

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ  
TECNOLOGIA EM MINERAÇÃO

TIAGO PINHEIRO DOS SANTOS

**RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR LAVRA EM PEDREIRAS:** estudo  
de caso na pedreira Santa Bárbara I - município Ferreira Gomes/AP.

MACAPÁ

2025

TIAGO PINHEIRO DOS SANTOS

**RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR LAVRA EM PEDREIRAS:** estudo  
de caso na pedreira Santa Bárbara I - município Ferreira Gomes/AP.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do curso de Tecnologia em  
Mineração como requisito avaliativo para  
obtenção do título de Tecnólogo em Mineração.  
Orientador: Me. Sandro Rogério Balieiro de  
Souza;  
Coorientador: Dr. Edcarlos Vasconcelos da  
Silva.

MACAPÁ

2025

Biblioteca Institucional - IFAP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

- S237r Santos, Tiago Pinheiro dos  
Recuperação de áreas degradadas por lavra em pedreiras: Estudo de caso na pedreira Santa Bárbara I - município Ferreira Gomes/AP. / Tiago Pinheiro dos Santos - , 2025.  
57 f.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Macapá, Tecnologia em Mineração, 2025.
- Orientadora: Sandro Rogério de Souza Balieiro.  
Coorientadora: Edcarlos Vasconcelos da Silva.
1. mineração. 2. pedreira. 3. fechamento de mina. I. Balieiro, Sandro Rogério de Souza, orient. II. Silva, Edcarlos Vasconcelos da, coorient. III. Título.
-

TIAGO PINHEIRO DOS SANTOS

**RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR LAVRA EM PEDREIRAS: estudo**  
de caso na pedreira Santa Bárbara I - município Ferreira Gomes/AP.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do curso de Tecnologia em  
Mineração como requisito avaliativo para  
obtenção de grau de Tecnólogo em Mineração.  
Orientador: Me. Sandro Rogério Balieiro de  
Souza;  
Coorientador: Dr. Edcarlos Vasconcelos da  
Silva.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 SANDRO ROGERIO BALIEIRO DE SOUZA  
Data: 26/02/2025 17:38:27-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Me. Sandro Rogério Balieiro de Souza (Orientador)**  
Instituto Federal do Amapá – IFAP

Documento assinado digitalmente  
 JEFFERSON GONCALVES FARIAS  
Data: 25/02/2025 17:23:00-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Coorientador: Esp. Jefferson Gonçalves Farias (Avaliador)**  
Instituto Federal do Amapá – IFAP

Documento assinado digitalmente  
 CAROLINA DA SILVA GONCALVES  
Data: 25/02/2025 17:09:32-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof.<sup>a</sup> Me. Carolina da Silva Gonçalves (Avaliador)**  
Instituto Federal do Amapá – IFAP

  Assinado digitalmente por EDCARLOS  
SILVA, S1882590287  
ND, CN=EDCARLOS  
SILVA, S1882590287, OU=UNIFAP -  
Universidade Federal do Amapá, O=  
BRASIL, C=BR  
Objeto: Garantir a precisão e a integridade  
deste documento.  
Localização:

---

**Prof. Dr. Edcarlos Vasconcelos da Silva (Coorientador)**  
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP

Apresentado em: 17/01/2025

Conceito/Nota: 89

Aos meus pais e a todos que me apoiaram ao longo da caminhada, motivando-me a enfrentar desafios e buscar novas conquistas.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que foram fundamentais nessa jornada acadêmica e pessoal. À memória amorosa de meu pai, Josimario, e de minha mãe, Benedita Pinheiro, que permanecem em meu coração, guiando-me com seu amor. Ao sempre acolhedor José Nascimento e à inestimável Luzia Maciel, por sua generosidade e apoio constante.

À amizade preciosa de Max e Paula, que trouxeram alegria e carinho aos meus dias. Ao Prof. Dr. Moacir Veras, por sua orientação perspicaz e visão inspiradora. Ao Prof. Sandro Rogério, por compartilhar seu conhecimento técnico e práticas de campo valiosas.

Ao Dr. Edcarlos Vasconcelos, por proporcionar um leque de oportunidades através de seu know-hall. Ao Arq. Lucas Martins, pelo designer. Ao Professores Jefferson Farias e a todos os empreendedores que depositaram confiança para a execução de um trabalho excelente.

Meus agradecimentos especiais vão para meu querido irmão, Diogo Pinheiro, cujo apoio e incentivo foram inestimáveis.

Este percurso não teria sido possível sem cada um de vocês. Que este agradecimento reflita meu profundo reconhecimento e gratidão. Obrigado por fazerem parte deste capítulo significativo da minha vida.

“O único modo de fazer um excelente trabalho é amar o que você faz.  
(...)”.

(JOBS, 2005).

## RESUMO

A mineração, sendo um pilar econômico fundamental, fornece recursos essenciais para setores como agricultura, metalurgia e construção civil. Neste contexto, a desativação da mina Santa Bárbara 1 devido a uma inundação destaca a importância do fechamento de minas. Nesta direção, este estudo tem por objetivo geral propor soluções de recuperação ambiental antecipada de mineração, com foco em técnicas de reabilitação que promovam a restauração ecológica e a reintegração da paisagem ao ambiente natural. Como metodologia, o estudo baseou-se em revisão bibliográfica e em simulações computacionais realizadas no ambiente virtual Revit, visando modelar cenários de recuperação. A análise dos resultados evidenciou que o uso de simulações paisagísticas proporciona uma visualização clara dos impactos potenciais e das possibilidades de recuperação ambiental, permitindo ajustes no planejamento de fechamento de minas antes da fase final de exploração. Conclui-se que a simulação paisagística é uma ferramenta valiosa para projetar cenários restaurativos, reforçando a relevância do planejamento prévio à extração. A conformidade com a legislação ambiental é imperativa em todas as fases da recuperação, assegurando que a área seja devolvida ao meio ambiente de forma sustentável. Em síntese, a reabilitação de áreas mineradas em pedreiras não apenas restaura a paisagem e a vegetação, mas também revitaliza ambientes degradados, sublinhando a importância de considerações ambientais contínuas.

Palavras-chaves: mineração; pedreira; fechamento de mina; recuperação ambiental; simulação paisagística.

## **ABSTRACT**

Mining, being a fundamental economic pillar, provides essential resources for sectors such as agriculture, metallurgy and construction. In this context, the deactivation of the Santa Bárbara 1 mine due to a flood highlights the importance of mine closure. In this sense, this study has the general objective of proposing solutions for early environmental recovery of mining, focusing on rehabilitation techniques that promote ecological restoration and the reintegration of the landscape into the natural environment. As a methodology, the study was based on a literature review and computer simulations carried out in the virtual environment Revit, aiming to model recovery scenarios. The analysis of the results showed that the use of landscape simulations provides a clear visualization of the potential impacts and possibilities for environmental recovery, allowing adjustments in mine closure planning before the final exploration phase. It is concluded that landscape simulation is a valuable tool for designing restorative scenarios, reinforcing the relevance of pre-extraction planning. Compliance with environmental legislation is imperative at all stages of reclamation, ensuring that the area is returned to the environment in a sustainable manner. In short, the rehabilitation of quarried areas not only restores the landscape and vegetation, but also revitalizes degraded environments, underlining the importance of ongoing environmental considerations.

**Keywords:** mining; quarry; mine closure; environmental recovery; landscape simulation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processos minerários ativos - Porto Grande e Ferreira Gomes/AP (ANM). .....	19
Figura 2 – Ilustração da atividade de pedreira.....	21
Figura 3 - Impacto visual de pedreiras de cava. ....	24
Figura 4 - Impacto visual de pedreiras de encosta.....	25
Figura 5 - Amostras destacadas na literatura com o intuito de ilustrar estratégias de restauração ambiental aplicadas a zonas impactadas pela exploração mineral. ....	26
Figura 6 - Projeto Quarry Park Adventures - Califórnia, nos Estados Unidos.....	27
Figura 7 - Shangai Wonderland - Songjiang, Xangai, China. ....	28
Figura 8 - Projeto éden - Cornualha, no Reino Unido.....	29
Figura 9 - Parque das Pedreiras – Curitiba-PR.....	30
Figura 10 - Fluxograma dos principais pontos de estudo em uma área impactada pela exploração de pedreiras.....	31
Figura 11 - Mapa de localização de estudo do presente trabalho. ....	36
Figura 12 - Mapa de localização e detalhe da área de exploração mineral. ....	37
Figura 13 - Área do empreendimento pedreira Santa Bárbara em Ferreira Gomes-AP.....	38
Figura 14 - Localização da área de estudo, destacando cada local da mina de pedreira Santa Bárbara, no município de Ferreira Gomes-AP .....	38
Figura 15 - Litologia do estado do Amapá. ....	39
Figura 16 - Criação de proposta para o projeto da nova fachada da Pedreira Santa Bárbara...46	
Figura 17 - Projeto da entrada do empreendimento, à esquerda, a área administrativa da Pedreira Santa Bárbara será mantida como uma base de apoio para atividades acadêmicas e incentivo à pesquisa. ....	47
Figura 18 - Projeto de viveiros para espécies nativas, elaborado no software Revit. ....	48
Figura 19 - Projeto de reflorestamento da área de beneficiamento da mina, destacando-se pela implementação em três fases, representadas por cores específicas. ....	49
Figura 20 - Projeto de proteção da Área de Risco 01 (Paiol), elaborado no software Revit....	50
Figura 21 - Projeto de proteção da Área de Risco 02 (Mina desativada), elaborado no software Revit. ....	50
Figura 22 - Projeto de reflorestamento da mina interditada, elaborado no software Revit. ....	51
Figura 23 - Planta georreferenciada das áreas de recuperação da Pedreira Santa Bárbara (Sigmine) .....	52

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Identificação do processo minerário.....	36
Tabela 2 - Vértices da poligonal da área do processo ANM 858120/2017.....	37
Tabela 3 - Cronograma para ações previstas do Prad.....	42

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
ARD	Área Degradada
BAP	Biorremediação Assistida por Plantas
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CEA	Companhia de Eletricidade do Amapá
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CO2	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRH	Conselho de Políticas e Recursos Hídricos
EIA/RIMA	Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental
FEMAP	Fundação de Meio Ambiente do Amapá
GEE	Gases de Efeito Estufa
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
IAC	Índice de Área Comprometida
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IEPA	Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá
IFAP	Instituto Federal do Amapá
LICEN	Licenciamento Ambiental
ONG	Organização Não Governamental
PGR	Plano de Gerenciamento de Resíduos
PRAD	Plano de Recuperação de Área Degradada
SEMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Macapá
SETEC	Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
UAV	Veículo Aéreo Não Tripulado (Drone)
UH	Unidade Hidrológica
UTM	Universal Transverse Mercator (sistema de coordenadas)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>Impactos Ambientais das Atividades de Pedreiras .....</b>	<b>20</b>
3.2.1	Consequências no Ambiente Terrestre .....	22
3.2.2	Impacto nos Recursos Hídricos .....	22
3.2.3	Impacto na Qualidade do Ar .....	22
3.2.4	Impacto Acústico na Vizinhança .....	22
3.2.5	Impacto Relativo às Vibrações .....	23
3.2.6	Impacto na Diversidade Biológica .....	23
3.2.7	Impacto no Patrimônio Cultural .....	23
3.2.8	Impacto na paisagem e visual .....	24
<b>3.3</b>	<b>Legislação Aplicada .....</b>	<b>25</b>
<b>3.4</b>	<b>Exemplos da Literatura .....</b>	<b>26</b>
3.4.1	Projeto Quarry Park .....	27
3.4.2	Shangai Wonderland ou Deep Pit Hote .....	27
3.4.3	Eden Project .....	28
3.4.4	Ópera de Arame/ Parque das Pedreiras .....	29
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA DA PESQUISA .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Identificação e Caracterização da Área Degradada .....</b>	<b>32</b>
4.1.1	Mapeamento .....	32
4.1.2	Investigação Geológica e Geotécnica .....	32
4.1.3	Investigação Meteorológica e Climatológica .....	33
4.1.4	Condição Hidrológica .....	33
4.1.5	Condição Topográfica .....	33
4.1.6	Condição do Solo .....	33
4.1.7	Condição da Vegetação .....	34
<b>4.2</b>	<b>Proposta de Recuperação de Áreas .....</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>35</b>
<b>5.1</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>35</b>

5.1.1	Identificação .....	35
5.1.2	Identificação Locacional.....	36
5.1.3	Caracterização Geológica.....	38
5.1.4	Forma de Recuperação da Área Degradada .....	40
<b>5.1.4.1</b>	<b>Levantamento e Avaliação Inicial.....</b>	<b>40</b>
<b>5.1.4.2</b>	<b>Remoção de Resíduos e Materiais Contaminantes.....</b>	<b>40</b>
<b>5.1.4.3</b>	<b>Seleção e Plantio de Espécies Nativas .....</b>	<b>40</b>
<b>5.1.4.4</b>	<b>Implantação da Trilha Ecológica .....</b>	<b>41</b>
<b>5.1.4.5</b>	<b>Incentivo à Pesquisa Científica.....</b>	<b>41</b>
<b>5.1.4.6</b>	<b>Manutenção e Monitoramento .....</b>	<b>41</b>
5.1.5	Concepção Esquemática da Área a ser Reabilitada.....	42
5.1.6	Monitoramento da Recuperação .....	44
<b>5.2</b>	<b>Simulação Paisagística .....</b>	<b>45</b>
<b>5.3</b>	<b>Discussões Dos Resultados .....</b>	<b>52</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O impacto do aproveitamento dos recursos minerais é indiscutivelmente vital para as economias globais, uma vez que a grande maioria dos produtos de consumo, materiais de construção e avanços tecnológicos dependem diretamente da atividade extrativista. A extração mineral destaca-se entre os setores econômicos, diferenciando-se por sua geolocalização rígida, a singularidade das jazidas, a natureza finita dos recursos envolvidos e as transformações substanciais que frequentemente ocorrem na paisagem local.

