



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA URBANA



Alexsandro Henrique de Souza Almeida

Potencialidades de usos de áreas degradadas pela mineração  
próximas a regiões urbanas que passam por processo de  
descaracterização. Estudo de caso: Sistema Pontal,  
Itabira-MG.

Ouro Preto

2026

Alexsandro Henrique de Souza Almeida

Potencialidades de usos de áreas degradadas pela mineração  
próximas a regiões urbanas que passam por processo de  
descaracterização. Estudo de caso: Sistema Pontal,  
Itabira-MG.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia  
Urbana da Universidade Federal de Ouro Preto como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Engenheiro Urbanista.

Orientador: Dr. Denis Furstenau Plec

Coorientador: Dr. Christiano Ottoni de Carvalho

Ouro Preto

2026



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Alexsandro Henrique de Souza Almeida**

**POTENCIALIDADES DE USOS DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO PRÓXIMAS A REGIÕES URBANAS QUE PASSAM POR PROCESSO DE DESCARACTERIZAÇÃO.**

**ESTUDO DE CASO: SISTEMA PONTAL, ITABIRA-MG.**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Urbana da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Urbano

Aprovada em 27 de fevereiro de 2026

### Membros da banca

Prof. D.Sc. Denis Furstenau Plec - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto  
Prof. D.Sc. Christiano Ottoni de Carvalho - Coorientador - Universidade Federal de Ouro Preto  
Prof. D.Sc. Vinicius de Matos Brandão Raposo - Faculdade Anhanguera  
Prof. D.Sc. Yuri Queiroz Abreu Torres - Universidade Federal de Ouro Preto

Denis Furstenau Plec, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 13/03/2026



Documento assinado eletronicamente por **Denis Furstenau Plec, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/03/2026, às 20:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1075216** e o código CRC **943C0527**.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, à Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) pela oportunidade de estudar em uma universidade pública e de qualidade. À professora Aline Nunes e ao professor Paulo Vieira, que, no início do curso, em 2019 um ano após a fundação da Engenharia Urbana, na disciplina de Sistemas Urbanos, motivaram-me a acreditar no curso, em um momento em que alguns colegas realizavam transferências para Engenharia Civil, Metalúrgica, de Minas e Arquitetura e Urbanismo, o que gerava certa insegurança. Hoje, tenho a certeza de que a escolha foi a melhor possível e sinto muito orgulho por ter participado do início de uma das melhores engenharias do país.

Posteriormente, agradeço ao professor Raimundo Leite, que sempre dizia: “Para aprender cálculo é preciso saber o pouco, porque o pouco aparece toda hora”, em consonância com o professor Armando Brizola, que me deu um conselho valioso em Física: “É preciso sentar na cadeira e fazer o máximo de exercícios possíveis, assim você não cairá em pegadinhas matemáticas.”

Aos professores Denis Furstenau Plec e Christiano Ottoni de Carvalho, agradeço a oportunidade de participar de uma iniciação científica por meio do Programa de Iniciação à Pesquisa (PIP), em um momento em que eu me sentia perdido no curso. Como consequência, passei a me interessar cada vez mais pelo tema e, ao observar a Barragem Campo Grande, em Mariana, com a finalização de sua descaracterização, tenho absoluta certeza de que o que nós três propusemos para a área faz total sentido e possui grande relevância.

Ao falecido professor Pierluigi Piazzzi, mais conhecido como Pier, que escreveu o livro *Ensinando Inteligência*, ele dizia que estudar não é ler, e sim escrever. Segundo sua analogia, “o nosso cérebro é dividido em duas partes: o sistema límbico (memória RAM) e córtex (HD do computador).”

Em uma palestra, ele contou que, em sua última turma de Engenharia de Controle e Automação, pediu aos alunos que fizessem uma regra de três simples: se o cérebro humano é composto por  $x$  neurônios, a quantos computadores de última geração ele equivale? A resposta foi que um cérebro humano equivale a dez mil computadores.

Pier então disse: “todo mundo é um gênio, alguns bem no fundo, mas todo mundo é um gênio. Acreditem em vocês.”

Ao professor Lucas Deleon Ferreira, que é minha inspiração na Geotecnia, esteve presente nas minhas cinco disciplinas da área: Mecânica dos Solos I e II, Mecânica das Rochas, Geotecnia em Áreas Urbanas e Geotecnia de Contencções, especialmente nas duas últimas, quando a teoria sai de cena e entra a aplicação prática.

Foi nesse momento que me vi identificado com uma área que fez meus olhos brilharem, e ele me inspirou com suas aulas de verdadeira engenharia geotécnica, pautada na integridade.

Além disso, agradeço aos professores Reinaldo Fortes e Marcelo Luiz Silva, que despertaram em mim a paixão pela linguagem de programação Python, quando tive a oportunidade de ser monitor voluntário na disciplina de Programação de Computadores I.

Agradeço também a Claver Vilela, Miriam e Christian, bem como a toda a equipe, com quem pude conviver com diferentes perfis e ideias ao longo do projeto de extensão sobre gestão financeira e junto ao Programa de Desenvolvimento Social e Acadêmico (PRODESA).

Por fim, e de maneira especial, agradeço à minha família por todo o apoio. Talvez, sem eles, eu não teria chegado até aqui.

## RESUMO

Após os recentes acidentes envolvendo barragens com alteamento a montante ocorridos durante a década de 2010, a legislação brasileira impôs a proibição desse método, em consonância com a obrigatoriedade do processo de descaracterização das estruturas existentes. Nesse sentido, o presente projeto visa, por meio de uma visão integrada e multidisciplinar, propor potencialidades de usos para o Sistema Pontal da Mina Cauê localizado em Itabira no Estado de Minas Gerais. A pesquisa adotou uma metodologia quantitativa e qualitativa, estruturada em análise legal e normativa do fechamento de mina, análise do atual processo de descaracterização, mapeamento físico-territorial abordando as temáticas de sistema viário, malha urbana, drenagem, uso e ocupação do solo, macrozoneamento e topografia em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) com o suporte do software de geoprocessamento QGIS e realizada análise espacial multicritério utilizando o método Processo Analítico Hierárquico (AHP), com critérios definidos a partir da consolidação das informações provenientes do mapeamento físico-territorial. A atribuição dos pesos ocorreu por meio da matriz de comparação par a par em consonância com a escala fundamental de Saaty, a soma das colunas e a matriz normalizada permitindo a geração de mapas de aptidão territorial. As análises apontaram três alternativas potenciais: parque urbano, centro cultural e silvicultura. Os resultados possibilitaram a avaliação comparativa de cenários de uso futuro e a proposição de diretrizes técnicas e urbanísticas voltadas para o ordenamento territorial da área.

Palavras-chaves: Fechamento de Mina, Descaracterização, Recuperação, Reabilitação.

## **ABSTRACT**

Following recent accidents involving upstream tailings dams during the 2010s, Brazilian legislation prohibited this method, in line with the mandatory decommissioning process of existing structures. In this sense, this project aims, through an integrated and multidisciplinary approach, to propose potential uses for the Pontal System of the Cauê Mine located in Itabira, Minas Gerais State. The research adopted a quantitative and qualitative methodology, structured around a legal and regulatory analysis of mine closure, analysis of the current decommissioning process, physical-territorial mapping addressing the themes of road system, urban network, drainage, land use and occupation, macro-zoning, and topography in a Geographic Information System (GIS) environment with the support of the QGIS geoprocessing software, and a multi-criteria spatial analysis using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, with criteria defined from the consolidation of information from the physical-territorial mapping. The weighting was done using a pairwise comparison matrix in accordance with Saaty's fundamental scale, the sum of the columns, and the normalized matrix, allowing the generation of land suitability maps. The analyses pointed to three potential alternatives: urban park, cultural center, and forestry. The results enabled a comparative evaluation of future land use scenarios and the proposition of technical and urban planning guidelines aimed at the territorial planning of the area.

Keywords: Mine Closure, Decommissioning, Recovery, Rehabilitation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Método de alteamento a montante.....	13
Figura 2 – Método de alteamento a jusante.....	13
Figura 3 – O Eden Project antes da recuperação e reabilitação espacial.....	21
Figura 4 – O Eden Project depois da recuperação e reabilitação espacial.....	21
Figura 5 – O Parque das Mangabeiras antes da recuperação e reabilitação.....	25
Figura 6 – O Parque das Mangabeiras depois da recuperação e reabilitação.....	25
Figura 7 – Localização do Sistema Pontal no município de Itabira-MG.....	36
Figura 8 – As principais estruturas que compõem o Sistema Pontal, incluindo a barragem, os diques e a portaria de acesso .....	37
Figura 9 – Foto atual após o processo de descaracterização dos quatro diques.....	38
Figura 10 - Foto do avanço do processo de descaracterização do dique Minervino e Cordão Nova Vista. ....	39
Figura 11 – Sistema viário próximo e dentro do Sistema Ponta.....	43
Figura 12 – Limite urbano atrelado ao Sistema Pontal demonstrando a influência da malha urbana com o estudo de caso .....	44
Figura 13 – Classes de declividades: plano, suave, ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado que integram o Sistema Pontal e seu entorno.....	45
Figura 14 – Modelo tridimensional do Sistema Pontal e entorno com a junção das classes de declividades. ....	46
Figura 15 – Modelo Tridimensional do Sistema Pontal e entorno com ênfase na vista da barragem e diques.....	46
Figura 16 – Perfil topográfico do início do Sistema Pontal até o dique 08.....	47
Figura 17 – Perfil topográfico do dique 02 até o centro do Sistema Pontal.....	48
Figura 18 – Perfil topográfico do dique 03 até o centro do Sistema Pontal.....	48
Figura 19 – Perfil topográfico do dique 04 até o dique 08 .....	48

Figura 20 – Perfil topográfico do dique 08 até o centro do Sistema Pontal.....	49
Figura 21 – Áreas úmidas e trechos de drenagem que compõem o Sistema Pontal e seu entorno.....	50
Figura 22 – Componentes e atividades que caracterizam o uso e ocupação do solo no Sistema Pontal e seu entorno.....	51
Figura 23 – Elementos do Plano Diretor sobre o macrozoneamento da área de estudo. ....	52
Figura 24 – Avaliação de potencialidades de usos para o cenário 1: Conservação Ambiental.....	57
Figura 25 – Avaliação de potencialidades de usos para o cenário 2: Uso Recreativo Controlado.....	60
Figura 26 – Avaliação de potencialidades de usos para o cenário 3: Uso Produtivo Leve. ....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atualização do processo de descaracterização dos diques.....	38
Tabela 2 – Matriz de comparação par a par para o cenário 1.....	54
Tabela 3 – Soma das colunas da matriz para o cenário 1.....	54
Tabela 4 – Matriz normalizada para o cenário 1.....	55
Tabela 5 – Vetor de pesos para o cenário 1.....	55
Tabela 6 – Matriz de comparação par a par para o cenário 2.....	58
Tabela 7 – Soma das colunas da matriz para o cenário 2.....	59
Tabela 8 – Matriz normalizada para o cenário 2.....	59
Tabela 9 – Vetor de pesos para o cenário 2.....	59
Tabela 10 – Matriz de comparação par a par para o cenário 3.....	62
Tabela 11 – Soma das colunas da matriz para o cenário 3.....	62
Tabela 12 – Matriz normalizada para o cenário 3.....	62
Tabela 13 – Vetor de pesos para o cenário 3.....	63

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AHP – *Analytic Hierarchy Process* (Processo de Análise Hierárquica)

ANM – Agência Nacional de Mineração

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

EIA/RIMA – Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragens

PRAD – Plano de Recuperação de Áreas Degradadas

.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos.....	4
1.1.1 Objetivo Geral.....	4
1.1.2 Objetivos Específicos.....	4
1.2 Justificativa.....	5
<b>2 GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE TERRITORIAL.....</b>	<b>7</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>11</b>
3.1 Panorama Legislativo de Fechamento de Minas.....	11
3.1.1 Legislação Federal.....	12
3.1.2 Legislação Estadual Mineira.....	15
3.2 Caracterização da área de estudo.....	15
<b>4 REFERÊNCIAS PROJETUAIS.....</b>	<b>17</b>
4.1 O Projeto Éden.....	17
4.2 O Parque das Mangabeiras, Belo Horizonte (MG).....	21
<b>5 METODOLOGIA.....</b>	<b>25</b>
5.2 Etapa 1 - Análise legal e contextual sobre Fechamento de Mina.....	26
5.3 Etapa 2 – Análise do atual processo de descaracterização do Sistema Pontal.....	27
5.4 Etapa 3 - Mapeamento físico-territorial.....	29
5.5 Etapa 4 - Análise espacial multicritério.....	30
5.6 Etapa 5 - Síntese e recomendações técnicas e urbanísticas para o cenário selecionado.....	33
<b>6 RESULTADOS.....</b>	<b>34</b>
6.1 Panorama Legal.....	34
6.2 Análise do atual Processo de Descaracterização do Sistema Pontal.....	35
6.3 Mapeamento Físico do Sistema Pontal.....	42
6.3.1 Sistema Viário.....	42

6.3.2 Malhas Urbanas.....	43
6.3.3 Topografia.....	44
6.3.4 Drenagem.....	49
6.3.5 Uso e Ocupação do Solo.....	50
6.3.6 Macrozoneamento.....	51
6.4 Análise Espacial Multicritério.....	52
6.5 Síntese e Recomendações Técnicas.....	65
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>66</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A atividade mineradora constitui uma das práticas econômicas mais antigas da humanidade, estando intrinsecamente relacionada ao desenvolvimento das civilizações ao longo da história. Desde os primórdios da organização social humana, a extração e o beneficiamento de recursos minerais têm desempenhado papel fundamental na evolução tecnológica, econômica e social das sociedades (HARTMAN; MUTMANSKY, 2002).

No contexto brasileiro, o período colonial foi marcado pelo ciclo do ouro (1690-1750), que representou um dos mais significativos episódios da mineração nacional. A descoberta de depósitos auríferos na região das Minas Gerais pelos bandeirantes paulistas desencadeou um intenso movimento migratório e o estabelecimento de núcleos urbanos, como a Vila Rica (atual Ouro Preto). Este período caracterizou-se não apenas pela extração aurífera, mas também pelo desenvolvimento de uma rica cultura barroca (BOXER, 1962).

A Primeira Revolução Industrial (1760-1840) foi fundamentalmente baseada na exploração do carvão mineral e do ferro, recursos essenciais para o funcionamento das máquinas a vapor e o desenvolvimento da siderurgia. A Segunda Revolução Industrial (1870-1914) ampliou ainda mais a demanda por recursos minerais, incorporando novos materiais como o petróleo, o cobre e diversos metais raros necessários para as inovações tecnológicas da época (HOBSBAWM, 1977).

Na contemporaneidade, a mineração mantém sua relevância estratégica, fornecendo matérias-primas essenciais para setores como construção civil, indústria farmacêutica, eletrônica, automobilística e aeroespacial. O processo de urbanização e globalização intensificou a demanda por recursos minerais, consolidando este setor como um dos pilares da economia mundial (BRIDGE, 2000).

A trajetória da mineração brasileira, particularmente em Minas Gerais, é marcada por uma série de acidentes envolvendo barragens de rejeitos que

evidenciam os riscos inerentes a esta atividade. Estes eventos constituem marcos na discussão sobre segurança de barragens e gestão de riscos ambientais no setor mineral.

Em junho de 2001, um acidente ocorreu com o rompimento da barragem da empresa Rio Verde, em São Sebastião das Águas Claras, Nova Lima. Este evento resultou na morte de funcionários, na interrupção do principal acesso viário da região - afetando significativamente o turismo local - e na degradação de áreas de Mata Atlântica. O volume de rejeitos foi transportado até o córrego Taquaras, causando impactos ambientais de longa duração (CETEM, 2016).

O desastre de Cataguases, ocorrido em março de 2003, embora não diretamente relacionado à mineração, ilustra os riscos associados ao armazenamento de resíduos industriais. O rompimento da barragem da Indústria Cataguases de Papel liberou aproximadamente 1,4 bilhões de litros de lixívia negra - um subproduto altamente tóxico da produção de celulose - nos rios Pomba e Paraíba do Sul. A contaminação se estendeu até o oceano, causando mortandade de peixes, destruição da fauna e flora aquáticas, e interrupção do abastecimento de água em diversos municípios (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO RJ, 2003).

A barragem de rejeitos do Fundão, integrante da mina de ferro de Germano e localizada no município de Mariana (MG), teve sua construção iniciada na década de 1970 e sofreu ruptura no dia 5 de novembro de 2015, no período da tarde, resultando em 19 vítimas fatais. O colapso da estrutura provocou o deslocamento de um grande volume de rejeitos, que se propagou ao longo do vale, incorporando águas de reservatórios associados a barragens e do rio Doce, bem como de seus afluentes, alcançando o oceano Atlântico após percorrer extensas distâncias. Sob a perspectiva ambiental, o evento é reconhecido como um dos desastres de maior magnitude já registrados no país. (SANDRONI; GUIDICINI, 2025).

Outro devastador acidente ocorreu em 25 de janeiro de 2019, com o rompimento da barragem B1 da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho. Este

evento, considerado um dos maiores desastres socioambientais da história brasileira, resultou em 270 mortes e causou impactos ambientais irreversíveis.

Os impactos destes rompimentos transcenderam a esfera ambiental, afetando profundamente as dimensões social e econômica da região. A destruição de comunidades inteiras, a contaminação de recursos hídricos e a perda de biodiversidade evidenciaram a necessidade urgente de revisão dos marcos regulatórios e das práticas de segurança no setor mineral.

A sequência de acidentes envolvendo barragens de rejeitos, particularmente os eventos de Mariana (2015) e Brumadinho (2019), provocou uma profunda revisão do marco regulatório brasileiro para o setor mineral. A resposta do poder público foi a implementação de medidas restritivas e a criação de novos instrumentos de controle e fiscalização.

A Agência Nacional de Mineração (ANM), através da Resolução nº 4/2019, posteriormente substituída pela Resolução nº 13/2019, estabeleceu a proibição da construção de novas barragens de rejeitos pelo método de alteamento a montante. Esta decisão baseou-se no reconhecimento de que este método, embora economicamente vantajoso, apresenta riscos intrínsecos inaceitáveis para a segurança pública e ambiental (ANM, 2019).

Complementarmente, a normativa determinou o descomissionamento e a descaracterização de todas as estruturas existentes construídas por este método. A Resolução ANM nº 95/2022 estabeleceu os procedimentos técnicos específicos para a execução destes processos, definindo critérios de segurança, cronogramas e metodologias de monitoramento (ANM, 2022).

Segundo o portal, o monitoramento das estruturas cadastradas teve início em 2019, período no qual havia 72 barragens construídas pelo método a montante, posteriormente proibido. Atualmente, encontram-se cadastradas 472 barragens no âmbito do Plano Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), das quais 52 ainda correspondem a estruturas pelo método a montante, indicando que 20 barragens já concluíram o processo de descaracterização ou adequação construtiva (ANM, 2025). No estado de Minas Gerais, 37 barragens

permanecem sujeitas ao processo de descaracterização, configurando um desafio técnico, econômico e ambiental de grande magnitude.

Este cenário impõe a necessidade de desenvolvimento de novas abordagens para a gestão de áreas pós-mineração, incluindo a avaliação de potencialidades para usos alternativos do solo.

Dentre esta realidade, está o estudo de caso analisado dentro do presente trabalho, o Sistema Pontal, localizado em Itabira-MG. O município terra do poeta Carlos Drummond de Andrade, desde o século XVIII, tem a extração de minério de ferro como o pilar da economia local, no passado, este lado atraiu famílias de altos padrões financeiros impulsionando as construções de edificações em estilos coloniais e barrocos.(GUIMARÃES; MILANEZ, 2017).

Além disso, sua expansão e consolidação urbana detêm ativamente a participação do setor de mineração em sua construção territorial. Esse processo ocorreu por meio do financiamento de obras de infraestrutura urbana, como saneamento e energia, e da criação de vilas operárias planejadas para abrigar a mão de obra industrial (GUIMARÃES; MILANEZ, 2017). O presente Projeto Final de Curso visa com uma abordagem multidisciplinar propor uma metodologia e alternativas para a reutilização da área, minimizando assim os impactos negativos que a ausência da atividade econômica na cidade poderá exercer e contribuindo para a nova era da mineração sustentável.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O presente estudo tem como objetivo geral identificar possíveis potencialidades de uso de áreas que estão em processo de fechamento de mina e descaracterização no Sistema Pontal.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

O presente estudo tem os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a legislação e os processos de fechamento de minas e descaracterização de barragens e diques na mineração com foco no Sistema Pontal;
- Buscar alternativas para novos empreendimentos na área que será descaracterizada para a sua recuperação ambiental e reabilitação;
- Avaliar a importância do ordenamento territorial e meio físico para avaliação das alternativas de novas fontes de renda dentro do contexto de descaracterização .

