



UNIVERSIDADE AGOSTINHO NETO
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS



**Trabalho De Fim De Curso Para a Obtenção Do Grau De Licenciatura Em
Engenharia De Minas**

**Aplicação Do Software Arcgis Para Definição da Área Adequada Para
Implantação De Uma Central de Tratamento Mineral**

Caso De Estudo: Projecto Mineiro De Cassanguidi

Celmira Patrícia Manuela Bernardo (Nº 112996)

Luanda, 2024



UNIVERSIDADE AGOSTINHO NETO
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS



**Trabalho De Fim De Curso Para a Obtenção Do Grau De Licenciatura Em
Engenharia De Minas**

**Aplicação Do Software Arcgis Para Definição da Área Adequada Para
Implantação De Uma Central de Tratamento Mineral**

Caso De Estudo: Projecto Mineiro De Cassanguidi

Celmira Patrícia Manuela Bernardo (Nº 112996)

Orientador: Professor Emmanuel Saturnino

Luanda, 2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe e para a minha família pelo suporte e apoio incondicional que proporcionaram para que chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela dádiva que me concedeu de acordar e persistir todos os dias.

Agradeço a minha amada mãe pela força, conselhos, motivação, abriu mão de muita coisa para poder me ajudar em tudo que precisasse, as minhas queridas irmãs Sônia, Sandra, Ofélia, Djanaína, a minha tia Cândida, a minha avó Bibiana, as minhas sobrinhas e sobrinhos e aos meus cunhados Emílio Casimiro e Renato Sachicola pelos apoios que me deram e não me deixaram desanimar, agradeço por tudo o quanto fizeram por mim.

A minha companheira de batalha Cristel Sequeira Mizaraque, obrigada pelos momentos de força e animação, mesmo quando também estivesse desanimada, ao Mateus Fernandes que não mediu sequer um único dia, incansavelmente buscou por auxílio para que eu pudesse terminar o trabalho, sem pensar duas tomou esta monografia como se fosse sua e me ajudou a progredir.

Ao meu orientador Professor Emmanuel Saturnino, a minha mais profunda gratidão pelo seu apoio incansável durante todo o processo de elaboração da minha monografia. A sua orientação, paciência e conhecimento foram fundamentais para o meu sucesso acadêmico.

Ao Eng.º Rufino Henda, ao Eng.º Inoc Augusto, Geólogo Lukeni e ao Geólogo Lukoki Quarta pela vossa disponibilidade muito obrigada por investirem o seu tempo e energia em me ajudar a alcançar os meus objetivos.

Agradeço por fim aos meus colegas pelas palavras de incentivo e coragem que fui recebendo de vós ao longo deste percurso.

*Se eu vi mais longe, foi por estar sobre
ombros de gigantes.*

(Sir Isaac Newton-1676)

RESUMO

O presente trabalho, tem como objectivo principal otimizar o processo de seleção do local de implantação de uma central de tratamento mineral, reduzindo desta forma os custos operacionais e aumentando a produtividade do projecto mineiro.

A investigação foi feita no Projecto Mineiro de Cassanguidi, que esta localizado na Província da Lunda Norte, no Município de Cambulo, nas comunas de Cambulo e Canzar, que pelas suas formações geológicas e avanço das suas frentes de trabalho constatou-se a dificuldade em encontrar um local apropriado para a central de tratamento, devido à falta de dados atualizados para o planeamento.

Com vista a dinamizar o método de seleção para redução de tempo na execução da seleção adequada, com os parâmetros previamente determinados foi proposta a utilização do Software ArcGIS para atualizar informações relevantes, elaborar uma Base de Dados SIG, e finalmente, mostrar o respectivo local em mapa final gerado pelo software.

Palavras-Chave: ArcGIS, central de tratamento mineral, planeamento, dados atualizados, produtividade.

ABSTRAT

The main objective of this work is to optimize the process of selecting the location of a mineral treatment plant, thus reducing operational costs and increasing the productivity of the mining project.

The investigation was carried out at the Cassanguidi Mining Project, which is located in the Province of Lunda Norte, in the Municipality of Cambulo, in the Communities of Cambulo and canzar, which, due to its geological formations and the advancement of its work fronts, made it difficult to find an appropriate location for the treatment center, due to the lack of updated data for planning.

In order to streamline the selection method to reduce time in carrying out the appropriate selection, with the previously determined parameters, it was proposed to use the ArcGIS Software to update relevant information, create a GIS Database, and, finally, show the respective location on the final map generated by the software.

Keywords: ArcGIS, mineral treatment plant, planning, updated data, productivity.

Lista de figuras

Figura 1.1 Concentração de minérios.....	20
Figura 1.2 Fluxograma típico de tratamento de minério.....	21
Figura 1.3 Britadores.....	22
Figura 1.4 Moinhos.....	23
Figura 1.5 Peneiras.....	25
Figura 1.6 Equipamentos de classificação.....	26
Figura 1.7 Separador eletrostático.....	27
Figura 1.8 Separadores por gravidade.....	28
Figura 1.9 Centrais de tratamento de minérios.....	29
Figura 1.10 Esquema da morfologia de um pipe kimberlítico e lamproítico.....	31
Figura 1.11 Mina Kimberlítica.....	32
Figura 1.12 Central de tratamento aluvionar.....	33
Figura 1.13 Limites de construção em zonas hidrográficas.....	37
Figura 1.14 Representação dos componentes do solo.....	40
Figura 1.15 Variações de dados geoespaciais colectados.....	43
Figura 1.16 Representação dos componentes do Sig.....	45
Figura 1.17 Fases da DSR.....	49
Figura 2.18 Mapa da Localização da Concessão Mineira.....	52
Figura 2.19 Mapa climático da Concessão.....	53
Figura 2.20 Precipitação média anual da Concessão.....	54
Figura 2.21 Mapa Geomorfológico da região.....	54
Figura 2.22 Mapa hidrográfico da região da Concessão.....	55

