação de Comerciantes em Alagoas. Destes, 50% atuam há mais de 20 anos em suas respectivas funções, 41,7% atuam entre 10 e 20 anos, enquanto 8,3% atuam há menos de 10 anos.

A partir da média aritmética obtida entre magnitude e importância, resultou-se no atributo que é o peso consolidado ao critério no contexto quantitativo da mensuração de impacto observada. O questionário aplicado obteve aprovação por parte do Comitê de Ética em Pesquisa e está registrado sob nº 69973323.4.0000.5013.

3.3 Lócus da pesquisa

Em 2018, o Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM foi acionado para auxiliar nas atividades de pesquisa que pudessem levar ao entendimento das causas do fenômeno responsável por danos gerados a imóveis e vias públicas localizadas no bairro do Pinheiro, logo após intensos eventos pluviométricos e em decorrência do registro de um abalo sísmico de magnitude 2.4 na escala Richter ocorrido no dia 03 de março de 2018 (CPRM, 2019).

Desta forma, foram realizados pelo Serviço Geológico do Brasil, nos dias 12 e 13 de março de 2018, reuniões nas áreas que foram afetadas pelo fenômeno que estava em vias de investigação, ocasião que foi possível realizar uma audiência para constituição do grupo de trabalho composto pela Prefeitura Municipal de Maceió, Serviço Geológico do Brasil, Agência Nacional de Mineração, Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CENAD-MI e Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN (CPRM, 2019)

Após definição do grupo de trabalho foram definidos metas e objetivos do plano de trabalho visando a investigação e diagnóstico da instabilidade do terreno do bairro Pinheiro, por meio de visita ao local afetado, além de trabalhos específicos do Serviço Geológico do Brasil que dentre sua finalidade apresentava a de:

“Identificar as principais características e áreas de influência do processo de instabilidade do terreno do Bairro Pinheiro; Identificar áreas de maior intensidade das feições de instabilidade; Apoiar as ações da Defesa Civil Municipal; Apontar as áreas prioritárias para avaliação da equipe de engenharia sobre as condições estruturais das edificações; Subsidiar a elaboração do Plano de Contingência; e subsidiar a escolha e locação das futuras investigações”. (CPRM, 2019, p. 06)

A partir das investigações e dos métodos adotados pelo SGB, foi possível mapear, e classificar a intensidade das evidências, como no caso das trincas e fissuras ocasionadas pelo problema. A figura 14 destaca o mapeamento das trincas feito pelo grupo de trabalho como forma de subsidiar as pesquisas e métodos investigativos acerca da alteração geológica do bairro do pinheiro.

Figura 14 – Mapeamento das evidências



Fonte: CPRM (2019)

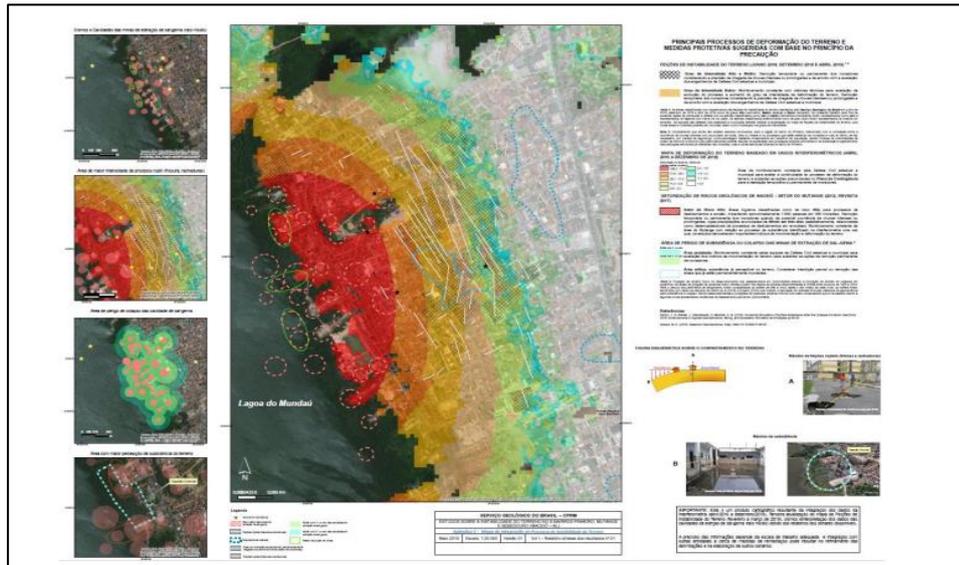
Por meio dos estudos realizados pelo CPRM, foi realizada a identificação, caracterização e cartografia das principais feições produzidas pelo processo de instabilidade do terreno, ação que ocasionou dentre outras descobertas,

a presença de três zonas distintas na área afetada de acordo com a intensidade de atingimento, dado pela quantidade, abertura e persistência das trincas e rachaduras mapeadas; b. as três zonas foram distinguidas em alto, médio e baixo grau de intensidade; c. áreas com alto grau de intensidade de feições de instabilização, direção que coincide com a fenda que surgiu em

2010 no condomínio Jardim Acácia. Há ainda várias trincas secundárias; d. médio grau de intensidade de feições de instabilização do terreno: fissuras e trincas com direção principal. As fissuras e Estudos sobre a instabilidade do terreno nos bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro, Maceió (AL) Relatório Síntese dos resultados n°1 15 trincas estão presentes nas paredes e muros, apresentam persistência de mais de 1 metro de comprimento e abertura milimétrica; e. baixo grau de intensidade de feições de instabilização do terreno. As fissuras e trincas verticais presentes nos muros e paredes, normalmente são coincidentes nos dois lados da rua e se repetem em faixa de aproximadamente 50 metros ao longo dos quarteirões. Apresentam persistência maior que 1 metro e abertura milimétrica; f. em comparação ao mapeamento realizado em setembro de 2018, foram observadas novas áreas com sinais de instabilidade do terreno (deformações em imóveis); g. conforme depoimentos colhidos dos moradores locais e relatos da própria Defesa Civil Municipal, a existência de instabilidade no terreno do bairro Pinheiro é muito anterior ao abalo sísmico ocorrido no dia 3 de março de 2018, com relatos de ocorrência de trincas nas edificações há mais de 10 anos, o que aponta para deformação ativa (CPRM, 2019).

Após estas evidências foi possível identificar por nível os índices de intensidade de instabilização, sintetizado a partir de então as medidas cabíveis, bem como as adjacências abrangidas pela ocorrência, conforme demonstrado na figura 15, que estabelece por zonas de intensidade o grau de subsidência do solo nos bairros afetados, originalmente constatado no bairro do Pinheiro e após as investigações expondo os demais bairros alcançados pela instabilidade do solo.

Figura 15 – Aspecto do mapa de integração dos processos de instabilidade do terreno



Fonte: CPRM (2019)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos documentos analisados é possível identificar alguns efeitos gerados pela subsidência nos bairros. Este capítulo busca analisar, particularmente, os danos socioambientais relacionados ao desastre bem como as possibilidades e oportunidades percebidas a partir do cenário evidenciado.

4.1 Perfil e Diagnóstico socioambiental das áreas afetadas

Conforme discutido por Bitar (1997) a atividade mineradora promove uma série de efeitos indesejados no ambiente em que consolida sua ação. Dentro destes efeitos, encontram-se alguns impactos que são considerados de grande relevância, tais como: alterações ambientais, conflitos de uso do solo, depreciação de imóveis circunvizinhos, geração de áreas degradadas e transtornos no tráfego urbano.

4.1.1 Físico/Biótico

Sob a perspectiva dos impactos ambientais, a partir do diagnóstico ambiental do meio físico, o Estudo de Impacto Ambiental realizado por empresa especializada, com o objetivo de suportar as atividades de demolição e de apoio a serem desenvolvidas na área do Mapa de Linhas de Ação Prioritárias emitido pela Defesa Civil Municipal em dezembro de 2020, oriundo do Termo de Acordo no qual são partes

a Braskem, Ministério Público Federal e Ministério Público Estadual na qualidade de interveniente, infere que,

No município de Maceió é bem evidente a expansão urbana de forma irregular sob terrenos pouco favoráveis do ponto de vista geotécnico (formações detríticas arenosas pouco consolidadas com intercalações de níveis argilosos), com particular destaque para a ocupação das encostas declivosas ($>15^\circ$) que fazem a transição da zona tabular para a Lagoa de Mundaú. (EIA, 2022)

Identificam neste relatório que existem regiões no município de Maceió que devido a processos erosivos e a recorrência de escorregamentos em terrenos sedimentares, apresentam uma certa suscetibilidade a desastres ambientais. Alguns cenários corroboram para estes episódios como: ocupação intensa dos terrenos com essa suscetibilidade, problemas de saneamento básico, desmatamento e depósitos de lixo.

Ainda conforme Diagnóstico Sociourbanístico, os territórios de Maceió apresentam como características “padrões de relevo contrastantes, que variam de tabuleiros preservados, vales encaixados e rebordos erosivos íngremes e de maior instabilidade, a movimentos de massa, que expressam as diferenças da intensidade de dissecação e da densidade da rede de drenagem sobre sedimentos da Formação Barreiras” (DIAGONAL, 2021, p. 371).

Apresentam também como características a supressão da Mata Atlântica original que deu lugar ao processo de ocupação urbana e como consequência a impermeabilização do solo de forma descontrolada, vegetação que caracteriza ecossistema manguezal no entorno da Lagoa Mundaú que exerce funções ambientais e que foram potencialmente afetadas (DIAGONAL, 2021).

Figura 16 – Caracterização das unidades de paisagem



Fonte: Diagonal (2021)

No tocante às características estruturais o Estudo de Impacto Ambiental orientado às demolições previstas do Termo de Cooperação evidencia a partir de um mapa suas principais características, de acordo com a Figura 17.

Figura 17 – Setorização das zonas impactadas



Fonte: Braskem, 2022

Segundo o mesmo estudo, as respectivas zonas são compreendidas por complexidades próprias de cada setor, sendo definidas da seguinte forma: Área B1: composta por edificações construídas em alvenaria singela e fundação superficial em

sapatas corridas com travamento em concreto armado; ZEP: Zona Especial de Preservação Cultural, sendo uma área de interesse cultural sendo cabível à essa área autorização precedente ao processo de demolição das construções do entorno; Área B2: Semelhante à B1; B3: Semelhante à B1 com existência de edificações com até 4 pavimentos; M1: Edificações de interesse histórico que não são objeto de demolição devido à proteção legal, bem como edificações semelhantes à área B1 passíveis às demolições; M2: Edificações construídas com tijolos cerâmicos e fundação em alvenaria (essa área bem como a M1 foi demolida em caráter emergencial após Autorização Ambiental); P1, P2, P3, F1 e BP1: Condições semelhantes à área B1 (TEMIS, 2022)

4.1.2 Meio socioeconômico

Após realização da caracterização do meio físico e biótico da região afetada, esta seção evidencia o perfil socioeconômico da região atingida pela subsidência do solo. Na Tabela 10, está detalhada a quantidade de espaços públicos afetados em decorrência do afundamento do solo e suas consequências socioeconômicas.

Tabela 10 – Quantidade de equipamentos/espaços afetados pelo desastre

Espaços afetados/Bairro	Pinheiro	Bebedouro	Mutange	Bom Parto
Unidades escolares	3	4	4	4
Unidades de saúde	9	25		6
Associações, Igrejas, Entidades da Sociedade Civil	12	21	2	7
Serviços de Assistência Social		1		
Praças e equipamentos de lazer	6	2	1	1
Órgãos Públicos		1	1	
Empreendimentos	12	Mapeados sem precisão	6	65
Linhas de Ônibus	5	6		6

Fonte: Adaptado de Diagonal (2021)

Algumas considerações são necessárias, para uma compreensão efetiva das consequências sofridas no entorno da região. No tocante ao serviço de assistência social, era um serviço inexistente no bairro do Pinheiro e passou a ser oferecido pela prefeitura por meio do centro de acolhimento das vítimas do desastre em maio de 2021. Além dos empreendimentos de grande porte, uma gama de negócios era desenvolvida nas regiões afetadas tais como: materiais de construção, confecção/artesanato, utilidades do lar, religiosos, pet, alimentos, bebidas, manutenção em geral, tecnologia e outros.

No tocante ao perfil populacional da região, segundo o EIA (2022) em relação à região diretamente afetada pelo desastre verifica-se um total de 78. 583, ou seja, 7,63% da população de Maceió.