As transformações ambientais decorrentes da extração mineral são inegáveis e incontornáveis para viabilizar a atividade mineradora. No entanto, a contemporaneidade permite conciliar o progresso da mineração com a restauração ambiental, desde que haja um planejamento criterioso da exploração que abarque não somente o ato de extrair, mas também as etapas subsequentes.

Especificamente no contexto das pedreiras, a atividade de lavra resulta em modificações significativas no ambiente, como alterações topográficas, impactos atmosféricos, mudanças nos corpos d'água devido à sedimentação, transformações geológicas como erosão e formação de voçorocas, instabilidades de taludes e alterações na biodiversidade local (Costa, 2010).

As estratégias de reabilitação ambiental e restauração paisagística devem ser cuidadosamente planejadas, considerando fatores como localização geográfica, extensão da área, acessibilidade, estabilidade do terreno, características da vegetação e elementos históricos e culturais. A análise detalhada desses aspectos é essencial para identificar impactos potenciais e desenvolver abordagens eficazes na recuperação de áreas degradadas.

O descumprimento das regulamentações que regem a indústria mineral pode acarretar danos ambientais de proporções irreversíveis. Portanto, é imperativo que as operações mineradoras estejam em conformidade com as legislações federais, estaduais e municipais. A Constituição Federal de 1988, nos artigos 20 e 21, estabelece que os recursos minerais pertencem à União, garantindo que Estados, Municípios e o Distrito Federal compartilhem os resultados da exploração. Além disso, os artigos 22, 23 e 24 atribuem às diferentes esferas governamentais a competência de legislar sobre proteção ambiental, controle da poluição e preservação do solo e recursos minerais.

Dessa forma, é responsabilidade dos Estados regulamentar, monitorar e fiscalizar a pesquisa e lavra dos recursos minerais em suas jurisdições. Quanto ao aspecto ambiental, o Art. 225, § 2º, estabelece que "Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o

ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei".

No contexto brasileiro, a recuperação de áreas degradadas frequentemente envolve a busca por um equilíbrio dinâmico entre os diversos componentes do ecossistema, a fim de restabelecer suas funções originais ou equivalentes, contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

O encerramento da fase de exploração não marca apenas o término das atividades produtivas, mas também o início de um conjunto de etapas que abrange a desativação, reabilitação e abandono. Um plano abrangente de encerramento deve incorporar estratégias ambientais e de segurança para cada elemento presente na pedreira, como frentes de lavra, solos e coberturas, instalações de processamento, edificações e infraestruturas, equipamentos, resíduos e corpos d'água superficiais e subterrâneos contaminados.

Nesta direção, este estudo buscou, por meio de recurso computacional, simular formas de recuperação de áreas degradadas para mineradoras que possuem áreas inutilizadas devido à exploração mineral.

Neste contexto, este estudo buscou, por meio de simulações computacionais, desenvolver e avaliar formas eficazes de recuperação de áreas degradadas, focando especialmente em mineradoras com terrenos inutilizados em função da exploração mineral. A proposta visa criar soluções que atendam aos princípios de sustentabilidade e responsabilidade ambiental, integrando tecnologia e planejamento para minimizar os impactos das atividades extrativas.

Para tanto, o objetivo geral do estudo foi “elaborar um projeto de recuperação ambiental para áreas degradadas, utilizando ferramentas computacionais para simulação de cenários e análise de viabilidade”. Esse objetivo deriva da seguinte problemática: “Como desenvolver, por meio de recurso computacional, um projeto de recuperação de áreas degradadas pela mineradora Santa Bárbara, garantindo a restauração ecológica e o cumprimento das normas ambientais vigentes”. Esse questionamento orientou o uso de modelagens digitais e técnicas de simulação paisagística, permitindo a criação de cenários que facilitam a visualização dos processos de recuperação e das condições pós-recuperação.

Assim, este trabalho está estruturado em seis capítulos organizados da seguinte maneira: o primeiro capítulo apresenta a introdução, contextualizando a importância da recuperação de áreas degradadas por atividades de mineração. O segundo capítulo define os objetivos geral e específicos do estudo, orientando o desenvolvimento da pesquisa. No terceiro capítulo, é realizada uma revisão bibliográfica abrangente, com foco na lavra de pedreiras no

Brasil e nos impactos ambientais associados, incluindo os efeitos no ambiente terrestre, nos recursos hídricos, na qualidade do ar, entre outros aspectos. Este capítulo também aborda a legislação pertinente e examina projetos exemplares de reabilitação ambiental, como o Quarry Park, o Shanghai Wonderland, o Eden Project e o Parque das Pedreiras.

O quarto capítulo descreve a metodologia da pesquisa, detalhando as etapas de identificação e caracterização da área degradada, incluindo mapeamento, investigações geológicas, meteorológicas e hidrológicas, além da condição topográfica e da vegetação. Em seguida, apresenta-se a proposta de recuperação das áreas degradadas por meio de técnicas adequadas ao contexto local.

No quinto capítulo, são apresentados os resultados e discussões, com destaque para as estratégias de recuperação, que incluem a remoção de resíduos, preparação do solo, plantio de espécies nativas, implementação de trilhas ecológicas, incentivo à pesquisa científica e a manutenção e monitoramento das áreas recuperadas. O capítulo também inclui a concepção esquemática da área reabilitada e o monitoramento dos processos de recuperação. Por fim, o sexto capítulo traz as conclusões do estudo, destacando as contribuições da pesquisa para a reabilitação de áreas mineradas e sugerindo direções para futuras práticas de recuperação ambiental.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Propor um projeto técnico para a recuperação ambiental de uma área degradada devido à exploração mineral de (Granito/brita). Sendo um estudo de caso na Pedreira Santa Bárbara 01, situada em Ferreira Gomes, no estado do Amapá.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar a eficácia das técnicas de redestinar impacto visual aplicadas na lavra de pedreiras.
- Analisar a implementação de estratégias de reabilitação para pós exploração.
- Examinar a relação entre as técnicas de recuperação e a possibilidade de reutilização futura das áreas degradadas.
- Verificar na literatura estudos de caso em pedreiras brasileiras e internacionais para avaliar resultados práticos das técnicas de redestinação.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

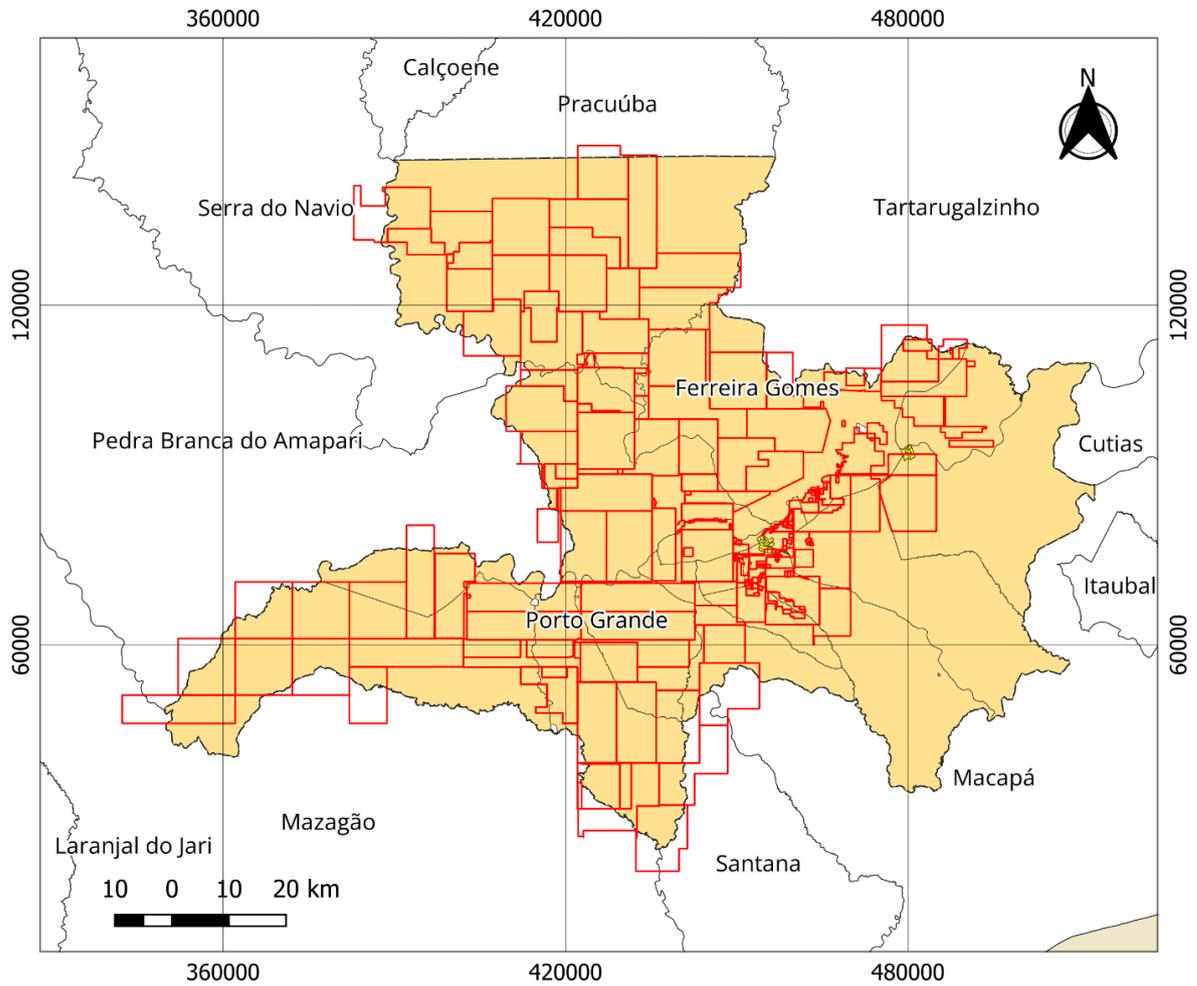
#### **3.1 Lavra de Pedreira no Brasil**

A mineração desempenha um papel fundamental no desenvolvimento econômico de um país, ao fornecer as matérias-primas essenciais para uma variedade de setores-chave, incluindo agricultura, metalurgia e construção civil, entre outros. A atividade de lavra em pedreiras, em particular, desempenha um papel crucial, garantindo um suprimento constante de materiais fundamentais para a construção de infraestrutura, produção de fertilizantes agrícolas e inúmeros outros processos industriais. Dessa forma, a mineração em pedreiras não apenas sustenta a economia nacional, mas também contribui para o crescimento e a prosperidade de diversas indústrias.

É possível ter um panorama geral da relevância da atividade mineradora pólo extrativista de agregados de construção de Porto Grande / Ferreira Gomes. A extração de minerais classe II, ou agregados minerais de uso imediato na construção civil, há muito tempo vem sendo desenvolvida no município de Ferreira Gomes, mais precisamente, no entorno da sede municipal, num raio de 3 a 14 km da mesma.

São diversos empreendimentos mineiros de pequeno porte dedicados à extração de areia, seixo ou cascalho e, mais recentemente, à produção de brita. Até agosto de 2009 estavam registrados nos dois municípios cerca de 39 processos de requerimento mineral para agregados de construção, sendo: dezoito para areia, doze para seixo e nove para brita. Contudo, o número de empreendimentos em atividade é pouco maior que 50% deste total, conforme dados da Agencia Nacional de Mineração - ANM (Figura 01).

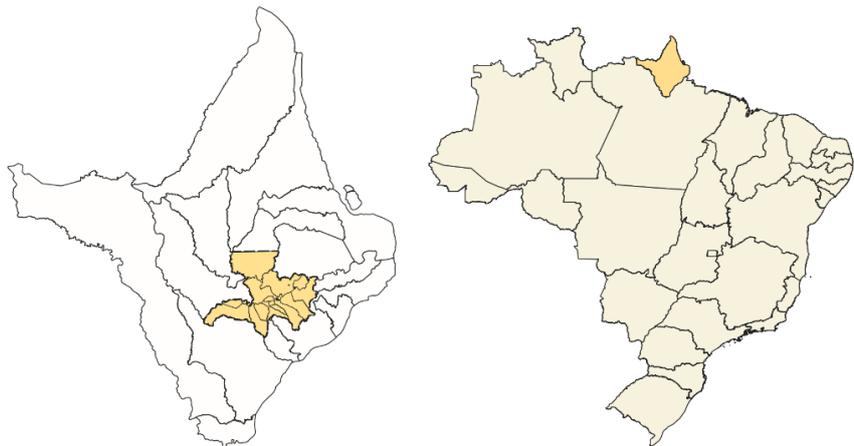
Figura 1 - Processos minerários ativos - Porto Grande e Ferreira Gomes/AP (ANM).



Processos Minerários Ativos – Porto Grande e Ferreira Gomes, Amapá, Brasil

**Legenda**

- Processos Ativos ANM
- Área Rural (exclusive aglomerados)
- Área Urbana de Alta Densidade de Edificações
- Área Urbana de Baixa Densidade de Edificações
- Lugarejo
- Municípios do Estado do Amapá
- Estado do Amapá
- Limites estaduais do Brasil



Elaboração Cartográfica: Tiago Pinheiro dos Santos (2024)  
 Fontes: Limites territoriais e setores censitários (IBGE, 2021)  
 Sistema de Coordenadas: Projeção UTM, Fuso 22N, Datum SIRGAS 2000

Fonte: Elaborado pelo autor (2024), dados disponíveis no site da ANM. Uso do aplicativo QGIS.

No decorrer do século XIX, as primeiras pedreiras surgiram no Brasil, empregando métodos de extração que eram caracterizados por sua simplicidade e lentidão. Os materiais de construção eram obtidos a partir de aluviões e, quando havia afloramentos rochosos, eram desagregados com o uso de cunhas. Por vezes, recorria-se à perfuração e detonação dos afloramentos rochosos com pólvoras caseiras, como descrito por Germani em 2002.