Figura 2.23 Mapa geológico da região da Concessão.....	57
Figura 3.24 Diagrama de sequência AS-IS.....	60
Figura 3.25 Diagrama de Sequência TO-BE.....	64
Figura 3.26 Fluxograma a ilustrar as principais etapas metodológicas.....	66
Figura 3.27 Visão geral das camadas reclassificadas.....	68
Figura 3.28 Mapa de Declividade.....	69
Figura 3.29 Mapa de solos.....	70
Figura 3.30 Mapa de localização das frentes de exploração.....	71
Figura 3.31 Mapa Hidrográfico.....	72
Figura 3.32 Zonas definidas para colocar a central de tratamento.....	73
Figura 3.33 Área definida para colocar a central de tratamento.....	74

Lista de tabela

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

APP – Área de preservação permanente

Cm- Centímetro

CO₂ – Dióxido de Carbono

DSR- Design Science Reseach

E- Este

GPS- Global positioning System

H₂O- Água

IGCA- Instituto Geográfico Cadastral de Angola

Km- Quilómetro

Ma- Milhões de anos

MDE- Modelo digital de elevação

mm- Milímetro

PW- Peopleware

SFW- Software

DW- Dataware

HW- Hardware

NW- Netware

N- Norte

°C- Graus celsius

P_A-Peso da parte líquida ou peso da água

P_{AR}-Peso do ar, que é considerado nulo, ou seja, igual a zero

P_T-Peso do solo húmido ou natural ou peso total

Shp- Shapefile

SW- Sudoeste

P_S-Peso da parte seca ou da parte sólida ou do solo seco

V_A- Volume da parte líquida ou volume da água

V_{AR}- Volume do ar

V_S- Volume da parte seca ou da parte sólida ou do solo seco

V_T- Volume total

ÍNDICE

DEDICATÓRIA.....	3
AGRADECIMENTOS	4
RESUMO	6
ABSTRAT	7
LISTA DE TABELA	10
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS	11
INTRODUÇÃO.....	15
PROBLEMÁTICA	16
OBJECTIVO GERAL	16
OBJECTIVOS ESPECÍFICOS	17
OBJECTO DE ESTUDO	17
QUESTÃO-HIPÓTESE.....	17
JUSTIFICATIVA	17
ESTRUTURA DO TRABALHO	18
DELIMITAÇÃO DE ESTUDO.....	18
LIMITAÇÕES.....	18
CAPÍTULO 1- FUNDAMENTAÇÃO TEORÍCA	19
1.1 CENTRAL DE TRATAMENTO MINEIRO: CONCEITO	20
1.1.1 Tipos de Centrais de Tratamento	29
1.1.2 Classificação das centrais de Tratamento.....	29
1.1.3 Central de tratamento diamantífero.....	30
1.2 PARÂMETROS PARA A SELEÇÃO DO LOCAL PARA IMPLANTAÇÃO DA CENTRAL DE TRATAMENTO MINERAL	34
1.2.1 Declividade.....	35

1.2.2 Relevô	35
1.2.3 Distância em relação ao rio	36
1.2.4 Solos	37
1.3 DEFINIÇÃO DO MELHOR LOCAL	42
1.3.1 Colecta de dados geoespaciais	42
1.3.2 Sistema de informação geográfico	43
1.3.2.1 Componentes de um SIG	44
1.3.2.2 Aplicação do SIG na Engenharia de Minas	45
1.3.2.3 Uso do SIG na Construção de Plantas de Beneficiamento	46
1.4 Metodologias e métodos de investigação científica	47
 CAPÍTULO 2- METODOLOGIA	 50
2.1 METODOLOGIA UTILIZADA NO TRABALHO	51
2.2 MÉTODO APLICADO	51
2.3 FASES DO TRABALHO	51
2.4 MATERIAL UTILIZADO	52
2.5 CASO DE ESTUDO	52
2.5.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	52
2.5.2 CLIMA DA REGIÃO	53
2.5.3 GEOMORFOLOGIA	54
2.5.4 HIDROGRAFIA	55
2.5.5 GEOLOGIA	56
2.5.6 GEOLOGIA LOCAL	57
 CAPÍTULO 3- DISCUSSÃO E RESULTADOS	 58
3.1 MODELAÇÃO DO PROCESSO AS-IS PARA CONSTRUÇÃO DA CENTRAL DE TRATAMENTO MINERAL	59
3.1.1 Objectivo do processo	59
3.1.2 Resultado do processo	59
3.2 MODELAÇÃO DO PROCESSO TO-BE PARA A IMPLANTAÇÃO DA CENTRAL DE TRATAMENTO MINERAL	61

3.2.1 Objectivo do processo	61
3.2.2 Resultado do Processo	61
3.3 DADOS E FERRAMENTAS UTILIZADOS	62
3.4 PARAMETRIZAÇÃO DO SIG.....	65
3.5 CONSTRUÇÃO DOS ARTEFACTOS	66
3.5.1 ATRIBUIÇÃO DE PESOS AOS DADOS RASTERS OBTIDOS	68
3.5.2 DECLIVIDADE	69
3.5.3 Solos.....	70
3.5.4 Frentes de exploração.....	71
3.5.5 Distância em relação ao rio	72
3.5.6 Sobreposição Ponderada para o local adequado	73
CONCLUSÕES.....	75
RECOMENDAÇÕES	76
BIBLIOGRAFIA	81

Introdução

A central de tratamento tem por compromisso fornecer concentrados dentro das especificações da indústria metalúrgica. A identificação do local adequado para essas instalações é crucial para otimizar custos operacionais e garantir a produtividade desejada.