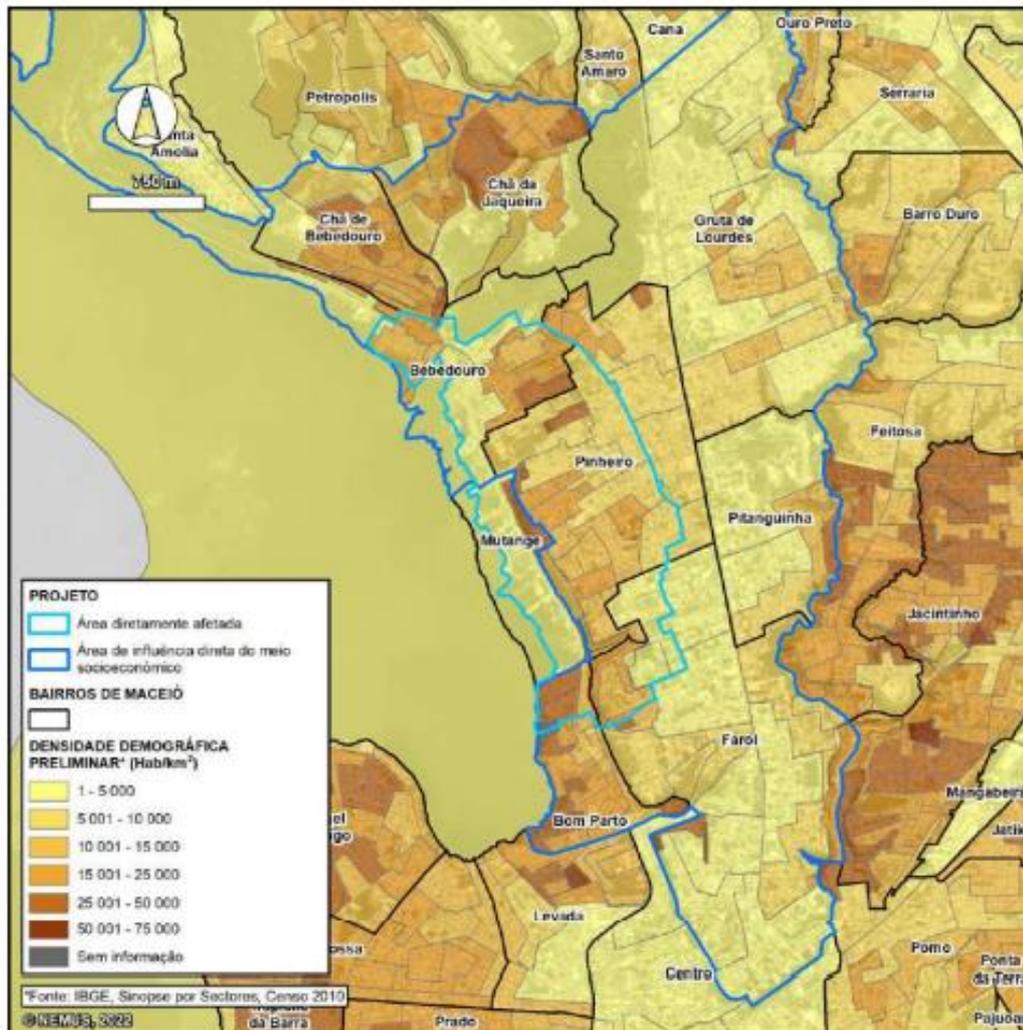
Tabela 11 – População dos bairros afetados pelo desastre

Bairros	População			Taxa de Crescimento	
	2000	2010	2020	2000-2010	2010-2020
Bebedouro	1259	1314	1376	0,43%	0,46%
Bom Parto	8284	8344	8387	0,07%	0,05%
Farol	12127	14346	15925	1,69%	1,05%
Pinheiro	5189	5981	6544	1,43%	0,90%

Fonte: Diagonal (2021)

Neste contexto, observa-se ainda uma concentração de pessoas em alguns bairros diretamente afetados bem como em seu entorno, conforme figura 18.

Figura 18 – Densidade demográfica dos bairros



Fonte: Nemus, 2022; IBGE, 2010

A partir do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) de Maceió, existem determinadas áreas que são categorizadas como Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS). Estas zonas são determinadas tendo como referência a condição socioeconômica dos domicílios e famílias. E de acordo com o PDDU são consideradas:

I. famílias em situação de miséria absoluta, residentes em assentamentos precários, em unidades sujeitas à desocupação ou sem condições de habitabilidade, incapazes de arcar com quaisquer ônus financeiros com a moradia; II. famílias cujas capacidades aquisitivas possibilitam arcar com um dispêndio irregular e insuficiente com a moradia, que sem subsídios permite residência apenas em assentamentos precários; e, por fim, III. famílias residentes ou não em assentamentos precários cujas capacidades aquisitivas possibilitam arcar com um dispêndio regular com a moradia, por meio de financiamentos especiais, menos onerosos que os praticados no setor privado (MACEIÓ, 2005)

A conceituação apresentada pelo PDDU, que identifica as ZEIS como áreas vulneráveis, com condições de vida e infraestrutura insatisfatória lançam luz ao

entendimento de que os impactos sofridos pelo desastre interagem de maneira contundente com a condição pré-existente, causando uma maior significância nos efeitos sofridos por esta população em especial.

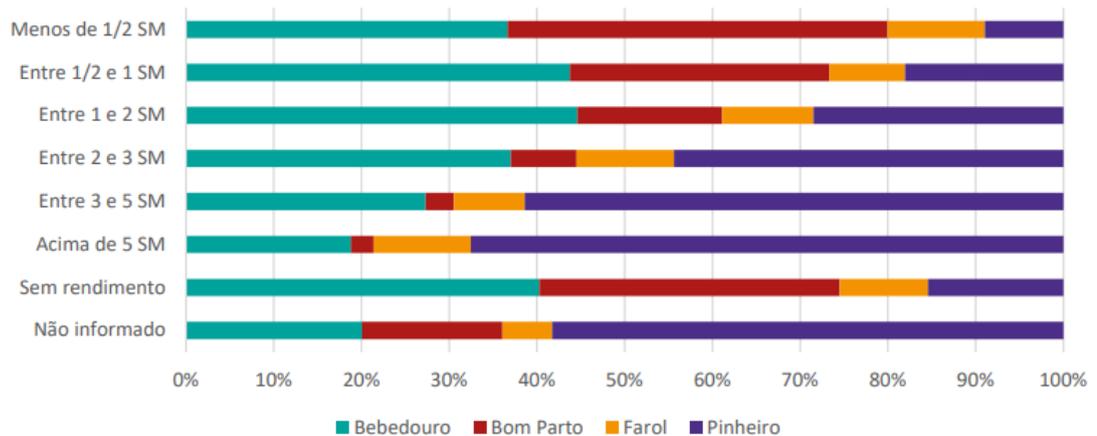
O perfil socioeconômico é caracterizado por diferenças dentre os bairros afetados, onde o bairro do Pinheiro em sua maioria apresentava um perfil socioeconômico de classe média alta, em que pese a existência de pessoas em situação de rua na região. O bebedouro é caracterizado como um bairro periférico, possuindo sua economia baseada em pequenos negócios (feiras-livres e comércio familiar domiciliar). O mutange, caracterizado como um bairro residencial, apresentando um predomínio de população com baixo poder aquisitivo e comércio voltado para as necessidades básicas da comunidade local. Suas moradias são frutos da ocupação irregular em sua encosta. Apesar da infraestrutura precária da área, decorrente das ocupações das encostas, estando localizado próximo a bairros bem servidos em relação a transporte público e outros serviços essenciais, é considerado um bairro com localização favorável quando comparado a outras ocupações de população com uma renda baixa. A população do bairro do bom parto é considerada uma população de baixa renda que sofre com a pouca infraestrutura sanitária (Fonseca, 2021)

Uma compreensão apurada sobre o contexto socioeconômico também foi possível a partir dos achados do Plano de Ações Sociourbanísticas que averiguou dentre outras características os dados relativos aos aspectos econômicos dos moradores, quando identifica que nos bairros afetados,

a faixa de renda com maior representatividade entre as famílias realocadas (19%) era entre um e dois salários-mínimos (SM, cujo valor vigente em 2021 é de R\$ 1.100,00), seguida por renda entre meio e um salário-mínimo (18%). Considerando o grupo cujo rendimento familiar é acima de cinco salários-mínimos, o bairro que tem maior representatividade é Pinheiro (Diagonal, 2021).

Esta característica é complementada por meio da Figura 19, que relaciona e ilustra este dado voltado à compreensão do perfil socioeconômico da região afetada.

Figura 19 – Perfil socioeconômico da região afetada



Fonte: Diagonal (2021)

Aspecto de mesmo teor é apreciado quando convencionada a situação ocupacional dos moradores dos bairros atingidos pelo desastre ambiental, conforme destacado na Tabela 12.

Tabela 12 – Situação ocupacional por bairro

Situação Ocupacional	Bebedouro	Bom Parto	Farol	Pinheiro	Total
Assalariado Setor Privado	19,69	15,21	19,49	16,64	17,70
Assalariado Setor Público	5,18	1,26	7,18	13,54	8,39
Autônomo	25,29	36,08	25,35	19,52	24,35
Aposentado/ Pensionista	17,06	10,02	19,27	20,22	17,63
Estudante	7,96	12,20	7,11	12,26	10,42
Em busca de emprego	7,98	5,47	7,03	4,30	5,91
Proprietário de negócio	2,19	0,34	2,42	1,39	1,58
Inativo	2,76	2,257	0,88	5,01	3,55
Outros	7,90	10,80	6,52	3,97	6,48
Não consta	3,97	6,05	4,76	3,15	3,98
Total	100	100	100	100	100

Fonte: Diagonal (2021)

Destaca-se o maior índice de profissionais em ocupação “Autônoma” seguido por trabalhadores do setor privado e aposentados/pensionistas. Este achado que indica uma participação preponderante de aposentados entre a população afetada, acompanha indicadores de índice de envelhecimento e também da considerável população de idosos no contexto investigado (NEMUS, 2022; Diagonal, 2021).

Os dados relativos à escolaridade da população afetada são identificados a partir da tabela 13. Nela os níveis de escolaridade são atribuídos aos bairros a partir de sua porcentagem.

Tabela 13 – Escolaridade dos moradores dos bairros afetados

Escolaridade	Bebedouro	Bom Parto	Farol	Mutange	Pinheiro	Total
Educação Infantil	1,59	2,32	0,95	3,29	1,12	1,52
Fundamental Incompleto	24,92	38,84	20,51	22,37	10,09	20,04
Fundamental Completo	4,12	3,92	2,12	7,89	3,20	3,5
Ensino Médio Incompleto	12,14	12,45	10,18	9,87	6,90	9,72
Ensino Médio Completo	35,08	24,94	35,90	37,50	27,07	30,30
Ensino Superior Incompleto	5,46	1,94	7,11	6,58	11,71	7,82
Ensino Superior Completo	8,90	2,18	13,70	7,24	30,30	17,62
Pós-graduação	1,02	0,44	1,68	0,66	5,31	2,85
Nunca estudou	5,27	10,02	5,27	1,97	2,60	4,75
Não consta	1,51	2,95	2,56	2,63	1,53	1,83
Total	100	100	100	100	100	100

Fonte: Diagonal (2021)

Respectivamente os níveis escolares mais consolidados são: Ensino Médio Completo, Fundamental Incompleto e Ensino Superior Completo. As estimativas educacionais importam para a discussão visto que o perfil sociodemográfico da região sugestiona os impactos em maior ou menor escala a partir dos cenários sociais encontrados.

Além dos dados educacionais, também foi considerado o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), visto que este instrumento é válido para mensuração do desenvolvimento da renda, educação e saúde de determinada localidade e considerando que os riscos e vulnerabilidades são importantes para traçar o cenário em que os impactos são estudados.

Tabela 14 – IDH dos bairros afetados

Bairro	Microterritórios	IDH
Pinheiro	Pitanguinha	0,900
	Jardim Acácia	0,838
	Parque Farol	0,838
	Coronel Lima Rocha	0,724
	Alto do Céu	0,683
	Sanatório	0,649
	Encostas Mutange	0,609

	Jardim Alagoas	0,604
Bom Parto	Bom Parto	0,724
Mutange/Bom Parto	Cambona	0,630
	Bom Conselho	0,756
Bebedouro	Vale do Silva	0,676
	Bebedouro	0,595

Fonte: PNUD Brasil (2021)

Observa-se que existem discrepâncias entre os microterritórios dos bairros, heterogeneidades estas que apontam para as desigualdades intraurbanas demandando a identificação de uma perspectiva multifocal no entendimento acerca dos impactos ocasionados contra esta população.