## **1.2 Justificativa**

A mineração é um importante vetor da economia brasileira presente em vários aspectos da sociedade nacional e internacional. Itabira-MG, conhecida como a cidade do ferro, tem como principal atividade produtiva a mineração, gerando emprego e renda para a população.

Após os recentes eventos de rompimento da barragem, surgiram leis que exigiram a descaracterização de barragens de rejeito. Essa atual demanda de descaracterização de barragens com alteamento a montante, exemplificada pela Lei nº 14.066/2020, impõe desafios significativos para o município que há mais de meio século tem a mineração como pilar econômico.

Os processos de descaracterização de barragens de rejeito irão gerar um impacto econômico, e conseqüentemente social, para diversos municípios do estado de Minas Gerais. Estende assim a necessidade para a reabilitação e recuperação desses espaços outrora impactados pela mineração, nas quais estas devem ser norteadas com planejamento, responsabilidade e integridade visando a integração do novo espaço com a sociedade. Portanto, buscou-se associar essa nova necessidade de cumprimento legal com a oportunidade de novos usos das áreas. Para gerar novas fontes de rendas.

Cada mina possui peculiaridades dada a sua localização geográfica, como condições geológicas, mineralógicas, pedológicas, hidrológicas,

topográficas e de ordenamento territoriais. Portanto, cada processo de descomissionamento de barragens de rejeito e seus impactos devem ser estudados por um viés multidisciplinar.

O estudo de caso do sistema Pontal de Itabira (MG), abordado neste estudo, que possui como contexto a sua proximidade com a mancha urbana e enfrenta o desafio econômico que os impactos da ausência da mineração pode exercer no espaço geográfico, onde vários trabalhadores tinham como fonte de renda está atividade do Sistema Pontal. Dessa maneira, o projeto justifica-se por sua importância ambiental, social e econômica, e também fornecerá conteúdo para futuras pesquisas em contextos semelhantes.

## **2 GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE TERRITORIAL**

O geoprocessamento é uma ferramenta fundamental para a análise territorial e a tomada de decisão, pois permite integrar, visualizar e analisar dados espaciais de diferentes naturezas — ambientais, socioeconômicos, legais e infraestruturais — de forma sistemática e precisa. Ao revelar padrões, conflitos de uso do solo, restrições e aptidões do território, o geoprocessamento subsidia a identificação das potencialidades das áreas, orientando o planejamento, a gestão e a definição de usos mais adequados, sustentáveis e tecnicamente embasados. A capacidade de integrar, manipular, analisar e visualizar dados georreferenciados permite uma compreensão aprofundada das interações espaciais e dos fenômenos que ocorrem na superfície terrestre.

O geoprocessamento engloba o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), sensoriamento remoto e cartografia digital, consolidou-se como uma ferramenta indispensável para a análise e gestão territorial em diversas áreas do conhecimento, incluindo o planejamento urbano, a gestão ambiental, a geologia e a engenharia (BURROUGH; MCDONNELL, 1998).

No contexto da avaliação de potencialidades para áreas impactadas pela mineração, o geoprocessamento oferece um arcabouço metodológico robusto para: (i) mapear e caracterizar a extensão e o tipo de impacto; (ii) identificar áreas com atributos favoráveis à recuperação ou a novos usos; (iii) modelar cenários de transformação da paisagem; e (iv) monitorar a evolução das intervenções ao longo do tempo (LONGLEY et al., 2015). A representação espacial de informações como topografia, hidrografia, uso e ocupação do solo, infraestrutura e dados socioeconômicos é fundamental para uma análise multidisciplinar e integrada do território.

A linguagem de programação Python emergiu como uma das ferramentas mais versáteis e poderosas para o desenvolvimento de aplicações em geoprocessamento, complementando e, em muitos casos, superando as funcionalidades de softwares SIG comerciais (ZANDBERGEN, 2013). Sua sintaxe clara e legível, a vasta quantidade de bibliotecas especializadas e a

capacidade de integração com diferentes plataformas tornam-na ideal para automatizar tarefas, desenvolver algoritmos personalizados e realizar análises complexas que seriam inviáveis ou extremamente demoradas em ambientes gráficos.

O ecossistema Python para geoprocessamento é vasto e em constante expansão, com bibliotecas que cobrem desde a manipulação de dados vetoriais e raster até a visualização e o desenvolvimento de aplicações web geoespaciais. Dentre as mais relevantes, destacam-se:

- **GDAL/OGR:** A Geospatial Data Abstraction Library (GDAL) e a OpenGIS Simple Features Reference Implementation (OGR) são bibliotecas de código aberto fundamentais para a leitura e escrita de uma vasta gama de formatos de dados geoespaciais (vetoriais e raster). Python oferece *\*bindings\** para GDAL/OGR, permitindo o acesso a essas funcionalidades diretamente via código (OSGEO, 2024).
- **Shapely:** Focada na manipulação e análise de geometrias vetoriais (pontos, linhas, polígonos), Shapely permite realizar operações como união, interseção, diferença, *\*buffer\**, cálculo de áreas e perímetros, e verificação de relações topológicas (SHAPELY, 2024).
- **Fiona:** Atua como uma interface Python para a biblioteca OGR, facilitando a leitura e escrita de dados vetoriais em diversos formatos, como Shapefile, GeoJSON, entre outros (FIONA, 2024).
- **Rasterio:** Essencial para a manipulação de dados raster (imagens de satélite, modelos digitais de elevação), Rasterio oferece funcionalidades para leitura, escrita, reprojeção, recorte e operações matemáticas com arrays raster (RASTERIO, 2024).
- **GeoPandas:** Construída sobre Pandas (para manipulação de dados tabulares) e Shapely, GeoPandas estende as estruturas de dados do Pandas para permitir o trabalho com dados geoespaciais de forma intuitiva e eficiente, facilitando a combinação de atributos com geometrias e a realização de operações espaciais (GEOPANDAS, 2024).

- **Matplotlib/Folium:** Para visualização de dados geoespaciais, Matplotlib permite a criação de gráficos estáticos, enquanto Folium possibilita a criação de mapas interativos baseados em tecnologias web como Leaflet.js (HUNTER, 2007; FOLIUM, 2024).

As principais vantagens da utilização de Python em geoprocessamento incluem:

- **Automação:** A capacidade de escrever scripts permite automatizar tarefas repetitivas, como download de dados, pré-processamento, análise em lote e geração de relatórios, otimizando o fluxo de trabalho (ZANDBERGEN, 2013).
- **Customização:** É possível desenvolver algoritmos e funções específicas para atender às necessidades de um projeto particular, sem as limitações impostas por softwares comerciais (LONGLEY et al., 2015).
- **Integração:** Python se integra facilmente com outras bibliotecas para análise de dados (NumPy, SciPy, Pandas), aprendizado de máquina (Scikit-learn, TensorFlow) e desenvolvimento web, permitindo a criação de soluções geoespaciais complexas e multidisciplinares.
- **Reprodutibilidade:** Scripts Python garantem que as análises sejam reproduzíveis, facilitando a verificação dos resultados e a colaboração em projetos (REID, 2015).

No contexto da avaliação de potencialidades para áreas impactadas pela mineração, a sinergia entre geoprocessamento e Python é particularmente relevante. Exemplos de aplicações incluem:

- **Mapeamento de Impactos:** Utilização de imagens de satélite e algoritmos de classificação (desenvolvidos em Python) para delimitar áreas degradadas, identificar mudanças na cobertura do solo e quantificar a extensão dos impactos (LONGLEY et al., 2015).
- **Análise de Aptidão do Solo:** Combinação de dados topográficos (declividade, exposição), hidrológicos (bacias de drenagem, áreas de inundação) e geológicos para identificar áreas com maior aptidão para

reflorestamento, agricultura, ou implantação de infraestruturas de lazer (BURROUGH; MCDONNELL, 1998).

- **Modelagem de Cenários:** Desenvolvimento de modelos espaciais (usando Shapely e GeoPandas) para simular diferentes cenários de uso do solo pós-mineração, avaliando a viabilidade e os impactos de cada alternativa.

**Monitoramento Ambiental:** Criação de rotinas automatizadas para processar séries temporais de dados de sensoriamento remoto, monitorando a recuperação da vegetação, a qualidade da água e a estabilidade de taludes (REID, 2015).

- **Análise de Proximidade e Conectividade:** Avaliação da proximidade das áreas impactadas a centros urbanos, infraestruturas existentes e áreas de conservação, utilizando ferramentas de análise de rede e \*buffer\* para identificar potencialidades de integração com o entorno (LONGLEY et al., 2015)

Sendo assim, a integração do geoprocessamento com a programação em Python oferece uma abordagem moderna, eficiente e flexível para a análise territorial, especialmente em contextos complexos como a avaliação de potencialidades em áreas impactadas pela mineração.

Desse modo, ao permitir a automação de processos, a customização de análises e a integração de diversas fontes de dados, essa combinação capacita pesquisadores e planejadores a desenvolver soluções mais precisas, robustas e adaptadas às especificidades de cada estudo de caso. Para o Sistema Pontal em Itabira, o uso dessas ferramentas será fundamental para uma análise aprofundada e para a proposição de usos futuros que maximizem o valor do território.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Panorama Legislativo de Fechamento de Minas**

A sustentabilidade da mineração transcende os aspectos técnicos e econômicos, exigindo uma governança que garanta a legitimidade e a transparência dos processos. A "licença social para operar" é crucial, e sua obtenção está diretamente ligada à percepção de justiça e confiança nos processos regulatórios por parte de todos os atores locais, incluindo os povos indígenas (OCDE, 2021). Conflitos sobre o uso da terra e preocupações com impactos socioambientais podem gerar forte oposição, prejudicando novos investimentos.

Para superar esses desafios, é necessário fortalecer os mecanismos de diálogo e consulta. O estudo da OCDE (2021) recomenda que os governos desenvolvam diretrizes claras e consistentes para a consulta, garantindo o envolvimento das comunidades desde as fases iniciais do licenciamento.

Além disso, a estrutura regulatória deve ser aprimorada para aumentar a previsibilidade, reduzir atrasos e incorporar de forma mais integrada os impactos socioeconômicos, culturais e cumulativos na tomada de decisão (OCDE, 2021). A vinculação efetiva entre o planejamento de uso do solo e as estratégias de desenvolvimento regional é, portanto, indispensável para um futuro sustentável.

O Decreto nº 7.632, de 10 de abril de 1989 (BRASIL, 1989), estabelece que empreendimentos voltados à exploração de recursos minerais devem apresentar, juntamente com o EIA/RIMA, um plano de recuperação de áreas degradadas para aprovação pelo órgão ambiental competente, define degradação ambiental como os processos decorrentes de danos que provoquem perda ou redução das propriedades do meio ambiente — como a qualidade ou a capacidade produtiva dos recursos ambientais — e determina que a recuperação dessas áreas tenha como objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de uso previamente planejada, assegurando a estabilidade ambiental.

A Resolução ANM nº 68, de 30 de abril de 2021 (ANM, 2021), estabelece as normas e conceitua o Plano de Fechamento de Mina como o conjunto de procedimentos voltados ao descomissionamento da área após a atividade minerária, abrangendo a desmobilização de estruturas provisórias, a estabilização física e química das estruturas permanentes, seus monitoramentos e a preparação da área para um novo aproveitamento mineral ou outro uso futuro.

### **3.1.1 Legislação Federal.**

A regulamentação reside inicialmente na Lei nº 12.334/2010 (BRASIL, 2010), que instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Estabeleceu assim os pilares para a gestão do risco, criando instrumentos como o Plano de Segurança de Barragens (PSB) e o Sistema de Classificação de Barragens (ANM, 2025).

A Portaria DNPM nº 70.389/2017, posteriormente revogada, representou um avanço ao detalhar as obrigações do empreendedor, incluindo a Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) e o Plano de Ação de Emergência (PAEBM) (ANM, 2025). Contudo, foram os acidentes subsequentes na década de 2010 que motivaram a intervenção legislativa mais incisiva.

A Lei nº 14.066/2020 alterou a PNSB, introduzindo a proibição expressa da construção ou alteamento de barragens pelo método a montante (BRASIL, 2020). O método, definido como aquele em que "os diques de contenção se apoiam sobre o próprio rejeito ou sedimento previamente lançado e depositado" (ANM, 2025, p. 4), foi banido em função de sua intrínseca vulnerabilidade ao fenômeno da liquefação. A legislação federal estabeleceu o prazo inicial de 25 de fevereiro de 2022 para a conclusão da descaracterização das estruturas existentes, admitindo prorrogação apenas mediante comprovação de inviabilidade técnica e referendo da autoridade licenciadora (ANM, 2025).



Figura 1 – Método de alteamento a montante. (Acervo IBRAM).

O alteamento a jusante por outro lado se caracteriza pela construção dos diques de alteamento sobre o talude de jusante (lado externo) do dique anterior. A cada etapa, a crista da barragem é deslocada para jusante, afastando-se do reservatório de rejeitos (VICK, 1990). Dessa maneira, com a proibição do método a montante torna-se no cenário da mineração a alternativa mais provável a ser adotada.

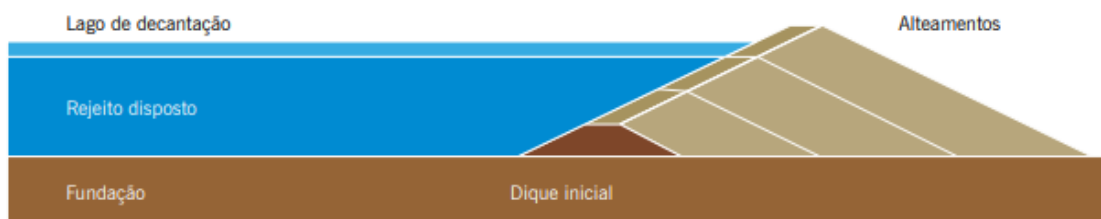


Figura 2 – Método de alteamento a jusante. (Acervo IBRAM).

A Resolução ANM nº 95/2022, consolidada e alterada pela Resolução ANM nº 175/2024, define descomissionamento é definido como o encerramento das operações da barragem com a remoção das infraestruturas associadas — como espigotes e tubulações — excetuando-se apenas aquelas que são necessárias para garantir a segurança da estrutura. Já a descaracterização refere-se à condição em que uma barragem de mineração deixa de receber permanentemente rejeitos ou sedimentos de sua atividade fim e perde suas características ou função como barragem, conforme projeto técnico; esse

conceito engloba um conjunto de etapas concluídas, que incluem o descomissionamento propriamente dito, controle hidrológico e hidrogeológico, estabilização física e química das estruturas remanescentes e monitoramento por um período mínimo após a conclusão das obras, para assegurar a eficácia das medidas adotadas.

O processo evolutivo mínimo de descaracterização é composto por quatro etapas interligadas, conforme o Art. 2º, inciso VIII, da Resolução ANM nº 95/2022:

- a) Descomissionamento: encerramento das operações com a remoção das infraestruturas associadas, tais como, mas não se limitando: a espigotes e tubulações, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;
- b) Controle hidrológico e hidrogeológico: adoção de medidas efetivas para reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório, bem como a redução controlada da linha freática no interior do reservatório;
- c) Estabilização: execução de medidas tomadas para garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local; e
- d) Monitoramento: acompanhamento pelo período mínimo de 2 (dois) anos após a conclusão das etapas anteriores, objetivando assegurar a eficácia das medidas de estabilização e de controle hidrológico e hidrogeológico, que deve ser dividido em até duas fases, sendo estas:

A etapa de monitoramento, em particular, exige um acompanhamento mínimo de dois anos (monitoramento ativo), podendo ser estendido para um período passivo, visando assegurar a eficácia das medidas de estabilização e controle hidrológico (ANM, 2025). Para o descadastramento da estrutura, é compulsória a apresentação de documentação técnica elaborada por profissional habilitado, acrescida de uma revisão de segunda parte por consultoria externa com experiência mínima de cinco anos (ANM, 2025).

### **3.1.2 Legislação Estadual Mineira**

A Lei Estadual nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, conhecida popularmente como "Lei Mar de Lama Nunca Mais", instituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB) e determinou a descaracterização de todas as barragens a montante no território mineiro (MINAS GERAIS, 2019). Complementamente em seu Art. 6º ela menciona que:

A construção, a instalação, o funcionamento, a ampliação e o alteamento de barragens no Estado dependem de prévio licenciamento ambiental, na modalidade trifásica, que compreende a apresentação preliminar de Estudo de Impacto Ambiental – EIA – e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA – e as etapas sucessivas de Licença Prévia – LP –, Licença de Instalação – LI – e Licença de Operação – LO –, vedada a emissão de licenças concomitantes, provisórias, corretivas e ad referendum.

Nesse sentido, a legislação estadual estabeleceu os critérios de segurança mais estritos, como a proibição de novas barragens em áreas que possam afetar comunidades na Zona de Autossalvamento (ZAS) e a priorização de tecnologias de disposição de rejeitos a seco (MINAS GERAIS, 2019).

A regulamentação da PESB foi efetivada pelo Decreto nº 48.140, de 25 de fevereiro de 2021. Este decreto detalha o processo de descaracterização e, notavelmente, estabelece a obrigatoriedade da caução ambiental (MINAS GERAIS, 2021). A caução, uma garantia financeira, visa assegurar que os recursos necessários para a recuperação socioambiental e o fechamento da estrutura estejam disponíveis, mitigando o risco de que o ônus recaia sobre o poder público ou a sociedade em caso de falência ou negligência do empreendedor (MINAS GERAIS, 2021).

### **3.2 Caracterização da área de estudo**

O Sistema Pontal situa-se na porção meridional da Cadeia do Espinhaço, especificamente na Mina Cauê. Geologicamente, a região é caracterizada pela presença marcante do Grupo Itabira, onde as formações

ferríferas (itabiritos) predominam, moldando um relevo acidentado e montanhoso com altitudes elevadas, típicas das sinclinais existentes na região (Vale,2023).

O relevo da área influencia diretamente a forma das bacias hidrográficas locais e os processos de drenagem natural. A geologia local não apenas definiu o potencial mineral que impulsionou o desenvolvimento de Itabira, mas também impôs condicionantes topográficos rigorosos para a ocupação do solo e para a engenharia das estruturas de contenção de rejeitos (RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL, [s.d.]).

A formação do Sistema Pontal está intrinsecamente ligada à expansão da mineração industrial em Itabira a partir da metade do século XX. O sistema é composto por uma barragem principal, construída pelo método de alteamento a jusante, e um conjunto de seis diques auxiliares os quais são alteados pelo método a montante (Vale,2024).

Com uma capacidade de armazenamento de milhões de metros cúbicos de rejeitos, a Barragem do Pontal destaca-se pela sua magnitude e pela proximidade com o tecido urbano de Itabira. Historicamente, a bacia de rejeitos transformou a paisagem local, substituindo áreas de relevo natural por uma vasta superfície antropizada, o que gerou impactos significativos na percepção da paisagem e na dinâmica de crescimento dos bairros adjacentes, como Bela Vista e Nova Vista (RODRIGUES; SANDERS FILHO, 2025).

A área de estudo está integralmente inserida no bioma Mata Atlântica, embora a vegetação original tenha sido suprimida ou fragmentada devido às atividades minerárias e à urbanização. Atualmente, a paisagem do Sistema Pontal é marcada por áreas de solo exposto, depósitos de rejeitos e zonas em processo de recuperação ambiental e descaracterização de estruturas (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2026).

Em conformidade com as exigências legais e o Planos de Fechamento de Mina (PFM), o Sistema Pontal atravessa uma fase de transição crítica. O programa de descaracterização de barragens, intensificado nos últimos anos, visa a eliminação de estruturas alteadas a montante e a reintegração dessas áreas ao ambiente natural ou a novos usos sociais e econômicos. Esse processo de reabilitação é orientado por diretrizes técnicas que buscam a estabilidade geotécnica, o controle de processos erosivos e o restabelecimento de funções ecossistêmicas, conforme preconizado pela NBR 13030 (ABNT, 1999).