Neste contexto, este trabalho se propõe a explorar e desenvolver um método de planejamento que utilize o Software ArcGIS como ferramenta central. O objetivo é superar a dificuldade em encontrar o local adequado, buscando reduzir os custos operacionais e aumentar a produtividade na central de tratamento mineral. O presente trabalho visa contribuir para a melhoria das práticas de seleção de locais, oferecendo uma abordagem inovadora e eficiente.

Ao longo deste estudo, será realizada uma revisão abrangente da literatura relacionada, seguida pela análise de dados geoespaciais relevantes, considerando critérios específicos para identificação do local mais adequado.

Dessa forma, a pesquisa não apenas aborda uma questão prática e relevante no campo da implantação de centrais de tratamento mineral, mas também propõe uma solução inovadora para enfrentar os desafios causados pela falta de dados atualizados, contribuindo para o avanço da eficiência e sustentabilidade nesse setor.

Problemática

Problema

Dificuldade em encontrar o local adequado para implantação de uma central de tratamento mineral.

Causa

1. Falta de dados actualizados para o planeamento da implantação.

Consequência

1. Aumento dos custos operacionais;
2. Baixa Produtividade.

Solução

Aplicação do Software Arcgis para definir o local adequado para a implantação da central de tratamento mineral.

Objectivo Geral

Otimizar o processo de seleção do local de implantação da central de tratamento mineral.

Objectivos Específicos

1. Actualizar informações relevantes para definir o local adequado para a implantação da central de tratamento;
2. Elaborar a Base de Dados SIG;
3. Definir o local adequado para a central de tratamento mineral.

Objecto de estudo

O objeto de estudo desta pesquisa é o processo de seleção do local para a implantação de uma central de tratamento mineral.

Questão-Hipótese

1-Será que a aplicação do Software ArcGIS no processo de planeamento para a implantação de uma central de tratamento mineral pode superar a dificuldade em encontrar o local adequado para a construção?

H: Sim. Desde que se conheçam os parâmetros que indicam o local ideal para a construção da central e se execute o geoprocessamento.

Justificativa

A escolha do tema desta monografia é justificada pela relevância prática e econômica do desafio enfrentado na implantação de centrais de tratamento mineral. A utilização do Software ArcGIS como ferramenta de planeamento visa superar dificuldades, apresentando potencial para melhorar a eficiência do processo, reduzir custos operacionais e promover uma decisão mais fundamentada na escolha do local de implantação.

Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido em três capítulos, conclusões, recomendações, referências bibliográficas.

O primeiro capítulo que é o enquadramento teórico, aborda os aspectos gerais relacionados com conceitos bem como estudos e pesquisas passadas sobre os termos relevantes no tema.

O segundo capítulo descreve-se a metodologia utilizada neste trabalho, o método de investigação escolhido, materiais utilizados e caso de estudo.

No terceiro capítulo faz-se a apresentação dos resultados para a resolução da problemática.

E por último as conclusões, recomendações, e as referências bibliográficas.

Delimitação de Estudo

O presente estudo limita-se na implementação do software ArcGis para seleccionar o local adequado para a implantação de uma central de tratamento mineral no Projecto Mineiro Cassanguidi, não a descrição do seu funcionamento.

Limitações

No decorrer da elaboração deste trabalho foram encontradas as seguintes limitações:

- Encontrar as leis e regulamentos na constituição angolana sobre construções nas proximidades de um rio;
- Dificuldade em acessar determinados dados sobre a mina e regiões ao redor da mina.

CAPÍTULO 1- FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

1.1 Central de Tratamento Mineiro: Conceito

Substância mineral ou simplesmente mineral, é todo corpo inorgânico de composição química e de propriedades físicas definidas, encontrado na crosta terrestre e minério é toda rocha constituída de um mineral ou agregado de minerais contendo um ou mais minerais valiosos, que podem ser aproveitados economicamente (Luz & Lins, 2010).

A Central de tratamento é um setor mineiro que engloba um conjunto de atividades e processos envolvidos para a separação e beneficiamento de minerais, visando a obtenção de produtos minerais com maior valor agregado (JR, 2020).

As operações de processamento mineral ou beneficiamento podem ser feitas, na maior parte dos casos, em dois estágios que são: liberação (moagem, britagem, crivagem, classificação) e concentração (flutuação, separação em meio denso, separação gravítica, separação magnética e eletrostática). (Figueiredo, 2020)

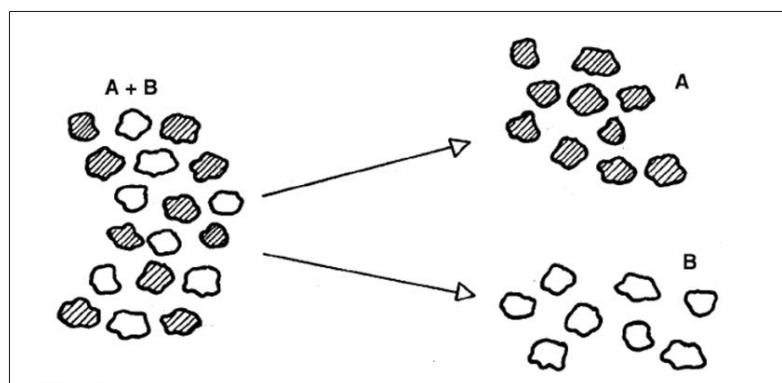


Figura 1.1 Concentração de minérios

Fonte: Teoria e prática de tratamento de minério

Na sua maioria, as operações de concentração são realizadas a húmido. Antes de se ter um produto para ser transportado, ou mesmo adequado para a indústria química ou para a obtenção do metal por métodos hidro-pirometalúrgicos (áreas da Metalurgia Extrativa), é necessário eliminar parte da água do concentrado. Estas operações compreendem desaguamento (espessamento e filtração) e secagem e, geralmente, na ordem citada.