4.2. Impactos socioambientais

Para mensuração dos impactos socioambientais decorrentes da atividade de extração mineral, foram elencados alguns métodos capazes de conduzir à abordagem proposta.

A partir do Checklist é possível a realização da identificação e enumeração dos impactos tomando como base no diagnóstico ambiental feito por especialistas que atribuem estes impactos aos meios físico, biótico e socioeconômico.

Tabela 15 – Checklist dos impactos identificados

Ação	Aspecto (causa)	Impacto Ambiental (Primário)
Mineração de Sal-gema	Superexploração do recurso mineral	Erosão do solo
		Evacuação/Remoção/Migração do patrimônio público e privado
		Alteração da qualidade do solo
		Alteração da qualidade do lençol freático
		Alteração do microclima
		Alteração da qualidade do ar
		Eventos Sísmicos
		Diminuição da biodiversidade
		Diminuição da renda familiar
Mudança na Paisagem		Aumento da infiltração de águas (pluviais e fluviais)
		Assoreamento na laguna de Mundaú

	<p>Precarização Territorial</p> <p>Afugentamento de Espécies</p> <p>Diminuição da biodiversidade</p> <p>Desocupação voluntária e/ou de perigo eminente</p> <p>Paisagem de destruição</p> <p>Apagamento da história e tradições locais</p>
Desocupação populacional e empresarial	<p>Regeneração do solo e da biodiversidade</p> <p>Diminuição da atividade pesqueira</p>
Geração de Resíduos decorrente da desocupação	<p>Falta de prestação de serviços públicos em limpeza urbana</p>
Evacuação sem planejamento	<p>Furtos e depredação do patrimônio</p> <p>Especulação Imobiliária</p> <p>Pressão Demográfica</p> <p>Precarização Territorial</p> <p>Alterações na dinâmica do município</p> <p>Acentuação de desafios relacionados à reciclagem e economia circular</p>
Migração Populacional	<p>Doenças físicas</p> <p>Doenças Emocionais</p> <p>Dificuldade de acesso à nova moradia</p> <p>Pressão sobre a malha viária nas adjacências</p> <p>Especulação Imobiliária</p> <p>Instabilidade na composição da renda familiar</p> <p>Sobrecarga nos serviços de saúde</p> <p>Aumento na heterogeneidade do nível de cobertura em saúde</p> <p>Sobrecarga nos serviços da Rede de Atenção Psicossocial (RAPS)</p> <p>Fragilidade e Ausência nos instrumentos de gestão de risco</p> <p>Impacto nas condições de acesso à creche</p> <p>Pressão sobre a rede escolar</p> <p>Fragilidades emocionais e laborais entre alunos e profissionais de ensino</p> <p>Dificuldade no atingimento de metas educacionais (finais de ensino fundamental/médio)</p> <p>Impacto no acesso ao atendimento e aos serviços da</p>

	<p>Rede de Atendimento à Primeira Infância</p> <p>Agravamento da prestação de serviços relacionados ao Sistema Único da Assistência Social</p> <p>Ruptura dos Vínculos Comunitários e Sociais no atendimento à população idosa</p> <p>Alteração no espaço urbano e consequente percepção de falta de segurança pública</p> <p>Agravamento da falta de segurança pública decorrente da desatualização do Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) e ausência do Plano Municipal de Segurança Urbana (PMSU)</p> <p>Ruptura de vínculos sociais e afetivos</p> <p>Impacto no acesso a trabalho e renda</p> <p>Destaque de áreas densas, e consequentes condições mais críticas de vulnerabilidade social e de violência;</p> <p>Diminuição na oferta de infraestrutura e de acesso a equipamentos urbanos.</p> <p>Impacto na integração social por inibição de sentimento de pertencimento da população realocada</p> <p>Agravamento de fragilidades ambientais</p> <p>Impacto na conservação de práticas culturais</p> <p>Escassez de equipamentos de cultura, esporte e lazer</p> <p>Apagamento da memória local</p> <p>Impactos nos aspectos identitários e culturais (materiais e imateriais)</p>
Migração Comercial	<p>Perda de clientes e dificuldades de lidar com as alterações da dinâmica dos negócios</p> <p>Encerramento de empresas familiares e/ou tradicionais</p> <p>Realocamento das atividades econômicas e fechamento do mercado do bebedouro</p> <p>Aumento do comércio informal</p>

Fonte: Adaptado de Fonseca (2021).

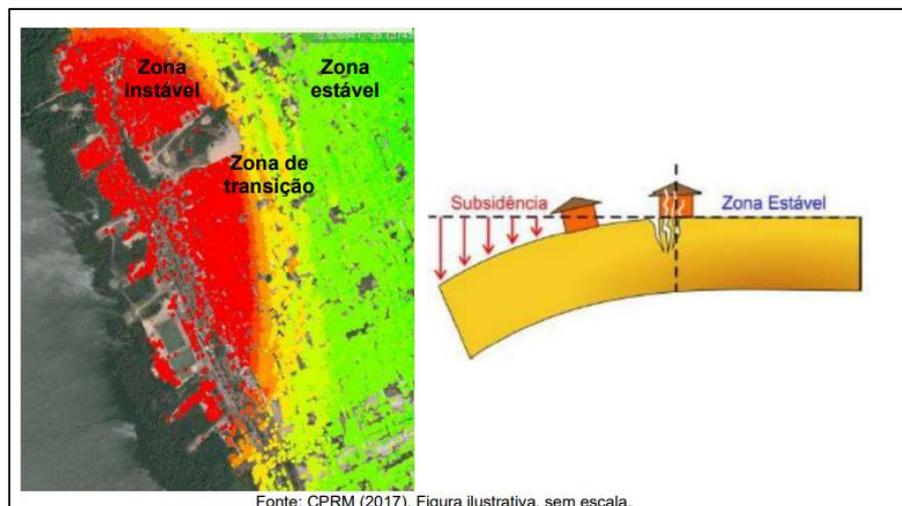
Tendo em vista as condições técnicas demandadas pelo perfil da investigação, para definição dos critérios, utilizou-se os achados nos documentos técnicos para o suporte necessário à inferência do impacto socioambiental pré-definido no checklist.

Os aspectos físicos relacionados aos impactos ambientais, vão desde a identificação de erosão do solo, alteração na qualidade do solo e do lençol freático, alteração do microclima entre outros.

Em 2017, foi delineada pelo CPRM por meio de um levantamento, as áreas de risco do primeiro bairro afetado, o Mutange. Foi determinado um grau de risco de evolução natural das encostas, com um potencial alcance e interferência em aproximadamente 450 imóveis, o que corresponde a uma população de 1800 pessoas.

Dando continuidade ao diagnóstico, o mesmo serviço geológico, por meio de uma série de estudos geotécnicos, no tocante a instabilidade do terreno nos Bairros do Pinheiro, Mutange e Bebedouro identificou uma área instável adjacente à Lagoa de Mundaú, que contacta com uma área, mais interior, estável, sendo que na transição entre ambas ocorreram quebramentos em edificações e vias públicas (CPRM, 2017; 2019)

Figura 20 – Mapeamento das zonas de subsidência



O relatório do CPRM indica ainda que existe uma relação entre duas hipóteses do estudo que capitaneou evidências para a indicação das atividades de mineração como responsáveis pela subsidência do solo na região, quando determina que há uma correlação entre as falhas tectônicas que ocorrem nos bairros do Mutange e Bebedouro, e a localização das minas de sal, que resulta em uma compreensão sobre como o processo de mineração

foi capaz de interferir diretamente na trama estrutural pré existente na região e favoreceu a reativação das estruturas.

Após aplicação do check-list, foi realizado por meio do método de Matriz de Interação, a análise dos impactos por meio de medidas qualitativas (critérios) e quantitativas (magnitude e importância), ambas análises estão apresentadas nas Tabelas 16 e 17.

Tabela 16 - Medidas Quantitativas dos Impactos Socioambientais

	Magnitude	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E1 0	E1 1	E1 2	Importância	Atributo
Erosão do solo	8	7	2	8	7	7	6	8	8	7	5	7	4	6,33	7,17
Evacuação/Remoção/Migração do patrimônio público e privado	8	7	7	8	7	7	6	7	7	7	7	7	6	6,92	7,46
Alteração da qualidade do solo	5	7	2	8	7	7	6	8	8	7	5	7	4	6,33	5,67
Diminuição da renda familiar	6	5	8	8	7	7	4	7	6	8	7	7	7	6,75	6,38
Aumento do processo erosivo	6	7	2	8	7	7	6	8	8	7	5	7	4	6,33	6,17
Apagamento da história e tradições locais	8	7	8	8	7	7	6	7	5	8	6	7	7	6,92	7,46
Furtos e depredação do patrimônio	7	4	7	8	7	6	5	7	6	6	5	6	7	6,17	6,58
Doenças Emocionais	7	6	8	8	7	7	6	7	7	8	7	7	7	7,08	7,04
Dificuldade de acesso à nova moradia	6	7	7	8	7	7	6	7	7	7	7	7	6	6,92	6,46
Pressão sobre a malha viária nas	7	7	7	8	7	8	6	6	8	8	7	7	7	7,17	7,08

adjacências

Instabilidade na composição da renda familiar	5	5	8	8	7	7	4	7	6	8	7	7	7	6,75	5,88
Sobrecarga na prestação de serviço de equipamentos públicos	8	7	7	8	7	7	4	7	7	8	5	7	7	6,75	7,38
Alteração no espaço urbano e consequente percepção de falta de segurança pública	7	4	7	8	7	6	5	7	6	6	5	6	7	6,17	6,58
Agravamento da falta de segurança pública decorrente da desatualização do Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) e ausência do Plano Municipal de Segurança Urbana (PMSU)	7	4	7	8	7	6	5	7	6	6	5	6	7	6,17	6,58
Ruptura de vínculos sociais e afetivos	7	6	8	8	7	7	6	7	7	8	7	7	7	7,08	7,04
Impacto no acesso a trabalho e renda	7	5	8	8	7	7	4	7	6	8	7	7	7	6,75	6,88
Diminuição na oferta de infraestrutura e de acesso a equipamentos urbanos.	8	6	8	8	7	7	6	8	6	8	8	7	7	7,17	7,58
Impacto na integração social por inibição de sentimento de pertencimento da população realocada	5	6	8	8	7	7	6	7	7	8	7	7	7	7,08	6,04
Impacto na conservação de práticas culturais	7	7	8	8	7	8	6	8	6	8	7	7	7	7,25	7,13

Escassez de equipamentos de cultura, esporte e lazer	7	6	8	8	7	7	6	8	6	8	8	7	7	7,17	7,08
Apagamento da memória local	7	7	8	8	7	7	6	7	5	8	6	7	7	6,92	6,96
Impactos nos aspectos identitários e culturais (imaterial)	8	7	8	8	7	8	6	8	6	8	7	7	7	7,25	7,63
Impactos nos aspectos identitários e culturais (material)	8	7	8	8	7	8	6	8	6	8	5	6	7	7,00	7,50
Perda de faturamento de comerciantes locais	7	6	8	8	7	8	6	6	8	8	8	7	7	7,25	7,13
Perda de faturamento de comerciantes do entorno	4	6	8	8	7	7	6	6	7	8	6	6	7	6,83	5,42
Bem-estar animal	7	6	7	8	7	7	6	7	7	7	4	6	7	6,58	6,79
Mudança do padrão de vida – estrutura do novo imóvel (próprio ou alugado)]	7	7	7	8	7	7	6	7	7	7	7	7	6	6,92	6,96
Processo de negociação em plena pandemia	7	7	7	8	7	7	6	7	6	7	5	6	7	6,67	6,83
Redução dos empregos formais	8	7	8	8	7	7	4	6	6	8	5	6	6	6,50	7,25
Custo do Transporte	5	5	8	8	7	7	4	5	7	8	5	5	5	6,17	5,58
Mudança de padrão de vida - valor dos danos materiais	8	7	8	8	7	8	5	6	7	7	8	6	6	6,92	7,46

Mudança do padrão de vida - valor do aluguel social	8	4	8	8	7	8	6	6	7	7	6	6	7	6,67	7,33
Custo de vida nos demais bairros de Maceió (escolas, postos de saúde, etc.	7	5	8	8	7	7	4	7	6	8	7	7	7	6,75	6,88
Valor dos danos morais	8	4	8	8	7	7	6	6	5	6	7	7	7	6,50	7,25
Perda de arrecadação do município	6	5	8	8	7	7	4	5	7	7	4	6	4	6,00	6,00
Geração de lixo e resíduos da demolição	8	4	2	8	7	8	4	8	7	6	6	7	6	6,08	7,04
Escassez do sururu	4	5	2	8	7	7	3	6	4	7	3	7	3	5,17	4,58
Poluição e degradação da lagoa	7	6	2	8	7	7	3	6	5	8	5	7	3	5,58	6,29
Destruição do Mangue	6	6	2	8	7	7	3	6	6	8	5	6	3	5,58	5,79
Poluição do ar	3	4	2	8	6	5	3	5	5	7	3	4	3	4,58	3,79
Morte de espécies aquáticas	3	4	2	8	7	6	3	6	5	8	3	4	3	4,92	3,96
Proliferação de microrganismos nocivos (mosquitos, animais peçonhentos, etc)]	6	4	2	8	7	8	3	7	6	8	6	6	6	5,92	5,96
Poluição visual	5	7	2	8	7	8	6	8	7	7	8	7	6	6,75	5,88
Média		6,58						6,52						6,55	

Fonte: Autor (2023)

A partir da consolidação das inferências postas pelas análises oriundas das matrizes de impactos quantitativas e qualitativas é possível perceber que a nível de dimensão quantitativa a partir dos atributos os impactos com maior importância são: Impactos nos aspectos identitários e culturais (materiais e imateriais); Diminuição na oferta de infraestrutura e de acesso a equipamentos urbanos; Evacuação/Remoção/Migração do Patrimônio público e privado; Apagamento da história e tradições locais; Mudança de Padrão de Vida; Sobrecarga na prestação de serviços das áreas anfitriãs dos deslocados; Redução de empregos formais; Valor dos danos morais e Erosão do Solo.