A produção de areia e pedra britada é caracterizada por grande volume e baixo valor agregado, com o transporte representando uma parte significativa dos custos finais desses produtos. Isso torna essencial a localização das unidades de produção próximas aos centros urbanos, a fim de reduzir os custos logísticos. No entanto, um dos principais desafios enfrentados pela indústria extrativa de agregados é a urbanização crescente, que pode resultar na inutilização de depósitos importantes ou na imposição de restrições à exploração. A presença de habitações e a imposição de limites ambientais ao redor de pedreiras frequentemente dificultam as operações de mineração, forçando a extração a se deslocar para áreas mais distantes dos centros de consumo, o que leva ao aumento nos custos dos produtos finais.

### **3.2 Impactos Ambientais das Atividades de Pedreiras**

Impacto Ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente provocada por ação humana. Em se tratando dos impactos ambientais referentes à mineração de pedreira, segundo CPRM (2002), eles englobam cinco categorias: poluição da água, poluição do ar, poluição sonora, subsidência do terreno e mudanças na paisagem. Neste sentido, a mineração é uma das atividades humanas que contribuem para a alteração da superfície terrestre, posto que afeta o local de exploração mineral e seu entorno, ao provocar impactos negativos sobre a água, o ar, o solo, o subsolo, a flora, a fauna e a paisagem em geral, os quais são sentidos por grande parte da população (Griffith, 1980). Por outro lado, é uma atividade de grande alcance social, na medida em que proporciona emprego e renda.

A mineração em área urbana é causadora de diversos impactos socioambientais, desde a interferência com os processos ambientais, com a poluição estética, a competição pelo uso e ocupação do solo, até a ocorrência de perturbação e conflitos com a vizinhança. Por sua vez, o suprimento de bens minerais tem importância fundamental no processo de consolidação do espaço urbano, fornecendo matéria-prima para a construção de moradias, obras de saneamento

básico e sistemas viários, os quais são extremamente necessários para o desenvolvimento urbanístico.

Esses impactos ambientais estão associados, de modo geral, às diversas fases de exploração dos bens minerais, como a abertura da cava (retirada da vegetação, escavações, movimentação de terra e modificação da paisagem local); o uso de explosivos no desmonte de rocha (sobrepessão atmosférica, vibração do terreno, ultralancamento de fragmentos, fumos, gases, poeira, ruído) e o transporte e beneficiamento do minério (geração de poeira e ruído), o que afeta os meios naturais como a água, o solo e o ar, além de afetar a população (Bacci et al., 2006).

Figura 2 – Ilustração da atividade de pedreira.



Fonte: Istockphoto (2024)

Como forma de diminuir os impactos gerados pela atividade de mineração e promover o desenvolvimento socioambiental equilibrado, é necessário um planejamento consistente na utilização dos recursos minerais com o objetivo de compreender o correto manejo dos recursos naturais não renováveis assim como a efetividade das normas que visam à proteção do meio ambiente e à disciplina da atividade mineradora.

### 3.2.1 Consequências no Ambiente Terrestre

O solo, um recurso natural finito, deve ser tratado com extrema cautela, considerando sua capacidade de uso. Isso é fundamental para evitar sua deterioração e preservar seu valor, especialmente quando se trata de solos altamente produtivos (Barreto, 2001).

A extração em pedreiras pode desencadear uma série de impactos no ambiente terrestre. Entre eles, destacam-se a erosão, frequentemente ocasionada pela remoção da vegetação; a contaminação, resultante do uso de óleos, graxas e combustíveis; e a instabilidade do terreno, que pode propiciar deslizamentos de blocos.

### 3.2.2 Impacto nos Recursos Hídricos

Em operações de mineração a céu aberto, é crucial distinguir entre duas categorias de recursos hídricos: as águas subterrâneas, encontradas abaixo do nível freático, e as águas superficiais, que incluem riachos e rios. No que diz respeito aos impactos ambientais, os recursos hídricos superficiais frequentemente são afetados pela presença de partículas sólidas decorrentes das atividades de pesquisa, beneficiamento e infraestrutura. Além disso, a contaminação por óleos, graxas e substâncias químicas pode afetar o solo e, conseqüentemente, alterar as águas subterrâneas (Modesto, 2007).

### 3.2.3 Impacto na Qualidade do Ar

A influência sobre a qualidade do ar em operações de mineração a céu aberto é notável e decorre, principalmente, da considerável emissão de poeira e gases. Essas emissões têm origem na utilização de explosivos e no tráfego de veículos e maquinaria pesada. O impacto ambiental se manifesta por meio da alteração da composição do ar, causada pelos veículos de transporte e de operação, bem como pela detonação de rochas, que resulta na dispersão de partículas finas e na formação de extensas nuvens de poeira, capazes de se propagar a grandes distâncias (Modesto, 2007).

### 3.2.4 Impacto Acústico na Vizinhança

O impacto relacionado ao ruído é particularmente relevante quando uma pedreira está situada em uma área urbana ou nas proximidades dela. Essa condição resulta na emissão de

ruídos que afetam o ambiente circundante, causando impactos significativos, sobretudo nas comunidades vizinhas.

Os principais efeitos sobre os indivíduos estão relacionados ao desconforto causado pelos níveis de ruído gerados pelas atividades, como explosões e operação de maquinaria, incluindo compressores, caminhões e perfuratrizes, entre outros. Além do desconforto, a exposição prolongada a altos níveis de ruído pode ter implicações na saúde auditiva e no bem-estar das pessoas.

### 3.2.5 Impacto Relativo às Vibrações

Os impactos relacionados às vibrações são um desafio adicional associado às operações de detonação em pedreiras. Este fenômeno físico decorre da detonação controlada de explosivos, gerando ondas sísmicas que se propagam pelo maciço rochoso. Essas vibrações têm o potencial de causar efeitos adversos em diversas áreas.

Além de contribuir para o desconforto das comunidades vizinhas, as vibrações podem comprometer a integridade estrutural das residências próximas. Isso cria uma sensação desagradável e eleva o risco de danos nas edificações circundantes.

### 3.2.6 Impacto na Diversidade Biológica

A indústria extrativa gera impactos substanciais na biodiversidade, notadamente através da remoção de formas físicas da superfície durante a extração de minerais e a construção de infraestruturas associadas, como estradas e barragens de rejeitos. Essas atividades podem resultar na modificação, degradação, fragmentação ou remoção de habitats naturais, afetando a fauna local. Esses impactos podem incluir tanto a destruição direta de indivíduos quanto o deslocamento das espécies do local, sobretudo aquelas de baixa mobilidade, impactando negativamente a diversidade e a estrutura dos ecossistemas.

### 3.2.7 Impacto no Patrimônio Cultural

O patrimônio arqueológico, sendo um recurso não renovável, desempenha um papel crucial na expansão de pedreiras e na seleção de locais para novas áreas de extração. Frequentemente, durante a prospecção ou a remoção da cobertura vegetal e do solo, podem ser reveladas antigas estruturas, artefatos como escudos, armas, ferramentas, pinturas rupestres e

até ossadas. Se esses achados possuírem valor arqueológico e histórico, podem requerer uma reavaliação das operações em andamento. No entanto, tais descobertas podem representar um impacto positivo, enriquecendo o patrimônio cultural da região (Environmental Protection Agency, 2006).

### 3.2.8 Impacto na paisagem e visual

O impacto visual, ou impacto na paisagem, é um dos aspectos críticos a serem considerados nas atividades de mineração. Em muitos casos, esse impacto pode ser percebido de maneira desfavorável pela comunidade local e resultar em reclamações significativas. Esse tipo de degradação espacial está limitado à área de exploração, sendo a extensão do impacto visual diretamente relacionada à topografia da região, ao tipo de paisagem e à vegetação circundante. As cavas de extração são uma característica inerente à atividade mineradora, pois a extração de material acarreta inevitavelmente em modificações na paisagem. Pedreiras localizadas em encostas tendem a gerar um impacto visual mais acentuado em comparação com aquelas situadas em áreas planas. A Figura 3 e 4 ilustram a diferença no impacto visual entre pedreiras de cava e encosta.

Figura 3 - Impacto visual de pedreiras de cava.



Fonte: Adobe firefly (2024).

Figura 4 - Impacto visual de pedreiras de encosta.



Fonte: Adobe firefly (2024).

### 3.3 Legislação Aplicada

A ANM (Agência Nacional de Mineração) desempenha um papel fundamental como órgão regulador da indústria mineral no Brasil. Sua responsabilidade abrange a elaboração de autorizações para a exploração de minerais e a fiscalização das atividades mineradoras. Em cada estado do país, existe um órgão responsável pelo licenciamento ambiental de atividades que têm potencial impacto no meio ambiente.

O Decreto n.º 97.632, datado de 10 de abril de 1981, trata da regulamentação do Artigo 2º, Inciso VIII, da Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. Este decreto estabelece que empreendimentos relacionados à exploração de recursos minerais devem apresentar um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) para aprovação do órgão ambiental competente, juntamente com o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). De acordo com o art. 225, § 2º da Constituição Federal de 1988, aqueles que exploram recursos minerais são obrigados a recuperar os danos ambientais causados pela mineração, seguindo as diretrizes técnicas estabelecidas pelo órgão público competente, conforme a legislação vigente.

O licenciamento ambiental é um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, conforme definido no Artigo 9º, Inciso IV, dessa política. A Resolução CONAMA 237/97, Artigo 1º, Inciso I, estabelece o licenciamento ambiental como um procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente autoriza a localização, instalação, ampliação e operação de empreendimentos e atividades que utilizam recursos ambientais e que são considerados poluentes ou potencialmente poluentes, ou que de alguma forma possam causar degradação ambiental.

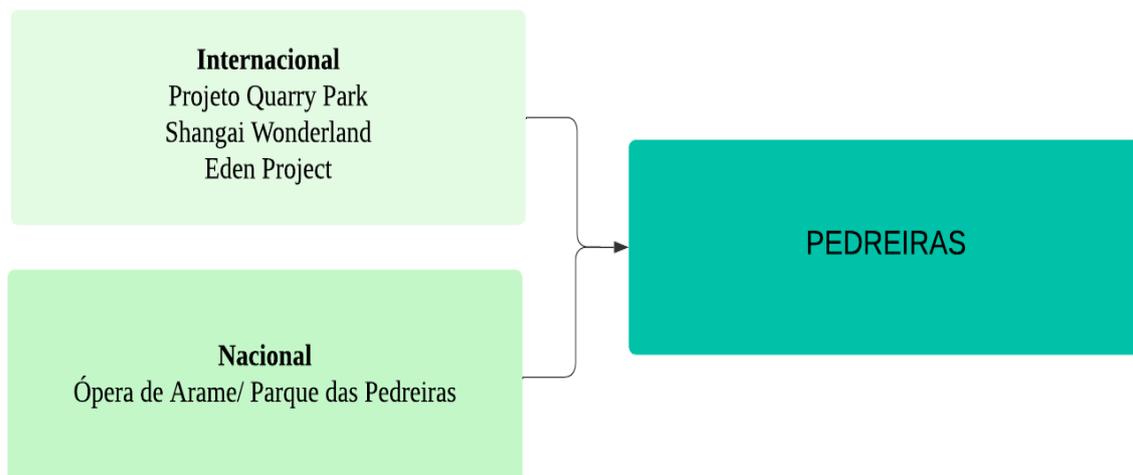
### 3.4 Exemplos da Literatura

A reconversão de áreas afetadas pela atividade de extração em pedreiras frequentemente é influenciada por considerações econômicas locais. Os proprietários ou operadores da pedreira muitas vezes consideram alternativas à simples reflorestação, visando melhorar a rentabilidade direta ou indireta de seus empreendimentos, bem como fortalecer as relações com as comunidades locais (Bastos; Silva, 2005).

A viabilidade da reconversão de uma área afetada pela mineração depende de diversos fatores, incluindo as condições ambientais locais, padrões de uso do solo, história da região, regulamentações de planejamento territorial e influências de políticas regionais e nacionais (Bastos; Silva, 2005).

Na Figura 5, são apresentados exemplos significativos, selecionados da literatura, que ilustram abordagens de recuperação ambiental para áreas impactadas pela atividade mineradora. Esses exemplos incluem casos internacionais e nacionais que têm relevância significativa na indústria de mineração e abrangem iniciativas de reabilitação de áreas degradadas devido à exploração em pedreiras.

Figura 5 - Amostras destacadas na literatura com o intuito de ilustrar estratégias de restauração ambiental aplicadas a zonas impactadas pela exploração mineral.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

### 3.4.1 Projeto Quarry Park

A Quarry Park Adventures é um parque de aventura localizado em Rocklin, Califórnia, nos Estados Unidos. Foi inaugurado em outubro de 2018 e se destaca por ser construído dentro e no topo de uma antiga pedreira. As atividades oferecidas no parque incluem tirolesa, escalada, passeios de trem, minigolfe e muito mais. Seu objetivo é proporcionar uma experiência de aventura ao ar livre única e inesquecível para famílias, amigos e grupos que visitam o local.

Figura 6 - Projeto Quarry Park Adventures - Califórnia, nos Estados Unidos.



Fonte: Quarrypark (2024).

### 3.4.2 Shanghai Wonderland ou Deep Pit Hote

Shanghai Wonderland, também conhecido como Deep Pit Hotel, é um empreendimento arquitetônico notável localizado em Songjiang, Xangai, China. Foi inaugurado em 2018. Este incrível hotel foi construído em uma antiga pedreira abandonada e é parcialmente subterrâneo, com muitos de seus andares esculpidos na rocha. O Deep Pit Hotel oferece uma experiência única, proporcionando aos hóspedes a oportunidade de desfrutar de vistas espetaculares e acomodações luxuosas em um ambiente incomum, com quartos que têm vista para a pedreira e áreas verdes circundantes. É uma obra-prima da engenharia arquitetônica que combina com perfeição a natureza e o design inovador.

Figura 7 - Shanghai Wonderland - Songjiang, Xangai, China.



Fonte: Intercontinental (2024).

### 3.4.3 Eden Project

O Eden Project, criado pela Grimshaw Architects, é uma das realizações arquitetônicas mais significativas e inovadoras do mundo. Inaugurado em 2001, este projeto é localizado na Cornualha, no Reino Unido, e é famoso por sua abordagem única na preservação e exibição da biodiversidade e educação ambiental. O Eden Project consiste em uma série de enormes estufas de estruturas geodésicas, conhecidas como biomas, que abrigam diferentes ecossistemas do planeta.