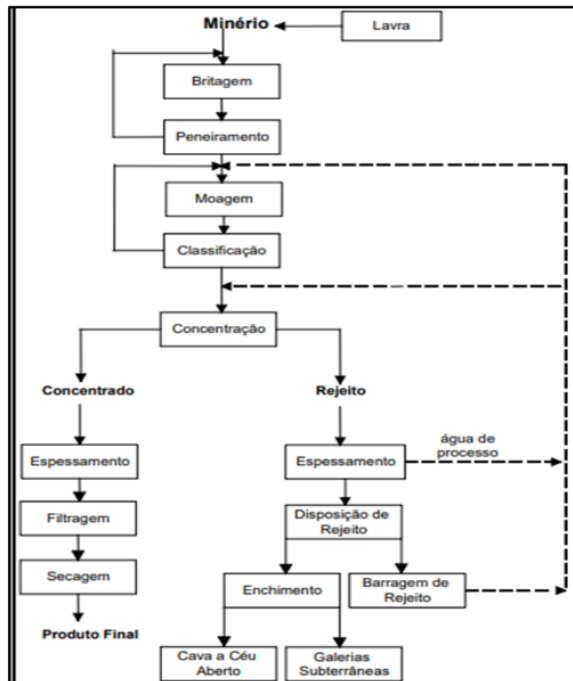


Figura 1.2 Fluxograma típico de tratamento de minério

Fonte: CETEM

Operações Unitárias

- Britagem

A britagem é um estágio no processamento de minérios, que utiliza, em sucessivas etapas, equipamentos apropriados para a redução de tamanhos convenientes, ou para a liberação de minerais valiosos de sua ganga. É aplicada a fragmentos de distintos tamanhos, desde rochas de 1000 mm até 10 mm.

Existem diversos tipos de britadores, mas nem todos têm uma aplicação industrial tão ampla. Os principais são:

Britador de mandíbulas;

Britador giratório;

Britador de impacto;

Britador cônico.

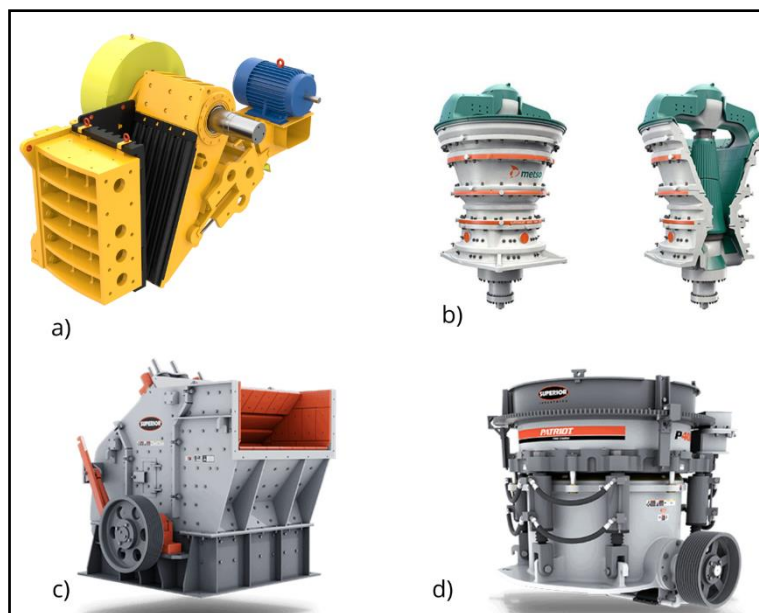


Figura 1.3 Britadores: a) Britador de mandíbulas; b) Britador giratório; c) Britador de impacto; d) Britador cônico.

Fonte: Compilação da autora¹

Tabela 1.1 Classificação dos estágios de britagem

ID	Estágio de Britagem	Tamanho máximo de alimentação (mm)	Tamanho máximo de produção (mm)
1	Primário	1000	100,0
2	Secundário	100	10,0
3	Terciário	10	1,0

Fonte: CETEM

- Moagem

A moagem é o último estágio do processo de fragmentação. Neste, as partículas são reduzidas pela combinação de impacto, compressão, abrasão e atrito, a um tamanho adequado à liberação do mineral de interesse, geralmente, a ser concentrado nos processos subsequentes. Cada minério tem uma malha ótima

¹ Montagem a partir de imagens colectadas nos sites da Weir, Metso e Superior Industries.

para ser moído, dependendo de muitos fatores, incluindo a distribuição do mineral útil na ganga e o processo de separação que vai ser usado em seguida (Figueira, da Luz, & de Almeida, 2010).

Os equipamentos mais empregados na moagem são:

- Moinhos de Bolas: Utilizados para moagem fina e ultrafina;
- Moinhos de Martelo: Adequados para materiais mais duros e abrasivos;
- Moinhos de Rolos: Utilizados para moagem intermediária e fina.

A moagem pode ser a seco ou a húmido dependendo do processo subsequente e da natureza do material a ser moído. A moagem a seco é exigida por alguns materiais devido às modificações químicas ou físicas que ocorrem quando se adiciona água.