Tabela 17 - Medidas qualitativas dos Impactos Socioambientais

Impactos Ambientais	Quantificação		Abrangência Espacial			Periodicidade			Dinamismo e Reversibilidade		Temporalidade			Magnitude			Somatório Simples	Valoração do Impacto		
	Po: Positivo No: Negativo		L: Local R: Regional N: Nacional			T: Temporário C: Cíclico Pe: Permanente			R: Reversível I: Irreversível			Lp: Longo Prazo Mp: Médio Prazo Cp: Curto Prazo				B: Baixa M: Média A: Alta				
Valorização dos Impactos	Po	Ne	L	R	N	T	C	Pe	R	I	Cp	Mp	Lp	B	M	A		Ac	Mi	Si
	(+)	(-)	1 < 3	4 < 7	8 < 10	1 < 3	4 < 7	8 < 10	1 < 5	6 < 10	1 < 3	4 < 7	8 < 10	1<2	3<5	6<8				
Erosão do Solo		-	3			3			5				8			8	27			

Alteração da qualidade do solo	-	3				7		5				8		5		28		
Aumento do processo erosivo	-	3			3			4				8			6	24		
Poluição do ar	-	3				7		5				8		3		26		
Poluição visual	-	3				7		5				8		5		28		
Geração de lixo e resíduos de demolição	-	3				7		5				8			8	31		
Proliferação de microrganismos nocivos (mosquitos, animais peçonhentos, etc)	-	3				7		4				8			6	28		
Morte de espécies aquáticas	-	3				7		4				8		3		25		
Destruição do Mangue	-	3				7		5				8			6	29		
Poluição e degradação da lagoa	-	3				7		5				8			7	30		
Escassez do Sururu	-	3			3			3				8		4		21		

Evacuação/Remoção/Migração do patrimônio público e privado	-	3						10		10					10		8	41			
Diminuição da renda familiar	-	3						8		7		6					6	30			
Apagamento da história e tradições locais	-	3						8		10							8	38			
Furtos e depredação do patrimônio	-	3						8	5								7	31			
Doenças Emocionais	-	3						9		6		7					7	32			
Dificuldade de acesso à nova moradia	-	3						8	5								6	30			
Pressão sobre a malha viária nas adjacências	-	3						10		6							7	34			
Instabilidade na composição da renda familiar	-	3						8		7		7			5			30			
Sobrecarga na prestação de serviço de equipamentos públicos	-	3						10	5								8	34			
Alteração no espaço urbano e conseqüente percepção de falta de segurança pública	-	3						10	5								7	33			

Agravamento da falta de segurança pública decorrente da desatualização do Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) e ausência do Plano Municipal de Segurança Urbana (PMSU)	-	3					9	5				8			7	32		
Ruptura de vínculos sociais e afetivos	-	3					8		8			8			7	34		
Impacto no acesso a trabalho e renda	-	3					8	5				8			7	31		
Diminuição na oferta de infraestrutura e de acesso a equipamentos urbanos.	-	3					9		9			8			8	37		
Impacto na integração social por inibição de sentimento de pertencimento da população realocada	-	3					8		7	7				5		30		
Impacto na conservação de práticas culturais	-	3					8		8			8			7	34		
Escassez de equipamentos de cultura, esporte e lazer	-	3					9		8			8			7	35		
Apagamento da memória local	-	3					9		1 0			1 0			7	39		
Impactos nos aspectos identitários e culturais (imaterial)	-	3					9		1 0			1 0			8	40		

Impactos nos aspectos identitários e culturais (material)	-	3					9		10		10			8	40			
Perda de faturamento de comerciantes locais	-	3					10		8		8			7	36			
Perda de faturamento de comerciantes do entorno	-	3				7			7		7		4		28			
Bem-estar animal	-	3				7		5			7			7	29			
Mudança do padrão de vida – estrutura do novo imóvel (próprio ou alugado)]	-	3				7		5			6			7	28			
Processo de negociação em plena pandemia	-	3				7		5			6			7	28			
Redução dos empregos formais	-	3				7		5			7			8	30			
Custo do Transporte	-	3				7		5			6		5		26			
Mudança de padrão de vida - valor dos danos materiais	-	3				7			7	3				8	28			
Mudança do padrão de vida - valor do aluguel social	-	3				7			7	3				8	28			
Custo de vida nos demais bairros de Maceió (escolas, postos de saúde, etc.	-	3				7			7		5			7	29			
Valor dos danos morais	-	3				8			7		8			8	34			

Perda de arrecadação do município	-	3				8	5			7				6	29		
-----------------------------------	---	---	--	--	--	---	---	--	--	---	--	--	--	---	----	--	--

Fonte: Autor (2023)

Os impactos estão elencados em forma decrescente sendo o primeiro o de maior importância e o último o de menor, dentro do recorte feito para esta inferência. Ressalta-se que nesta análise estão destacados os impactos relacionados ao contexto social em detrimento dos impactos percebidos na questão ambiental no que diz respeito às consequências percebidas no meio físico ou biótico.

Este destaque aos impactos percebidos ao contexto social é corroborado quando na análise quantitativa os critérios elencados nos estágios finais da tabela, são Poluição do Ar, Morte de espécies aquáticas e Escassez do sururu. Estes critérios estão alocados no meio físico e biótico quando considerados os impactos ambientais inferidos por meio das metodologias apresentadas neste trabalho.

Na perspectiva da análise qualitativa dos impactos, foram consideradas seis frentes de dimensões acerca dos impactos ambientais, tornando possível assim a valorização desses impactos que estão divididos em: Quantificação, Abrangência Espacial, Periodicidade, Dinamismo e Reversibilidade, Temporalidade e Magnitude.

Em relação à quantificação dividida em positiva ou negativa, todos os impactos são negativos, taxando as externalidades deste contexto como desfavoráveis. No que tange à abrangência, dividida em local, regional ou nacional, todos os impactos são identificados dentro do contexto local, sendo este um desastre ainda em curso, estruturalmente vinculado à localidade em que aconteceu com influências locais em escalas maiores e menores a depender do impacto que está sendo analisado.

A periodicidade que é analisada a partir da contextualização como temporário, cíclico e permanente está bem dividida nesta análise de impacto, embora a maioria dos impactos sejam consideradas permanentes, em especial no que diz respeito aos efeitos do processo migratório e de deslocamento da população local. Os impactos da evacuação/migração, apagamento da memória local e impactos nos aspectos identitários e culturais da região são considerados impactos permanentes e de importantes grandezas. Por sua vez, os impactos relacionados aos processos erosivos são observados como temporários, sendo justificados pelos processos de encerramento de operações nos poços de sal que causaram a subsidência na localidade bem como o constante monitoramento identificado a partir dos termos de cooperação alinhados entre as partes interessadas.

No tocante ao dinamismo e reversibilidade a maioria dos impactos são considerados irreversíveis, embora alguns estejam em um menor nível de

irreversibilidade, mas diante dos impactos indiretos também considerados quando dos efeitos primários, alcançam cenários de irreversibilidade o que torna este desastre complexo apesar das medidas compensatórias e de mitigação adotadas.

A temporalidade é um dos mecanismos que também avaliam os impactos, e são divididos em curto, médio e longo prazo. A maioria dos impactos são identificados com efeitos a longo prazo, sendo a outra parte considerada a médio prazo e nenhuma a curto prazo. Depreende-se a importância de adoção de medidas que considerem a temporalidade dos efeitos, evoluindo na construção de técnicas que determinem a compensação além da motivação-base do desastre ambiental e considerando as relevâncias oriundas da complexidade da arena em que o desastre ambiental aconteceu e as discussões atreladas aos mecanismos compensatórios para que sejam eficazes e efetivos atendendo à duração dos efeitos e consequências no meio socioambiental afetado.

A magnitude no contexto qualitativo refere-se à ação subjetiva em avaliar o grau de importância dos impactos dentro do contexto em que está sendo estimado. Esta medida foi aproveitada na análise quantitativa dos impactos. Assim, é considerada na avaliação em questão como alta na maioria das análises realizadas, sendo uma minoria considerada média e nenhuma baixa. Explica-se a magnitude dos impactos nesta relevância, devido aos efeitos subsidiários aos impactos estudados, que adentram em proporções complexas e densas quando observada a influência sofrida em toda a localidade da cidade de Maceió, sendo importante não somente na região diretamente afetada pela subsidência, mas ainda as adjacências e todo o contexto da cidade que foi influenciada no contexto social, ambiental, cultural e socio urbanístico (DIAGONAL, 2021).

Quando considerada a análise realizada pela revisão sistemática da literatura aplicada ao estudo em questão, cumpre destacar que os impactos observados no tocante ao meio ambiente são colocados em evidência os impactos relativos à alteração da qualidade do solo, aprocimando-se do que inferem Lima et al. (2022), Eduvirgem, Soares e Beier (2020) e Silva Junior et al. (2018) que ao analisarem outros desastres ocasionados pelas atividades de mineração elencaram a proeminência dos prejuízos causados ao solo afetado pelas consequências.

Os impactos relativos à mortalidade de espécies aquáticas, poluição e degradação da lagoa, escassez do sururu e diminuição da renda familiar também estão próximos a outros estudos que relacionam os impactos dos desastres da

mineração no ambiente. A influência sofrida pela comunidade aquática está relatada nos estudos de Penido, Pessali e Zawadzki (2021), Oliveira et al. (2020) e Weber et al. (2020) enquanto Oliveira et al. (2020) torna evidente as consequências sofridas pelas atividades de pesca, situação que foi considerada quando sugerida a diminuição de renda de pescadores da região, situação esta destacada entre os impactos avaliados.

Nos aspectos sociais, o estudo de Carroll et al. (2022) que avalia os impactos emocionais sofridos pelos afetados, estima de maneira aproximada aos achados deste estudo que a questão emocional é considerada como consequência dos desastres causados pela mineração. Por sua vez, Soares et al. (2020) analisa que as características socioeconômicas do local determinam a extensão dos efeitos do desastre, o que foi observado nos impactos, ao considerar-se a sobrecarga na prestação de serviços públicos em áreas em que já preexistia uma condição de vulnerabilidade.

4.3 Medidas e providências tomadas pelo poder público

Diante do episódio, foi instaurado um inquérito civil por parte do Ministério Público Federal (MPF), em maio de 2018, no intuito da apuração da possível relação do tremor com a exploração de sal-gema, instrumento também voltado ao acompanhamento das ações realizadas pelo poder público e privado no que tange à proteção dos direitos dos cidadãos (MPF, 2023).