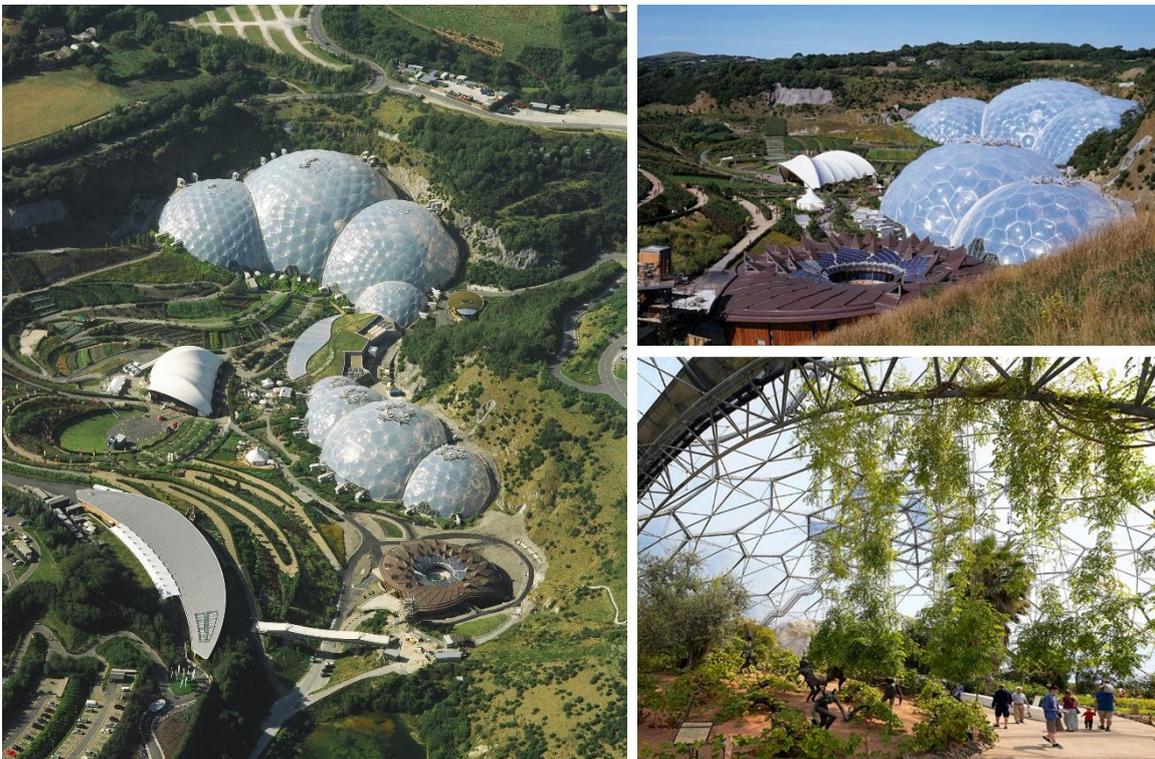
Os principais biomas incluem o Bioma Tropical e o Bioma Mediterrâneo, cada um projetado para simular as condições naturais dessas regiões, permitindo o cultivo de plantas e árvores de todo o mundo. O projeto também inclui instalações educacionais, espaços para

eventos, áreas de lazer e uma variedade de exposições que exploram questões ambientais e promovem a conscientização sobre a importância da conservação.

A relevância do Eden Project para a sociedade e o mundo é notável. Ele serve como um importante centro de pesquisa e educação sobre mudanças climáticas, sustentabilidade e conservação da biodiversidade. Além disso, atua como um exemplo de arquitetura e design ecoconsciente, demonstrando como é possível criar espaços incríveis que também sejam ambientalmente responsáveis.

Em resumo, o Eden Project é uma atração turística única que combina ciência, arte e natureza, oferecendo um ambiente inspirador para aprender sobre a importância da preservação do meio ambiente e sua biodiversidade (Eden Project, 2024).

Figura 8 - Projeto éden - Cornualha, no Reino Unido



Fonte: Edenproject (2024).

#### 3.4.4 Ópera de Arame/ Parque das Pedreiras

O "Ópera de Arame" é um dos principais pontos turísticos da cidade de Curitiba, localizado no Parque das Pedreiras, no bairro Abranches. É um teatro de estrutura metálica, com paredes transparentes feitas de tubos de aço e estrutura de policarbonato, o que proporciona uma visão panorâmica para o lago, a mata nativa e os jardins do parque.

Preservação da Vegetação Nativa ao redor do teatro. A mata nativa é um componente importante do cenário ecológico, e medidas são tomadas para garantir a sua proteção e manutenção.

Recuperação do Solo e estrutura do teatro, parte do solo foi impactada. O PRAD inclui ações para a recuperação do solo e a restauração das áreas afetadas. Isso pode envolver a adição de nutrientes, a correção do pH do solo e o plantio de vegetação apropriada.

Figura 9 - Parque das Pedreiras – Curitiba-PR

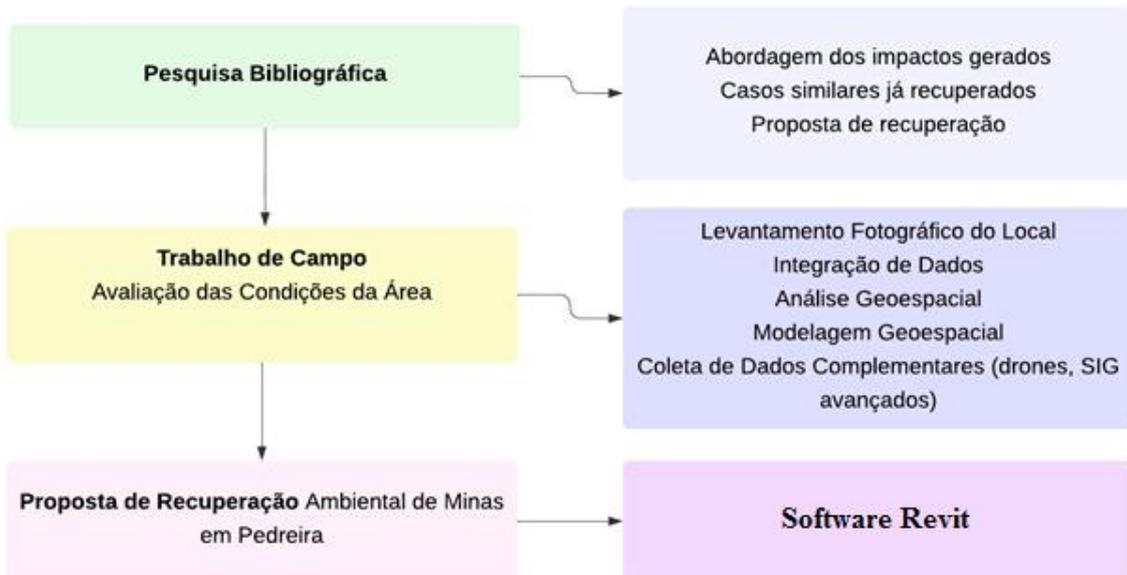


Fonte: Operadearame (2024).

## 4 METODOLOGIA DA PESQUISA

No âmbito deste estudo, enfatiza-se a necessidade de utilizar abordagens de pesquisa atualizadas e tecnologicamente avançadas, incorporando métodos contemporâneos para alcançar uma compreensão mais aprofundada e precisa da área de estudo. Isso envolve a integração de pesquisa bibliográfica, tecnologias de sensoriamento remoto, modelagem geoespacial e ferramentas de georreferenciamento. A pesquisa de campo também continua a ser uma parte crucial do processo, mas agora com a inclusão de tecnologias avançadas, como drones e sistemas de informação geográfica (SIG) de última geração. Essas inovações permitem uma coleta de dados mais eficiente e uma análise mais abrangente das condições da área de estudo. Além disso, a documentação fotográfica é complementada por técnicas de fotogrametria para criar modelos tridimensionais da área afetada. A Figura 14, no contexto das práticas atuais, ilustra de forma simplificada as etapas essenciais na investigação de regiões impactadas pela atividade de mineração, concentrando-se especificamente nas operações de pedreira.

Figura 10 - Fluxograma dos principais pontos de estudo em uma área impactada pela exploração de pedreiras.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

As etapas fundamentais no planejamento da recuperação de uma mina em área de preservação permanente (APP) geralmente envolvem a definição de objetivos, a determinação do uso futuro da área e a elaboração de um plano de recuperação. Nesse contexto específico, as metas da recuperação podem ser abordadas sob perspectivas tanto teóricas quanto práticas. Em

termos simples, o propósito de um projeto de recuperação é estabelecer condições ambientalmente estáveis que reintegrem a área perturbada ao ecossistema circundante. O plano de recuperação deve incluir a reconstrução topográfica, a substituição do substrato, a revegetação com espécies nativas e a implementação de um programa de monitoramento e manutenção contínuos.

Além disso, a simulação paisagística desempenha um papel crucial, permitindo a visualização dos resultados esperados da intervenção na paisagem. Para atingir esse fim, podem ser utilizadas ferramentas de modelagem gráfica em 3D, excluindo o programa AutoCAD e CIVIL 3d, dada a natureza de área de preservação permanente. As sugestões de ações práticas nesse contexto podem incluir a revegetação com espécies nativas, a criação de trilhas ecológicas para fins educacionais e recreativos, bem como parcerias para condução de estudos científicos que auxiliem na gestão sustentável da área. Essas abordagens visam garantir não apenas a recuperação, mas também a conservação a longo prazo do ambiente.

#### **4.1 Identificação e Caracterização da Área Degradada**

A identificação e caracterização de áreas degradadas pela mineração demandam análise detalhada de vários parâmetros, essenciais para compreender o impacto ambiental. Esses fatores fornecem insights cruciais para estratégias eficazes de recuperação e preservação ambiental.

##### **4.1.1 Mapeamento**

O mapeamento desempenha um papel crucial ao definir a extensão das áreas afetadas por degradação ambiental, incorporando métodos como sensoriamento remoto, fotografias aéreas e criação de mapas dimensionados. Essas técnicas oferecem uma visão abrangente das áreas impactadas, auxiliando na tomada de decisões e ações para mitigação e recuperação ambiental.

##### **4.1.2 Investigação Geológica e Geotécnica**

O exame geológico e geotécnico da região em análise requer exploração tanto no terreno como no laboratório, com o objetivo de adquirir dados cruciais necessários para uma restauração sustentável, especialmente para as camadas suscetíveis que desempenham um papel

fundamental na restauração. Isso inclui investigações sobre questões como a toxicidade do solo e a estabilidade dos depósitos de resíduos, que devem ser abordadas antes que o processo de recuperação possa ser iniciado.

#### 4.1.3 Investigação Meteorológica e Climatológica

A análise das condições climáticas na área possibilita uma avaliação abrangente dos efeitos sobre a poluição do ar e da água, com base em dados padronizados relacionados à temperatura, precipitação, umidade, direção do vento e outros fatores relevantes.

#### 4.1.4 Condição Hidrológica

A análise dos recursos hídricos em uma determinada região abarca aspectos quantitativos, qualitativos, de dinâmica e armazenamento da água, tanto acima quanto abaixo da superfície terrestre. A disciplina da hidrologia é intrinsecamente moldada pelas complexas interações entre variáveis como clima, geologia, topografia, características do solo e vegetação. O clima desempenha um papel fundamental ao fornecer a entrada de água no sistema hidrológico, enquanto as demais variáveis desempenham papéis críticos na regulação do movimento da água, tanto superficial quanto subterrâneo.

#### 4.1.5 Condição Topográfica

A análise da morfologia superficial de uma região, caracterizada como rugosa, ondulada, suave ou lisa, desempenha um papel crucial na avaliação da recuperação ambiental. A topografia circundante às áreas impactadas também exerce influência direta sobre os planos e métodos de restauração. A superfície reconstruída deve ser integrada harmoniosamente à paisagem não perturbada, permitindo uma transição fluida dos fluxos de matéria e energia. Este estudo desempenha um papel fundamental na fase subsequente de recuperação da área afetada.

#### 4.1.6 Condição do Solo

A análise do solo compreende a avaliação da capacidade de retenção de água no solo, a qual é influenciada pela interação de diversos fatores, incluindo textura, agregação, densidade aparente e profundidade do solo. Esta capacidade de retenção de água exerce um impacto direto

na produtividade das plantas, no potencial de lixiviação de nutrientes e na recarga de água subterrânea.

#### 4.1.7 Condição da Vegetação

A análise morfoestrutural destaca, de forma específica, a avaliação da qualidade, quantidade e diversidade da vegetação presente em uma determinada área. Essa pesquisa fornece uma representação abrangente do ambiente natural, incorporando também influências de atividades humanas passadas e atuais no local. A comunidade de plantas em uma região pode abranger espécies nativas e introduzidas, incluindo variedades sensíveis e tolerantes, bem como aquelas comuns e em risco de extinção.

### **4.2 Proposta de Recuperação de Áreas**

Uma proposta de recuperação de áreas de minas de pedreira situadas em Áreas de Preservação Permanente (APP) deve ser delineada com uma abordagem interdisciplinar, incorporando conhecimentos das áreas de geologia, hidrologia, biologia, engenharia, arquitetura paisagística, silvicultura e outras disciplinas relevantes. Essa abordagem visa restabelecer as condições ambientais e ecológicas adequadas ao local afetado.

A proposta pode ser dividida em várias etapas, começando com uma avaliação preliminar detalhada do ambiente, incluindo a análise da geologia, hidrogeologia, hidrologia, qualidade da água, ecologia, patrimônio, características socioeconômicas e levantamento de resíduos e efluentes presentes.