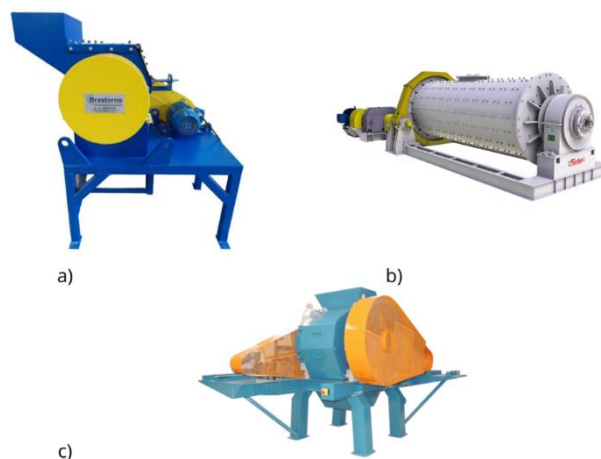


Figura 1.4 Moinhos: a) Moinhos de martelo; b) Moinho de bolas; c) Moinho de rolos

Fonte: Compilação da autora²

A moagem a húmido é a mais usada em tratamento de minérios, por ser a forma mais econômica e mais adequada aos tratamentos posteriores.

O tipo de moinho para um caso particular deve ser considerado simultaneamente com o circuito que será usado.

² Montagem a partir de imagens colectadas nos sites da Furlan, Natreb e Brastorno.

- **Peneiramento**

O peneiramento é uma operação unitária essencial no tratamento de minerais, que envolve a separação de partículas de diferentes tamanhos utilizando peneiras com aberturas específicas. Este processo é fundamental para a classificação das partículas de acordo com suas dimensões, facilitando as etapas subsequentes de processamento (Correia, 2010).

Objetivos do Peneiramento

Separação de Partículas por Tamanho: O principal objetivo do peneiramento é separar as partículas de minério em diferentes frações de tamanho, garantindo que cada fração seja tratada adequadamente nos processos subsequentes, como a concentração e a extração (Wills & Finch, 2016).

Controle de Qualidade: O peneiramento assegura que o produto final atenda às especificações de tamanho exigidas pelo mercado ou pelo processo industrial. Partículas fora das especificações podem ser removidas ou redirecionadas para retratamento (Gupta & Yan, 2016).

Preparação para Concentração: O peneiramento prepara o minério para os processos de concentração, como a flotação e a separação magnética, garantindo que as partículas estejam no tamanho ideal para maximizar a recuperação dos minerais valiosos (King, 2001).

Peneiramento em Minérios de Diamante

Em uma planta de beneficiamento de diamantes, o peneiramento é uma etapa crucial para separar as partículas de minério de diamante em diferentes frações de tamanho antes da concentração. O processo começa com a alimentação do material bruto, que passa por uma série de peneiras para remover partículas finas e preparar o material para as etapas subsequentes (Schulz, 1994).

Processos e equipamentos Utilizados

O peneiramento utiliza peneiras vibratórias e peneiras de alta frequência para separar partículas de minério de diamante em diferentes frações de tamanho antes da concentração (Wills & Finch, 2016).

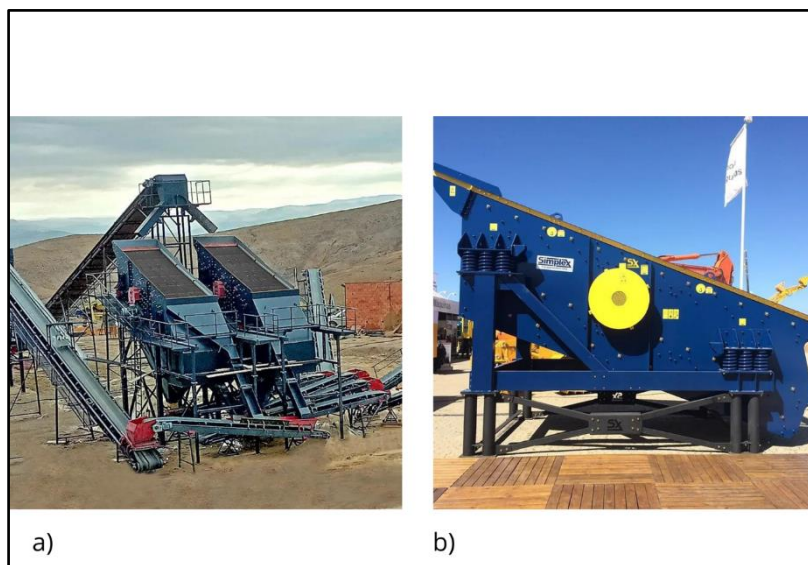


Figura 1.5 Peneiras: a) de Alta pressão; b) Vibratório

Fonte: Compilação da autora³

- Classificação

O método de classificação, a separação é realizada tomando-se como base o conceito da velocidade em que os grãos atravessam um certo meio fluido. No processamento mineral, o meio fluido mais utilizado é a água. A classificação a húmido é aplicada, normalmente, para partículas com granulometria muito fina, onde o peneiramento não funciona de uma forma eficiente.

Equipamentos Comuns:

Hidrociclones: Utilizam a força centrífuga para separar partículas com base na densidade e tamanho. As partículas mais pesadas são direcionadas para a parte inferior, enquanto as mais leves são removidas pela parte superior.

Classificadores Espirais: Consistem em um canal em espiral onde a polpa de minério é alimentada. As partículas mais pesadas se movem para a parte interna da espiral, enquanto as mais leves são carregadas para a parte externa.

³Montagem a partir de imagens colectadas no site da West Engenharia.