Durante o mesmo ano, após a população mencionar a relação do tremor de terra do bairro do Pinheiro, e do afundamento do solo deste bairro e no Mutange e Bebedouro, o CPRM iniciou os estudos geológicos e geotécnicos na região, vindo a divulgar em março de 2019 por meio de uma interferometria¹ que existia uma relação entre os efeitos observados pelos moradores nas residências e vias dos bairros mencionados. Os achados foram possíveis por meio da instauração de um grupo de trabalho multidisciplinar, composto por: Prefeitura Municipal de Maceió, Defesa Civil de Alagoas e de Maceió, Serviço Geológico do Brasil, Agência Nacional de Mineração, Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres e Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

¹ Estudo geológico cujo objetivo é interpretar os dados para geração de mapas previsionais a movimentos de massa e afundamentos de terreno, com a finalidade de antecipar ações preventivas relacionadas aos desastres resultantes de processos geológicos (MPF, 2023)

Em janeiro de 2019, o Instituto do Meio Ambiente (IMA) em Alagoas suspendeu a licença concedida à Braskem para a extração da salgema no bairro do Pinheiro. Em abril do mesmo ano, foi realizado o Instrumento de Acordo de Cooperação Técnica celebrado entre a Braskem e o Município de Maceió. Segundo o MPF o presente acordo teve como objetivo a viabilização dos esforços necessários por parte da mineradora no cumprimento das intervenções apontadas pela CPRM, como essenciais, e a execução de algumas medidas tais como drenagem emergencial do solo diante das constantes chuvas bem como a instalação de equipamentos de monitoramento na localidade.

Segundo a mineradora este é considerado o termo de cooperação número 1, e define as seguintes medidas adotadas pela empresa: recuperação de mais de 20 mil metros de vias no Pinheiro; inspeção e correção do sistema de drenagem pluvial e substituição de tubulações obstruídas; instalação de DGPS para monitorar movimentações no solo; implantação de estação meteorológica; instalação de uma sala de monitoramento na Defesa Civil (BRASKEM, 2021).

Em meio, após a publicação e divulgação dos resultados do CPRM, que relaciona os casos de afundamento do solo à atividade mineradora da Braskem, o MPF ajuizou Ação Civil pública com pedido de liminar contra a empresa, a Agência Nacional de Mineração (ANM) e o Instituto do Meio Ambiente (IMA) solicitando a adoção de medidas cabíveis para o procedimento de paralisação das atividades de exploração da sal-gema por parte da mineradora, pedido que foi acatado pela justiça que determinou o descomissionamento bem como o acompanhamento desta ação pela ANM e IMA. De acordo com o MPF (2019) o IMA “deveria cancelar a Licença Ambiental de Operação nº 157/2016 que se referia aos poços 17, 16, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 e 38, bem como deixar de licenciar quaisquer demais poços eventualmente solicitados pela mineradora, inclusive o 39”. Por sua vez, a ANM deveria monitorar a realização dos estudos e analisar o cumprimento do plano de fechamento de poços apresentado pela Braskem.

Em dezembro de 2019, a empresa relata que por meio de um Termo de Cooperação nº 2, foi estendida a ação definida no primeiro termo aos bairros do Mutange e Bebedouro. Segundo a empresa foram instalados equipamentos de monitoramento para auxílio do Centro Integrado de Monitoramento e Alerta da Defesa Civil de Maceió - CIMADEC (Braskem, 2023).

Em janeiro de 2020, foi firmado termo de acordo entre MPF, Defensoria Pública da União - DPU, Defensoria Pública Estadual - DPE e Braskem, no intuito de viabilizar a evacuação da área de risco "00", primeira área a ser evacuada pela determinação, no qual seus moradores passaram a ser indenizados a partir da evacuação.

Ficaram delimitadas as áreas de risco conforme exposto da Figura 21, além de 62 imóveis identificados pela Defesa Civil do Município do bairro do bom parto, bairro este que passou a ser considerado na área de risco quando seus moradores identificaram rachaduras relacionadas às já identificadas nos bairros do Pinheiro, Mutange e Bebedouro, em meados de Junho de 2019.

Além desta divisão, o termo destacou dentre outras atribuições questões referentes às tratativas da desocupação da área de risco, pagamento pelos imóveis desocupados e pela interrupção da atividade econômica, a forma de pagamento aos moradores da encosta do Mutange, serviços de apoio e assistência técnica, garantias, extinção parcial do processo, inexistência de responsabilidade, auditoria externa e prestação de contas, situações previstas no caso de descumprimento e disposições finais.

Figura 21 – Delimitação da zona de risco



Fonte: Defesa Civil de Maceió (2020)

Em dezembro do mesmo ano, MPF e Braskem, tendo MPE como interveniente celebraram entre si Acordo visando a reparação socioambiental e urbanística por parte da Braskem, que é obrigada a adotar medidas de mitigação, reparação ou compensação socioambiental, ficando responsável ainda pela garantia dos recursos necessários para garantir as obrigações advindas deste acordo. As deliberações oriundas do acordo estão expostas na tabela 18.

Logo após, foi firmado um termo aditivo ao “Termo de Acordo para Apoio na Desocupação das Áreas de Risco”, promovendo a ampliação de território das áreas afetadas conforme orientações e atualização do mapa de priorização da defesa civil, incluindo desta forma um maior número de residências e indivíduos no PCF da Braskem, conforme cronograma de inclusão divulgado às partes por parte do MPF em Janeiro de 2021.

Tabela 18 – Diretrizes dos Termos de Acordo

Termo	Seção	Principais diretrizes
Termo de Acordo para Extinguir ACP Socioambiental	Ações relacionadas à estabilização e ao monitoramento do fenômeno da subsidência	(I) Competências da ANM na análise, aprovação e acompanhamento das medidas técnicas e do plano de fechamento
		(ii) Adoção de medidas por parte da Braskem para o fechamento seguro das frente de lavra de sal-gema e possível revisão do plano de fechamento
		(iii) Contratação por parte da Braskem de instrutores e instituições especializados para avaliar e apontar medidas necessárias à estabilização e monitoramento da subsidência
		(iv) Eexecução do plano de fechamento conforme recomendações técnicas da ANM e exigências fixadas no Processo Mineral n° 27225.006648/1965-86
		(v) Nos casos de preenchimento de cavidades com areia a Braskem deve comprovar que a areia utilizada foi obtida de fontes devidamente licenciadas, conforme legislação
		(vi) Instalação de equipamentos delineados em termos de acordo visando o monitoramento da subsidência do solo em um prazo de 10 (dez) anos
	Ações relacionadas ao	(i) Compromisso da Braskem em adotar medidas de prevenção e tratamento de novos

diagnóstico ambiental	<p>impactos e danos ambientais decorrentes da subsidência do solo</p> <p>(ii) Contratação de empresa para realização de diagnóstico ambiental para identificação, avaliação dos impactos e danos ambientais, e apontar programas e ações a serem desenvolvidos para reparação, mitigação e compensação ambiental</p> <p>(iii) Contratação de empresa para “terceira opinião” quando houver dissenso entre parecer técnico da empresa contratada e por técnicos do MPF</p> <p>(iv) Definição de parâmetros norteadores relacionadas à elaboração e execução do plano ambiental, considerando os impactos e danos ambientais decorrentes da extração de sal-gema no tocante à: vegetação da encosta; vegetação do complexo estuariano mundaú-maguaba; qualidade da água subterrânea; solo e subsolo e fauna e flora da região</p> <p>(v) Diagnóstico dos potenciais danos ambientais considerando multiplicidade, complexidade e dinamismo dos componentes ambientais</p> <p>(vi) Escuta da comunidade potencialmente afetada para construção do diagnóstico ambiental e elaboração do plano ambiental</p> <p>(vii) Plano ambiental contendo ações e cronogramas de implantação, execução e acompanhamento, compilados por natureza temática</p> <p>(viii) Especificação do que pode ser restaurado/recuperado, e o que, em caráter de irreversibilidade, deverá ser compensado</p> <p>(ix) indicação de empresa especializada para acompanhamento da elaboração e execução de ações oriundas do Plano Ambiental</p> <p>(x) Encaminhamento de relatório semestral ao MPF com indicação de avanços na execução do Plano Ambiental, por parte da Braskem</p> <p>(xi) Contratação de empresa para consultoria do seu programa de gestão socioambiental e apontamento de melhorias no que se refere ao compliance socioambiental da empresa</p>
Reparação e Compensação Sociourbanística	<p>(i) Comprometimento da Braskem em reparar, mitigar ou compensar potenciais impactos e danos sociourbanísticos</p> <p>(ii) Ações e medidas que culminem na elaboração de projetos visando restabelecer e compensar, além de preservar os aspectos: ordem urbanística; mobilidade urbana;</p>

patrimônio histórico, cultural, artístico, paisagístico e arqueológico; a comunidade atingida, inclusive a comunidade ribeirinha; vazios urbanos decorrentes das demolições; e a memória dos bairros

(iii) Desembolso por parte da Braskem para custeio de projetos e ações mitigadoras em três dimensões: ações nas áreas desocupadas; ações de mobilidade urbana; e medidas de compensação social

(iv) As ações de mobilidade urbana e compensação social são definidas entre as partes, e quando aplicável, o município de Maceió na forma de projetos, assegurada a participação popular.

(v) Desembolso no montante de R\$ 722.000.000,00 para desenvolvimento de ações nas áreas desocupadas

(vi) definição de diretrizes de ações nas áreas desocupadas: Demolição de imóveis e descomissionamento de redes de água, esgoto, energia, gás e telecomunicações das áreas desocupadas; Gestão de resíduos sólidos; Obras de drenagem superficial em locais das áreas desocupadas; Estabilização da encosta do Mutange; Implementação da Cobertura vegetal adequada nas áreas desocupadas; Gestão das áreas desocupadas mediante vigilância e controle de pragas; Gestão dos principais imóveis de interesse cultural localizados nas áreas desocupadas e adoção de medidas emergenciais necessárias à sua preservação.

(vii) Comprometimento da Braskem em não edificar para fins comerciais ou habitacionais, nas áreas originalmente privadas e para elas transferidas em decorrência da execução do PCF, em termo de acordo firmado em 03 de janeiro de 2020*

(viii) Desembolso no montante de R\$ 360.000.000,00 para desenvolvimento de ações de mobilidade urbana

(ix) Escuta da comunidade potencialmente afetada para elaboração de medidas de compensação social

(xi) Desembolso no montante de R\$ 198.000.000,00 para custeio das ações de compensação social

(xii) A elaboração do plano de ações de compensação social deverá contar com a participação de entidades da sociedade civil,

	instituições de ensino superior e de técnicos e instituições afins
Dano Moral e Coletivo	<p>(i) Indenização por parte da Braskem no valor de R\$ 150.000.000,00 podendo ser acrescido pelo valor do contingente previsto para custeio das ações do termo sendo seu valor integral ou saldo remanescente (o valor poderá somar 300.000.000,00 no total.</p> <p>(ii) Danos sociais são os associados ao “fenômeno da subsidência e deles decorrentes a privação da coletividade de usufruir economicamente o bem ambiental afetado até que este seja repostado à situação de equilíbrio anterior</p> <p>(iii) Danos morais coletivo “o sofrimento da coletividade diante do fenômeno de subsidência em curso e deles decorrentes, além da perda imposta em razão de ofensa a direitos transindividuais”</p> <p>(iv) Gestão dos recursos por parte do Comitê Gestor dos Danos Extrapatriomoniais</p>
Elaboração do Plano de Ação Integrado	(i) Braskem se responsabiliza em contratar a integração da análise do diagnóstico ambiental, sociourbanístico e geológico
Acompanhamento e Fiscalização das Ações e Medidas	(i) Braskem deverá encaminhar semestralmente ao MPE e MPF relatório das atividades com demonstrativo físico-financeiro que demonstre avanço na execução dos projetos
Intervenção Judicial, Garantia	<p>(i) Extinção e Ação Civil Pública (ACP) e processos conexos ao processo desta ACP;</p> <p>(ii) Apresentação de garantia real sobre bem ou bens em propriedade no valor de R\$ 2,8 bilhões</p>

Fonte: MPF, 2020

Nota: O termo deixa claro que a vedação para comercialização dos espaços originalmente privados e transferidos à Braskem pode obter ressalva em Plano Diretor do Município de Maceió.

Após a publicização do acordo firmado em dezembro, foi definido o cronograma para inclusão de moradores no Programa de Compensação Financeira (PCF), com base no Mapa de Linhas Prioritárias divulgado pela Defesa Civil de Maceió. A definição foi estabelecida por meio de “Documento de resoluções entre as partes do termo de acordo celebrado em 03/01/2020” que mapeou a ordem de inclusão com base no mapa delineado por meio da figura 22.

Figura 22 – Mapeamento para inclusão no PCF



Fonte: Braskem (2020)

Em meio de 2021, após interlocução por meio dos grupos de trabalho compostos por MPF, MP/AL, DPU e DPE, a Braskem passou a incluir na rotina de trabalhos do Programa de Compensação Financeira (PCF), a entrega de documento, por escrito, com o esclarecimento individualizado e personalizado sobre a valoração dos imóveis das áreas desocupadas (MPF, 2021)

O cronograma de compensação dos moradores segue basicamente o fluxo estabelecido na Figura 23.