O planejamento da recuperação deve priorizar a restauração da biodiversidade e dos processos ecológicos impactados, incluindo a manipulação do solo, estabilização de declives e reintrodução de vegetação nativa para harmonizar a paisagem ao ambiente. A implementação exige monitoramento contínuo, com inspeções regulares para garantir a eficácia das ações e evitar riscos ambientais, de saúde ou segurança, permitindo ajustes quando necessário. Além disso, a recuperação deve seguir rigorosamente a legislação vigente, especialmente em áreas de preservação permanente (APP).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Resultados

A abordagem para a reabilitação de áreas degradadas pela mineração exige uma integração eficaz ao longo do ciclo de vida da exploração. A implementação de programas bem estruturados para a recuperação física e social é essencial, visando a reintegração adequada, estável e produtiva das comunidades. Embora seja amplamente reconhecido que a indústria mineral, por sua natureza, extrai recursos naturais, é possível ir além, garantindo que essas atividades sejam rigorosamente controladas. Com o avanço da tecnologia, a alegação de que impactos não mitigados são inevitáveis nas áreas de exploração deve ser analisada de maneira crítica, levando em conta as inovações disponíveis.

O momento de desativação de uma mina, mencionado como ocorrendo após a extração total do bem mineral ou quando a lavra não é mais economicamente viável, é ponto de convergência. Concordamos quanto à necessidade de mitigação dos danos ambientais e à consideração prévia de alternativas para a recuperação da área. Contudo, a ênfase na localização da mina como determinante para a abordagem de recuperação nos parece uma simplificação. As peculiaridades de cada local, seja em encostas ou áreas planas, podem demandar considerações específicas que extrapolam as generalizações apresentadas. A menção ao plantio de árvores e arbustos como prática comum é válida, porém, ponderamos sobre a necessidade de adaptação dessas práticas conforme o contexto local, levando em conta variáveis ambientais e climáticas (Brodtkom, 2000).

A definição de desenvolvimento sustentável como a integração de aspectos sociais, econômicos e ambientais é amplamente compartilhada. É consenso que um projeto de exploração deve ser desenvolvido e encerrado de maneira ambiental e socialmente aceitável, contribuindo efetivamente para esse ideal. No entanto, é fundamental destacar a importância de uma distribuição equitativa dos benefícios do projeto para a região ao longo do tempo, o que vai além da simples aceitabilidade e busca promover um impacto positivo e duradouro.

#### 5.1.1 Identificação

O empreendimento tem como objetivo o extrativismo mineral, para extração de granito, para uso na construção civil.

Tabela 1 - Identificação do processo minerário.

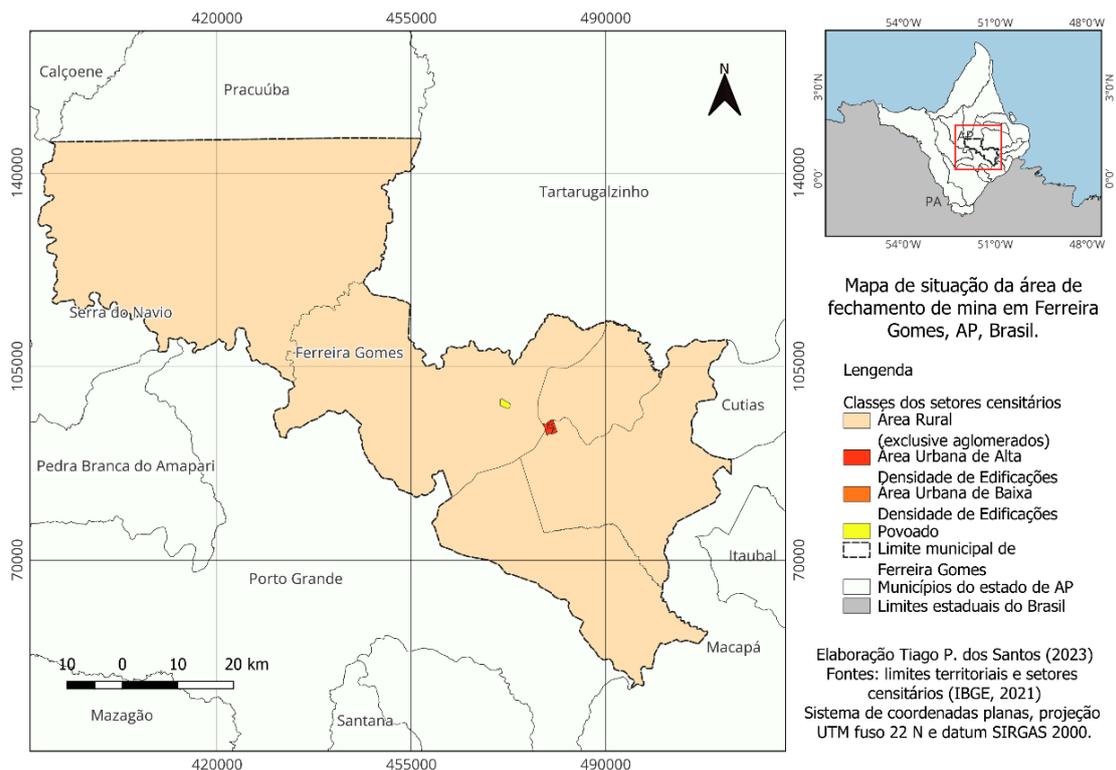
Processo minerário	48416.858.120/2017-08
Título	Registro de Licença
Substância Mineral	Granito
Município	Ferreira Gomes
Titular do Processo	R L Nascimento Comercio e Mineração Eireli
CNPJ	26.325.938/0001-75
Endereço	Ramal da Terra Preta, s/n, Retiro São José, Ferreira Gomes-AP.
CEP	68.915-000
Telefone	(96) 3118-1011

Fonte: Elaborado pelo autor (2024) com dados disponíveis junto ao CNPJ online.

### 5.1.2 Identificação Locacional

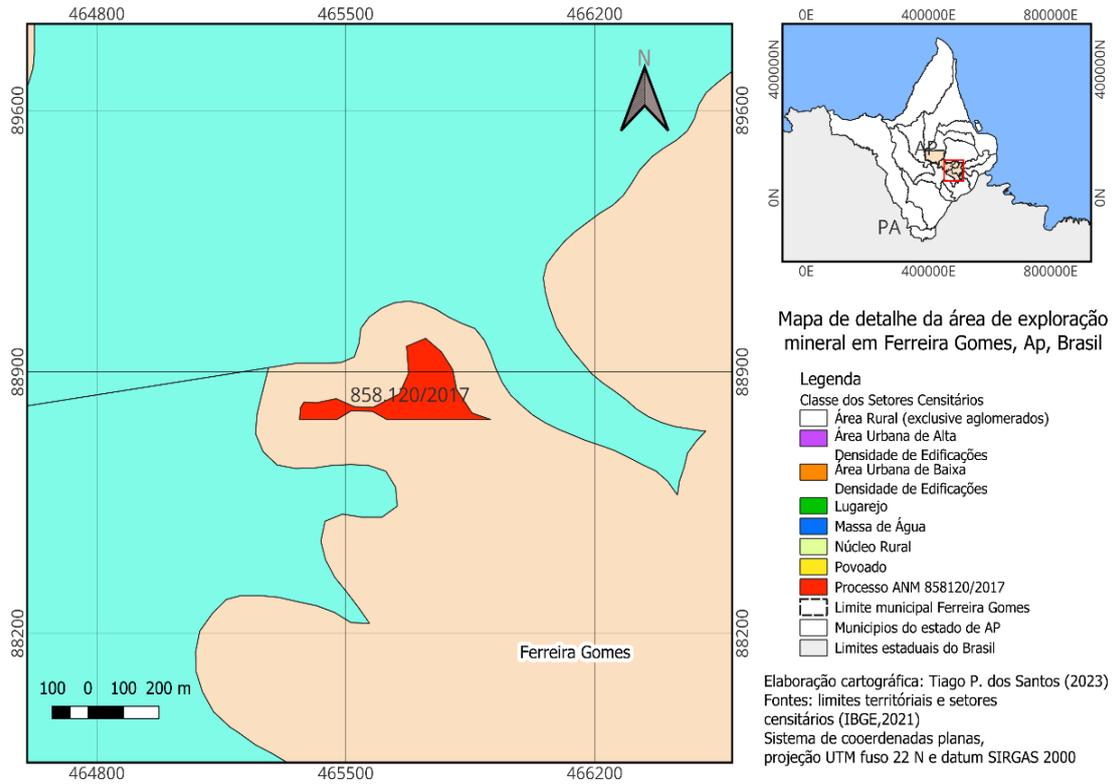
O presente estudo se fundamenta em um cenário de uma pedreira, endereço no Ramal da Terra Preta, s/n, Retiro São José, no Município de Ferreira Gomes. A extração da substância mineral, neste caso, é o GRANITO, e ocorre em uma área de 4,07 hectares situada na Zona Rural do Município de Ferreira Gomes, no estado do Amapá.

Figura 11 - Mapa de localização de estudo do presente trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) com auxílio do aplicativo QGIS.

Figura 12 - Mapa de localização e detalhe da área de exploração mineral.



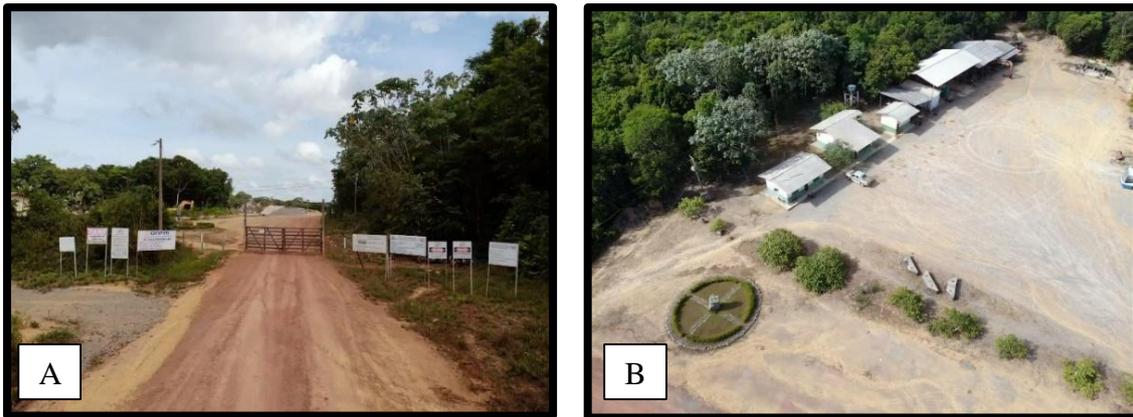
Fonte: Elaborado pelo autor (2024) com auxílio do aplicativo QGIS.

Tabela 2 - Vértices da poligonal da área do processo ANM 858120/2017

Vértices da área 858120/2017			
Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
+00°48'13"913	-51°18'26"163	+00°48'13"125	-51°18'37"136
+00°48'11"869	-51°18'24"763	+00°48'12"422	-51°18'35"471
+00°48'11"305	-51°18'23"055	+00°48'12"391	-51°18'33"713
+00°48'11"305	-51°18'32"516	+00°48'13"536	-51°18'31"381
+00°48'12"012	-51°18'33"817	+00°48'15"353	-51°18'30"536
+00°48'12"077	-51°18'35"747	+00°48'17"687	-51°18'30"723
+00°48'11"305	-51°18'37"075	+00°48'18"385	-51°18'28"988
+00°48'11"305	-51°18'40"458	+00°48'17"207	-51°18'27"562
+00°48'12"315	-51°18'40"386	+00°48'15"666	-51°18'26"525
+00°48'12"836	-51°18'40"061	+00°48'13"913	-51°18'26"163
+00°48'12"759	-51°18'38"966		
Área lateral = 4,07 há			

Fonte: Sigmene (2024).

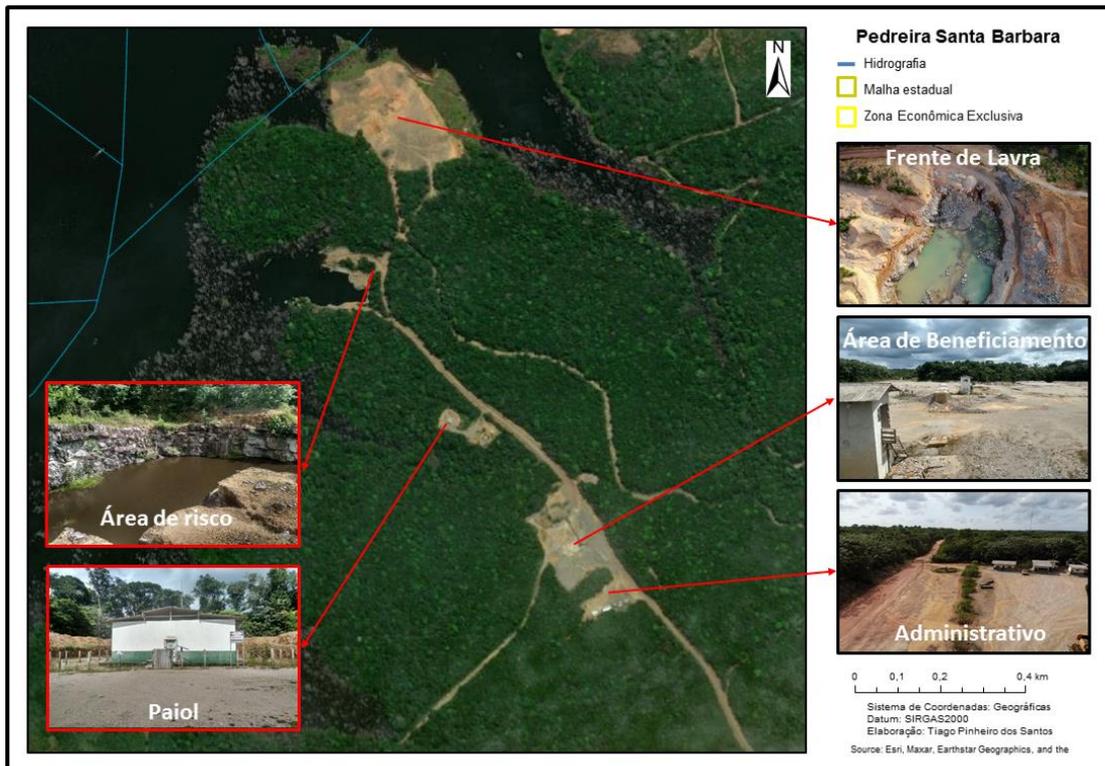
Figura 13 - Área do empreendimento pedreira Santa Bárbara em Ferreira Gomes-AP



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Descrição da Figura 13: A) Portão de acesso à mina. B) Estrutura arquitetônica de apoio administrativo.