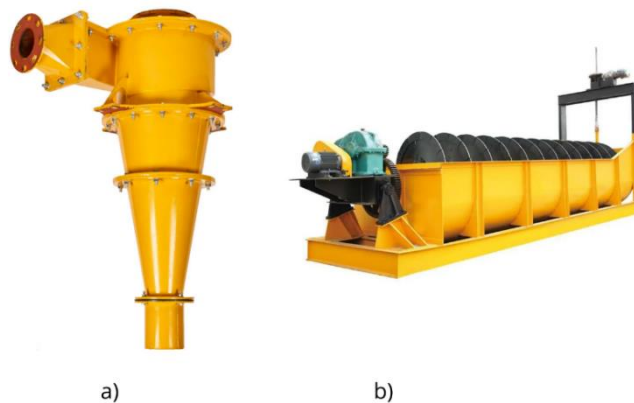


Figura 1.6 Equipamentos de classificação: a) Hidrociclones; b) Classificadores espirais.

Fonte: Compilação da autora⁴

- **Concentração**

A concentração é o processo de decomposição dos materiais até que a concentração desejada de material bruto seja alcançada. Existem várias técnicas diferentes para atingir a concentração alvo, cada uma com suas especificidades e aplicações (Wills & Finch, 2016).

Técnicas de Concentração

1. Classificação Automatizada de Minério: Utiliza sensores ópticos para classificar a rocha em categorias. Esta tecnologia está se expandindo para incluir mais parâmetros de detecção, aumentando a precisão e eficiência do processo (Gupta & Yan, 2016);
2. Separação Eletrostática: Consiste em separadores eletrostáticos e sensores eletrodinâmicos, também conhecidos como rolos de alta tensão. Este método requer que o minério esteja seco, pois as cargas elétricas passam pelos materiais, separando a ganga dos minerais lucrativos. É frequentemente usado para separar areias minerais (Kelly & Spottiswood, 1982);

⁴Montagem a partir de imagens colectadas nos sites da Weir group e Huate magnet.

3. Flotação de Espuma: Utiliza um coletor químico e um espumante que forma bolhas na superfície da pasta, às quais os materiais hidrofóbicos se ligam. As bolhas são coletadas na superfície, permitindo a separação dos minerais desejados. Ativadores e depressores são usados para controlar a flotação dos minerais e da ganga, respectivamente (King, 2001);
4. Separação por Gravidade: Este processo separa dois ou mais minerais de minério com base em suas respostas à gravidade, forças de empuxo, forças centrífugas e/ou forças magnéticas em uma substância viscosa. É uma técnica eficiente para a separação de minerais com diferentes densidades (Wills & Finch, 2016);
5. Separação Magnética: Utiliza eletroímãs para extrair o minério mineral desejado de uma correia transportadora. Este processo pode ser realizado com ou sem água e é eficaz para a separação de minerais magnéticos dos não magnéticos (Gupta & Yan, 2016).

Equipamentos Utilizados

- **Classificação Automatizada de Minério:**
 1. Sensores Ópticos: Utilizados para detectar e classificar diferentes tipos de rochas com base em suas propriedades ópticas.
- **Separação Eletrostática:**
 1. Separadores Eletrostáticos: Equipamentos que utilizam correntes elétricas para separar minerais.
 2. Rolos de Alta Tensão: Utilizados para aplicar cargas elétricas aos materiais, facilitando a separação.



Figura 1.7 Separador eletrostático

Fonte: Jiangxi Shicheng Mine Machinery Factory

- **Flotação de Espuma:**

1. Células de Flotação: Equipamentos onde ocorre a formação de bolhas e a separação dos minerais.
2. Coletor Químico e Espumante: Substâncias químicas utilizadas para formar bolhas e ligar os minerais desejados.

- **Separação por Gravidade:**

1. Mesas Vibratórias: Utilizadas para separar minerais com base em suas densidades.
2. Jigues: Equipamentos que utilizam pulsos de água para separar minerais de diferentes densidades.



a)



b)

Figura 1.8 Separadores por gravidade: a) Jigue; b) Mesa vibratória.

Fonte: Compilação da autora⁵

- **Separação Magnética:**

1. Eletroímãs: Utilizados para atrair e separar minerais magnéticos.

Correias Transportadoras: Utilizadas para transportar o minério durante o processo de separação.

⁵ Montagem a partir de imagens colectadas nos sites da Dasen Mining e JXSC Mining.

1.1.1 Tipos de Centrais de Tratamento

A indústria de tratamento mineral transforma matérias-primas extraídas da terra em produtos finais essenciais para diversas aplicações industriais e cotidianas. A concepção e escolha adequada de centrais de tratamento mineral são fundamentais para otimizar processos, garantir eficiência e atender às demandas do mercado (Gupta & Yan, 2016).

As centrais de tratamento mineral são especializadas de acordo com os tipos de minerais que processam, refletindo a complexidade da diversidade mineral existente (Wills & Finch, 2016).