A relação entre o Sistema Pontal e a malha urbana de Itabira é de extrema proximidade, o que confere à área uma importância estratégica para o planejamento municipal. A presença de marcos culturais próximos, como o Memorial Carlos Drummond de Andrade, reforça o potencial de integração da área de estudo com atividades de lazer e preservação do patrimônio histórico-cultural. O desafio do planejamento de uso futuro reside, portanto, em conciliar a segurança das estruturas remanescentes com a demanda social por espaços públicos e a necessidade de conservação ambiental em um cenário pós-mineração (MALAGODI, 2020).

## **4 REFERÊNCIAS PROJETUAIS**

### **4.1 O Projeto Éden**

O Projeto Éden pode ser considerado como um exemplo de um modelo internacional de recuperação ambiental na mineração, haja vista os seus princípios de sustentabilidade ambiental e integração com o meio ambiente.

A mineração, embora seja um motor de desenvolvimento industrial, deixa inevitavelmente marcas profundas na paisagem e na estrutura social das comunidades. O fechamento de uma mina representa um ponto de inflexão crítico, que pode levar à estagnação econômica e à permanência da degradação

ambiental ou, alternativamente, a um processo de regeneração e reinvenção territorial.

O Projeto Éden, localizado na Cornualha, Reino Unido, emerge como um paradigma globalmente reconhecido de sucesso na segunda via, demonstrando como uma área de mineração exaurida pode ser radicalmente transformada em um polo de desenvolvimento sustentável, turismo e educação (VIEIRA, 2010).

Inaugurado em 2001, o projeto foi concebido por Tim Smit com a visão de transformar uma antiga e estéril mina de caulim (*china clay*), que operou por mais de 160 anos, em um jardim botânico de escala monumental (SMIT, 2011). A iniciativa não se limitou a uma simples recuperação ambiental; ela foi fundamentada na filosofia da regeneração, ou seja, na crença de que a intervenção humana pode ter um impacto positivo e restaurador sobre o meio ambiente, transformando um local de "completa desolação" em um espaço vibrante e cheio de vida (EDEN PROJECT, 2018).

O local do Eden Project era uma cratera de 60 metros de profundidade, sem solo e geologicamente instável, localizada abaixo do nível do lençol freático, o que apresentava desafios técnicos monumentais (EDEN PROJECT, 2001).

A transformação da cava exaurida exigiu um processo complexo de recuperação geotécnica e ambiental. Primeiramente, foi necessário um extenso trabalho de terraplanagem para estabilizar os taludes da antiga mina. Em seguida, o desafio foi criar um solo fértil a partir do zero. A solução encontrada foi a fabricação de mais de 83.000 toneladas de solo, misturando resíduos minerais locais com resíduos orgânicos, demonstrando na prática os princípios da economia circular e da regeneração de ecossistemas (EDEN PROJECT, 2001).

Além disso, foi projetado um sofisticado sistema de drenagem subterrânea para gerenciar o grande volume de água da chuva que se acumulava na cava, que hoje é utilizada para irrigação e para os sistemas de

umidificação das estufas, minimizando o consumo de água potável (EDEN PROJECT, 2001).

O coração do projeto são suas icônicas estufas, ou "biomas", que abrigam ecossistemas de diferentes partes do mundo, como o bioma de floresta tropical (o maior do mundo em ambiente fechado) e o bioma mediterrâneo. Projetadas pelo arquiteto Nicholas Grimshaw, as estruturas geodésicas são um exemplo de arquitetura sustentável.

Elas são feitas com uma estrutura de aço leve e cobertas por painéis inflados de ETFE (etileno tetrafluoroetileno), um polímero transparente, reciclável e extremamente leve, que pesa apenas 1% do que pesaria uma cobertura de vidro, além de ser autolimpante e permitir a máxima passagem de luz solar (GRIMSHAW & PARTNERS, 2001).

A própria concepção arquitetônica, inspirada em bolhas que se adaptam a qualquer superfície, foi uma resposta direta à topografia irregular da cava da mina (EDEN PROJECT, 2001).

O Eden Project transcende sua função de atração turística, atuando como um poderoso catalisador para o desenvolvimento regional em uma área historicamente marcada pela privação econômica. A Cornualha, após o declínio da mineração de estanho e cobre, e posteriormente de caulim, enfrentava altos índices de desemprego e possuía um PIB significativamente abaixo da média europeia (EDEN PROJECT, 2017).

Desde sua abertura, o projeto atraiu mais de 23 milhões de visitantes e gerou um impacto econômico estimado em mais de £2.2 bilhões para a economia da Cornualha (EDEN PROJECT, 2023).

Este impacto não se resume à receita direta da bilheteria, mas inclui o chamado "efeito multiplicador": gastos dos turistas em hospedagem, alimentação e outros serviços na região, que são diretamente motivados pela visita ao Eden (GRIPAIS, 2006). O projeto emprega diretamente centenas de pessoas, a

maioria da comunidade local, e prioriza o uso de fornecedores locais, fortalecendo a cadeia produtiva regional (EDEN PROJECT, 2018).

O Eden Project se define como uma instituição de caridade educacional e uma empresa social (EDEN PROJECT, 2018). Seu propósito central é reconectar as pessoas entre si e com o mundo natural, utilizando a história da transformação da mina como uma poderosa narrativa de esperança e ação positiva (SMIT, 2011).

O local abriga o "The Core", um centro educacional que recebe milhares de estudantes por ano e oferece cursos de ensino superior em parceria com universidades, focados em sustentabilidade, horticultura e artes (EDEN PROJECT, 2017). Ao fazer isso, o projeto não apenas requalificou uma paisagem física, mas também contribuiu para a requalificação da identidade de uma comunidade, transformando um símbolo de declínio industrial em um ícone de inovação e futuro sustentável.

Este caso exemplar oferece um arcabouço teórico e prático para a avaliação de potencialidades em outras áreas impactadas pela mineração, como o Sistema Pontal em Itabira, MG.

A viabilidade de um projeto de requalificação de uma área minerada depende de soluções de engenharia e ambientais inovadoras e robustas.



Figura 3 e 4 – O Eden Project antes e depois da recuperação e reabilitação espacial. ( Eden Project, 2018).

#### **4.2 O Parque das Mangabeiras, Belo Horizonte (MG)**

O Parque das Mangabeiras possui relevância nacional como símbolo de recuperação e reabilitação ambiental, evidenciada, por um lado, pela proximidade com a Mina de Águas Claras que representa o cenário de degradação e, por outro, pela sua inserção junto à mancha urbana. Essa condição o consolida como um exemplo bem-sucedido de requalificação ambiental e urbana na capital mineira.

O ciclo da mineração, ao chegar ao seu fim, impõe aos territórios a necessidade de redefinir seu futuro e sua função. A descaracterização de uma mina não é apenas um processo técnico de engenharia, mas uma oportunidade

para a reconversão da paisagem e a criação de novos valores sociais, ambientais e econômicos.

O Parque das Mangabeiras, em Belo Horizonte, é um caso emblemático dessa transição no Brasil. Implantado em uma área que, no passado, foi intensamente explorada pela mineração de ferro pela Companhia de Mineração de Ferro e Aço (Mina do Curral), o parque representa a transformação de uma paisagem industrial em um dos mais importantes espaços de conservação e lazer da capital mineira (BELO HORIZONTE, 2024).

A criação do parque, inaugurado em 1982, foi uma resposta direta à necessidade de conter a expansão da atividade mineradora na Serra do Curral, um marco geográfico e simbólico para a cidade, que já se encontrava ameaçado (FUNDAÇÃO DE PARQUES MUNICIPAIS, 2010).

A decisão de transformar a área em uma unidade de conservação integral, portanto, não foi apenas uma medida de recuperação ambiental, mas um ato político e social de valorização da paisagem e de afirmação de uma nova vocação para o território: a de santuário ecológico e espaço público de lazer, em detrimento da exploração extrativista (IBAMA, 2002).

A conversão de uma área minerada em um parque urbano de sucesso depende da articulação de múltiplos saberes, integrando planejamento ambiental, paisagismo e a criação de uma infraestrutura que suporte os novos usos do espaço.

O projeto do Parque das Mangabeiras foi concebido por uma equipe multidisciplinar liderada pelo renomado paisagista Roberto Burle Marx. A escolha de Burle Marx não foi acidental; seu trabalho é caracterizado pela valorização da flora nativa e pela criação de paisagens que integram arte e ecologia (LEENHARDT, 2004).

Em vez de simplesmente "reflorestar" a área, o projeto paisagístico buscou criar uma composição estética e funcional, utilizando espécies nativas

dos biomas do Cerrado e da Mata Atlântica, que coexistem na região da Serra do Curral (FUNDAÇÃO DE PARQUES MUNICIPAIS, 2010).

O desenho do parque, com seus caminhos sinuosos, lagos e a organização dos diferentes espaços (mirantes, áreas de piquenique, arenas), foi pensado para proporcionar aos visitantes uma experiência de imersão na natureza, ao mesmo tempo em que se respeitava a topografia acidentada deixada pela mineração (BURLE MARX, 1984).

Com seus 2,8 milhões de metros quadrados, o Parque das Mangabeiras é uma das maiores áreas verdes urbanas da América Latina e cumpre um papel fundamental na conservação da biodiversidade (BELO HORIZONTE, 2024). A área do parque abriga centenas de espécies de flora e fauna, incluindo espécies ameaçadas de extinção, e protege importantes nascentes que contribuem para a bacia do Rio das Velhas (FUNDAÇÃO DE PARQUES MUNICIPAIS, 2010).

A transformação da área de mineração em unidade de conservação, portanto, gerou um ativo ambiental de valor incalculável, prestando serviços ecossistêmicos essenciais para a cidade, como a regulação do microclima, a melhoria da qualidade do ar e a proteção de recursos hídricos (IBAMA, 2002).

Para viabilizar seu uso público, o parque foi dotado de uma infraestrutura que equilibra o acesso e a conservação. Foram criados equipamentos como o "Roteiro do Sol", um percurso de 4 km com mirantes que oferecem vistas panorâmicas da cidade, a "Praça das Águas", com seus espelhos d'água, e a "Ilha dos Amores" (FUNDAÇÃO DE PARQUES MUNICIPAIS, 2010).

Além disso, o parque se consolidou como um centro de educação ambiental, com um Centro de Referência que promove atividades, trilhas interpretativas e exposições, e a "Arena do Sesc", um espaço para eventos culturais. Essa infraestrutura foi crucial para transformar o parque em um dos destinos de lazer mais procurados da cidade, recebendo centenas de milhares de visitantes anualmente (BELO HORIZONTE, 2024).

A requalificação da área da Mina do Curral gerou um conjunto de novas potencialidades que redefiniram o valor do território para a cidade de Belo Horizonte.

A principal potencialidade realizada foi a conversão de um passivo ambiental (uma mina em exaustão) em um ativo gerador de serviços ecossistêmicos. A proteção das nascentes, a conservação da biodiversidade e a manutenção de uma vasta área verde adjacente ao centro urbano são valores que, embora de difícil mensuração econômica, são fundamentais para a qualidade de vida e a resiliência da cidade (IBAMA, 2002).

O parque se tornou um importante ativo turístico para Belo Horizonte, atraindo não apenas moradores locais, mas também visitantes de outras cidades e países. Ele oferece um produto turístico que combina natureza, esporte, cultura e contemplação, diversificando a oferta da cidade. A existência do parque gera um impacto econômico indireto, movimentando a cadeia de serviços do entorno, como transporte, alimentação e hotelaria.

A Serra do Curral é o cartão-postal de Belo Horizonte e um elemento central na identidade dos seus habitantes. A criação do Parque das Mangabeiras foi um ato de proteção desse símbolo, garantindo que a paisagem que define a cidade fosse preservada para as futuras gerações (LEENHARDT, 2004). Ao transformar uma ferida industrial em um espaço de usufruto coletivo, o projeto reforçou a relação afetiva da população com a serra, consolidando seu valor como patrimônio cultural e ambiental.



Figura 5 e 6 – O Parque das mangabeiras antes e depois da recuperação e reabilitação. (Prefeitura Municipal de Belo Horizonte e Arquivo FPMZB).

## 5 METODOLOGIA

O desenvolvimento metodológico foi dividido em cinco etapas integradas: (i) revisão bibliográfica acerca das legislações e marcos regulatórios pertinentes; (ii) análise do cenário atual de descaracterização da área; (iii) mapeamento físico e territorial; (iv) análise multicritério para definição das potencialidades de uso; e (v) síntese dos resultados e proposição de diretrizes.

A metodologia foi aplicada ao Sistema Pontal, localizado no município de Itabira–MG, considerando sua proximidade com a mancha urbana (0–3 km e 0–10 km), baseia-se na gestão de dados, compreendendo inicialmente a coleta de informações e, posteriormente, sua quantificação e qualificação.

## **5.2 Etapa 1 - Análise legal e contextual sobre Fechamento de Mina**

A primeira etapa metodológica realizou a análise normativa e institucional com o objetivo de delimitar os condicionantes legais aplicáveis ao processo de descaracterização de barragens de mineração e à requalificação territorial de áreas impactadas. Tal etapa foi fundamental para assegurar que as propostas de uso elaboradas estejam em conformidade com o ordenamento jurídico vigente e com as exigências técnicas de estabilidade física e recuperação ambiental.

Inicialmente, realizou-se levantamento documental sistemático das normas federais e estaduais que regulamentam a segurança de barragens e a recuperação de áreas degradadas pela mineração. Foram analisados os seguintes instrumentos:

- Lei nº 12.334/2010, que institui a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB);
- Lei nº 14.066/2020, que altera a PNSB e proíbe o método de alteamento a montante, estabelecendo prazos e critérios para descaracterização;
- Decreto nº 97.632/1989, que regulamenta a exigência de Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD);
- Resolução ANM nº 95/2022, que consolida o arcabouço normativo sobre segurança de barragens de mineração;
- Lei Estadual nº 23.291/2019 e Decreto nº 48.140/2021, que regulamentam a Política Estadual de Segurança de Barragens em Minas Gerais.

A análise foi conduzida por meio de leitura técnica interpretativa, com foco na identificação dos dispositivos que estabelecem:

I – Responsabilidades do empreendedor quanto à estabilidade estrutural e à segurança pós-descaracterização;

II – Critérios técnicos para comprovação de estabilidade geotécnica e monitoramento;

III – Exigências relativas aos sistemas de drenagem superficial e controle de processos erosivos;

IV – Condicionantes ambientais vinculados ao licenciamento e ao PRAD;

V – Articulação institucional entre órgãos minerários e ambientais no âmbito federal e estadual.

Com base nessa sistematização, as propostas de uso territorial formuladas foram consideradas quanto a viabilidade e compatibilidade com:

- A estabilidade física da estrutura descaracterizada;
- A manutenção ou adequação dos sistemas de drenagem;
- A recuperação ambiental mínima exigida para restabelecimento da integridade física e ecológica da área;
- A dinâmica natural da bacia hidrográfica e dos solos adjacentes.

Dessa forma, o marco jurídico não foi tratado apenas como contextualização normativa, mas como elemento estruturante da metodologia, estabelecendo limites técnicos e ambientais para a modelagem espacial e para a construção dos cenários de uso propostos. A incorporação dessa etapa assegura que a análise multicritério desenvolvida em ambiente SIG esteja alinhada às exigências legais vigentes, reforçando a viabilidade técnica e institucional das propostas apresentadas.

### **5.3 Etapa 2 – Análise do atual processo de descaracterização do Sistema Pontal**

A segunda etapa metodológica aplicada ao estudo de caso do Sistema Pontal baseou-se na caracterização espacial, considerando sua inserção

territorial, o estágio atual do processo de descaracterização e as ações associadas à segurança geotécnica e ao acompanhamento ambiental.

Inicialmente, foi realizada a contextualização geográfica da área de estudo, com a identificação da localização do município de Itabira (MG) em relação ao estado de Minas Gerais e à capital Belo Horizonte, bem como a delimitação espacial do Sistema Pontal no contexto do complexo minerário. Para essa finalidade, foram elaborados produtos cartográficos em ambiente de geoprocessamento, incluindo mapas de localização regional e mapas de detalhamento das estruturas que compõem o sistema, tais como a barragem principal, os diques e a portaria de acesso.

Em seguida, procedeu-se à caracterização das estruturas integrantes do Sistema Pontal, com base em documentos técnicos e relatórios institucionais, identificando-se a configuração do sistema, a disposição das estruturas de contenção a jusante e dos diques alteados a montante. Essa etapa permitiu descrever o histórico recente de intervenções, destacando os diques já descaracterizados, bem como as datas de conclusão das respectivas obras, além de identificar as estruturas remanescentes em fase de projeto ou execução de obras preparatórias.

Paralelamente, foram analisadas as diretrizes e práticas de acompanhamento ambiental associadas às fases de obra, com ênfase no monitoramento de fauna e flora, no controle de impactos físicos temporários — como poeira, ruído e vibração — e nas ações previstas para manejo de solo, proteção de recursos hídricos e recomposição da cobertura vegetal.

Por fim, foi realizado um diagnóstico crítico do processo de descaracterização, confrontando o status atual das intervenções com as lacunas identificadas no que se refere ao planejamento do uso futuro da área. Essa análise considerou aspectos como a ausência de diretrizes para uso do solo pós-mineração, a baixa integração com o tecido urbano de Itabira, a inexistência

de estudos de viabilidade econômica e a abordagem predominantemente técnica da recomposição ambiental.

#### **5.4 Etapa 3 - Mapeamento físico-territorial**

Esta terceira etapa metodológica, detalha sobre os procedimentos técnicos de geoprocessamento, executados com o software QGIS (versão 3.44.4), para a elaboração da base cartográfica e analítica.

O primeiro passo consistiu na definição precisa do perímetro da área de estudo. Para isso, foi criada uma nova camada vetorial no formato shapefile, do tipo polígono. Utilizando os dados de coordenadas geográficas obtidos na plataforma Geoportal-Itabira, a malha territorial do Sistema Pontal foi desenhada manualmente.

Para fins de visualização e análise espacial, realizou-se o ajuste do estilo da camada correspondente à área de estudo. Inicialmente, a simbologia padrão, baseada em símbolos simples, foi substituída por polígonos invertidos, de modo a enfatizar o limite externo da área analisada. Em seguida, aplicou-se um preenchimento do tipo burst, utilizando o gradiente de cores Greys. Posteriormente, o gradiente foi invertido, de forma a reforçar o contraste visual entre a área de interesse e o seu entorno.

Na sequência, definiu-se a distância do efeito em três unidades, bem como a opacidade em 61,7%, resultando em um sombreamento suave e controlado. Essa configuração gráfica possibilita destacar a área de estudo no contexto espacial, direcionando a atenção para os dados internos ao seu limite, sem comprometer a leitura das informações ao redor do espaço.

Com a camada de limite consolidada, foram integradas diversas fontes de dados geográficos para compor os mapas temáticos. As principais fontes utilizadas foram:

- Geoportal-Itabira: Principal fonte para dados locais e oficiais.

- IDE-SISEMA (Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos): Fonte de declividade.
- Topodata (INPE): Forneceu o Modelo Digital de Elevação (MDE) para análises de relevo.
- Esri World Imagery: Utilizado como base de imagem de satélite para contextualização visual.

A partir dessas fontes, foram elaborados os seguintes mapeamentos temáticos: sistema viário, malha urbana, hidrografia, macrozoneamento, uso e ocupação do solo e declividade.

Para a compreensão da topografia da área, foram gerados modelos tridimensionais e perfis topográficos.

Utilizando a funcionalidade nativa de visualização de mapa 3D do QGIS, o terreno foi configurado para utilizar o Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido do Topodata. As camadas de limite da área, declividade e imagem de satélite foram sobrepostas ao MDE para criar uma representação tridimensional realista, permitindo a análise visual da morfologia do terreno.

Com o auxílio do complemento Profile Tool, foram traçados perfis longitudinais em diferentes seções da área de estudo. Este procedimento permitiu a extração de gráficos de elevação que ilustram as variações altimétricas, utilizando o MDE como base.

#### **5.5 Etapa 4 - Análise espacial multicritério**

Nesta quarta etapa da metodologia, foi realizada uma análise multicritério por meio do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) com o objetivo de avaliar e classificar a viabilidade das propostas de uso do solo na área de estudo. Os resultados dessa etapa permitiram a categorização das propostas em quatro classes de viabilidade: muito provável, provável, pouco provável e improvável.