Figura 14 - Localização da área de estudo, destacando cada local da mina de pedreira Santa Bárbara, no município de Ferreira Gomes-AP



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) com auxílio do aplicativo QGIS.

### 5.1.3 Caracterização Geológica

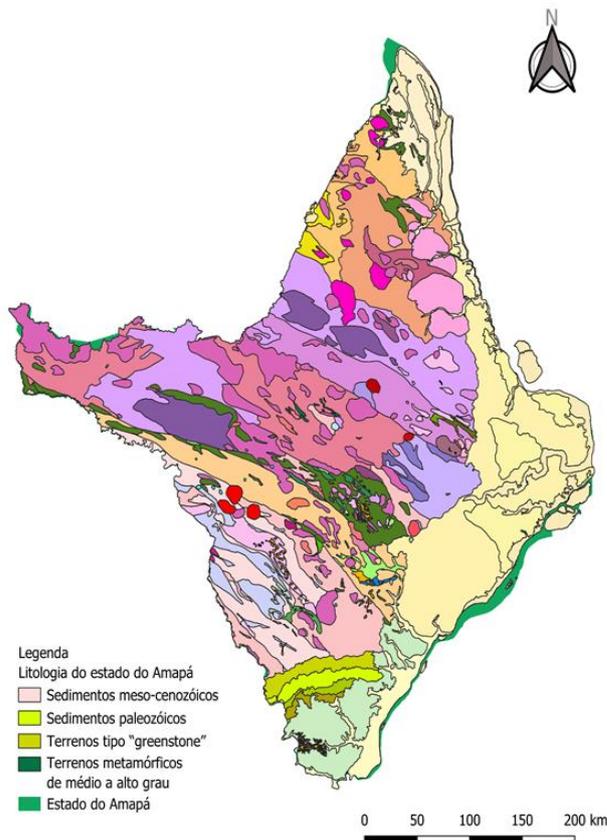
A geologia do Estado do Amapá se caracteriza por quatro unidades distintas: núcleos

preservados do pré-cambriano, cinturão de cisalhamento pré-cambriano, sedimentos homoclinais paleozóicos e sedimentos tabulares meso-cenozoicos (figura 15). No entanto, de acordo com o Instituto de Pesquisa Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (Iepa 2010), a geologia da região pode ser simplificada em duas unidades geotectônicas principais:

**Crosta antiga:** Compreende o domínio da província Transamazônica de Santos, abrangendo aproximadamente 71,5% do território do Estado, nas regiões norte, oeste e central. Essa área é composta por terrenos metamórficos de médio e alto grau, incluindo gnaisses, granulitos e migmatitos, que pertencem às unidades estratigráficas Guianense, Tumucumaque e Tartarugal Grande, conforme Faraco et al. (2000).

**Coberturas plataformais:** Esta unidade abrange o restante do território e consiste em sequências geológicas mais jovens, caracterizadas por rochas supracrustais paleoproterozoicas. Essas sequências incluem metavulcano-sedimentares, como xistos, quartzitos, anfíbolitos, metaconglomerados e outros litotipos. Além disso, são cortadas por diversas manifestações ígneas intrusivas proterozoicas posteriores, como o Granodiorito Falsino e a Alcalina Mapari (Faraco et al. 2000).

Figura 15 - Litologia do estado do Amapá.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) com auxílio do aplicativo QGIS.

#### 5.1.4 Forma de Recuperação da Área Degradada

A recuperação de áreas degradadas envolve um planejamento criterioso, iniciando com o levantamento e avaliação inicial para diagnosticar os impactos ambientais e definir estratégias de intervenção. Em seguida, procede-se à remoção de resíduos materiais contaminantes, mitigando riscos ao solo e à biodiversidade. A seleção e plantio de espécies nativas visa restabelecer o equilíbrio ecológico e acelerar a regeneração natural. A implantação da trilha ecológica contribui para a educação ambiental e o ecoturismo sustentável. Além disso, o incentivo à pesquisa científica fortalece a compreensão dos processos de recuperação, enquanto a manutenção e monitoramento contínuos garantem a eficácia das ações e a estabilidade do ecossistema restaurado.

##### **5.1.4.1 Levantamento e Avaliação Inicial**

Consistem em uma série de etapas essenciais para a compreensão das condições da área degradada. Primeiramente, será realizado um levantamento topográfico detalhado da área, com o objetivo de entender a topografia local e a drenagem existente, fatores fundamentais para o planejamento da recuperação. Em seguida, será conduzida uma análise da qualidade do solo, identificando sua composição e os níveis de nutrientes, para avaliar sua aptidão para o cultivo e a restauração. Além disso, será feita uma avaliação da biodiversidade remanescente, com a identificação de espécies nativas que possam ser reintroduzidas, visando a restauração do equilíbrio ecológico e a promoção de uma recuperação ambiental eficaz.

##### **5.1.4.2 Remoção de Resíduos e Materiais Contaminantes**

A remoção de resíduos e materiais contaminantes é uma etapa crucial no processo de recuperação ambiental, com o objetivo de garantir a limpeza total da área degradada. Inicialmente, serão removidos todos os resíduos sólidos e materiais contaminantes presentes no local, eliminando qualquer fonte potencial de poluição. Em seguida, os materiais poluentes serão descartados de maneira adequada, seguindo rigorosamente as regulamentações ambientais estabelecidas, a fim de minimizar os impactos negativos e assegurar que o processo de recuperação tenha início de forma segura e eficiente.

##### **5.1.4.3 Seleção e Plantio de Espécies Nativas**

É uma etapa crucial para a restauração da biodiversidade da área degradada. Será realizada a seleção de espécies nativas da região, levando em consideração suas adequações às condições do solo e clima locais, garantindo uma recuperação ambiental eficaz e sustentável. O planejamento da distribuição das mudas será cuidadosamente elaborado, com a definição de distâncias adequadas entre as plantas para permitir seu pleno desenvolvimento. O plantio será realizado nas épocas mais favoráveis, preferencialmente durante a estação chuvosa, para garantir a melhor taxa de sobrevivência e crescimento das mudas.

#### **5.1.4.4 Implantação da Trilha Ecológica**

Visa integrar a área recuperada ao ecoturismo e à educação ambiental, promovendo o contato sustentável com a natureza. Inicialmente, será identificado um percurso que minimize o impacto ambiental, evitando áreas sensíveis e protegendo os recursos naturais locais. Ao longo da trilha, será instalada sinalização informativa que destaque a flora e fauna nativas, incentivando a conscientização ambiental entre os visitantes. A construção da trilha será realizada de forma sustentável, com passarelas e pavimentação em pontos necessários para prevenir erosão e garantir acessibilidade, mantendo a integridade do ecossistema recuperado.

#### **5.1.4.5 Incentivo à Pesquisa Científica**

O Incentivo à Pesquisa Científica é uma etapa estratégica para fortalecer o entendimento e o desenvolvimento de práticas sustentáveis na área recuperada. Nesse sentido, serão estabelecidas parcerias com instituições de pesquisa, permitindo que estudiosos e especialistas tenham acesso à área para a realização de estudos que possam enriquecer o conhecimento sobre a biodiversidade local e as dinâmicas de recuperação ambiental. Instalações específicas serão disponibilizadas para facilitar a coleta de dados e a realização de pesquisas de campo, proporcionando uma estrutura de apoio ao trabalho científico. Além disso, será mantido um registro detalhado das atividades de pesquisa, incentivando a colaboração entre pesquisadores e promovendo o compartilhamento de resultados, de modo a criar um ciclo contínuo de aprendizado e inovação.

#### **5.1.4.6 Manutenção e Monitoramento**

São fundamentais para assegurar o sucesso a longo prazo do processo de recuperação ambiental. Para isso, será implementado um plano de manutenção contínua que vise garantir o crescimento saudável das espécies plantadas e a conservação das estruturas da trilha ecológica. O monitoramento regular do progresso da revegetação e da utilização da trilha permitirá uma avaliação constante do estado da área e dos impactos dos projetos de pesquisa. Com base nos dados obtidos, ajustes nas estratégias de recuperação serão realizados sempre que necessário, assegurando que o projeto se mantenha alinhado com seus objetivos ecológicos e de sustentabilidade.

### 5.1.5 Concepção Esquemática da Área a ser Reabilitada

A área de reflorestamento da mina 01 em Ferreira Gomes, AP, será submetida a uma adequação paisagística com foco na utilização de espécies nativas e locais para restaurar a vegetação. As espécies a serem utilizadas incluem acapu, angelim, andiroba, acariquara, cupiúba, maçaranduba, quaruba, entre outras, que são comuns na região. A escolha dessas espécies está em conformidade com a Instrução Normativa nº 04 de 2011 do IBAMA, que enfatiza o uso de espécies nativas, incluindo aquelas ameaçadas de extinção, para garantir a efetividade do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD).

Tabela 3 - Cronograma para ações previstas do Prad.

Planejamento Da Área		1 ano	2 ano	3 ano
1	Drenagem / terraplanagem das áreas	X X X		
2	Viveiro De Mudás	X X X		
3	Revegetação / Gramíneas	X	X X	
4	Revegetação / área de beneficiamento		X X	X X X
5	Revegetação / Mina interdita			X X X
6	Trilha Ecológica	X	X X	
7	Isolamento das Áreas de Risco	X X X		

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

#### - Procedimento de Recuperação

O procedimento de recuperação proposto neste estudo visa restaurar a área degradada utilizando técnicas específicas para garantir a preservação do solo e o desenvolvimento adequado da vegetação nativa. As etapas envolvidas são descritas a seguir:

##### a) Conservação do Solo:

Serão implementadas técnicas de conservação do solo, como a criação de curvas de

nível, barragens de retenção e o manejo apropriado da drenagem, visando prevenir processos erosivos e evitar a degradação do solo. Essas medidas são essenciais para criar um ambiente propício ao desenvolvimento das mudas e à manutenção da estrutura do solo.

b) Abertura de Covas:

Para o plantio das mudas, serão abertas covas com profundidade e espaçamento adequados, respeitando as necessidades de cada espécie e promovendo um enraizamento saudável, fundamental para o sucesso da recuperação vegetal.

c) Espaçamento:

O espaçamento entre as mudas será ajustado conforme as características das espécies selecionadas, buscando uma densidade que favoreça a cobertura vegetal desejada. Esse planejamento visa otimizar o uso do espaço e garantir o equilíbrio ecológico da área.

d) Correção do Solo e Adubação:

A correção do solo será realizada com base em análises físico-químicas, que indicarão os nutrientes e corretivos necessários para criar as condições ideais de crescimento das mudas. Esse preparo do solo é fundamental para o desenvolvimento vigoroso das espécies reintroduzidas.

e) Manutenção:

Será implementado um plano de manutenção contínuo, englobando irrigação adequada, poda seletiva, controle de pragas e doenças, e limpeza da área. A manutenção é essencial para garantir a saúde das mudas e a longevidade do projeto de recuperação.

f) Controle de Pragas, Doenças e Ervas Daninhas:

Para minimizar o impacto negativo de pragas, doenças e ervas daninhas, serão adotadas práticas de controle integrado, buscando alternativas sustentáveis que protejam o desenvolvimento das espécies replantadas.

g) Índice de Mortalidade:

O monitoramento constante das mudas permitirá o registro e a análise do índice de mortalidade, com a reposição das plantas que não sobreviverem, assegurando o sucesso e a continuidade da recuperação vegetal.

h) Replântio:

Serão realizadas ações de replântio nas áreas onde a taxa de mortalidade for significativa, garantindo assim a manutenção da cobertura vegetal e o cumprimento dos objetivos ecológicos do projeto.

Aptidão e Intenção de Uso Futuro

A área recuperada terá como destinação a conservação da biodiversidade, promovendo a pesquisa científica e a criação de uma trilha ecológica com fins educativos. O objetivo é restaurar a área ao seu estado natural, criando um ambiente favorável para estudos e atividades de educação ambiental. A aptidão da área será voltada para a preservação da flora e fauna locais, além de conscientizar o público sobre a importância da preservação ambiental. Conforme apresentado na Tabela 03, a sequência das ações e o cronograma físico indicam as etapas planejadas para a realização e manutenção desse projeto.

#### 5.1.6 Monitoramento da Recuperação

Para o monitoramento e avaliação do processo de recuperação da área degradada na mina de pedreira Santa Bárbara em Ferreira Gomes-AP, os métodos a serem utilizados devem ser capazes de detectar os sucessos ou insucessos das estratégias adotadas e registrar os fatos que levaram aos resultados obtidos. O monitoramento será conduzido por meio de dados amostrais, constatações visuais in loco e fotografias. Aqui estão os detalhes técnicos dos métodos de monitoramento.

Os métodos de monitoramento do projeto de recuperação da área degradada incluem várias abordagens para acompanhar o progresso e garantir a eficácia das ações implementadas. Primeiramente, serão realizadas avaliações visuais in loco com visitas regulares, onde equipes qualificadas observaram detalhadamente o crescimento das mudas, a presença de vegetação nativa, a condição da trilha ecológica e o uso da área para pesquisas. Eventuais problemas visuais, como mortalidade de mudas, presença de pragas, doenças, erosão e outros aspectos críticos, serão registrados. A coleta de dados amostrais ocorrerá em parcelas representativas da área, onde serão feitas medições específicas, como contagem de mudas sobreviventes, altura das plantas, diâmetro do caule e cobertura vegetal, gerando dados que permitirão extrapolar o desempenho geral da área. Fotografias serão capturadas de pontos estratégicos para documentar visualmente o progresso, registrando a condição das mudas, da trilha e das pesquisas em andamento, criando assim um registro comparativo ao longo do tempo. Todos os dados obtidos serão organizados em bancos de dados apropriados e analisados estatisticamente, visando identificar tendências e detectar problemas.