Figura 23 – Cronograma de Compensação dos Moradores atingidos



Fonte: Adaptado de Braskem (2021)

Após discussões e demandas apresentadas pela população remanescente do bairro, surge um novo desafio em decorrência do desastre: o ilhamento socioeconômico das áreas adjacentes ao Mapa de Linhas de Ações Prioritárias. Nesta localidade estão localizadas comunidades do Flexal de Cima, Flexal de Baixo e parte da Rua Marquês

de Abrantes. Diante do ilhamento, o MPF, MPE E DPU emitiram Recomendação Conjunta solicitando a atenção aos serviços públicos prestados à população desta localidade, recomendando as seguintes tomadas de providências:

- Ao Estado de Alagoas: promoção de segurança pública, através do Programa Ronda no Bairro; transporte escolar, de modo a permitir a frequência escolar das crianças residentes na região e matriculadas na rede pública estadual, e; apoio à Braskem para implantação das medidas recomendadas à empresa.
- Ao Município de Maceió foi recomendado que promova, entre outras coisas: transporte escolar, saúde, alteração de rota de ônibus, rondas da guarda municipal, iluminação pública, coleta domiciliar e limpeza urbana, garantia de matrícula de alunos remanescentes da Escola Major Bonifácio.
- À Braskem foi recomendado que adotasse as seguintes providências diretamente: ações de zeladoria e limpeza; implantação de segurança comunitária; disponibilidade de equipamentos para conservação de pescado; execução de isolamentos e tamponamentos dos imóveis já desocupados; instalação de câmeras; ampliação do programa de saúde animal, incluída a prevenção de pragas.

Além destas resoluções, em novembro de 2022 foi firmado Termo de acordo para implementação de medidas socioeconômicas destinadas à requalificação da área do flexal, nas quais as partes MPF, MPE E DPU definiam as diretrizes para que a Prefeitura de Maceió e a Braskem adotassem medidas mitigadora são efeitos do ilhamento socioeconômico sofrido pela população do flexal.

Figura 24 – Mapa das áreas de Monitoramento, Realocação e Ilhamento Socioeconômico



Fonte: MPF(2022)

No teor do termo de referência fora estão previstas ações que se nortearão com base em três pilares, sendo estes: Implantação de 23 Medidas Socioeconômicas que serão executadas por empresas especializadas e contarão com a participação da comunidade; Implementação, pela Braskem, de um programa de indenização por ilhamento para famílias, comerciantes, empresários e proprietários de imóveis vagos nos Flexais; e Pagamento de R\$ 64 milhões ao Município de Maceió para realização de medidas adicionais na região dos Flexais pelo Município.

Por se tratar de um acontecimento ainda em curso, outros desdobramentos acontecem de maneira diária dentro do que cabe a interferência dos diversos interessados na questão, sejam estas instituições ou indivíduos. Desta forma, é de relevância a consulta à agenda dos órgãos envolvidos para compreensão integral das iniciativas adotadas bem como das exigências das partes relacionadas ao desastre.

4.4 Produto técnico: Oportunidades e sugestões

Diante da relevância observada ao contexto do desastre ambiental em decorrência da atividade de mineração, esta análise propõe a adoção de medidas sob a perspectiva do meio Físico, Biótico e Antrópico, bem como os aspectos

socioambientais relacionados a esses meios que foram identificados pelo estudo como os impactos (critérios) obtidos a partir do fato.

No tocante aos aspectos físicos afetados a partir da Superexploração de recurso mineral identifica-se a possibilidade de implementar dentre outras ações: Permeabilização do solo; Aproveitamento dos espaços públicos para ampliação das áreas vegetadas; Empenho na arborização de ruas e avenidas; Melhorias no sistema de drenagem pluvial. Estas ações possibilitam a minimização do escoamento pluvial, melhoria na qualidade das águas, minimização do processo de erosão e movimentos de massa e a ocorrência de alagamentos. No sentido de melhorar as conseqüentes poluições visuais e ainda a geração de lixo oriundos das demolições, é possível a viabilização paisagística, ações estas que estão contidas nos termos acordados entre as partes, com recursos aportados e gerenciados pelo Comitê Gestor de Danos Extrapatrimoniais, instituído em 2020, a partir do Acordo Socioambiental.

A Superexploração do recurso mineral evidenciada também no meio biótico por meio da análise dos impactos socioambientais, direciona para a tomada de providências a partir das oportunidades encontradas e de seus respectivos ganhos socioambientais. Na perspectiva do meio biótico, a agenda volta à reparação do dano ambiental causado pode existir sob três perspectivas conforme Polignano e Lemos (2020), sendo estas: recuperação, reabilitação e restauração. As medidas adotadas estão previstas na tabela 19, sendo estas medidas fruto da parceria público-privada nos moldes da cooperação existente atualmente entre Prefeitura de Maceió e Braskem.

Tabela 19 – Medidas pertinentes ao reparo ambiental

Medida	Definição	Oportunidades e Ganhos
Recuperação	Retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente" (Decreto Federal 97.632/89). O intuito da recuperação é que os recursos sejam reparados de forma que reestabeleça a composição bem como a frequência das espécies encontradas nas localidades do dano ambiental.	Manejo da Vegetação - Transplante de Mudanças de Espécies Típicas de Mangue Manutenção Monitoramento e Indicadores ambientais
Reabilitação	Trata-se do retorno da área degradada a um estado biológico apropriado. Esse retorno pode não significar o uso produtivo da área a longo prazo, como a	Controle da geração de efluentes líquidos e resíduos sólidos nos canteiros de obras e frentes

	implantação de uma atividade que renderá lucro, ou atividades menos tangíveis em termos monetários, visando, por exemplo, a recreação ou a valorização estético-ecológica.	de obra decorrentes do processo de tamponamento e/ou demolição da estrutura predial, garantindo seu encaminhamento para tratamento e destino final adequados. Desenvolvimento de Plano de Contingência para prevenção da contaminação das águas subterrâneas Desativação total das atividades da mineradora na região Viabilização para construção de espaço público em conformidade com o rigor exigido nas normas ambientais
Restauração	Obrigatoriedade do retorno ao estado original da área, antes da degradação. Esse termo é o mais impróprio a ser utilizado para os processos que normalmente são executados.	Não se enquadra na situação do desastre

Fonte: Adaptado de Polignano e Lemos (2020); Tetra Tech (2022)

Por fim, há as medidas mitigadoras no que se refere à migração populacional dentro do contexto do meio antrópico, quando analisados os impactos socioambientais.

Sabe-se que um dos principais impactos decorrentes do desastre foi a necessidade da Evacuação/Remoção/Migração do patrimônio público e privado da região afetada em detrimento de diversos direitos garantidos constitucionalmente aos cidadãos ali residentes, e à população da cidade como um todo quando observado este impacto sob o olhar dos espaços públicos também existentes no local. Em estudo para realização de diagnóstico socioambiental e urbanístico, restou a identificação de que a realocação de grande proporção da população originária para áreas com menor oferta de infraestrutura, de serviços e de equipamentos urbanos dificulta a integração social e inibe sentimento de pertencimento da população realocada às áreas anfitriãs.

Considerando que esta consequência é irreparável, sendo condicionadas à situação formas para reparar em partes os direitos violados, cabe destacar que de maneira inicial se faz pertinente a construção e reativação de espaços internos e externos para o exercício de atividades essenciais para a integração e o convívio

social da comunidade afetada em seus novos territórios. Se faz necessária ainda ações voltadas a equipamentos desportivos, paisagismo, qualificação de acessos, estacionamentos, requalificação de espaços orientados à mobilidade urbana que destinam acesso aos locais reativados/construídos, praças lineares respeitando-se prerrogativas de acessibilidade, iluminação e mobiliário urbano.

No contexto estudado, há a necessidade de buscar a reparação no ambiente em que a população migratória está alocada atualmente, sendo assim a multicaracterização da geolocalidade dos indivíduos nas condições atuais, tornam os desdobramentos oriundos complexos e específicos. Buscando detalhar as expectativas mínimas para a compensação dos impactos sofridos no meio antrópico, tabela 20 evidencia quais os impactos/contextos identificados, e quais medidas podem ser adotadas para mitigação destes efeitos.

Tabela 20 – Medidas cabíveis aos impactos identificados

Impacto/Contexto	Medidas/Oportunidades
Evacuação/Remoção/Migração do patrimônio público e privado	<ul style="list-style-type: none"> Promover a reabilitação urbana e a valorização dos espaços públicos próximos à área afetada, com foco em porções mais carentes dos bairros vizinhos.
Diminuição da renda familiar	<ul style="list-style-type: none"> Ações de qualificação profissional e empregabilidade para inserção no mercado de trabalho de jovens e adultos Apoio a mercados, centros populares de compras e feiras
Apagamento da história e tradições locais	Realização de inventário de referências culturais (materiais e imateriais) na área afetada, de forma participativa, contendo diretrizes de salvaguarda e orientações à gestão pública
Furtos e depredação do patrimônio	<ul style="list-style-type: none"> Articulação intersetorial com órgãos responsáveis pela segurança pública da população; Contratação de empresa de segurança para monitoramento e segurança da área afetada diretamente Formulação do Plano Municipal de Segurança Urbana (PMSU) de Maceió, por meio da contratação de instituição ou empresa especializada.
Doenças Emocionais	<ul style="list-style-type: none"> Investir na ampliação e qualificação do atendimento psicossocial ofertado pelo Município

	à população afetada;
Dificuldade de acesso à nova moradia	<ul style="list-style-type: none"> • Qualificação da malha viária de centros de Bairros, privilegiando o pedestre, para consolidar rotas que interliguem os centros locais a equipamentos urbanos, praças e terminais de ônibus; • Atualização do Plano Local de Habitação de Interesse Social (PLHIS) do município de Maceió e formulação do Programa de Regularização Fundiária
Pressão sobre a malha viária nas adjacências	<ul style="list-style-type: none"> • Qualificação da malha viária de centros de Bairros, privilegiando o pedestre, para consolidar rotas que interliguem os centros locais a equipamentos urbanos, praças e terminais de ônibus; • Construção de novas vias com os aportes delineados em acordo socioambiental que garante à Prefeitura a construção de novas vias de acesso; • Identificação de gargalos na ordem do transporte público e coletivo favorecendo os bairros com maior incidência de moradores afetados, em especial as regiões marginalizadas de importantes vias
Instabilidade na composição da renda familiar	<ul style="list-style-type: none"> • Ações de qualificação profissional e empregabilidade para inserção no mercado de trabalho de jovens e adultos
Sobrecarga na prestação de serviço de equipamentos públicos	<ul style="list-style-type: none"> • Readequação, ampliação, integração na prestação de serviços públicos nas mais diversas políticas sociais públicas; • Priorização na escuta da população afetada na elaboração de projetos e planos voltados ao atendimento nestas áreas;
Alteração no espaço urbano e conseqüente percepção de falta de segurança pública	<ul style="list-style-type: none"> • Promover a reabilitação urbana e a valorização dos espaços públicos próximos à área afetada, com foco em porções mais carentes dos bairros vizinhos.
Agravamento da falta de segurança pública decorrente da desatualização do Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) e ausência do Plano	<ul style="list-style-type: none"> • Atualização do Plano Municipal de Redução de Riscos – PMRR de Maceió nos assentamentos precários e informais e áreas de riscos • Atualização do Plano Local de Habitação de Interesse Social (PLHIS) do município de Maceió e formulação do Programa de Regularização Fundiária

Municipal de Segurança Urbana (PMSU)	
Ruptura de vínculos sociais e afetivos	Investir em ações de integração comunitária e intergeracional, para mitigar potenciais impactos do processo de ruptura de vínculos afetivos, sociais e comunitários gerados pela realocação, que afetam em especial os públicos prioritários, e para fomentar o pertencimento aos novos territórios.
Impacto no acesso a trabalho e renda	<ul style="list-style-type: none"> • Ações de qualificação profissional e empregabilidade para inserção no mercado de trabalho de jovens e adultos
Diminuição na oferta de infraestrutura e de acesso a equipamentos urbanos.	<ul style="list-style-type: none"> • Promover a reabilitação urbana e a valorização dos espaços públicos próximos à área afetada, com foco em porções mais carentes dos bairros vizinhos.
Impacto na integração social por inibição de sentimento de pertencimento da população realocada	<ul style="list-style-type: none"> • Promover a reabilitação urbana e a valorização dos espaços públicos próximos à área afetada, com foco em porções mais carentes dos bairros vizinhos.
Impacto na conservação de práticas culturais	Realização de inventário de referências culturais (materiais e imateriais) na área afetada, de forma participativa, contendo diretrizes de salvaguarda e orientações à gestão pública
Escassez de equipamentos de cultura, esporte e lazer	<ul style="list-style-type: none"> • Promover a reabilitação urbana e a valorização dos espaços públicos próximos à área afetada, com foco em porções mais carentes dos bairros vizinhos. • Requalificação do campo de futebol/ praça de cada localidade; • Nivelamento de piso e implantação de mobiliário urbano, com iluminação e drenagem; • Implantação de áreas de amenização urbana e recantos de convivência; • Arborização das vias públicas
Apagamento da memória local	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboração de edital de fomento de apoio a cultura, com promoção por agente público ou privado