Inicialmente, foram definidos os critérios de análise, a partir da seleção das camadas temáticas consideradas relevantes para a avaliação espacial. Foram utilizadas as seguintes informações:

- Declividade do terreno
- Uso e ocupação do solo;
- Sistema viário;
- Malha urbana;
- Rede de drenagem

Em seguida, realizou-se o recorte espacial das camadas, por meio da interseção com a malha territorial da área de estudo, assegurando que a análise fosse restrita ao perímetro previamente delimitado.

Posteriormente, procedeu-se à conversão das camadas vetoriais para o formato raster, tendo em vista que a aplicação do método AHP, em ambiente SIG, demanda a utilização de operações matriciais. Essa etapa foi fundamental para garantir a compatibilidade entre os dados de entrada na calculadora raster e/ou no plugin Easy AHP do QGIS. A conversão foi realizada com parâmetros padronizados para todas as camadas, de modo a assegurar uniformidade espacial e numérica entre os critérios analisados.

Na sequência, verificou-se a padronização do sistema de referência de coordenadas das camadas raster utilizadas. Nos casos em que foram identificadas incongruências, as camadas foram reprojatadas para o sistema SIRGAS 2000 / UTM, zona 23S, garantindo a compatibilidade espacial dos dados e evitando inconsistências durante o processamento e a integração das informações.

Foram definidos cenários de uso da área compatíveis com áreas em processo de recuperação ambiental, considerando diretrizes técnicas e legais aplicáveis ao fechamento de mina. Os cenários analisados foram:

- Cenário 1 – Voltado à conservação ambiental e proteção de recursos naturais, fundamentou-se nas diretrizes de preservação da vegetação nativa estabelecidas pelo Código Florestal (Lei 12.651/2012);
- Cenário 2 – Direcionado ao uso recreativo controlado e atividades de baixo impacto, alinou-se aos princípios da função social da propriedade previstos no Estatuto da Cidade (Lei 10.257/2001);
- No uso produtivo leve, como a silvicultura e a pastagem controlada, baseou-se em princípios de reabilitação econômica sustentável para áreas mineradas, conforme discutido por Luis Enrique Sánchez (2015) em seus estudos sobre avaliação de impacto ambiental;

Cada cenário apresenta exigências ambientais e operacionais distintas, o que justifica a aplicação independente do método Analytic Hierarchy Process (AHP) para cada uso proposto.

Para cada cenário proposto, os critérios definidos seguem como base metodológica a dissertação de mestrado intitulada “Avaliação do desempenho da recuperação de áreas degradadas pela mineração utilizando análise multicritério – estudo de caso Mina Córrego do Sítio” (Simoni, Bruno Stefan De., 2017), bem como todo o conteúdo consolidado na terceira etapa do presente estudo.

Os pesos dos critérios foram estabelecidos por meio de matrizes de comparação par a par, utilizando a Escala Fundamental de Saaty, que varia de 1 (igual importância) a 9 (importância absoluta de um sobre o outro) SAATY (1980), refletindo a importância relativa de cada variável para o uso pretendido. Por fim, os resultados cartográficos foram ajustados para assegurar a consistência e a integridade das informações finais apresentadas.

## **5.6 Etapa 5 - Síntese e recomendações técnicas e urbanísticas para o cenário selecionado**

Como etapa final, foi elaborado o Projeto de Diretrizes de Ordenamento Territorial, fundamentado nos resultados da análise multicritério e na espacialização das potencialidades identificadas. Essa fase teve como objetivo estruturar propostas de intervenção compatíveis com as aptidões territoriais mapeadas.

O projeto contemplou a definição de intervenções como plantio, implantação de infraestrutura, incentivo a microempreendimentos e instalação de equipamentos urbanos, além da formulação de recomendações normativas para o Plano Diretor, incluindo a proposição de zonas de uso, restrições e instrumentos econômicos aplicáveis.

Além disso, serão formuladas recomendações normativas a serem consideradas no âmbito do Plano Diretor municipal, incluindo a definição de zonas de uso e ocupação do solo, estabelecimento de restrições territoriais e indicação de possíveis instrumentos econômicos aplicáveis à área de estudo.

## **6 RESULTADOS**

### **6.1 Panorama Legal**

No Brasil, o marco jurídico federal que disciplina a segurança de barragens, incluindo a descaracterização de estruturas alteadas pelo método a montante, está consolidado na Lei nº 12.334/2010, que instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), e foi posteriormente alterada pela Lei nº 14.066/2020 para incorporar regras mais rígidas. A alteração promovida pela Lei nº 14.066/2020 proibiu a construção ou o alteamento de barragens de mineração pelo método a montante — caracterizado pela sustentação dos diques sobre rejeitos previamente depositados — e estabeleceu que o empreendedor deve concluir a descaracterização dessas estruturas até 25 de fevereiro de 2022, ressalvando a possibilidade de prorrogação por inviabilidade técnica, desde que referendada pelo órgão ambiental competente no âmbito do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama).

Complementarmente, o Decreto nº 97.632/1989, ainda em vigor, é um dos decretos federais que regulamenta instrumentos ambientais na mineração, exigindo que empreendimentos que causem impacto ambiental apresentem, quando aplicável, o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) junto ao órgão ambiental competente no licenciamento ambiental, de modo a restabelecer a integridade física e ecológica da área afetada pela atividade extrativa mineral.

No âmbito da regulação técnica específica da atividade minerária, a Resolução ANM nº 95/2022 consolidou e uniformizou o arcabouço normativo sobre segurança de barragens de mineração no Brasil, substituindo atos anteriores como a Portaria DNPM nº 70.389/2017 e diversas resoluções ANM (nº 13/2019, 32/2020, 40/2020, 51/2020 e 56/2021), e definiu, entre outros aspectos, as etapas e critérios para a descaracterização de barragens de mineração,

incluindo requisitos de monitoramento pós-obras para verificar a eficácia das intervenções, a estabilidade física e o adequado sistema de drenagem superficial, como forma de resguardar a segurança e evitar impactos ambientais residuais.

Em Minas Gerais, o Decreto nº 48.140/2021, que regulamenta a Lei Estadual nº 23.291/2019 (Política Estadual de Segurança de Barragens), detalha procedimentos para a classificação das barragens de mineração, estabelece a obrigatoriedade de apresentação de planos para descaracterização de estruturas alteadas a montante e articula, em conjunto com o SISEMA (Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos), critérios de fiscalização e análise técnica das intervenções a serem executadas, incluindo a necessidade de estabilização física e controle de impacto ambiental.

Esses instrumentos legais e regulamentares consolidam a responsabilidade do empreendedor pela segurança, estabilidade física, recuperação química e restauração ambiental das áreas impactadas pelas barragens, especialmente aquelas com alto potencial de dano, e condicionam a conclusão de obras de descaracterização à demonstração de estabilidade estrutural e ao restabelecimento das condições ambientais compatíveis com a dinâmica natural da bacia hidrográfica e dos solos adjacentes.

## **6.2 Análise do atual Processo de Descaracterização do Sistema Pontal**

O Sistema Pontal, integrante do complexo da Mina do Cauê, no município de Itabira (MG), está localizado a uma distância de aproximadamente 82,3 km de Belo Horizonte, capital do estado. A figura 7 ilustra a localização da área, demonstrando a dimensão geográfica do município, os seus limites territoriais e os seus vizinhos geográficos.

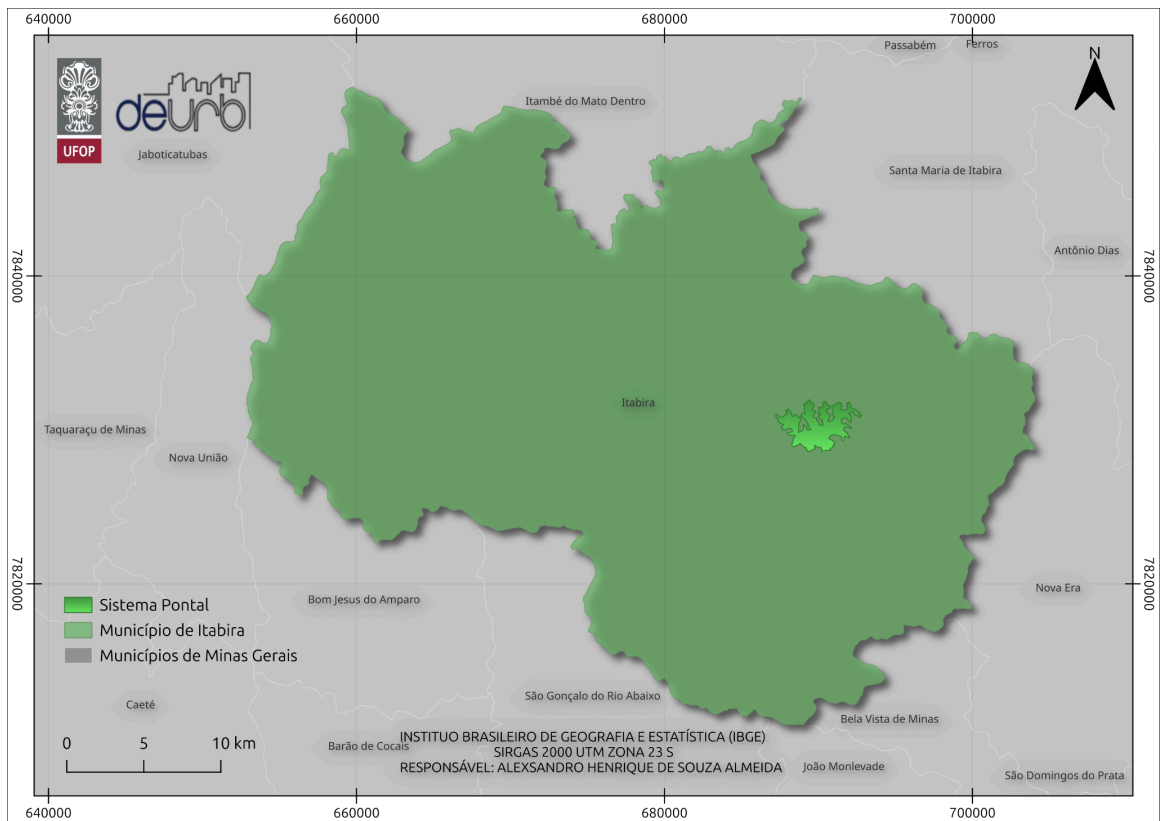


Figura 7 – Localização do Sistema Pontal no município de Itabira-MG.(Autorial,2025).

A configuração do sistema Pontal abrange a portaria de acesso principal, a estrutura de contenção da Barragem Pontal (jusante) e um conjunto de diques internos localizados a montante, como detalhado na Figura 8.

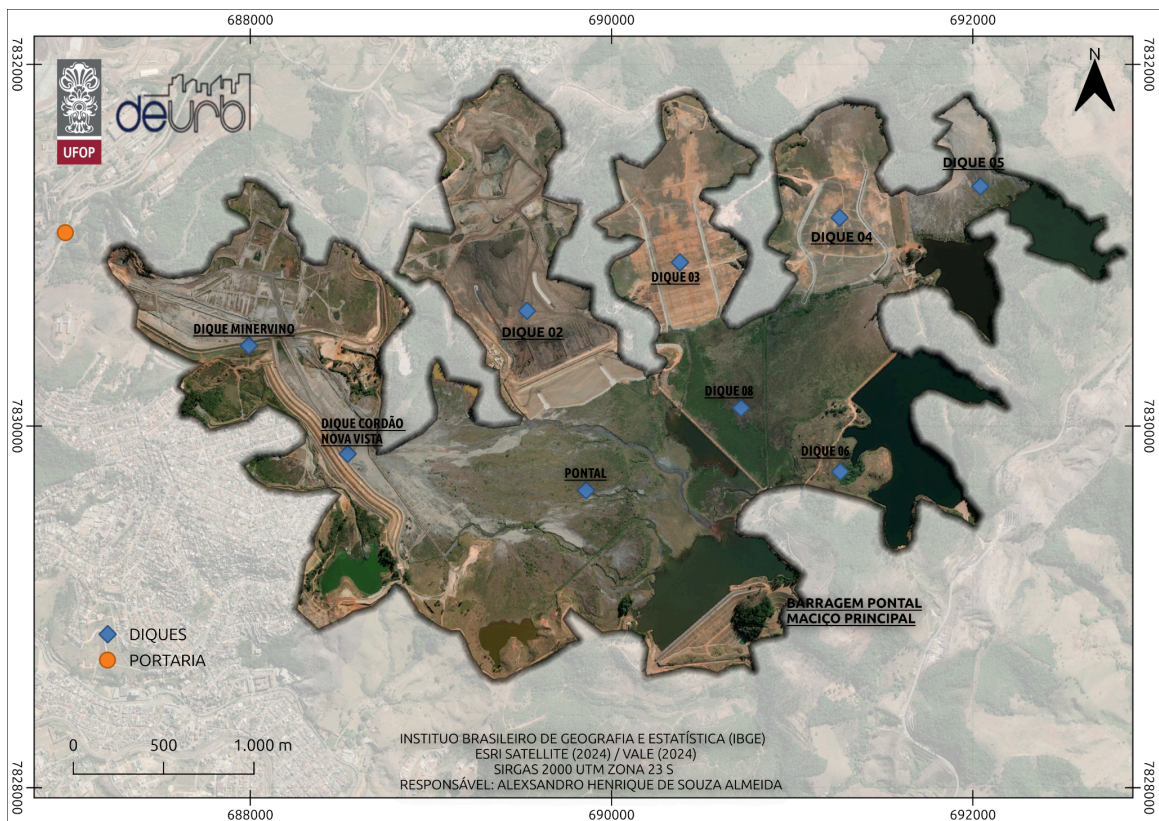


Figura 8 – As principais estruturas que compõem o Sistema Pontal, incluindo a barragem, os diques e a portaria de acesso. (Autoral,2025).

Nesse contexto, como parte das ações de segurança, quatro diques alteados a montante do sistema já foram descaracterizados abordados na Figura 9 e outros dois que ainda estão em fase de obras. O processo consiste na eliminação da estrutura para reintegrar a área ao relevo natural. A Tabela 1 apresenta as datas em que cada intervenção foi finalizada e/ou andamento das obras.

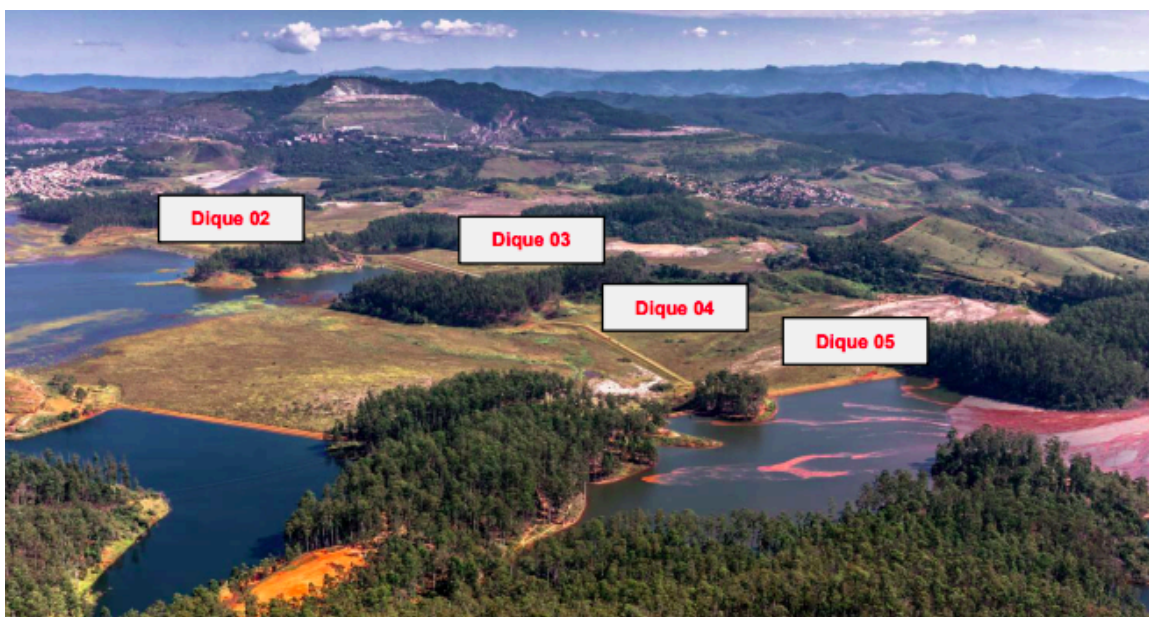


Figura 9 – Foto atual após o processo de descaracterização dos quatro diques.  
(Vale,2025).

Dique	Conclusão de Descaracterização
Dique 5	2021
Dique 4	Setembro de 2022
Dique 3	Setembro de 2022
Dique 2	Outubro de 2023
Dique Minervino	Em andamento
Dique Cordão Nova Vista	Em andamento

Tabela 1 – Atualização do processo de descaracterização dos diques.  
(Vale,2025).

A Figura 10 apresenta o avanço do processo de descaracterização do Dique Cordão Nova Vista e Minervino, evidenciando os sistemas de drenagem implementados e a vegetação predominante já existente na área. Observa-se que essa cobertura vegetal preexistente atua como elemento de proteção natural, contribuindo para a mitigação dos impactos de vizinhança associados à atividade minerária, especialmente em razão da proximidade com a mancha urbana.



Figura 10 – Foto do avanço do processo de descaracterização do dique Minervino e Cordão Nova Vista. (Vale,2025).

A descaracterização dos últimos diques alteados a montante (Dique Minervino e Cordão Nova Vista) ainda está em fase de desenvolvimento de projetos e obras preparatórias/de reforço, e a fase de remoção do maciço e do reservatório ainda não teve início.

Estrutura	Status Atual (Maio/Setembro 2025)	Concepção do Projeto de Descaracterização
Dique Minervino	Em obras de reforço (construção de berma de rocha) para melhorar o fator de segurança. Conclusão da ECJ2 (Estrutura de Contenção a Jusante) em Set/2025	<b>Previsão de escavação parcial do reservatório e, posteriormente, a remoção da própria estrutura</b>
Cordão Nova Vista	Em fase de desenvolvimento de	<b>Previsão de escavação parcial do seu</b>

	projetos.	<b>reservatório e da estrutura,</b> além da execução de aterro a jusante
--	-----------	--

Quadro 1 - Descrições das situações atuais e concepções do projeto de descaracterização dos diques Minervino e Cordão Nova Vista. (Vale,2025).

A descaracterização completa, que implica a remoção total da estrutura e do reservatório, ainda não foi iniciada, sendo precedida por medidas de estabilização e segurança, como a implantação da ECJ2 e o reforço do Dique Minervino.

Dentro de um processo de descaracterização, o acompanhamento ambiental durante a fase de obra possui os seguintes objetivos:

- **Monitoramento de Fauna e Flora:** Resgate e monitoramento de fauna não interventivo.
- **Controle de Impactos:** Medidas para mitigar poeira (umectação), ruído e vibração.
- **Recomposição:** As ações para manejo e proteção do solo, recursos hídricos e a metodologia aplicada para recomposição da cobertura vegetal estão em fase de desenvolvimento de projetos, e serão executadas no início das obras de descaracterização.

O foco principal é a segurança geotécnica e o cumprimento regulatório do processo de descaracterização que envolve a estabilidade física, química e biológica. A discussão sobre o uso futuro da área após a descaracterização é a principal lacuna presente e é aprofundada no Quadro 2.