A documentação visual também será arquivada de maneira cronológica para possibilitar a comparação e avaliação das mudanças observadas. Relatórios regulares de monitoramento consolidam as observações, dados coletados, análises e ações corretivas, proporcionando uma visão ampla do status da recuperação, com destaques para os sucessos,

desafios e aprendizados do processo. Essas práticas de monitoramento permitirão um acompanhamento eficiente do progresso, identificando problemas em tempo hábil e implementando medidas para assegurar o sucesso contínuo do projeto de recuperação da área.

## **5.2 Simulação Paisagística**

A Simulação paisagística deste estudo teve como objetivo projetar e visualizar um cenário de reflorestamento para a recuperação da área degradada, empregando o software gráfico Revit. A criação do modelo digital da mina e das áreas adjacentes de recuperação foi baseada em dados topográficos detalhados, integrando informações como elevações, declives e características geográficas da área. O processo incluiu o registro minucioso de todas as etapas da simulação, capturando imagens e documentando os procedimentos necessários para a execução do plano. Essa abordagem técnica permite desenvolver uma simulação visualmente detalhada e abrangente da área, tornando-se um componente essencial do Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) e facilitando uma análise mais precisa das estratégias de reabilitação ambiental.

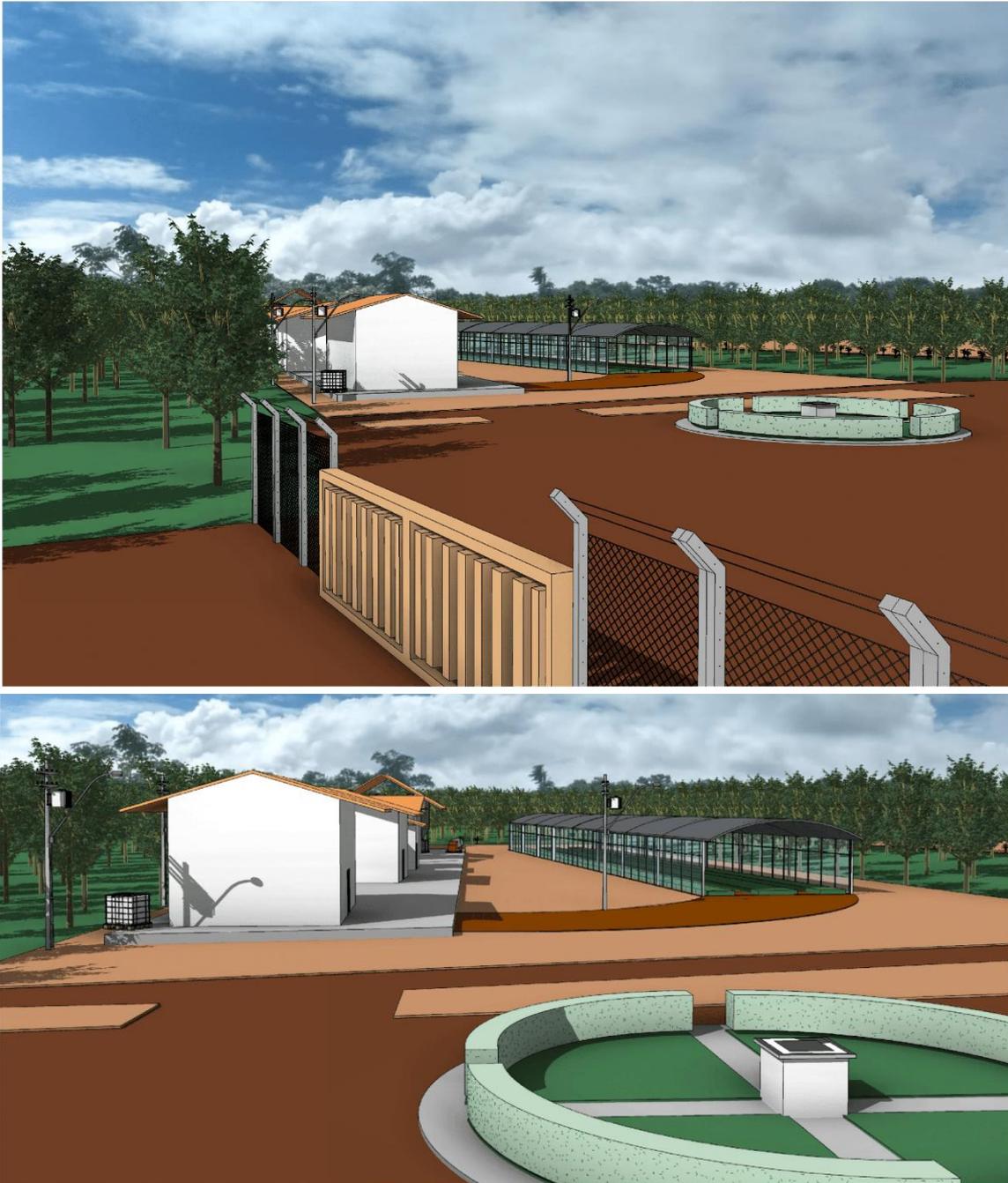
Figura 16 - Criação de proposta para o projeto da nova fachada da Pedreira Santa Bárbara.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) com auxílio do aplicativo Revit.

A figura 16 tem ênfase no incentivo à trilha ecológica, centro científico e educacional.

Figura 17 - Projeto da entrada do empreendimento, à esquerda, a área administrativa da Pedreira Santa Bárbara será mantida como uma base de apoio para atividades acadêmicas e incentivo à pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) com auxílio do aplicativo Revit.

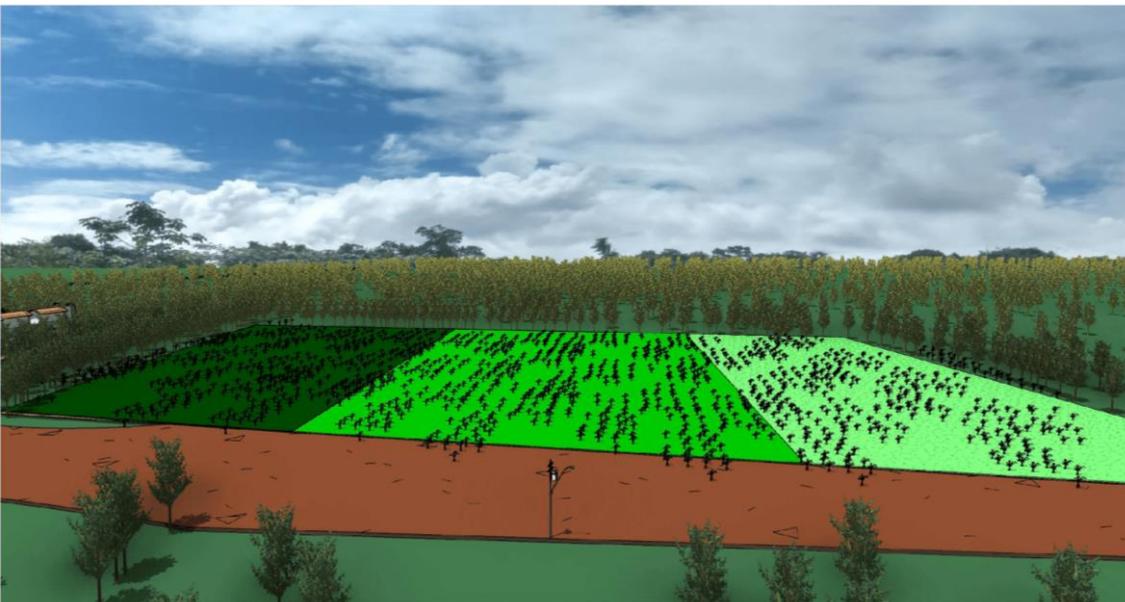
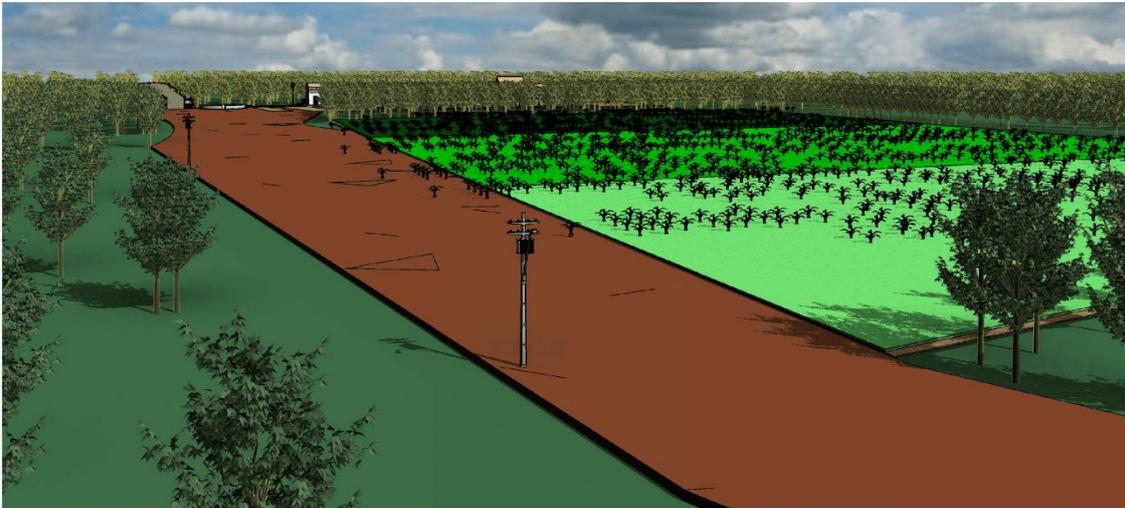
Destaca-se que a estrutura compreende instalações como alojamento, refeitório, escritório, garagem e oficina, proporcionando suporte logístico e operacional, elaborado no software Revit.

Figura 18 - Projeto de viveiros para espécies nativas, elaborado no software Revit.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 19 - Projeto de reflorestamento da área de beneficiamento da mina, destacando-se pela implementação em três fases, representadas por cores específicas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) com auxílio do aplicativo Revit.

Cada fase, correspondente a um ano, será identificada visualmente para facilitar a compreensão do ciclo de três anos para a completa cobertura vegetal da extensa área, elaborado no software Revit.

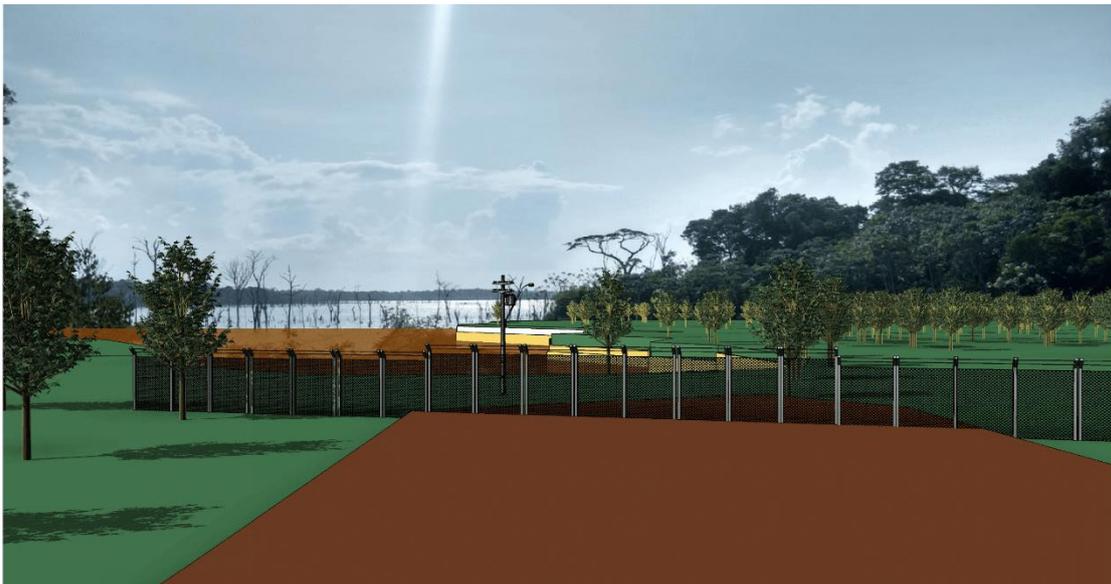
Figura 20 - Projeto de proteção da Área de Risco 01 (Paiol), elaborado no software Revit.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