	<ul style="list-style-type: none"> • Implantação de equipamento de uso público com finalidade cultural destinado à preservação da memória, da história e da identidade da população e do território dos bairros afetados, com espaços voltados a produção, reprodução e desenvolvimento da cultura maceioense <ul style="list-style-type: none"> • Realização de pesquisas de forma a preservar a cultura e a identidade do território e das comunidades que viviam na área afetada, como: celebrações e modos de viver; marcos simbólicos; referenciais paisagísticos; histórias de vida; objetos e manifestações do luto; entre outros temas relacionados à memória do território e sua população
<p>Impactos nos aspectos identitários e culturais (imaterial)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboração de edital de fomento de apoio a cultura, com promoção por agente público ou privado • Implantação de equipamento de uso público com finalidade cultural destinado à preservação da memória, da história e da identidade da população e do território dos bairros afetados, com espaços voltados a produção, reprodução e desenvolvimento da cultura maceioense
<p>Impactos nos aspectos identitários e culturais (material)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboração de edital de fomento de apoio a cultura, com promoção por agente público ou privado • Implantação de equipamento de uso público com finalidade cultural destinado à preservação da memória, da história e da identidade da população e do território dos bairros afetados, com espaços voltados a produção, reprodução e desenvolvimento da cultura maceioense
<p>Perda de faturamento de comerciantes locais e do entorno (inclusive pescadores)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ações de fortalecimento da atividade pesqueira na região impactada; • Parceria com organizações do terceiro setor que desenvolvem atualmente ações socioambientais com os pescadores e pescadoras da lagoa Mundaú voltadas à ampliação e diversificação da

	<p>atividade da pesca.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de instrumentos de suporte ao planejamento e implementação de políticas públicas de desenvolvimento econômico; <p>Instrumentos de apoio à implementação de políticas de desenvolvimento econômico, trabalho e renda, por meio de assessoria especializada;</p> <p>Criação de plataforma de apoio às políticas e ações de desenvolvimento econômico em parceria com SEBRAE, SENAC, UFAL, entre outros, integrada às bases de dados sobre as atividades econômicas de MEIs, Pequena e Médias empresas disponíveis na PMM (SEMEC e SEMTABES), de modo a gerar dados sobre a evolução da atividade econômica e a efetividade das ações para melhoria no nível de atividade econômica e competitividade das empresas</p>
Bem-estar animal	<ul style="list-style-type: none"> • Apoio a programas de apoio à população animal • Inserção e atenção à população animal na construção de diagnósticos e relatórios de impactos diante da vulnerabilidade e mortandade observada na região diretamente afetada
Mudança do padrão de vida – estrutura do novo imóvel (próprio ou alugado)]	<ul style="list-style-type: none"> • Atualização do Plano Local de Habitação de Interesse Social (PLHIS) do município de Maceió e formulação do Programa de Regularização Fundiária
Processo de negociação em plena pandemia	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidação como prevista em termo de acordo de consultoria especializada fornecida aos moradores no âmbito do processo de realocação
Redução dos empregos formais	<ul style="list-style-type: none"> • Ações de qualificação profissional e empregabilidade para inserção no mercado de trabalho de jovens e adultos • Apoio a mercados, centros populares de compras e feiras
Custo do Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Qualificação da malha viária de centros de Bairros, privilegiando o pedestre, para consolidar rotas que interliguem os centros locais a equipamentos urbanos, praças e terminais de ônibus

Mudança de padrão de vida - valor dos danos materiais e valor do aluguel social

- Apoio psicossocial e jurídico no tocante à orientação populacional na garantia de seus direitos e reparações dos danos causados pelo desastre;
-

Fonte: Diagonal (2021); Autor (2023)

As oportunidades, tidas como medidas de mitigar os impactos sofridos pela população afetada bem como toda a comunidade indiretamente influenciada pelos diversos impactos socioambientais ocasionados pela atividade mineradora, são um reflexo de todas as medidas que foram/podem ser adotadas pelos responsáveis por esse processo de mitigação. Estas medidas requerem uma importante rede de integração e articulação visto que os impactos sofridos são multifacetados e possuem diversos aspectos que não podem ser avaliados e objetificados de maneira isolada, tornando a ambientação deste processo mitigador complexa e demorada.

Em que pese a responsabilização judicial não ser direcionada à empresa mineradora, subjetivamente se supõe tal responsabilidade visto que em todos os termos de acordo em que a exploradora é parte, lhe é incumbida a adoção de medidas conjuntas ou não face os prejuízos causados à sociedade e ao ambiente em suas diversas tonalidades.

Desta forma, apesar do direcionamento à empresa para cumprimento das medidas compensatórias é imprescindível que os órgãos da administração pública se atentem às responsabilidades constitucionalmente lhes dirigidas, para que no âmbito do monitoramento e também na execução quando for necessário possam dispensar esforços para que as medidas judicialmente apontadas como necessárias possam surtir o efeito necessário para a efetiva compensação dos impactos oriundos do desastre ambiental.

Além disso, se faz importante a definição de políticas públicas bem estruturadas tendo em vista que as interações entre os atores sociais, políticos e institucionais são múltiplas e complexas. Sendo assim, no caminho do que discerne Souza e Carlos (2013) é necessária a compreensão da relação entre os atores da sociedade civil e estado, ao considerar o contexto de emergência em que as discussões estão expostas e a necessidade de se configurar a participação dos atores sociais nas decisões governamentais.

Esta definição é acentuada pois o que se percebe é a continuidade de atividades mineradora, inclusive na produção da mesma matéria em que o estudo atual se debruça, alavancando a necessidade de se observar tais políticas de forma a

controlar e prevenir desastres futuros e resoluções coerentes em situações calamitosas e de grande alteração na estrutura do ambiente local.

Este cenário pressupõe uma conjuntura de esforços por parte da administração pública que conforme resultados demonstrados na seção anterior atua na celebração de parcerias e acordos como parte envolvida, sendo estes o principal meio de comunicação entre a comunidade atingida e os demais atores envolvidos nesta arena de negociação que não deixa espaço para a exclusão destes que foram os principais prejudicados pelos efeitos do desastre.

5. Considerações finais

O estudo em questão teve como objetivo a realização de uma análise acerca dos impactos socioambientais sofridos pelos cinco bairros afetados pela subsidência proveniente da extração de sal-gema, no município de Maceió. Para consecução do objetivo foram desenvolvidas também análises das externalidades negativas que o impacto ambiental gerou para comunidade afetadas e circunvizinhas bem como a propositura de medidas mitigadoras voltadas à reparação dos danos causados pelo desastre ambiental.

Sendo assim, o objetivo foi alcançado tendo em vista a realização da análise dos impactos por meio da utilização do método de check list, matriz de interação e método Delphi para o possível levantamento, delineamento e validação da mensuração e discussão dos impactos socioambientais observados a partir do desastre ambiental ocasionado pelo desastre da subsidência nos bairros de Maceió.

A análise permitiu a inferência dos impactos que foram sofridos nos meios bióticos, físicos e antrópicos. Em todos os meios foram percebidos impactos com relevantes importâncias, delineando a complexidade devido aos impactos pertinentes aos diversos meios em que o desastre se desenvolveu.

De forma contínua, foi proposto a partir das oportunidades, medidas de reparação aos impactos sofridos nestes meios, que podem ser desenvolvidos a partir da parceria público-privada aos moldes dos instrumentos existentes provenientes dos acordos intermediados pelos Ministérios Públicos (Estadual e Federal) e as partes que em sua maioria sejam Braskem como a fonte dos recursos e Prefeitura de Maceió como corresponsável no desenvolvimento de projetos que alcancem a população atingida pelos efeitos do desastre estudado.

A análise realizada foi definida a partir do levantamento de dados oriundos de documentos disponibilizados e de forma secundária, sendo uma lacuna da pesquisa bem como uma limitação tendo em vista que os dados primários são metodologicamente aplicados em melhor qualidade à realidade estudada. Sendo assim, o estudo em questão abre espaços para a identificação por meio de levantamento com a população aplicada a profundidade dos impactos percebidos pelas matrizes de mensuração.

Dentre outras alternativas, os estudos voltados à mensuração de impactos que envolvam a mineração e seus efeitos ressaltam a aplicação de metodologias que melhor identifiquem os gargalos e dificuldades existentes neste cenário, para que a partir do diagnóstico sejam construídas, e facilmente replicadas, medidas preventivas e quando necessárias mitigadoras dos efeitos evidenciados.

Referências

AGUILERA URQUIZA, Antonio Hilario; DE OLIVEIRA ROCHA, Adriana. The Environmental Disaster of Mariana and the Krenaks of the Doce River. **Veredas do Direito**, v. 16, p. 191, 2019.

DE SOUZA, Luciana Andressa Martins; CARLOS, Euzeneia. Políticas públicas e mobilização social no contexto do desastre no Rio Doce. *Redes. Revista do Desenvolvimento Regional*, v. 24, n. 2, p. 56-81, 2019.

AIRES, Uilson Ricardo Venâncio et al. Changes in land use and land cover as a result of the failure of a mining tailings dam in Mariana, MG, Brazil. **Land Use Policy**, v. 70, p. 63-70, 2018.

ALBERT, Oshienemen N.; AMARATUNGA, Dilanthi; HAIGH, Richard P. Environmental policies within the context of compensation for oil spill disaster impacts: A literature synthesis. **Procedia engineering**, v. 212, p. 1179-1186, 2018.

ALVES, Francisco Ivander Amado Borges; CARNEIRO, Célia Maria Braga; PAIVA, David Alves. Os efeitos do desastre ambiental de Mariana sobre a reputação da Samarco Mineração SA. **REUNIR Revista de Administração Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 10, n. 4, p. 69-89, 2020.

BARBOSA, Sarah Cecilia; DE SOUSA BARROS, Thiago. WHAT IS THE REACTION OF THE SHAREHOLDERS IN FACE OF ENVIRONMENTAL DISASTERS INVOLVING THE MINING COMPANY VALE SA? AN EVENT STUDY/Qual a reação dos acionistas em face dos desastres ambientais envolvendo a mineradora vale SA? Um estudo de evento. **Revista de Contabilidade e Controladoria**, v. 13, n. 2, p. 64-95, 2021.

BARROS, Juliana Neves. Legislação Ambiental aplicada à Mineração. Cruz das Almas: SEAD/UFRB, 2017.

BONECKER, Ana Cristina Teixeira et al. An integrated study of the plankton community after four years of Fundão dam disaster. **Science of The Total Environment**, v. 806, p. 150613, 2022.

CARRILLO, Bladimir et al. Avoidable environmental disasters and infant health: Evidence from a mining dam collapse in Brazil. *Health economics*, v. 29, n. 12, p. 1786-1794, 2020.

CARROLL, Matthew et al. An exploration of the trajectory of psychological distress associated with exposure to smoke during the 2014 Hazelwood coal mine fire. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 241, p. 113946, 2022.

CARVALHO, Déltom Winter de; DAMACENA, Fernanda Dalla Libera. Direito dos desastres. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.

CARVALHO, Gabriel Oliveira de et al. Metals and arsenic in water supply for riverine communities affected by the largest environmental disaster in Brazil: The Dam Collapse on Doce River. **Orbital: the electronic journal of chemistry**, v. 10, n. 4, p. 299-307, 2018.

CENTENO, Jorge Antonio Silva; KISHI, Regina Tiemy; MITISHITA, Edson. Remote Sensing Time Series Analysis Aimed at Detecting and Monitoring Brazilian Iron Ore Mining Disasters. **The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 43, p. 1515-1519, 2020.

DA SILVA JUNIOR, Carlos Antonio et al. Analysis of the impact on vegetation caused by abrupt deforestation via orbital sensor in the environmental disaster of Mariana, Brazil. **Land Use Policy**, v. 76, p. 10-20, 2018.