Área de Análise	Status	Lacuna Identificada
-----------------	--------	---------------------

Uso Pós-Descaracterização	<b>Nenhum.</b> O foco é na remoção e estabilização. A recomposição vegetal é mencionada como etapa final, mas sem um plano de uso específico.	<b>Ausência de um Plano de Uso do Solo Pós-Mineração.</b> Propor cenários de uso (e.g., lazer, conservação, desenvolvimento urbano) alinhados com as necessidades da região urbana de Itabira.
Conexão Urbana	<b>Baixa.</b> A proximidade com a área urbana é implícita (Itabira-MG), mas a discussão se limita à segurança (ZAS/ZSS) e não à integração socioeconômica.	<b>Falta de Integração Urbana e Social.</b> Analisar a viabilidade de conexão da área descaracterizada com o tecido urbano existente, transformando um passivo ambiental em um ativo social e econômico.
Viabilidade Econômica	<b>Nenhuma.</b> Não há menção a estudos de viabilidade econômica para um novo empreendimento.	<b>Estudo de Potencialidades de Mercado.</b> Introduzir uma análise de mercado e custos/benefícios para os usos propostos, conferindo viabilidade econômica ao projeto de reabilitação da área.
Recomposição Ambiental	<b>Técnica e Genérica.</b> Foco em manejo de solo, recursos hídricos e recomposição vegetal (Seção 1.4.4).	<b>Proposta de Ecossistemas Funcionais e Paisagismo.</b> Ir além da simples "recomposição vegetal" e propor um projeto paisagístico e ecológico que maximize os serviços ecossistêmicos e o valor estético para o uso futuro.

Quadro 2 - Análise comparativa entre status atual do espaço e lacunas identificadas.(Adaptado de Vale,2025).

### **6.3 Mapeamento Físico do Sistema Pontal**

A descrição física da área de estudo constitui a base para a aplicação dos resultados da análise multicritério e para a aplicação do método Analytic Hierarchy Process (AHP) no contexto do fechamento de mina. Neste item são apresentados os principais aspectos físicos do local, incluindo relevo, declividade, hidrografia, uso e ocupação do solo e infraestrutura, os quais condicionam diretamente a estabilidade do terreno e a viabilidade de usos futuros. A caracterização espacial desses elementos permite compreender as limitações e potencialidades ambientais da área em recuperação, fornecendo subsídios técnicos para a análise de potencialidade de uso do solo apresentada nos capítulos subsequentes

#### **6.3.1 Sistema Viário**

O sistema viário é um dos aspectos mais importantes em termos de infraestrutura urbana (regional, estadual e federal) mais também para a viabilidade de qualquer empreendimento e/ou proposta de uso, nesse viés, ele é composto por modos de transportes como automóveis, metrô, motocicletas e bicicletas. O seu principal objetivo seja através das vias locais, coletoras e arteriais é de conectar as pessoas para os comércios, serviços, trabalhos e lazer.

A Figura 11 ilustra o sistema viário de forma conjunta com a portaria de acesso principal e a rodovia, além disso, demonstra-se que dentro do Sistema Pontal o fator é consolidado, ou seja, o transporte de materiais e indivíduos já está pronto e funcionando. Desse modo, isso garante que o futuro uso da área não terá dificuldades de integração entre os meios, mas sim uma condicionante favorável para sua implementação e consolidação no espaço.

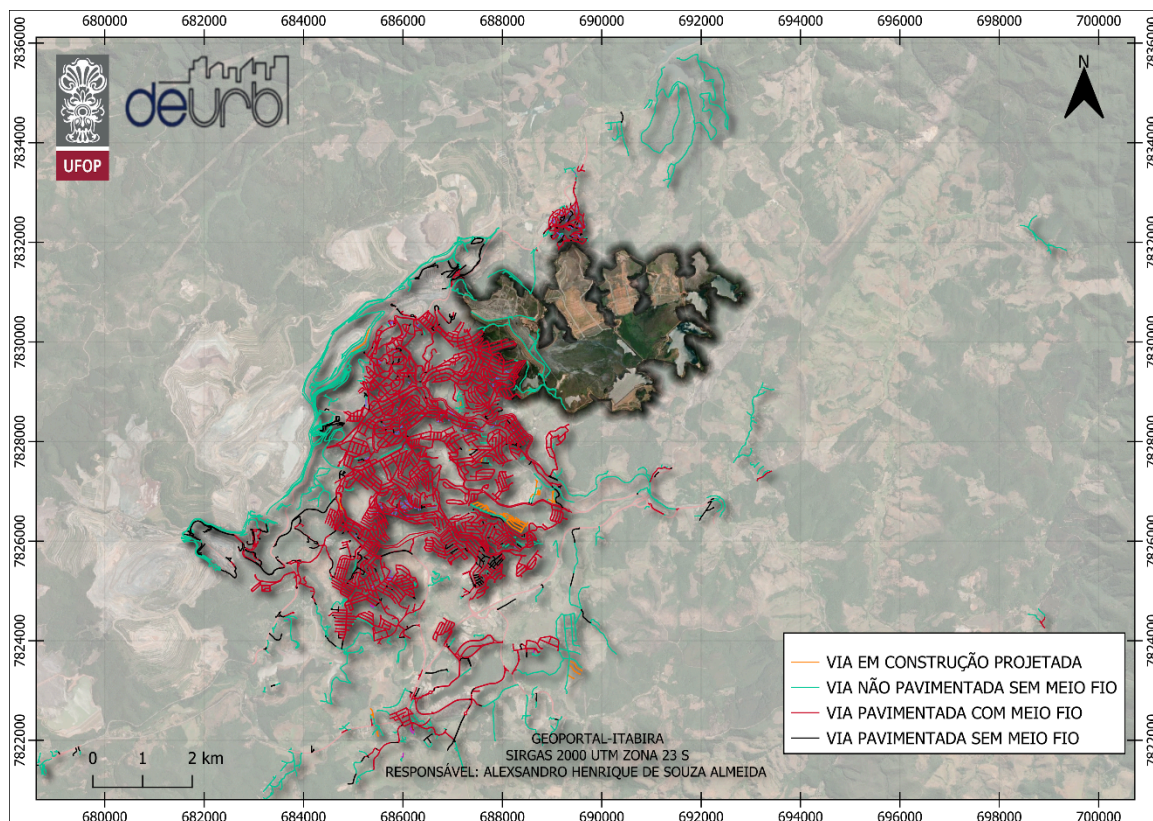


Figura 11 – Sistema viário próximo e dentro do Sistema Pontal. (Autoral,2025).

### 6.3.2 Malhas Urbanas

É notório que, as áreas degradadas pela mineração causam impactos sociais, ambientais e econômicos, com ênfase diretamente ao seu entorno. A exploração do terreno além de afetar diretamente o solo, expõe a alta probabilidade da extinção de espécies nativas da fauna e flora. Em outro cenário, o encerramento das atividades gera repercussões negativas na geração de renda local, sendo a reestruturação financeira e a busca por alternativas de emprego o principal desafio da cidade.

A transmissão de que a malha urbana é vizinha dos diques Minervino, Cordão Nova Vista e dois é retratada na Figura 12. Evidencia-se claramente os problemas relacionados à mineração com o tecido urbano (impacto de

vizinhança). Esta problemática interfere ativamente na qualidade de vida e no meio ambiente. Dessa maneira, a proposição de reuso deve ser direcionada a mitigar essas questões garantindo a resolução desses conflitos.

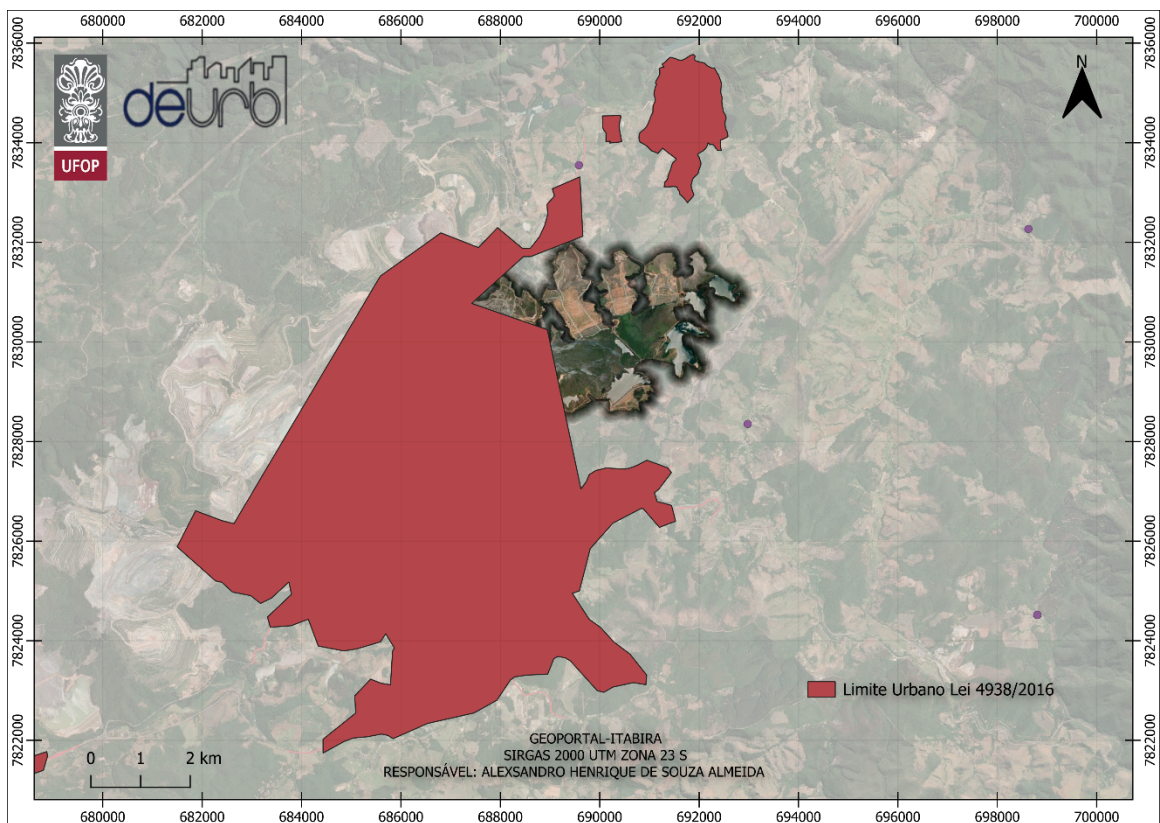


Figura 12 – Limite urbano atrelado ao Sistema Pontal demonstrando a influência da malha urbana com o estudo de caso. (Autorial,2025).

### 6.3.3 Topografia

Em qualquer projeto de Engenharia, a topografia é o ponto de partida inicial, seja ela realizada por um topógrafo através do teodolito, estação total e/ou aerolevantamentos modernos via drones. O mapeamento preciso da área garante que as técnicas conhecidas sejam executadas para sua finalidade com êxitos e menos riscos de falhas futuras.

A Figura 13 aborda as classes de declividades variando de plano, suave-ondulado, ondulado, forte-ondulado, montanhoso e escarpado. Inicia-se com plano, suave-ondulado nos diques Minervino e Cordão Nova Vista, isto se mantém durante o pontal (próximo a barragem), dique oito, dois, três e cinco. No dique seis o forte-ondulado e alguns escarpados são observados. Dessa maneira, a predominância da categoria plana em todas as estruturas do Sistema Pontal é significativa para várias propostas de usos, haja vista que, demonstra-se a viabilidade construtiva, mas vale mencionar a importância de estudos geotécnicos na área para que isso se concretize.

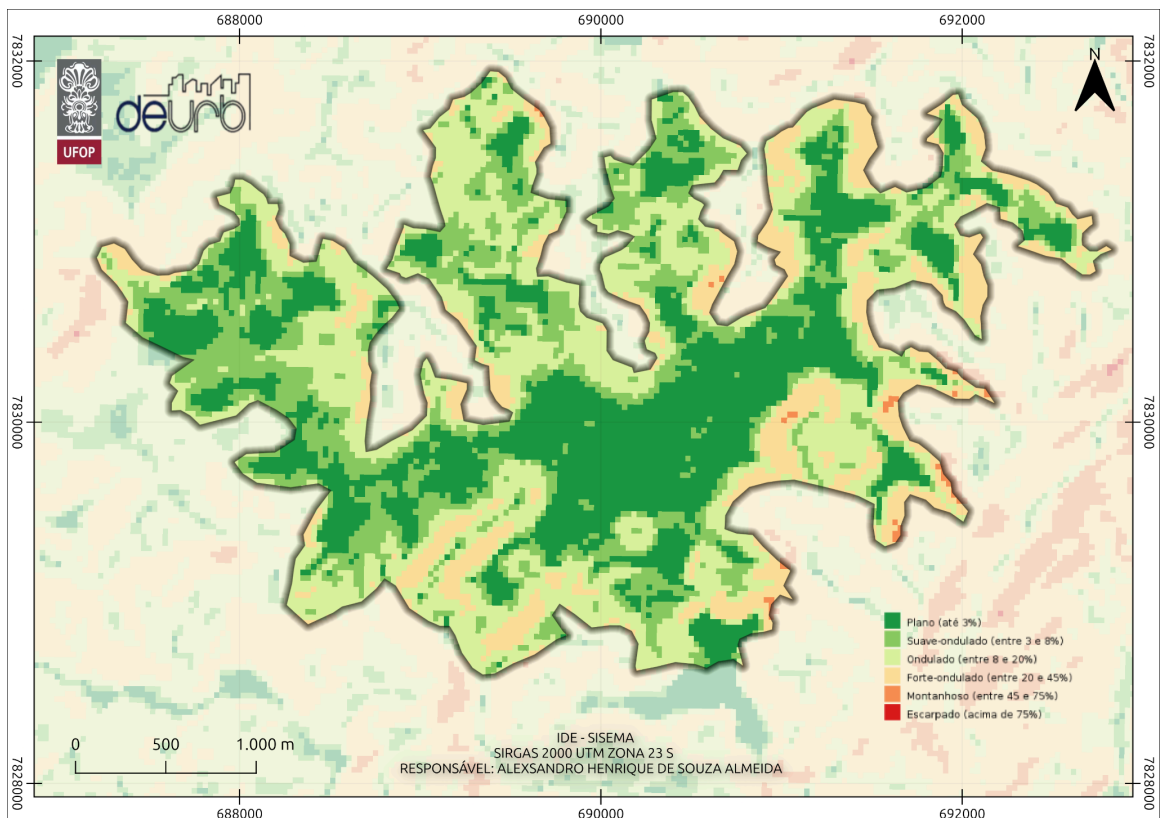


Figura 13 – Classes de declividades: plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado que integram o Sistema Pontal e seu entorno. (Autorial ,2025).

Para uma melhor compreensão do espaço geográfico em estudo, torna-se necessária a realização de uma análise espacial por meio de modelos tridimensionais, considerando a ausência de visita técnica. Esses modelos são

integrados à análise de declividade e permitem a visualização do relevo sob diferentes perspectivas do local.

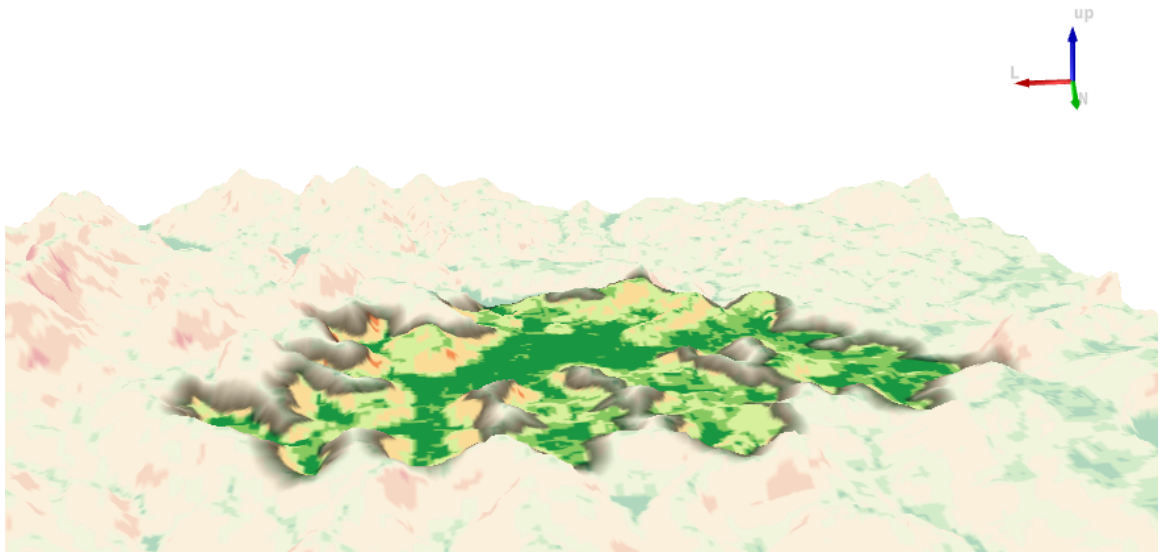


Figura 14 – Modelo tridimensional do Sistema Pontal e entorno com a junção das classes de declividades. (Autorial ,2025).

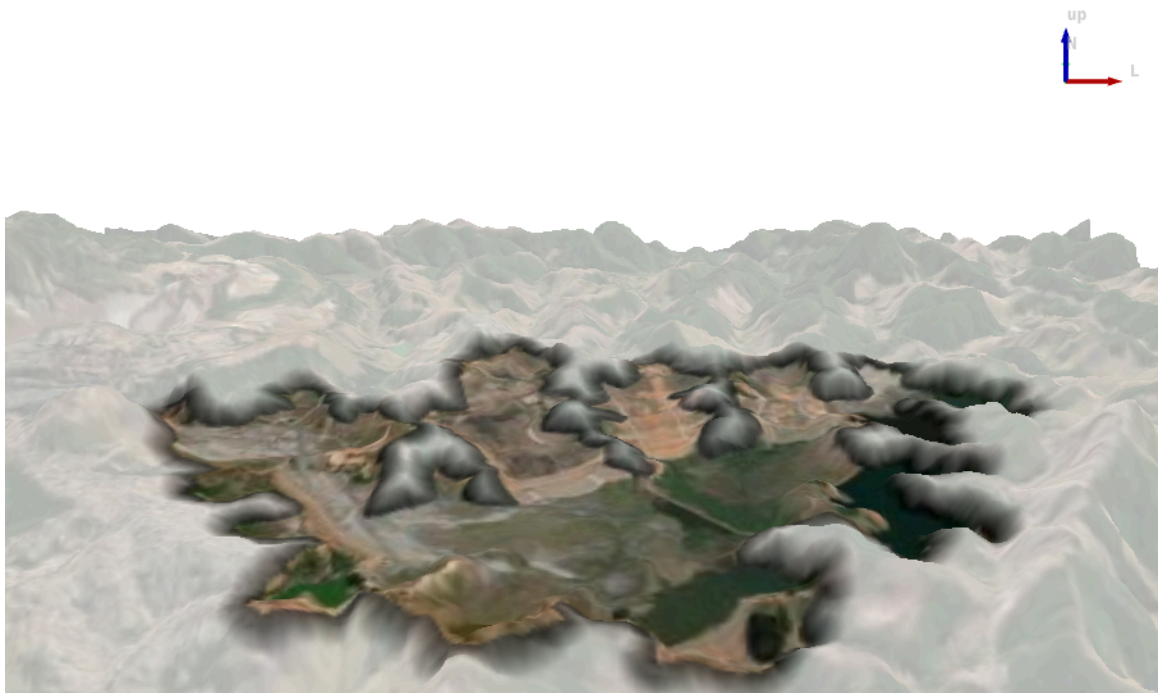


Figura 15 – Modelo Tridimensional do Sistema Pontal e entorno com ênfase na vista da barragem e diques. (Autorial,2025).

Na sequência, nas Figura 16 até a Figura 20, são apresentados os perfis topográficos do Sistema Pontal sob diferentes ângulos, com o objetivo de obter informações sobre o comportamento das elevações e subsidiar a análise das possíveis potencialidades de uso da área.

Em suma, os perfis indicam elevações mais acentuadas na porção final dos diques até a região do Pontal, onde se observa relativa constância altimétrica. Contudo, na transição entre o Dique Oito e o Pontal, identificam-se, em alguns pontos, variações de elevação que merecem análise de campo detalhada e investigação geotécnica específica, a fim de compreender adequadamente esse comportamento morfológico.