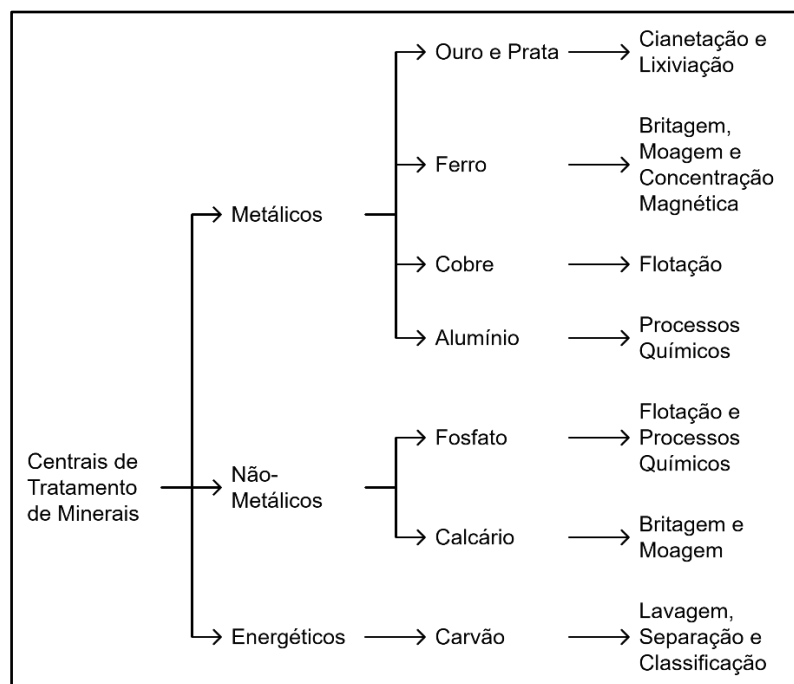


Figura 1.9 Centrais de tratamento de minérios

Fonte: Autora

1.1.2 Classificação das centrais de Tratamento

- Durabilidade e Eficiência Operacional:

A durabilidade das centrais de tratamento é uma preocupação central, dada a natureza abrasiva dos minerais processados. A resistência a desgastes e a

corrosão é essencial para garantir uma vida útil prolongada, reduzindo custos de manutenção e paradas não programadas.

1. Centrais Resistentes ao Desgaste: Projetadas para resistir à abrasão e corrosão causadas pelos minerais processados.

2. Centrais de Alta Durabilidade: Construídas com materiais e tecnologias que prolongam a vida útil e reduzem a necessidade de manutenção.

- Mobilidade e Adaptabilidade:

A mobilidade das centrais de tratamento é uma característica crucial, especialmente em operações de mineração distribuídas ou em locais remotos. Centrais móveis, capazes de serem deslocadas conforme a evolução da frente de trabalho, oferecem flexibilidade operacional e reduzem os custos associados à construção de infraestrutura fixa.

1. Centrais Fixas: Construídas em locais específicos, geralmente em áreas de mineração consolidadas.

2. Centrais Móveis: Projetadas para serem deslocadas conforme a necessidade, proporcionando flexibilidade em operações de mineração distribuídas ou temporárias.

- Facilidade de Instalação e Integração:

A instalação eficiente das centrais de tratamento é vital para garantir tempos mínimos de inatividade. Além disso, a integração adequada com as infraestruturas existentes, como sistemas elétricos e de água, contribui para uma operação suave e eficiente.

1.1.3 Central de tratamento diamantífero

São conhecidos dois tipos de depósitos, Depósitos Primários e Depósitos Secundários.

Depósitos Primários são apenas os que se associam a kimberlitos e lamproítos que são rochas de origem magmática. Os dois tipos de rochas são raros e correspondem a erupções de material originado no manto terrestre. Os depósitos primários de diamantes se formaram a profundidades entre 150 – 200 km, e temperatura entre 1.100 – 1.500 °C em períodos iniciados desde 3.300 Ma (Danese & Carlotto, 2009).

Os kimberlitos são definidos por Kirkley et al. (1991) (Danese & Carlotto, 2009) como rochas hídras, ultrabásicas, ricas em voláteis (CO₂ e H₂O) e potássicas, composta de fragmentos de eclogitos e/ou peridotitos.

Os lamproítos são rochas hídras e têm como produto da cristalização primária principalmente olivinas, ocorrendo tanto na matriz como em fenocristais. Falando quimicamente, são rochas ultrapotássicas ricas em magnésio, pobres em CO₂ e enriquecida com outro volátil, o flúor (Chaves e Chambel, 2003). As chaminés lamproíticas têm uma morfologia semelhante dos kimberlitos, mas sua parte superior é mais larga.

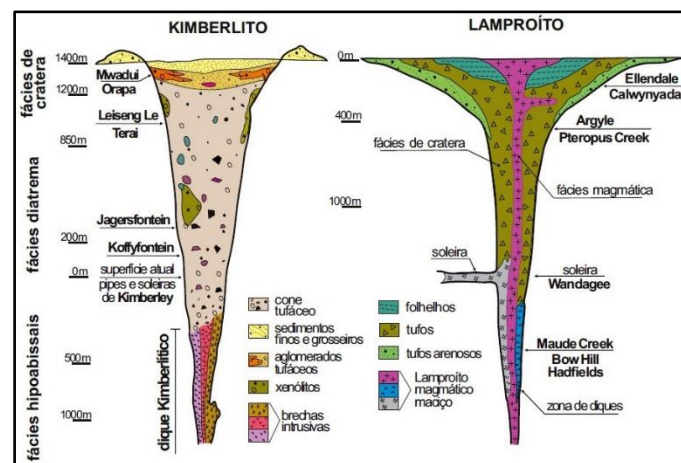


Figura 1.10 Esquema da morfologia de um pipe kimberlítico e lamproítico

Fonte: Publicação sobre a Gênese dos diamantes

Os depósitos secundários podem ser de natureza bastante diversa, como aluvionares, costeiros, marinhos ou eólicos. A formação desses depósitos está ligada a fenômenos de concentração mecânica natural dos resíduos provenientes das fontes diamantíferas. Os Depósitos Primários estão sujeitos a processos intempéricos químicos, facilitando a erosão mecânica. O material erodido passa por

uma classificação natural quando transportados nos cursos d'água, devido a diferentes densidades, granulometria e dureza dos minerais existentes nos kimberlitos e apenas os minerais mais densos ou duros têm maior transporte e posterior concentração em áreas favoráveis. O diamante é um desses minerais, que é acompanhado, geralmente, por quartzo, óxido de ferro, rutilo, zircão, etc. em suas vizinhanças (Danese & Carlotto, 2009).