DA SILVA VIEGAS, Maria Ester Ferreira et al. Cidade, Capitalismo e Sofrimento. **SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA**, v. 3, p. 61-66, 2021.

DE MATOS, A. R. et al. Environmental disaster in mining areas: routes of exposure to metals in the Doce River basin. **International Journal of Environmental Science and Technology**, p. 1-12, 2022.

DE OLIVEIRA SOARES, Marcelo et al. Oil spill in South Atlantic (Brazil): Environmental and governmental disaster. **Marine Policy**, v. 115, p. 103879, 2020.

DE SOUZA SANTOS, Gleice et al. Do metals differentiate zooplankton communities in shallow and deep lakes affected by mining tailings? The case of the Fundão dam failure (Brazil). **Science of The Total Environment**, v. 806, p. 150493, 2022.

DE SOUZA SANTOS, Gleice et al. Impacts of exposure to mine tailings on zooplankton hatching from a resting egg bank. **Aquatic Ecology**, v. 55, n. 2, p. 545-557, 2021.

DEON, Joaquín Ulises. Clearing the forest, adding social struggles: territorialities and alternatives in the Argentinian environmental disaster. **Íconos. Revista de Ciencias Sociales**, n. 70, p. 151-169, 2021.

DOS REIS, Deyse Almeida et al. Geochemical evaluation of bottom sediments affected by historic mining and the rupture of the Fundão dam, Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 4, p. 4365-4375, 2020.

DOS REIS, Deyse Almeida et al. The relationship between human adenovirus and metals and semimetals in the waters of the Rio Doce, Brazil. **Archives of environmental contamination and toxicology**, v. 77, n. 1, p. 144-153, 2019.

DOS SANTOS VERGILIO, Cristiane et al. Immediate and long-term impacts of one of the worst mining tailing dam failure worldwide (Bento Rodrigues, Minas Gerais, Brazil). **Science of The Total Environment**, v. 756, p. 143697, 2021.

DUARTE, Eduardo Baudson et al. Trace metals in Rio Doce sediments before and after the collapse of the Fundão iron ore tailing dam, Southeastern Brazil. **Chemosphere**, v. 262, p. 127879, 2021.

EDUVIRGEMI, Renan Valério; SOARESII, Claudemir Rodrigues; BEIERIII, Elissandro Voigt. Normalized Difference Vegetation Index Analysis of the first part impacted with the breaking of the Fundão Dam in Mariana-MG. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 24, p. 27, 2020.

FERNANDES, Luiz Fernando Loureiro et al. Marine zooplankton dynamics after a major mining dam rupture in the Doce River, southeastern Brazil: Rapid response to a changing environment. **Science of The Total Environment**, v. 736, p. 139621, 2020.

FINK, Daniel Roberto; ALONSO JR, Hamílton; DAWALIBI, Marcelo (orgs). Aspectos jurídicos do licenciamento ambiental. 2 ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2002.

GABRIEL, Fabrício A. et al. Ecological risks of metal and metalloid contamination in the Rio Doce estuary. **Integrated environmental assessment and management**, v. 16, n. 5, p. 655-660, 2020.

GABRIEL, Fabrício Â. et al. Long-term contamination of the Rio Doce estuary as a result of Brazil's largest environmental disaster. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 4, p. 417-428, 2021.

GLOTOV, Vladimir E. et al. Causes and environmental impact of the gold-tailings dam failure at Karamken, the Russian Far East. **Engineering Geology**, v. 245, p. 236-247, 2018.

GREENBERG, Pierce. Coal waste, socioeconomic change, and environmental inequality in Appalachia: Implications for a just transition in coal country. **Society & Natural Resources**, v. 31, n. 9, p. 995-1011, 2018.

GUPTA, Nishikant et al. Rich water, poor people: Potential for transboundary flood management between Nepal and India. **Current Research in Environmental Sustainability**, v. 3, p. 100031, 2021.

HERATH, Maikiely. O direito ao meio ambiente equilibrado como um direito humano fundamental de terceira geração. In: GORCZEVSKI, Clóvis (Coord.). Direitos humanos: a terceira geração em debate. Porto Alegre: UFRGS, 2008. t.3, p.111-126.

INCE, Ceren et al. Properties, durability and cost efficiency of cement and hydrated lime mortars reusing copper mine tailings of Lefke-Xeros in Cyprus. **Construction and Building Materials**, v. 268, p. 121070, 2021.

KNOPFF, Kyle et al. Methods for Postdisaster Impact Assessment: A Case Study of the Impacts of the Fundão Dam Failure on Terrestrial Species Threatened with Extinction. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 16, n. 5, p. 676-680, 2020.

LANA-COSTA, Jaciara et al. Biochemical and physiological aspects of restinga herbaceous plants tolerance to iron ore tailing plume along the coastal region of Espírito Santo-Brazil. **Environmental and Experimental Botany**, v. 191, p. 104618, 2021.

LATRUBESSE, Edgardo M. et al. Dam failure and a catastrophic flood in the Mekong basin (Bolaven Plateau), southern Laos, 2018. **Geomorphology**, v. 362, p. 107221, 2020.

LEITE, José Rubens Morato. Dano ambiental: do individual ao extrapatrimonial. 2. ed. São Paulo: RT, 2003.

LIMA, Helena Santiago et al. Structure and putative function of a soil microbial community impacted by the deposition of tailings and subsequent revegetation after the rupture of the Fundao Dam. **Land Degradation & Development**, v. 33, n. 8, p. 1235-1248, 2022.

LIMA, Herberty Cerqueira. THE IMPACT ON SAMARCO MINERATOR ECONOMIC AND FINANCIAL INDICATORS DUE THE FUNDAO DAM BREAK/O impacto nos indicadores economicofinanceiros da samarco mineracao decorrente do rompimento da barragem de fundao. **Revista de Contabilidade e Controladoria**, v. 11, n. 2, p. 127-146, 2019.

MAIA, Aline Vieira Freitas; SILVA, Thiago Henrique Costa; JORDÃO, Luciana Ramos. Mineronegocio e Riscos no Brasil: A Irracionalidade do Licenciamento Ambiental e a Responsabilidade por Desastres. **CAMPO JURÍDICO**, v. 8, n. 2, p. 190-209, 2020.

MANHÃES, B. M. R. et al. Temporal trends of trace elements bioaccumulation by a vulnerable cetacean (*Pontoporia blainvillei*) before and after one of the largest mining disasters worldwide. **Science of The Total Environment**, v. 804, p. 150196, 2022.

MARQUES, Joseane A. et al. Biochemical response and metals bioaccumulation in planktonic communities from marine areas impacted by the Fundão mine dam rupture (southeast Brazil). **Science of the Total Environment**, v. 806, p. 150727, 2022.

MATTHEWS-CASCON, Helena et al. Marine benthic communities affected by the Doce River (southwestern Atlantic): Baseline before a mining disaster. **Marine pollution bulletin**, v. 135, p. 1000-1006, 2018.

MAYORGA, Luis Felipe SP et al. Strandings of cetaceans on the Espírito Santo coast, southeast Brazil, 1975–2015. **ZooKeys**, v. 948, p. 129, 2020.

MENEGUZZO, Isonel Sandino; CHAICOUSKI, Adeline. Reflexões acerca dos conceitos de degradação ambiental, impacto ambiental e conservação da natureza. **GEOGRAFIA (Londrina)**, v. 19, n. 1, p. 181-185, 2010.

MREJEN, Matias; PERELMAN, Julian; MACHADO, Danielle Carusi. Environmental disasters and birth outcomes: Impact of a tailings dam breakage in Brazil. **Social Science & Medicine**, v. 250, p. 112868, 2020.

NOGUEIRA, Leonardo Brandão et al. Water Quality from Gualaxo do Norte and Carmo Rivers (Minas Gerais, Brazil) after the Fundão Dam Failure. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 44.

OLIVEIRA, Pablo Da Costa et al. Traditional knowledge of Fishers versus an environmental disaster from mining waste in Central Brazil. **Marine Policy**, v. 120, p. 104129, 2020.

PANHOCA, Luiz; TARIFA, Marcelo Resquetti; DE SOUZA, Franciele Machado. O rompimento da barragem de Mariana (MG): mudanças no disclosure ambiental do setor de mineração. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 8, n. 1, p. 172-187, 2019.

PENIDO, Iago S.; PESSALI, Tiago C.; ZAWADZKI, Cláudio H. When destruction comes first: Two new species of *Hypostomus* Lacépède, 1803 (Siluriformes: Loricariidae) from a deeply-impacted river in the Rio São Francisco basin in Brazil. **Journal of Fish Biology**, v. 98, n. 5, p. 1371-1384, 2021.

PINHEIRO, Bianca Santos et al. UV photochemical hydride generation using ZnO nanoparticles for arsenic speciation in waters, sediments, and soils samples. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 6, p. 1-13, 2020.

PINHEIRO, Flavia Carnelli Frizzera et al. Opportunistic development and environmental disaster threat Franciscana dolphins in the Southeast of Brazil. **Tropical Conservation Science**, v. 12, p. 1940082919847886, 2019.

POTT, CrislaMaciel; ESTRELA, Carina Costa. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 31, n. 89, jan.-abr.2017.

QUARESMA, V. S. et al. The impact of trace metals in marine sediments after a tailing dam failure: the Fundão dam case (Brazil). ***Environmental Earth Sciences***, v. 80, n. 17, p. 1-16, 2021.

QUEIROZ, Hermano M. et al. Manganese: The overlooked contaminant in the world largest mine tailings dam collapse. ***Environment international***, v. 146, p. 106284, 2021.

QUEIROZ, Hermano M. et al. The Samarco mine tailing disaster: a possible time-bomb for heavy metals contamination?. ***Science of the Total Environment***, v. 637, p. 498-506, 2018.

REIS, Mariana P. et al. Characterizing a riverine microbiome impacted by extreme disturbance caused by a mining sludge tsunami. ***Chemosphere***, v. 253, p. 126584, 2020.

ROTTA, Luiz Henrique Silva et al. The 2019 Brumadinho tailings dam collapse: Possible cause and impacts of the worst human and environmental disaster in Brazil. ***International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation***, v. 90, p. 102119, 2020.

RUDORFF, Natalia et al. Remote sensing monitoring of the impact of a major mining wastewater disaster on the turbidity of the Doce River plume off the eastern Brazilian coast. ***ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing***, v. 145, p. 349-361, 2018.

SÁ, Fabian et al. Time-sequence development of metal (loid) s following the 2015 dam failure in the Doce river estuary, Brazil. ***Science of the Total Environment***, v. 769, p. 144532, 2021.

SALVADOR, Gilberto Nepomuceno et al. Mining activity in Brazil and negligence in action. ***Perspectives in ecology and conservation***, v. 18, n. 2, p. 139-144, 2020.

SCHONARDIE, Elenise Felzke. *Dano Ambiental. A Omissão dos Agentes Públicos*. 3. ed. Editora Unijuí: Ijuí, 2016. 128 p

SOUZA, Ana Paula Damasceno et al. Application of remote sensing in environmental impact assessment: A case study of dam rupture in Brumadinho, Minas Gerais, Brazil. ***Environmental Monitoring and Assessment***, v. 193, n. 9, p. 1-18, 2021.

TEIXEIRA, Orci Paulino Bretanha. *O Direito ao meio ambiente: ecologicamente equilibrado como direito fundamental*. Porto Alegre: Livraria dos Advogados, 2006.

TEUFEL-SHONE, Nicolette I. et al. Development of a culturally anchored qualitative approach to conduct and analyze focus group narratives collected in diné (Navajo) communities to understand the impacts of the gold king mine spill of

2015. **International journal of environmental research and public health**, v. 18, n. 17, p. 9402, 2021.

VAN HORNE, Yoshira Ornelas et al. Impacts to diné activities with the san juan river after the gold king mine spill. **Journal of exposure science & environmental epidemiology**, v. 31, n. 5, p. 852-866, 2021.

VIEIRA, Carlos Eduardo Delfino et al. Ecotoxicological impacts of the Fundão dam failure in freshwater fish community: Metal bioaccumulation, biochemical, genetic and histopathological effects. **Science of the Total Environment**, v. 832, p. 154878, 2022.

WEBER, André Alberto et al. Effects of metal contamination on liver in two fish species from a highly impacted neotropical river: a case study of the Fundão dam, Brazil. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 190, p. 110165, 2020.

WEDY, Gabriel de Jesus Tedesco. Breves considerações sobre a responsabilidade civil ambiental. *Conjur: Revista Consultor Jurídico*, [S.l.], p. 1-7, 1set2018.