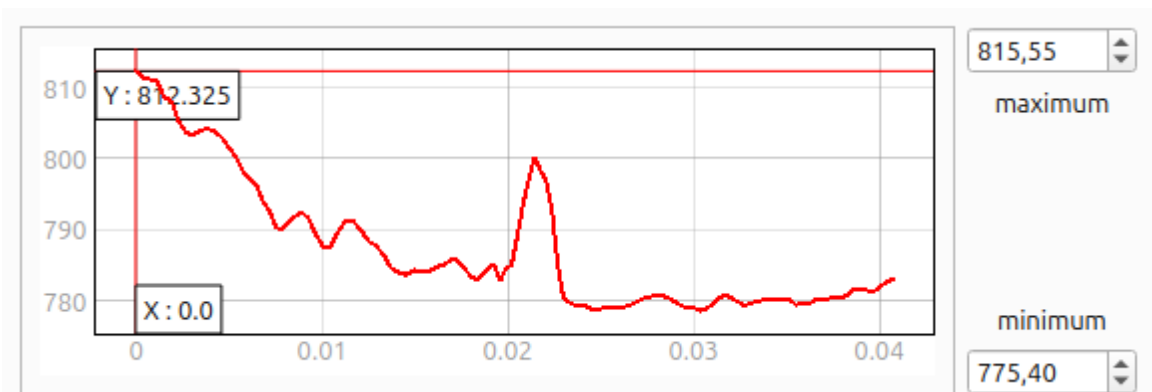


Figura 16 – Perfil topográfico do início do Sistema Pontal até o dique 08.  
(Autorial,2025).

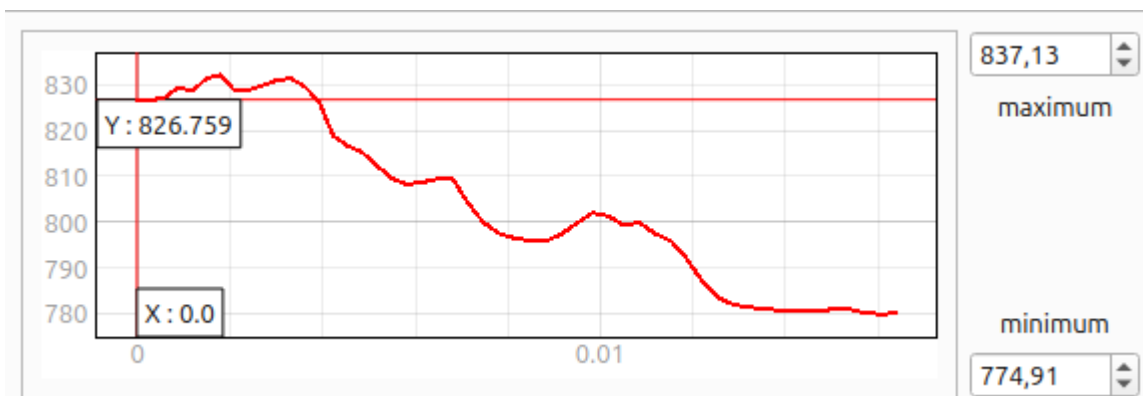


Figura 17 – Perfil topográfico do dique 02 até o centro do Sistema Pontal.  
(Atoral,2025).

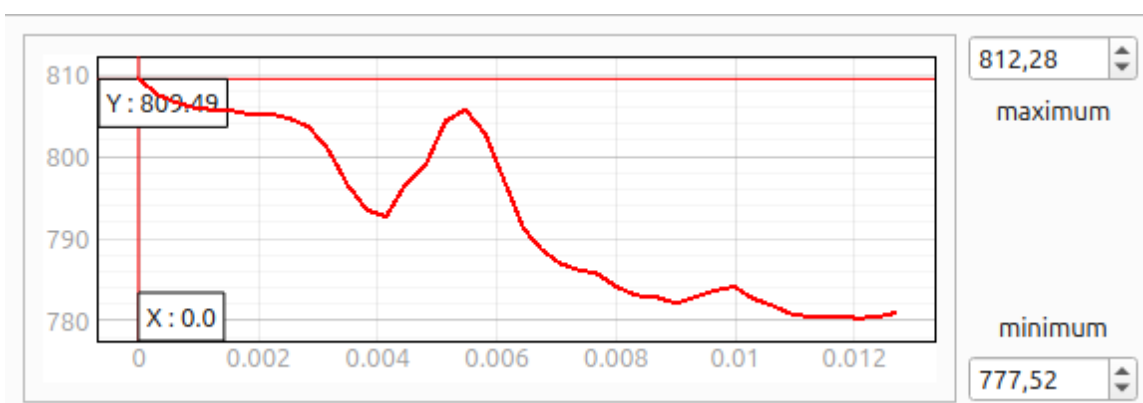


Figura 18 – Perfil topográfico do dique 03 até o centro do Sistema Pontal.  
(Atoral,2025).

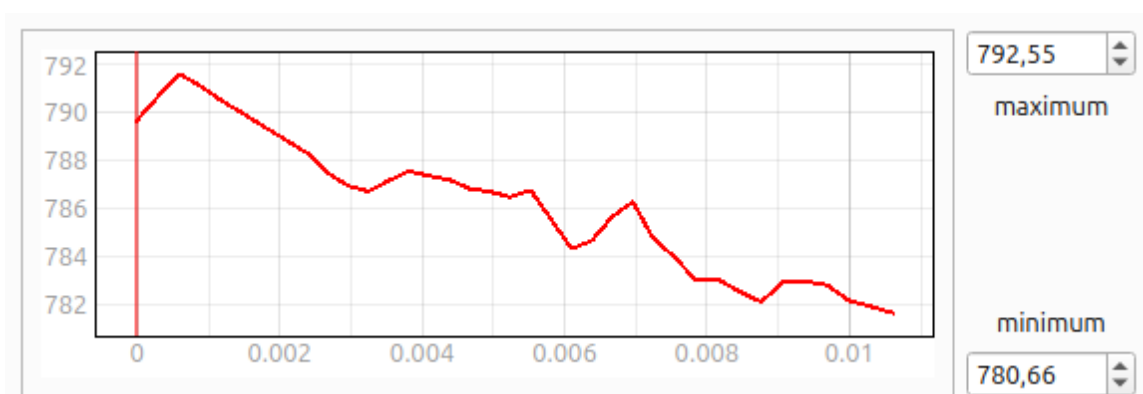


Figura 19 – Perfil topográfico do dique 04 até o dique 08 (Atoral,2025).

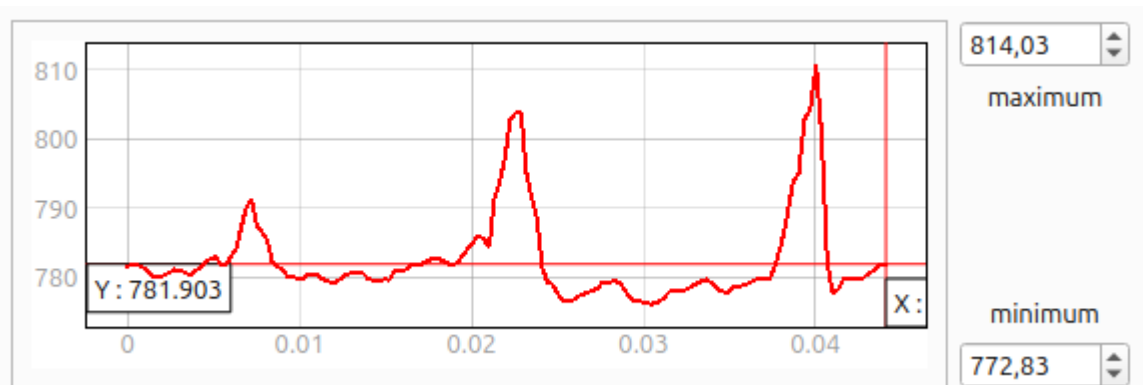


Figura 20 – Perfil topográfico do dique 08 até o centro do Sistema Pontal. (Autorial,2025).

#### 6.3.4 Drenagem

O ciclo hidrológico em síntese é composto pela precipitação em seguida acompanhada da infiltração e/ou escoamento superficial. O segundo evento ocorre auxiliando na recarga dos aquíferos sejam eles: livre, submerso ou confinado. Por outra perspectiva, a ausência do funcionamento da drenagem eleva-se o nível da poropressão em maciços e taludes, ocorrendo processos como liquefação mais também instabilidades (erosão interna), podendo levar ao rastejo um movimento de massa cuja sua cunha de ruptura é grande. A terceira ocorrência está associada à inexistência de cobertura vegetal do solo mais também da impermeabilidade dele, como consequência o fluxo de detritos, escorregamentos e erosão externa podem ocorrer.

A Figura 21 exemplifica que os trechos de drenagens estão distribuídos entre a maioria dos diques de contenções e interligados as áreas úmidas. Isso garante que os conceitos abordados de hidrologia, hidrogeologia e geotecnia, tenham impacto mínimo nas obras das estruturas. No entanto, vale destacar que o monitoramento através de piezômetros e inclinômetros deve ser constante, principalmente nos diques Minervino e Cordão Nova Vista que estão em obras.

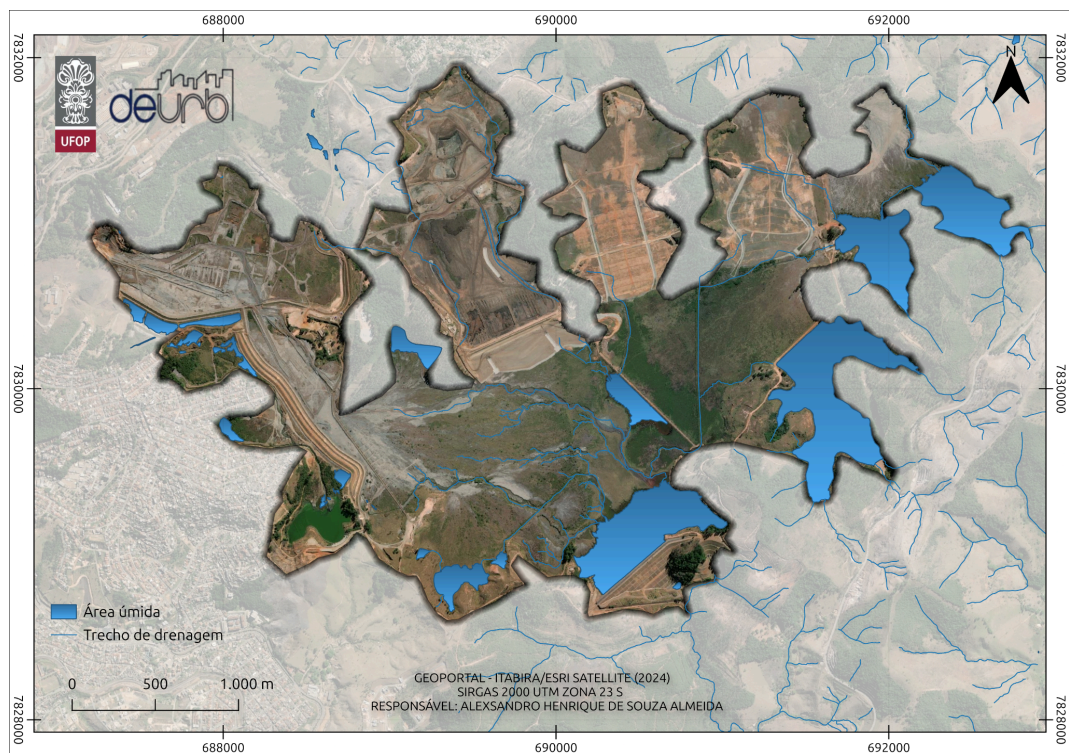


Figura 21 – Áreas úmidas e trechos de drenagem que compõem o Sistema Pontal e seu entorno. (Austral ,2025).

### 6.3.5 Uso e Ocupação do Solo

A identificação do uso e ocupação do solo permite o diagnóstico da finalidade da exploração de recursos e o entendimento posterior sobre as delimitações de zonas.

Observa-se que na Figura 22, a extração mineral, ou seja, a retirada de solos, minerais, rochas foi a principal atividade do território, envolvendo praticamente todos os diques. Por este motivo, a degradação possui o alto nível de predominância, em virtude das décadas e décadas das escavações nas superfícies. Nos diques Minervino e Cordão Nova Vista são inseridas as vegetações campo limpo e campo sujo formando assim a proteção com a mancha urbana, que de certa maneira melhora a qualidade do ar mas que não impede que os impactos da atividade minerária sejam notados pela sociedade.

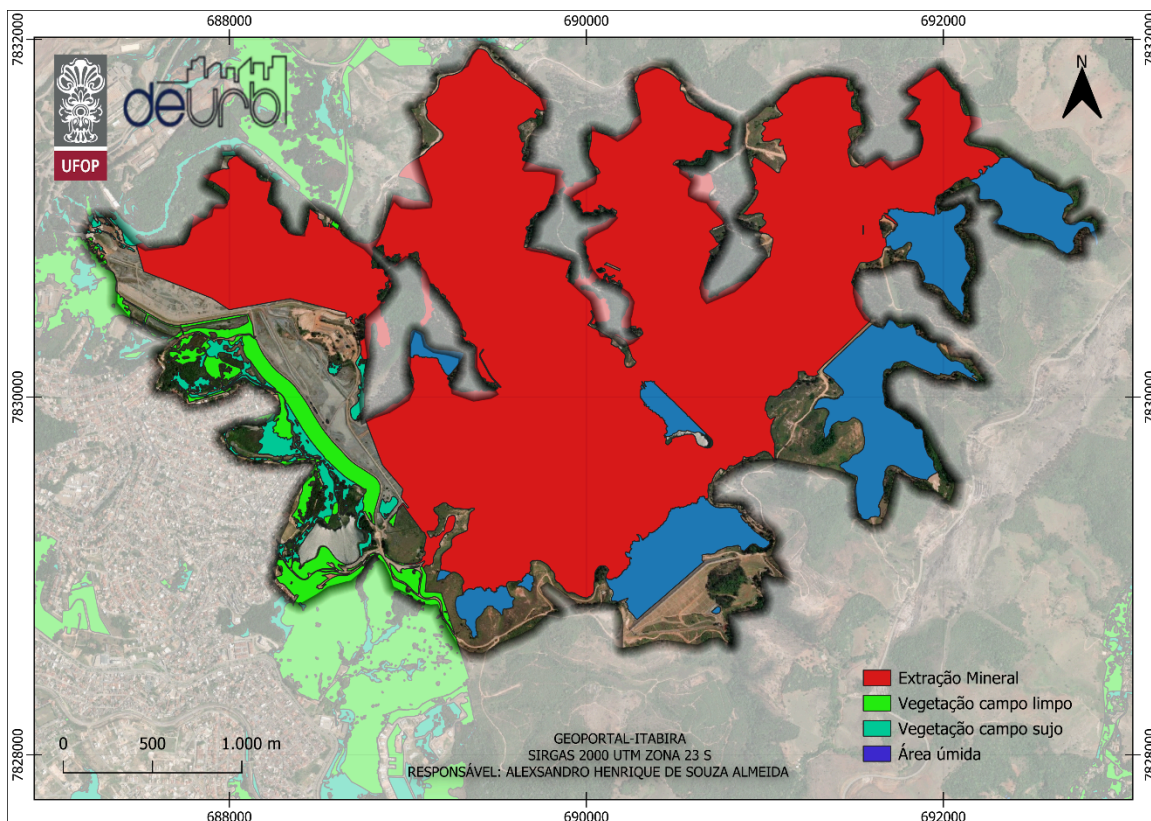


Figura 22 – Componentes e atividades que caracterizam o uso e ocupação do solo no Sistema Pontal e seu entorno.(Autoral ,2026).

### 6.3.6 Macrozoneamento

O Plano Diretor é um instrumento de extrema relevância para o planejamento das cidades, a integração de vários sistemas urbanos permite ao poder público tomadas de decisões assertivas e inteligentes. Dentre as diretrizes do documento está o Macrozoneamento que permite definir e categorizar as regiões do município, sendo assim uma etapa primordial para a consolidação de um excelente plano.

Esclarece-se na Figura 23, que em suma maior parte está classificada como Macrozona Rural de Recuperação Ambiental, o que vai diretamente ao encontro com a Figura 22 onde a extração mineral é predominante. Outrossim, o mesmo acontece com a Macrozona Urbana da Sede Municipal na qual vão de encontro a análise realizada na Figura 12. A questão central é a fronteira dos

diques dois, três, quatro e cinco com a Macrozona Rural de Santo Antônio o que estabelece que os impactos gerados pela mineração foram indiretamente direcionados para outra zona da cidade.

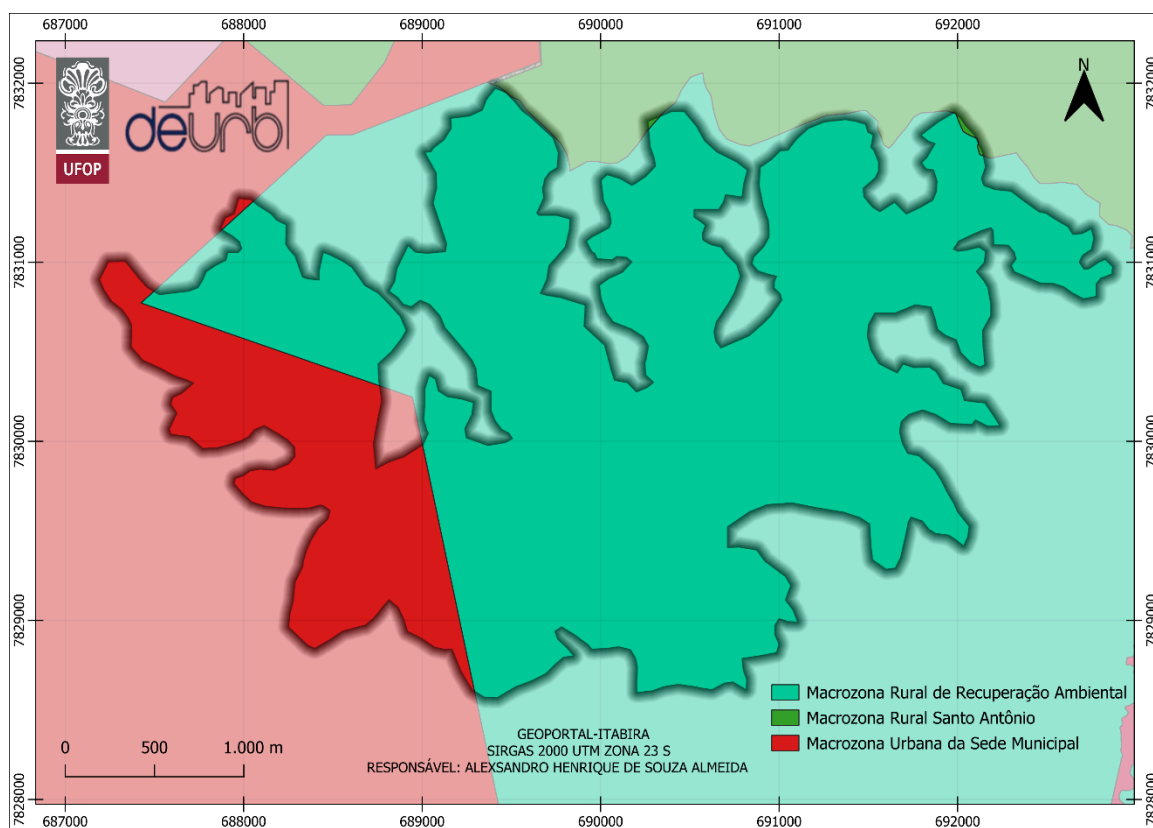


Figura 23 – Elementos do Plano Diretor sobre o macrozoneamento da área de estudo. (Autoral, 2026).

#### 6.4 Análise Espacial Multicritério

Neste item são apresentados os resultados da aplicação do método Analytic Hierarchy Process (AHP) para cada cenário de uso do solo avaliado no contexto do fechamento de mina.

Como resultado, são apresentados as matrizes de comparação par a par, a soma das colunas das matrizes, as matrizes normalizadas, os pesos atribuídos às variáveis, as análises de consistências e os mapas de potencialidades de usos para cada cenário. Refletem assim a importância de

cada variável em função das exigências de estabilidade física, restrições ambientais e viabilidade de uso pós-mineração, permitindo a comparação entre os cenários avaliados e a identificação das áreas mais compatíveis com cada uso proposto.

### **5.3.1 Cenário 1 – Conservação Ambiental**

A determinação dos pesos para os critérios de potencialidade do parque urbano baseou-se em uma análise técnica que prioriza a acessibilidade social e a viabilidade construtiva em terrenos de mineração.