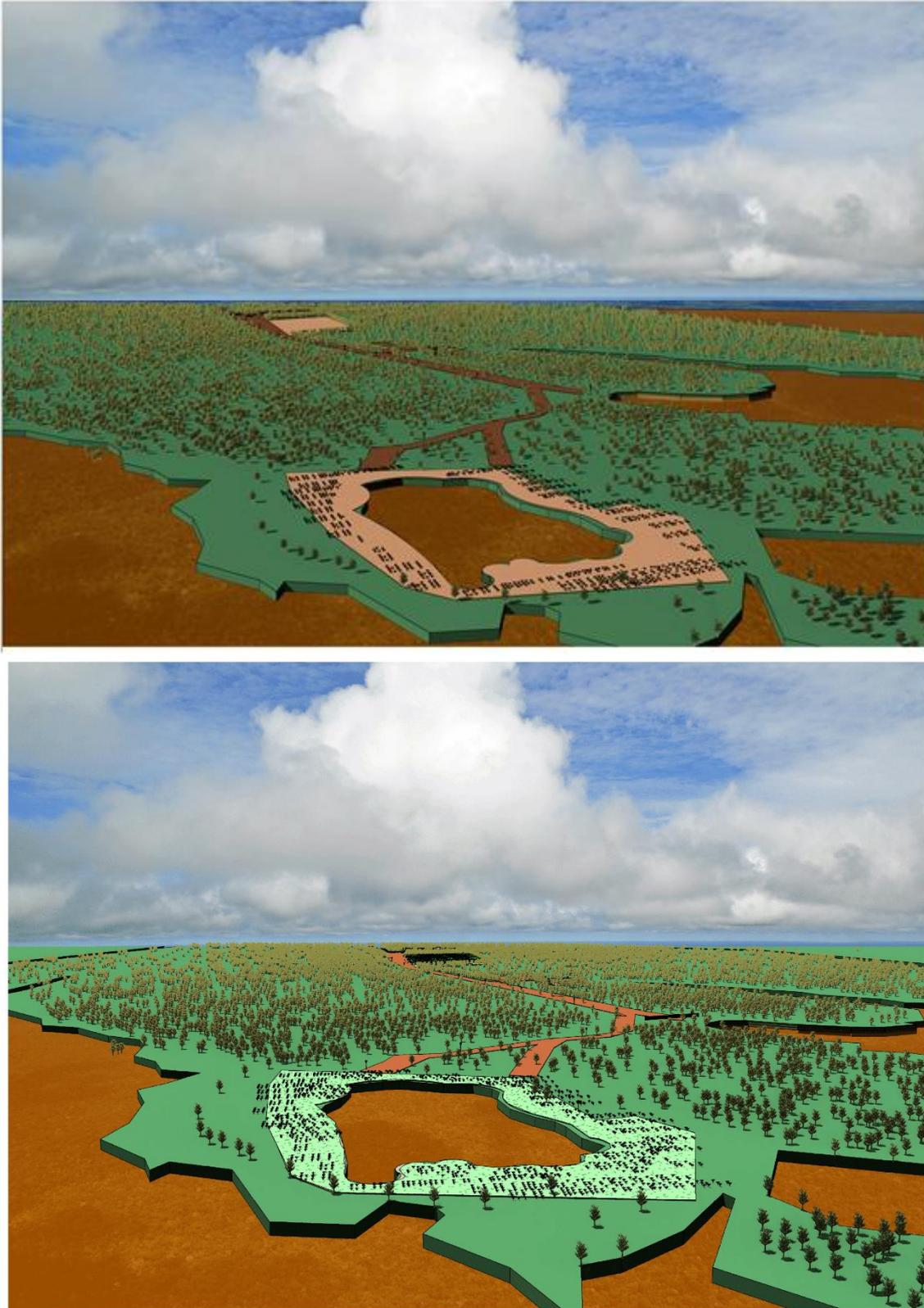
A proposta envolve a criação de uma cerca de proteção ao redor do paiol, identificando-o com placas indicativas de risco e informações sobre distanciamento. Ressalta-se que o paiol continua ativo, fornecendo suporte a outra mina em operação. Essa medida visa fortalecer a segurança no local, assegurando a conformidade com as normas estabelecidas, além de comunicar de maneira clara e eficaz as informações necessárias aos trabalhadores e visitantes.

Figura 21 - Projeto de proteção da Área de Risco 02 (Mina desativada), elaborado no software Revit.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 22 - Projeto de reflorestamento da mina interdita, elaborado no software Revit.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 23 - Planta georreferenciada das áreas de recuperação da Pedreira Santa Bárbara (Sigmine)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 04: Total de áreas recuperadas por hectare.

Especificação	Área (ha)
Pátio da área administrativa	0,3
Área da planta de beneficiamento da mina	2,4
Frente de Lavra interdita	3,3
<b>Total</b>	<b>6,0 hectares</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

### 5.3 Discussões Dos Resultados

#### a) Conceitos de Degradação

Em relação ao conceito de degradação, Santos (2017) trata a degradação ambiental causada pela mineração, com foco nas causas e consequências, destacando os efeitos negativos no solo e no ecossistema local.

Em nosso trabalho, a degradação foi abordada no contexto específico da Mina Pedreira Santa Bárbara. Nosso enfoque se diferencia ao integrar práticas sustentáveis e a reintrodução de espécies nativas. Embora ambos os trabalhos reconheçam o impacto negativo da mineração, o nosso trabalho busca não só remediar, mas restaurar proativamente o ecossistema, criando habitats que fortalecem a biodiversidade.

#### b) Impactos Ambientais

Santos (2017) destaca os impactos ambientais da mineração, como a contaminação do

solo e da água, bem como a perda de vegetação nativa e da biodiversidade. Essas consequências são amplamente reconhecidas como um dos principais desafios associados à atividade mineradora, devido ao comprometimento dos ecossistemas e ao risco ambiental gerado para as comunidades locais.

Em nosso trabalho, embora também reconheçamos tais impactos, avançamos ao propor medidas concretas para mitigar esses efeitos negativos. Entre as ações destacam-se a criação de uma trilha ecológica e o plantio de espécies nativas, que não apenas recuperam a área degradada, mas também agregam valor ambiental e social. Essa abordagem busca integrar de forma sustentável a área minerada ao ecossistema local, promovendo a restauração ambiental e o fortalecimento da biodiversidade.

c) Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD)

Santos (2017) Apresenta um plano bem estruturado com ênfase na avaliação inicial detalhada da área.

Em nosso trabalho, segue a base metodológica do PRAD, mas acrescentamos inovação ao incorporar elementos educacionais e de pesquisa científica. O incentivo à pesquisa transforma a área de recuperação em um espaço vivo de aprendizagem e desenvolvimento científico, indo além da abordagem de Santos e criando um impacto social e educacional significativo.

d) Monitoramento Ambiental

Santos (2017) Reforça a necessidade de monitoramento constante para garantir o sucesso da recuperação e ajustar as práticas conforme necessário.

Em nosso trabalho, o monitoramento está vinculado ao uso contínuo da área para pesquisa científica, criando um processo de monitoramento ativo e colaborativo. A inclusão de registros fotográficos e medições precisas, além de um relatório contínuo de progresso, assegura que o projeto seja dinâmico e fundamentado em dados concretos.

e) Coleta de Dados e Informações

Santos (2017): Enfatiza a importância de dados de qualidade, mas não detalha a coleta em profundidade.

Nosso trabalho não apenas coletou dados para o monitoramento ambiental, mas também documentou visualmente o progresso, o que contribui para a construção de um registro histórico completo. A metodologia adotada, que incluiu parcelas de amostragem e registros fotográficos periódicos, oferece um enfoque mais abrangente e didático, quando comparado ao trabalho de Santos (2017).

f) Referências e Metodologia

Santos (2017) Utiliza uma metodologia tradicional, com ênfase em técnicas de recuperação básicas e critérios convencionais de seleção.

No nosso trabalho a metodologia inclui o uso de tecnologias como o Revit para simulação paisagística, proporcionando uma visualização detalhada do cenário de recuperação. Isso representa uma inovação significativa no planejamento e avaliação, permitindo uma análise mais precisa das estratégias de recuperação.

g) Conclusão da Discussão

Comparando os dois trabalhos, percebo que nosso trabalho se destaca ao integrar componentes de educação ambiental e pesquisa científica ao processo de recuperação. Enquanto o trabalho de Santos (2017) estabelece uma base sólida para o PRAD, meu trabalho expande essa estrutura com práticas que visam à criação de valor ambiental, econômico e social. Dessa forma, a Mina Pedreira Santa Bárbara pode se tornar um exemplo de desenvolvimento sustentável e um modelo de recuperação de áreas degradadas.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de recuperação da Mina Pedreira Santa Bárbara propõe uma abordagem sustentável e inovadora para a restauração ambiental, focada em transformar uma área degradada em um ecossistema revitalizado e funcional. Com ações centradas na reintrodução de espécies nativas, no desenvolvimento de uma trilha ecológica e no estímulo à pesquisa científica, ele promove um compromisso profundo com o meio ambiente e a conscientização ecológica, mostrando como a restauração de áreas de mineração pode se tornar um ativo educativo e ambientalmente regenerativo.

A recuperação de áreas degradadas pela mineração é essencial para restaurar o equilíbrio ambiental, revertendo impactos negativos no solo, na vegetação e nos corpos d'água. Projetos desse tipo devolvem vitalidade aos ecossistemas locais, proporcionando um ambiente seguro e saudável para a fauna e a flora e recuperando funções ecológicas que beneficiam tanto a natureza quanto a comunidade. Além disso, ao transformar a área em um recurso educacional e de turismo ecológico, o projeto oferece valor adicional que ultrapassa a recuperação convencional.

Este estudo também contribui para o avanço científico e o conhecimento técnico sobre práticas de recuperação sustentáveis na região. Ao documentar e monitorar cada etapa do processo, cria-se uma base de dados e um modelo replicável que pode ser adotado em outras áreas afetadas pela mineração, incentivando o desenvolvimento de políticas e práticas de restauração ambiental mais eficazes. Esse componente de pesquisa fortalece as estratégias de recuperação e promove inovação constante para o setor.

O impacto desse projeto para a sustentabilidade da região é profundo e duradouro. Ao transformar uma área degradada em um espaço regenerativo e ambientalmente funcional, ele promove o uso sustentável dos recursos e melhora a qualidade de vida para as comunidades locais. A restauração planejada cria um ecossistema mais equilibrado e oferece um exemplo inspirador de como práticas conscientes de recuperação ambiental podem contribuir para o desenvolvimento econômico e ecológico da região, tornando-a mais resiliente e ecologicamente sustentável.

## REFERÊNCIAS

BACCI, D. et al. **Impactos ambientais da mineração: estudos de caso no Brasil**. Brasília: IBAMA, 2006. Disponível em: [https://www.ibama.gov.br/phocadownload/biblioteca/documentos/series/serie\\_estudos\\_24.pdf](https://www.ibama.gov.br/phocadownload/biblioteca/documentos/series/serie_estudos_24.pdf). Acesso em: 15 maio 2023.

BARRETO, A. C. **Manejo e conservação do solo: teoria e prática**. São Paulo, 2001. Disponível em: <https://www.biosistemico.org.br/wp-content/uploads/2013/05/cartilha-manejo-e-conservacao-do-solo.pdf>. Acesso em: 20 maio 2023.

BASTOS, F. A.; SILVA, J. M. **Reconversão de áreas mineradas: aspectos econômicos e ambientais**. São Paulo, 2005. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/884697/1/RECUPERACAO-AREAS-MINERADAS-ed02-2010.pdf>. Acesso em: 10 jun, 2023.

BRODKOM, E. **Reabilitação de áreas degradadas pela mineração: princípios e práticas**. São Paulo, 2000. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/175225/2/recuperacao.pdf>. Acesso em: 10 jun, 2023.

BRASIL. **Constituição (1988)**: Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, 1988. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm). Acesso em: 10 jun, 2023.

BRASIL. **Decreto n.º 97.632, de 10 de abril de 1981**. Regulamenta o artigo 2º, inciso VIII, da Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981. Diário Oficial da União, Brasília, 1981. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/D97632.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97632.htm). Acesso em: 20 maio 2023.

BRASIL. **Resolução Conama n.º 237, de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental. Diário Oficial da União, Brasília, 1997. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0237-191297.PDF>. Acesso em: 20 maio 2023.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Manual de impactos ambientais em mineração**. Brasília: CPRM, 2002. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/bitstream/mctic/5224/1/2002\\_mineracao\\_e\\_meio\\_ambiente\\_no\\_brasil\\_pnud\\_contrato\\_2002\\_001604.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](http://www.cprm.gov.br/bitstream/mctic/5224/1/2002_mineracao_e_meio_ambiente_no_brasil_pnud_contrato_2002_001604.pdf?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 10 jun, 2023.

COSTA, J. L. **Impactos ambientais na mineração de pedreiras**. 2010. Disponível em: [https://repositorio.unifesspa.edu.br/bitstream/123456789/469/1/TCC\\_An%c3%a1lise%20dos%20impactos%20ambientais.pdf](https://repositorio.unifesspa.edu.br/bitstream/123456789/469/1/TCC_An%c3%a1lise%20dos%20impactos%20ambientais.pdf). Acesso em: 10 jun, 2023.

EDEN PROJECT. **Sobre o Eden Project**. Disponível em: <https://www.edenproject.com>. Acesso em: 20 jan, 2024.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for evaluating and mitigating the environmental impacts of mining.** Washington, DC: EPA, 2006. Disponível em: [https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/hardrock\\_mining\\_framework\\_0.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/hardrock_mining_framework_0.pdf?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 10 jun, 2023.

FARACO, A.; SOUZA, L.; SILVA, J. **Geologia do Amapá:** caracterização e unidades geotectônicas. Macapá: IEPA, 2000. Disponível em: [https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/23236?utm\\_source=chatgpt.com](https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/23236?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 10 jun, 2024.

GERMANI, P. **História da mineração no Brasil.** São Paulo: Edusp, 2002. Disponível em: [https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/mineracao\\_no\\_brasil\\_rel\\_final\\_1023.pdf](https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/mineracao_no_brasil_rel_final_1023.pdf). Acesso em: 10 jun, 2024.

GRIFFITH, J. **Environmental impacts of mining activities.** New York: Springer, 1980. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-59891-3>. Acesso em: 20 jan, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Instrução Normativa n.º 04, de 2011.** Brasília: IBAMA, 2011. Disponível em: <http://ctpconsultoria.com.br/pdf/Instrucao-Normativa-IBAMA-04-de-13-04-2011.pdf>. Acesso em: 20 jan, 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO ESTADO DO AMAPÁ (IEPA). **Geologia.** 2010. Disponível em: [https://iepa.ap.gov.br/estuario/arq\\_pdf/vol\\_1/cap\\_2\\_geologia\\_atual.pdf](https://iepa.ap.gov.br/estuario/arq_pdf/vol_1/cap_2_geologia_atual.pdf). Acesso em: 10 jun, 2023.

MODESTO, J. R. **Impactos ambientais das atividades minerárias:** perspectivas e desafios. Brasília: Edições CPRM, 2007. Disponível em: [https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/estudos/caderno-1-conhecimento-geologico/copy2\\_of\\_1\\_Caderno\\_Conhecimento\\_Geologico\\_parte\\_01.pdf](https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/estudos/caderno-1-conhecimento-geologico/copy2_of_1_Caderno_Conhecimento_Geologico_parte_01.pdf). Acesso em: 20 jan, 2024.