No eixo da viabilidade física e inserção social, a declividade e a malha urbana foram consolidadas como critérios de igual importância (valor 1). Essa equivalência justifica-se pelo fato de que a topografia favorável é indispensável para a acessibilidade universal e a implantação de equipamentos de lazer, enquanto a proximidade com a malha urbana garante que o parque cumpra sua função social ao atender diretamente à população local. Em relação ao uso e ocupação do solo e ao sistema viário, a declividade foi julgada como ligeiramente mais importante (valor 1,25), sob a premissa de que restrições topográficas severas podem inviabilizar tecnicamente o projeto, ao passo que o uso do solo e os acessos viários admitem maior flexibilidade e modificações estruturais.

Quanto à integração com a infraestrutura existente, o uso e ocupação do solo e o sistema viário foram considerados de igual relevância (valor 1), visto que ambos são vetores essenciais para a conectividade do parque com o entorno urbano consolidado. Ambos os critérios foram priorizados em relação à rede de drenagem, sendo o uso do solo considerado moderadamente mais importante (valor 2). Da mesma forma, a malha urbana recebeu uma valoração superior em relação à drenagem (valor 2,5), reforçando que a facilidade de acesso da população e a inserção territorial são fatores prioritários e de maior complexidade para o sucesso de um parque urbano do que o manejo hídrico,

cujas soluções técnicas são consideradas mais diretas e de menor impacto na viabilidade geral da proposta.

Em síntese, a hierarquização adotada para o parque urbano estabelece um equilíbrio entre o rigor topográfico e a integração comunitária. Essa abordagem assegura que a proposta de uso futuro no Sistema Pontal não apenas atenda aos requisitos técnicos de estabilidade e implantação, mas também se torne um equipamento público efetivamente integrado ao cotidiano da população de Itabira.

<b>Critério</b>	<b>Declividade</b>	<b>Uso e Ocupação do Solo</b>	<b>Sistema Viário</b>	<b>Malha Urbana</b>	<b>Rede de Drenagem</b>
Declividade	1.00	1.25	1.25	1.00	2.50
Uso e Ocupação do Solo	0.80	1.00	1.00	0.80	2.00
Sistema Viário	0.80	1.00	1.00	0.80	2.00
Malha Urbana	1.00	1.25	1.25	1.00	2.50
Rede de Drenagem	0.40	0.50	0.50	0.40	1.00

Tabela 2 – Matriz de comparação par a par. (Adaptado de Simoni, Bruno Stefan De., 2017 e SAATY (1980).

<b>Critério</b>	<b>Soma</b>
Declividade	4.00
Uso e Ocupação do Solo	5.00
Sistema Viário	5.00
Malha Urbana	4.00
Rede de Drenagem	10.00

Tabela 3 – Soma das colunas da matriz. (Adaptado de Simoni, Bruno Stefan De., 2017 e SAATY (1980).

<b>Critério</b>	<b>Declividade</b>	<b>Uso e Ocupação do Solo</b>	<b>Sistema Viário</b>	<b>Malha Urbana</b>	<b>Rede de Drenagem</b>
Declividade	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Uso e Ocupação do Solo	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Sistema Viário	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Malha Urbana	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Rede de Drenagem	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

Tabela 4 – Matriz normalizada. (Adaptado de Simoni, Bruno Stefan De., 2017 e SAATY (1980).

<b>Crítérios</b>	<b>Pesos (%)</b>
Declividade	25
Uso e Ocupação do Solo	20
Sistema Viário	20
Malha Urbana	25
Rede de drenagem	10

Tabela 5 – Vetor de pesos para o cenário 1. (Adaptado de Simoni, Bruno Stefan De., 2017 e SAATY (1980).

Os resultados dessa etapa possibilitaram a categorização das propostas em três classes de viabilidade territorial: provável, pouco provável e improvável, conforme o desempenho espacial dos critérios estabelecidos na análise multicritério.

A Figura 24 ilustra a proposição de implantação de um parque urbano nas áreas classificadas como prováveis, evidenciando sua integração com a mancha urbana consolidada e a articulação com o sistema viário existente. Observa-se que a distribuição espacial dessas áreas favorece a conectividade territorial, permitindo a ampliação da infraestrutura de lazer e convivência em continuidade ao tecido urbano, ao mesmo tempo em que promove a requalificação da área anteriormente impactada pela atividade minerária.

Nas áreas classificadas como pouco prováveis, propõe-se a adoção de estratégias de adaptação e qualificação ambiental, em vez de ocupação intensiva. Destaca-se a implantação de jardins de chuva, como solução baseada

na natureza para auxiliar no manejo da drenagem superficial e na retenção temporária da precipitação, contribuindo para o controle do escoamento e a redução de processos erosivos. Adicionalmente, sugere-se a criação de corredores ecológicos, visando promover a conectividade entre fragmentos de vegetação e favorecer a circulação da fauna, fortalecendo a função ambiental da área descaracterizada.

No interior das zonas classificadas como prováveis, propõe-se a inserção de equipamentos urbanos e elementos estruturadores do parque, tais como pista de skate, praças multifuncionais, áreas de convivência, espaços destinados a atividades comerciais de apoio (restaurantes e quiosques) e equipamentos voltados ao turismo local. Esses componentes reforçam o caráter multifuncional do parque urbano, associando lazer, integração social, dinamização econômica e valorização paisagística.

Dessa forma, o cenário proposto não se restringe à ocupação das áreas mais favoráveis, mas incorpora estratégias diferenciadas conforme o grau de viabilidade identificado, promovendo uma intervenção territorial integrada, ambientalmente orientada e compatível com o processo de descaracterização da estrutura minerária.

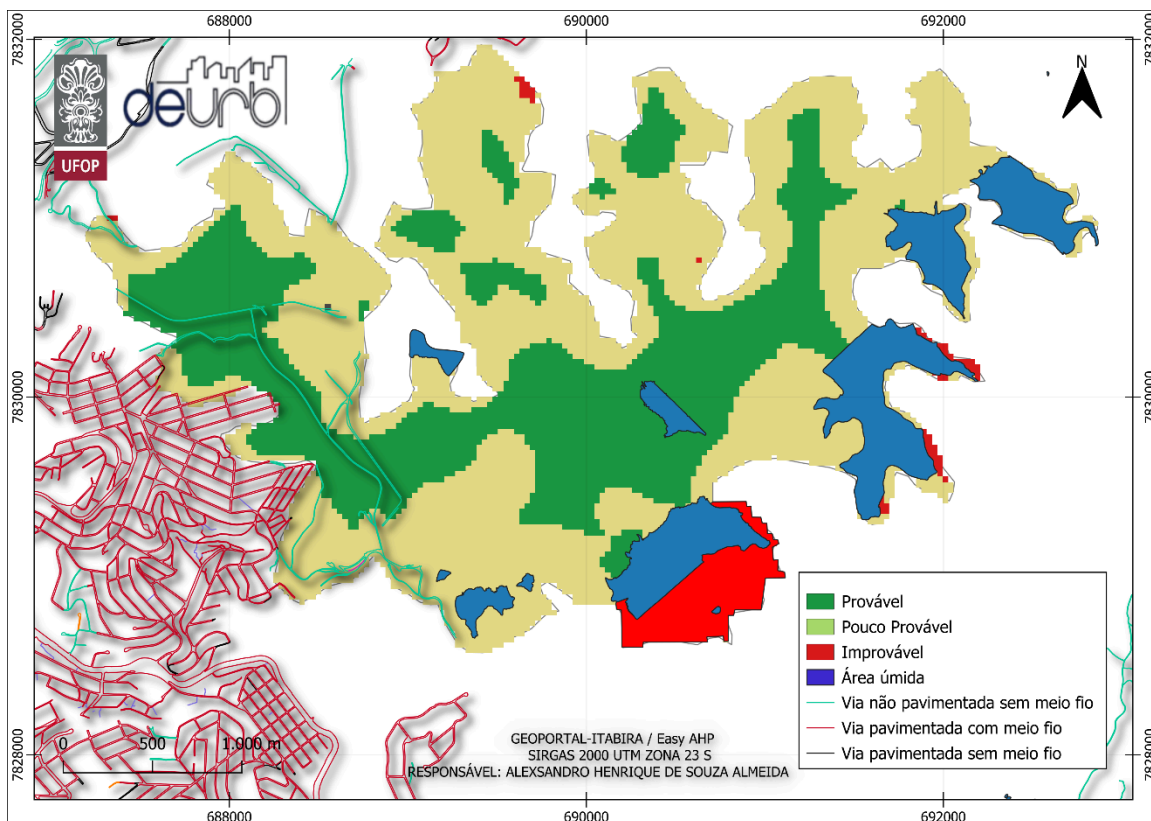


Figura 24 – Avaliação de potencialidades de usos para o cenário 1: Conservação Ambiental. (Autorial,2026).

### 5.3.2 Cenário 2 – Uso Recreativo Controlado

Os resultados da análise multicritério para a implantação do centro cultural basearam-se inicialmente em uma matriz de comparação par a par.

No que tange aos aspectos físicos, a declividade consolidou-se como o critério de maior relevância relativa. Em comparação ao uso e ocupação do solo, a declividade foi julgada como moderadamente mais importante (valor 2), visto que terrenos com topografia favorável reduzem drasticamente os custos de terraplanagem e ampliam as possibilidades do projeto.

Essa prioridade também se manteve em relação ao sistema viário (valor 1,5) e à malha urbana (valor 1,2), sob a premissa de que, embora o acesso e a localização sejam vitais, a adequação topográfica do terreno é um limitador físico

mais fundamental e de difícil mitigação. A importância da declividade tornou-se ainda mais evidente frente à rede de drenagem (valor 3), cujos problemas técnicos são considerados mais fáceis e menos onerosos de solucionar do que grandes desníveis topográficos.

Quanto à integração urbana e acessibilidade, a malha urbana e o sistema viário apresentaram pesos significativos, refletindo a necessidade de visibilidade e fluxo de público para um equipamento cultural. A malha urbana foi considerada moderadamente mais importante que o uso e ocupação do solo (valor 1,67) e ligeiramente superior ao sistema viário (valor 1,25), justificando-se pelo fato de que a inserção no tecido urbano consolidado garante uma integração comunitária mais efetiva. Paralelamente, o sistema viário foi priorizado em relação ao uso do solo (valor 1,33) e à rede de drenagem (valor 2), destacando-se como um fator crítico para a atratividade do centro cultural e para a facilidade de acesso do público-alvo.

Por fim, a relação entre o uso e ocupação do solo e a rede de drenagem (valor 1,5) reforçou a importância da compatibilidade das atividades do entorno e da disponibilidade de área sobre os aspectos puramente infraestruturais de manejo hídrico. Em suma, a hierarquização estabelecida prioriza a viabilidade construtiva e a inserção social, elementos fundamentais para que o centro cultural cumpra sua função de desenvolvimento e lazer no Sistema Pontal.

<b>Critério</b>	<b>Declividade</b>	<b>Uso e Ocupação do Solo</b>	<b>Sistema Viário</b>	<b>Malha Urbana</b>	<b>Rede de Drenagem</b>
Declividade	1.00	2.00	1.50	1.20	3.00
Uso e Ocupação do Solo	0.50	1.00	0.75	0.60	1.50
Sistema Viário	0.67	1.33	1.00	0.80	2.00
Malha Urbana	0.83	1.67	1.25	1.00	2.50
Rede de Drenagem	0.33	0.67	0.50	0.40	1.00

Tabela 6 – Matriz de comparação par a par. (Adaptado de Simoni, Bruno Stefan De., 2017 e SAATY (1980).

<b>Critério</b>	<b>Soma</b>
Declividade	3.33
Uso e Ocupação do Solo	6.67
Sistema Viário	5.00
Malha Urbana	4.00
Rede de Drenagem	10.00

Tabela 7 – Soma das colunas da matriz. (Adaptado de Simoni, Bruno Stefan De., 2017 e SAATY (1980)).

<b>Critério</b>	<b>Declividade</b>	<b>Uso e Ocupação do Solo</b>	<b>Sistema Viário</b>	<b>Malha Urbana</b>	<b>Rede de Drenagem</b>
Declividade	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Uso e Ocupação do Solo	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Sistema Viário	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Malha Urbana	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Rede de Drenagem	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

Tabela 8 – Matriz normalizada. (Adaptado de Simoni, Bruno Stefan De., 2017 e SAATY (1980)).

<b>Crítérios</b>	<b>Pesos (%)</b>
Declividade	30
Uso e Ocupação do Solo	15
Sistema Viário	20
Malha Urbana	25
Rede de drenagem	10

Tabela 9 – Vetor de pesos para o cenário 2. (Adaptado de Simoni, Bruno Stefan De., 2017 e SAATY (1980)).

Os resultados para este cenário permitiram a categorização das propostas em três classes de viabilidade: provável, pouco provável e improvável, conforme os critérios físicos, ambientais e territoriais previamente estabelecidos na análise multicritério.

A Figura 25 demonstra a potencialidade de uso para a implantação de um Centro Cultural que integre a história da cidade de Itabira, remetendo aos processos de formação urbana e à atividade minerária que estruturou o desenvolvimento local. A proposta busca promover a identificação da população com o espaço, valorizando a memória coletiva e reforçando a identidade territorial por meio da requalificação da área anteriormente impactada.

Complementarmente, nas áreas classificadas como pouco viáveis, sugere-se a implantação de intervenções de menor porte e baixa carga estrutural, tais como espaços para exposições artísticas ao ar livre, mostras permanentes ou temporárias de símbolos e artefatos relacionados à mineração e instalações paisagísticas interpretativas. Tais estratégias dialogam conceitualmente com iniciativas como o Instituto Inhotim, no que se refere à integração entre arte, paisagem e território, porém adaptadas às especificidades históricas, culturais e ambientais de Itabira.

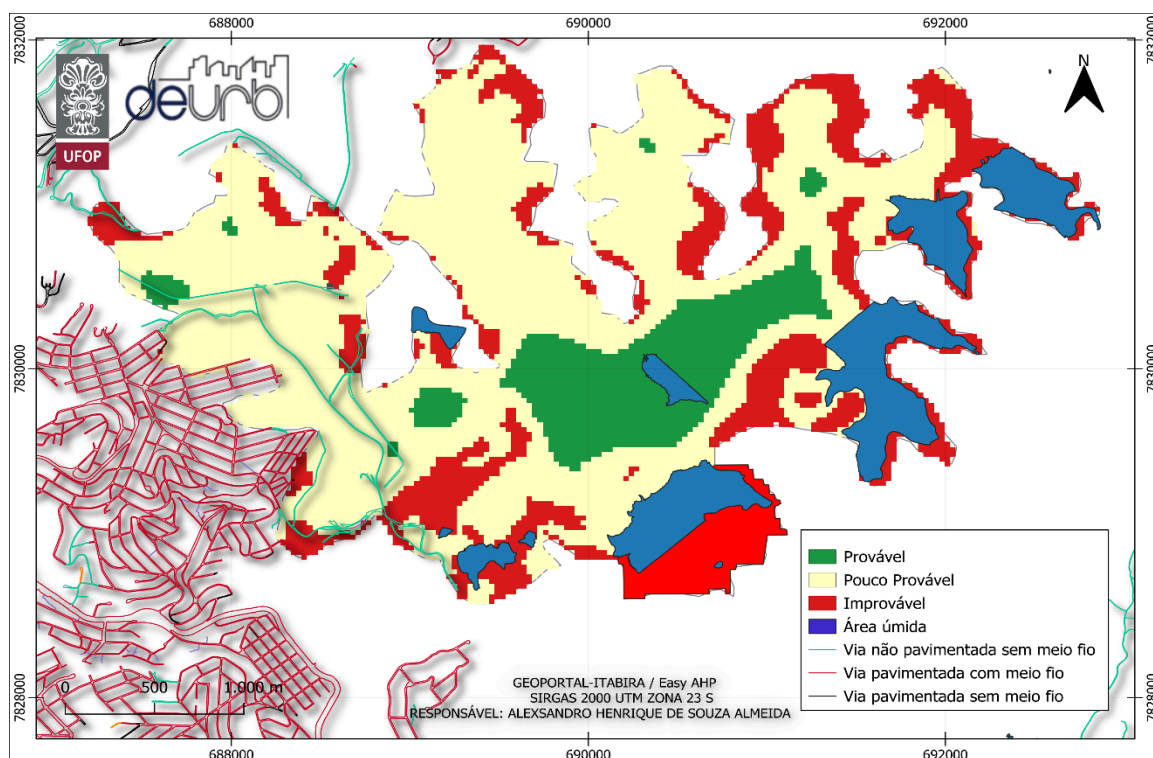


Figura 25 – Avaliação de potencialidades de usos para o cenário 2: Uso Recreativo e Controlado. (Atoral,2026).

### **5.3.3 Cenário 3 – Uso Produtivo Leve**

A definição dos pesos para os critérios de potencialidade agrícola e silvicultural baseou-se em uma análise que prioriza a aptidão produtiva do solo e a disponibilidade de recursos hídricos.

No eixo da produtividade e aptidão física, o uso e ocupação do solo e a rede de drenagem consolidaram-se como critérios de igual importância (valor 1). Essa equivalência justifica-se pelo fato de que a disponibilidade de terras com potencial produtivo e a gestão eficiente da água são pilares indissociáveis para a manutenção de culturas e espécies florestais. Em relação à declividade, o uso do solo foi julgado como ligeiramente mais importante (valor 1,5), sob a premissa de que, embora a topografia seja um fator limitante para a mecanização, a existência de áreas já destinadas ou com características favoráveis ao uso rural é o ponto de partida fundamental para a atividade. A importância do uso do solo tornou-se ainda mais acentuada frente ao sistema viário e à malha urbana (valor 3), sob a lógica de que a qualidade da terra é prioritária, uma vez que a infraestrutura de transporte pode ser adaptada, enquanto a proximidade urbana pode, inclusive, gerar conflitos de uso e restrições operacionais.

Quanto ao manejo hídrico e operacional, a rede de drenagem recebeu uma valoração superior em relação aos demais critérios de infraestrutura. Ela foi considerada fortemente mais importante que o sistema viário (valor 3) e a malha urbana (valor 3), reforçando que a água é um recurso vital e sua gestão é prioritária sobre a localização geográfica.

Paralelamente, a declividade foi priorizada em relação ao sistema viário e à malha urbana (valor 2), justificando-se pelo seu impacto direto nos custos de produção e na viabilidade do uso de máquinas agrícolas. Por fim, o sistema viário e a malha urbana foram considerados de igual relevância relativa (valor 1), ocupando um patamar de menor peso na hierarquia geral, dado que representam aspectos logísticos que, embora desejáveis, não determinam a capacidade produtiva primária das atividades de agricultura e silvicultura na área de estudo.

<b>Critério</b>	<b>Declividade</b>	<b>Uso e Ocupação do Solo</b>	<b>Sistema Viário</b>	<b>Malha Urbana</b>	<b>Rede de Drenagem</b>
Declividade	1.00	0.67	2.00	2.00	0.67
Uso e Ocupação do Solo	1.50	1.00	3.00	3.00	1.00
Sistema Viário	0.50	0.33	1.00	1.00	0.33
Malha Urbana	0.50	0.33	1.00	1.00	0.33
Rede de Drenagem	1.50	1.00	3.00	3.00	1.00

Tabela 10 – Matriz de comparação par a par. (Adaptado de Simoni, Bruno Stefan De., 2017 e SAATY (1980).

<b>Critério</b>	<b>Soma</b>
Declividade	5.00
Uso e Ocupação do Solo	3.33
Sistema Viário	8.00
Malha Urbana	8.00
Rede de Drenagem	3.33

Tabela 11 – Soma das colunas da matriz. (Adaptado de Simoni, Bruno Stefan De., 2017 e SAATY (1980).

<b>Critério</b>	<b>Declividade</b>	<b>Uso e Ocupação do Solo</b>	<b>Sistema Viário</b>	<b>Malha Urbana</b>	<b>Rede de Drenagem</b>
Declividade	0.20	0.20	0.25	0.25	0.20
Uso e Ocupação do Solo	0.30	0.30	375	375	0.30
Sistema Viário	0.10	0.10	125	125	0.10
Malha Urbana	0.10	0.10	125	125	0.10
Rede de Drenagem	0.30	0.30	375	375	0.30

Tabela 12 – Matriz normalizada. (Adaptado de Simoni, Bruno Stefan De., 2017 e SAATY (1980).

Critérios	Pesos (%)
Declividade	20
Uso e Ocupação do Solo	30
Sistema Viário	10
Malha Urbana	10
Rede de drenagem	30

Tabela 13 – Vetor de pesos para o cenário 3. (Adaptado de Simoni, Bruno Stefan De., 2017 e SAATY (1980).

As mesmas classes de viabilidade são adotadas para este cenário, mantendo-se a categorização em provável, pouco provável e improvável, conforme os critérios físicos e ambientais previamente estabelecidos.

A Figura 26 apresenta a proposição de uso produtivo leve, contemplando atividades como agricultura, silvicultura e agropecuária de baixa intensidade. A alternativa é fundamentada na presença de fauna registrada no relatório de descaracterização apresentado pelo empreendedor, o que indica processo de regeneração ambiental em curso. Soma-se a isso a caracterização da área como zona rural em processo de recuperação, além de indícios históricos de que tais atividades produtivas eram desenvolvidas no local antes da implantação da atividade minerária.

Nas áreas classificadas como pouco viáveis, recomenda-se a manutenção da cobertura vegetal existente e o reforço do processo de recomposição florestal, com o plantio de espécies nativas suprimidas durante a fase de implantação da mineração.

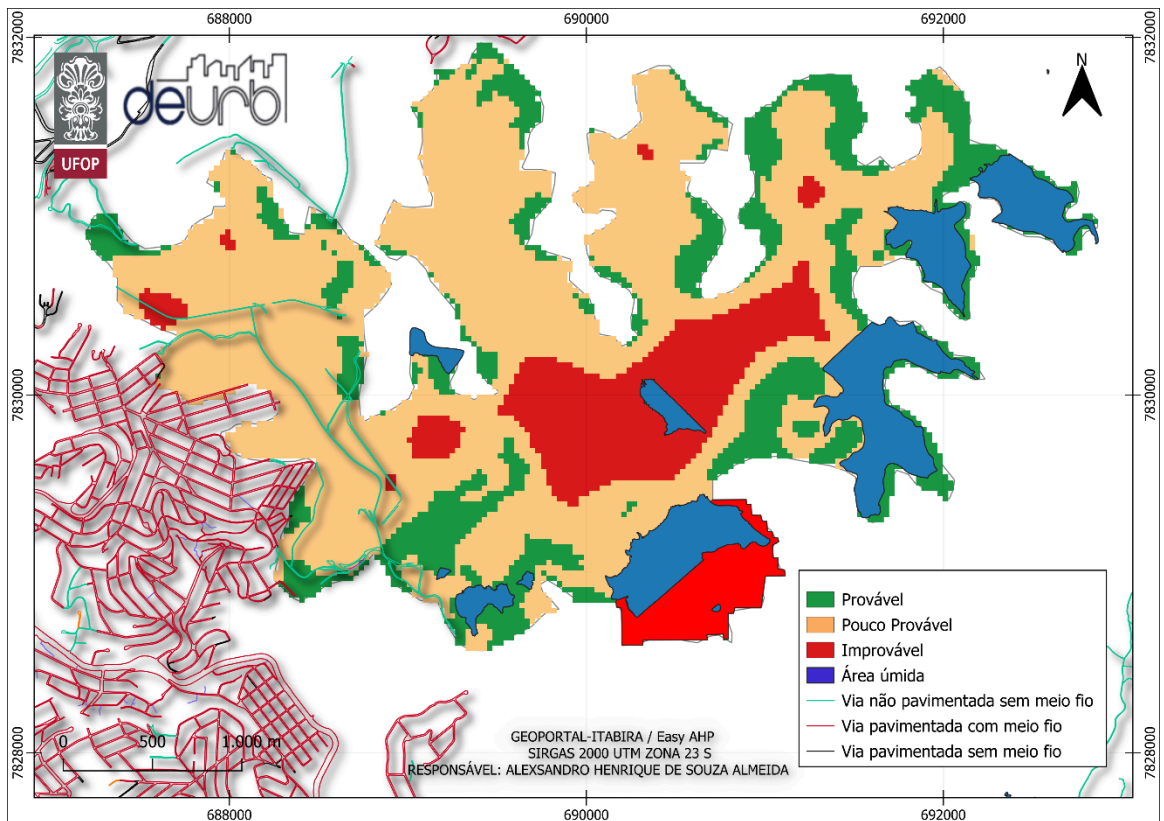


Figura 26 – Avaliação de potencialidades de usos para o cenário 3.  
(Autorial,2026).

## 6.5 Síntese e Recomendações Técnicas

Para que a viabilidade do uso futuro da área seja pertinente e provável de implementação, ela depende diretamente da conclusão bem-sucedida da descaracterização e da qualidade da remediação ambiental. Nesse cenário, observa-se que a integração dos três cenários de usos é altamente viável haja vista o espaço territorial, mas ela depende de uma análise mais ampla com dados concretos de todos os projetos de descaracterização dos diques.

- **Localização Estratégica (Proximidade Urbana):** A área está próxima a regiões urbanas de Itabira, o que é um fator chave para empreendimentos de lazer, conservação ou desenvolvimento imobiliário de baixo impacto.
- **Ausência de Captação de Água a Jusante:** A ausência de captação de água para abastecimento público na Zona de Autossalvamento (ZAS) e Zona de Segurança Secundária (ZSS) simplifica o processo de descaracterização e reduz os riscos de contingência, o que é um ponto positivo para a segurança e o cronograma do projeto.
- **Compromisso com a Remediação:** O rigoroso monitoramento ambiental (fauna, flora, qualidade do ar) e o planejamento de manejo de solo e recursos hídricos indicam um esforço para entregar uma área remediada, essencial para qualquer uso futuro.
- **Estabilidade Geotécnica de Longo Prazo:** A viabilidade de qualquer empreendimento depende da garantia da estabilidade geotécnica de longo prazo da área descaracterizada, que deve ser comprovada após a remoção dos rejeitos, estruturas e o acompanhamento eficiente seguindo as diretrizes da Agência Nacional de Mineração (ANM).

- **Qualidade do Material Remanescente:** A composição e a qualidade dos rejeitos remanescentes no solo (e a necessidade de capping ou outras técnicas de isolamento) são cruciais para determinar o tipo de uso permitido.
- **Risco de Interferência Hídrica:** Embora a descaracterização vise eliminar o reservatório, o manejo do lençol freático (N.A.) e o restabelecimento da drenagem natural são processos complexos. O projeto de descaracterização do Dique Minervino inclui o rebaixamento do N.A., e o sucesso dessa etapa é vital para a estabilidade e uso futuro.

De modo geral, os resultados obtidos demonstram que as propostas de uso apresentadas possuem viabilidade técnica e territorial, desde que estruturadas a partir de uma integração efetiva entre o empreendimento minerário, a comunidade local e o poder público. A articulação entre essas três instâncias configura-se como elemento fundamental para a consolidação das diretrizes propostas.

Destaca-se que as potencialidades identificadas ao longo da análise não devem ser compreendidas apenas como alternativas, mas como estratégias de recuperação e reabilitação, passíveis de debate, validação e aprimoramento no período posterior ao processo de descaracterização. Assim, o alinhamento institucional e social torna-se condição indispensável para garantir a efetividade das intervenções e o sucesso de sua implementação.

## **7 CONCLUSÃO**

O presente Projeto Final de Curso apresentou três propostas de potencialidades de uso para o estudo de caso: parque urbano, em consonância com o referencial teórico de casos de sucesso nacionais e internacionais, propondo a integração do empreendimento ao meio ambiental haja vista a

proximidade com a mancha urbana; Centro Cultural, fomentando o acesso à cultura, valorizando a identidade da população e contribuindo para o fortalecimento do turismo como nova fonte de renda para o município; e uso produtivo leve, resgatando atividades que, no passado, foram importantes vetores da economia local, aliado a um processo de recuperação ambiental mais aprofundado.

Nesse sentido, é possível que haja uma integração dos três cenários de potencialidades, isso se justifica pela dimensão territorial da área. No entanto o método Analytic Hierarchy Process (AHP) encontrou inconsistência, indicando no alteamento da barragem áreas de potencialidades para os cenários, isso foi ajustado para não provável garantindo o senso crítico da análise. Além disso, para o uso produtivo leve é necessário que haja mais critérios para que o método seja mais preciso.

Logo, após os rompimentos de barragens, evidencia-se que a engenharia realizada com integridade deve considerar, de forma indissociável, os aspectos sociais, ambientais e econômicos. Desse modo, o estudo contribui para enfrentar o desafio do cenário pós-descaracterização, apresentando-se como um viés integrador na nova perspectiva da mineração sustentável e oferecendo uma resposta clara à sociedade sobre recuperação ambiental e reabilitação do espaço geográfico.

## **8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). Resolução ANM nº 95, de 7 de fevereiro de 2022. Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 16 fev. 2022. Disponível em:

<https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/legislacao/resolucao-no-95-2022.pdf>. Acesso em: 10 set. 2025.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (ALERJ). *Relatório da Comissão Especial para apurar as causas e consequências do acidente ambiental ocorrido em Cataguases (MG)*. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <https://uenf.br/cbb/lca/files/2018/09/ok-Relat%C3%B3rio-do-Acidente-no-Rio-Pomba-e-Paraiba-do-Sul-2003.pdf>. Acesso em: 12 set. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13028: barragens de mineração – requisitos de segurança. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=376997>. Acesso em: 20 set. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13030: elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. *Parque das Mangabeiras – Maurício Campos*. Belo Horizonte, 2024. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/fundacao-de-parques-e-zoobotanica/informacoes/parques/parque-das-mangabeiras>. Acesso em: 26 set. 2025.

BOXER, C. R. *The Golden Age of Brazil, 1695–1750: Growing Pains of a Colonial Society*. Berkeley: University of California Press, 1962. Disponível em: <https://archive.org/details/the-golden-age-of-brazil-1695-1750-growing-pains-of-a-colonial>. Acesso em: 14 set. 2025.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, 2016. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 9 mar. 2026.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade. Brasília, DF: Presidência da República, 2001. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10257.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm). Acesso em: 13 mar. 2026.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 21 set. 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm). Acesso em: 28 dez. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 13 mar. 2026.

BRIDGE, G. Contested terrain: mining and the environment. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 29, p. 205–259, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.011503.163434>. Acesso em: 12 set. 2025.

BURLE MARX, Roberto. *Projeto paisagístico do Parque das Mangabeiras*. Belo Horizonte: Escritório Roberto Burle Marx, 1984. Disponível em: [http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/sitio\\_roberto\\_burle\\_marx.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/sitio_roberto_burle_marx.pdf). Acesso em: 15 set. 2025.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. *Principles of geographical information systems*. Oxford: Oxford University Press, 1998.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (CETEM). Rompimento de barragem da Mineração Rio Verde, em Nova Lima (MG), deixa mortos e destruição ambiental. Rio de Janeiro: CETEM, 2016. Disponível em: <http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/ExibeVerbetes.aspx?verid=211>. Acesso em: 23 out. 2025.

E DEN PROJECT. *Annual Review 2018/2019*. Cornwall, 2018. Disponível em:

<https://www.edenproject.com/sites/default/files/2021-06/annual-review-eden-2018-2019.pdf>. Acesso em: 17 set. 2025.

E DEN PROJECT. *Impact and Financial Report 2023*. Cornwall, 2023. Disponível em: <https://eden-plus.org/about/financials/>. Acesso em: 17 set. 2025.

E DEN PROJECT. *The Eden Project: The First 20 Years*. Cornwall, 2021. Disponível em: <https://www.edenproject.com/sites/default/files/2021-06/eden-project-sustainability-report-2010-11.pdf>. Acesso em: 18 set. 2025.

FIONA DEVELOPERS. *Fiona documentation*. 2024. Disponível em: <https://fiona.readthedocs.io>. Acesso em: 18 nov. 2025.

FOLIUM DEVELOPERS. *Folium documentation*. 2024. Disponível em: <https://python-visualization.github.io/folium/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

FUNDAÇÃO DE PARQUES MUNICIPAIS E ZOOBOTÂNICA (FPMZB). *Plano de Manejo do Parque das Mangabeiras*. Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/fundacao-de-parques-e-zoobotanica>. Acesso em: 17 set. 2025.

GEOPANDAS DEVELOPERS. *GeoPandas documentation*. 2024. Disponível em: <https://geopandas.org>. Acesso em: 12 nov. 2025.

GRIMSHAW, Nicholas. *Eden Project: The Architecture*. London: Grimshaw & Partners, 2001. Disponível em: <https://grimshaw.global/projects/eden-project-the-biomes/>. Acesso em: 27 nov. 2025.

GRIPAIS, Peter. The economic impact of the Eden Project. *International Journal of Tourism Research*, 2006. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/266866588\\_The\\_Eden\\_Project\\_-\\_making\\_a\\_connection](https://www.researchgate.net/publication/266866588_The_Eden_Project_-_making_a_connection). Acesso em: 25 set. 2025.

GUIMARÃES, C. L.; MILANEZ, B. Mineração, impactos locais e os desafios da diversificação: revisitando Itabira. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 41, p. 215–236, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Bruno-Milanez-2/publication/319391234\\_Minerao\\_impactos\\_locais\\_e\\_os\\_desafios\\_da\\_diversificacao\\_revisitando\\_Itabira/links/59a76b65aca272895c16ad9c/Mineracao-impactos-locais-e-os-desafios-da-diversificacao-revisitando-Itabira.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Bruno-Milanez-2/publication/319391234_Minerao_impactos_locais_e_os_desafios_da_diversificacao_revisitando_Itabira/links/59a76b65aca272895c16ad9c/Mineracao-impactos-locais-e-os-desafios-da-diversificacao-revisitando-Itabira.pdf). Acesso em: 13 mar. 2026.

HARTMAN, Howard L.; MUTMANSKY, Jan M. *Introductory Mining Engineering*. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2002. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Azamat-Umirzoqov/publication/358235819\\_Hartman\\_Introductory\\_mining\\_engineering\\_to'liq\\_talqini/links/61f7cc20007fb50447291fe7/Hartman-Introductory-mining-engineering-toliq-talqini.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Azamat-Umirzoqov/publication/358235819_Hartman_Introductory_mining_engineering_to'liq_talqini/links/61f7cc20007fb50447291fe7/Hartman-Introductory-mining-engineering-toliq-talqini.pdf). Acesso em: 19 set. 2025.

HOBBSAWM, Eric J. *The Age of Capital: 1848–1875*. London: Abacus, 1977. Disponível em: <https://files.libcom.org/files/Eric%20Hobsbawm%20-%20Age%20Of%20Capital%20-%201848-1875.pdf>. Acesso em: 12 set. 2025.

HUNTER, John D. Matplotlib: A 2D graphics environment. *Computing in Science & Engineering*, v. 9, n. 3, p. 90–95, 2007.

IBAMA. *Unidades de Conservação e Recuperação de Áreas Degradadas*. Brasília, 2002. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br>. Acesso em: 20 out. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). *Gestão e manejo de rejeitos da mineração*. Brasília: IBRAM, 2016. Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2021/02/Gestao-e-Manejo-de-Rejeitos-da-Mineracao-2016.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2025.

LAMEIRA, Gustavo. Diretor-presidente da Samarco pede desculpas por tragédia em Mariana. *O Tempo*, Belo Horizonte, 23 nov. 2015. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/cidades/diretor-presidente-da-samarco-pede-desculpas-por-tragedia-em-mariana-1.1175796>. Acesso em: 02 fev. 2025.

LEENHARDT, Jacques (org.). *Nos jardins de Burle Marx*. São Paulo: Perspectiva, 2004.

LONGLEY, Paul A.; GOODCHILD, Michael F.; MAGUIRE, David J.; RHIND, David W. *Geographic information science and systems*. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015.

MALAGODI, Tiago de Menezes. *Entropia e paisagem: um tour pelos monumentos de Itabira (MG)*. 2020. Dissertação (Mestrado em Artes) – Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/cefa19a0-16c2-435a-a617-137aba847bcc>. Acesso em: 2 mar. 2026.

MINAS GERAIS. **Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019**. Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens. Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/LEI/23291/2019/>. Acesso em: 12 jan. 2026.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 48.140, de 25 de fevereiro de 2021**. Regulamenta a Lei nº 23.291/2019. Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DEC/48140/2021/>. Acesso em: 12 jan. 2026.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS. *Laudo técnico final: Sistema Pontal, Mina Cauê*. Itabira, 2026. Disponível em: [https://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/licenciamento/uploads/7qzm\\_msBsFgSc28Ut12vYz-JLz4eVbCy.pdf](https://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/licenciamento/uploads/7qzm_msBsFgSc28Ut12vYz-JLz4eVbCy.pdf). Acesso em: 10 mar. 2026.

OCDE. *Mining Regions and Cities: Case of Västerbotten and Norrbotten, Sweden*. Paris: OECD Publishing, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/802087e2-en>. Acesso em: 05 jan. 2025.

OSGEO. *GDAL/OGR – Geospatial Data Abstraction Library*. 2024. Disponível em: <https://gdal.org>. Acesso em: 17 set. 2025.

RASTERIO DEVELOPERS. *Rasterio documentation*. 2024. Disponível em: <https://rasterio.readthedocs.io>. Acesso em: 17 set. 2025.

REID, Neil. *Python for data analysis and visualization*. Birmingham: Packt Publishing, 2015.

RODRIGUES, T.; SANDERS FILHO, L. P. A geografia histórica das barragens de rejeito de minério de ferro em Minas Gerais, Brasil. *Revista NERA*, v. 28, n. 1, p. 1-25, 2025. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/10861>. Acesso em: 13 mar. 2026.

SAATY, Thomas L.; VARGAS, Luis G. *The Analytic Hierarchy Process*. Springer, 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/362349026\\_The\\_Analytic\\_Hierarchy\\_Process](https://www.researchgate.net/publication/362349026_The_Analytic_Hierarchy_Process). Acesso em: 02 mar. 2026.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. Disponível em: [https://repositorio.usp.br/directbitstream/b5f8d784-dfa9-40de-8857-add664ab3f88/Sanchez-2013-Avalia%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_impacto\\_ambiental.pdf](https://repositorio.usp.br/directbitstream/b5f8d784-dfa9-40de-8857-add664ab3f88/Sanchez-2013-Avalia%C3%A7%C3%A3o_de_impacto_ambiental.pdf). Acesso em: 5 mar. 2026.

SANDRONI, Sandro S.; GUIDICINI, Guido. *Barragens de Terra e Enrocamento*. Porto Alegre: Oficina de Textos, 2025.

SANTOS, Jorge Antônio Gonzaga. *Recuperação e reabilitação de áreas degradadas pela mineração*. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2017. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/175225/2/recuperacao.pdf>.

Acesso em: 17 dez. 2025.

SHAPELY DEVELOPERS. *Shapely documentation*. 2024. Disponível em: <https://shapely.readthedocs.io>. Acesso em: 24 out. 2025.

SIMONI, Bruno Stefan de. *Avaliação do desempenho da recuperação de áreas degradadas pela mineração utilizando análise multicritério*. Dissertação, 2017.

SMIT, Tim. *Eden: The Whole Inspiring Story of the Eden Project*. London: Bantam Press, 2011.

VALE S.A. *Relatório de impacto ambiental (RIMA): adequação do fator de segurança do Dique Minervino, Sistema Pontal*. Itabira, 2023. Disponível em: <https://valpaebmstorage.blob.core.windows.net/eia/EIA%20-%20Adq.%20Fator%20Seg%20Dique%20Minervino.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2026.

VALE S.A. *Programa de descaracterização de barragens: avanços no Sistema Pontal*. Itabira, 2024. Disponível em: <https://vale.com/w/dique-2-do-sistema-pontal-ser%C3%A1-descaracterizado-at%C3%A9-o-final-de-2023>. Acesso em: 10 mar. 2026.

VALE S.A. *Relatório trimestral de acompanhamento da descaracterização – Sistema Pontal*. Belo Horizonte, 2025. Disponível em: <https://mpmg.sharepoint.com>. Acesso em: 17 nov. 2025.

VICK, Steven G. *Planning, design, and analysis of tailings dams*. New York: BiTech Publishers, 1990.

VIEIRA, Sofia. Eden Project: recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável. *Revista de Turismo e Patrimônio Cultural*, 2010. Disponível em: [https://www.umaia.pt/pt/investigacao\\_/publicacoes\\_/Documents/PASOS\\_11-4.pdf](https://www.umaia.pt/pt/investigacao_/publicacoes_/Documents/PASOS_11-4.pdf). Acesso em: 02 set. 2025.

ZANDBERGEN, Paul A. *Python scripting for ArcGIS*. Redlands: Esri Press, 2013.