Minas Kimberlíticas



Figura 1.11 Mina Kimberlítica
Fonte: Sociedade Mineira do Catoca

As centrais de minas kimberlíticas são instalações especializadas na extração de diamantes de formações geológicas conhecidas como kimberlitos, que são rochas vulcânicas ricas em minerais (Mitchell, 1986). Na central de tratamento, a rocha kimberlítica passa por várias etapas para separar os diamantes. Inicialmente, a rocha é britada em britadores giratórios e de rolos para evitar danos aos diamantes, que, apesar de sua dureza, são quebradiços devido à clivagem perfeita (Kirkley et al., 1991).

Após a britagem, a atrição e a moagem de bolas são usadas para liberar os diamantes da ganga. A pré-concentração é realizada em placas lavadoras de diamante, jiques e separadores em meio denso, como ciclones ou dynawhirpool (Wills & Finch, 2016). A concentração final utiliza separadores magnéticos, eletrostáticos, mesas ou correias de graxa, separadores ópticos ou a raios-X. Os

diamantes recuperados são então classificados com base nos quatro C: cor, limpidez, peso em quilates e lapidabilidade (GIA, 2020).

Empresas de maior porte substituíram os jigues por separadores de meio denso e as mesas de graxa por separadores ópticos e a raios-X, dependendo das características dos diamantes (Wills & Finch, 2016).

Minas Aluvionares



Figura 1.12 Central de tratamento aluvionar

Fonte: Edições Novembro

Ao longo de milhares de anos, as rochas kimberlíticas emergem gradualmente na superfície da Terra, sendo erodidas por agentes naturais como vento, chuva e rios. O kimberlito erodido, contendo diamantes brutos, é transportado rio abaixo. A mineração industrial de diamantes aluviais envolve a construção de barreiras para coletar água em áreas específicas, onde os diamantes são encontrados em camadas de cascalho sob outros materiais (Barbosa, 1991).

O minério aluvionar, após ser extraído por monitores hidráulicos ou dragas, passa por uma etapa inicial de lavagem em trommels com peneiras de 20 a 25 mm. O material retido é descartado, enquanto o passante é concentrado em jigues. O concentrado, contendo diamantes e minerais pesados, é separado por tamanho em peneiras de 1,5; 3 e 6 mm. Os materiais grossos são novamente concentrados em jigues, e os finos ($< 1,5$ mm) são descartados. Separadores magnéticos e

eletrostáticos são usados para remover minerais magnéticos e condutores. Pequenas e médias empresas realizam a concentração final dos diamantes manualmente ou com mesas de graxa (Barbosa, 1991).

A classificação dos depósitos secundários de diamantes depende de sua posição em relação à hidrografia (Chaves & Chambel, 2003):

Depósitos em conglomerados antigos, dobrados ou não dobrados.

Depósitos coluvionares próximos às rochas fontes diamantíferas.

Depósitos de terraços em posições superiores aos rios atuais.

Depósitos de lezírias em planícies aluvionares dos rios.

Depósitos nos leitos dos rios.

Depósitos offshore no fundo do mar.

1.2 Parâmetros para a seleção do local para implantação da central de tratamento mineral

A seleção adequada do local para construção é uma etapa crítica em projetos de engenharia e desenvolvimento, especialmente quando se consideram fatores específicos relacionados à localização geográfica. A eficácia dessa escolha influencia diretamente no desempenho, sustentabilidade e sucesso a longo prazo do empreendimento. Os parâmetros essenciais para a escolha do local de construção, destacando a importância da análise criteriosa de elementos como topografia e outros fatores determinantes.

Podem ser listados alguns fatores principais:

- i. Relevo;
- ii. Declividade
- iii. Solo;
- iv. Distância em relação ao rio.

1.2.1 Declividade

Declividade é a inclinação de uma superfície terrestre, expressa em graus ou porcentagem. A declividade não só influencia o escoamento da água e a erosão do solo, mas também determina a viabilidade de projetos de construção (Thornbury, 2011).

A declividade é essencialmente uma medida da inclinação do terreno. Ela é calculada pela relação entre a diferença de altura (elevação) e a distância horizontal entre dois pontos. Esta relação é expressa pela fórmula:

$$Declividade(\%) = \left(\frac{\text{Diferença de altura}}{\text{Distância horizontal}} \right) \times 100$$

Equação 1 Equação para achar a declividade

Os métodos de medição de declividade variam desde técnicas tradicionais até tecnologias avançadas. São utilizados instrumentos como teodolitos, níveis e sistemas de posicionamento global (GPS) para medir a declividade com precisão. Esses dados são fundamentais para a criação de mapas topográficos detalhados, que auxiliam em diversos estudos ambientais e projetos de engenharia (Bertotti et al., 2011).

1.2.2 Relevo

O relevo terrestre, estudado pela geomorfologia, inclui diversas formas da superfície terrestre criadas por processos geológicos e erosivos ao longo do tempo. A análise do relevo é essencial para disciplinas como engenharia civil, geologia e agronomia, devido à sua influência no clima, hidrografia e ocupação humana.

O relevo afeta a distribuição e o escoamento das águas superficiais, a formação dos solos e a biodiversidade. Também é crucial na escolha de locais para

construção, planejamento urbano e agricultura, influenciando o microclima, a disponibilidade de recursos hídricos e a suscetibilidade a desastres naturais.

Processos de Formação do Relevo

O relevo é moldado por processos endógenos (atividades tectônicas, vulcanismo, movimentos orogênicos) e exógenos (erosão, intemperismo, sedimentação). A interação desses processos resulta na diversidade de formas de relevo.

Classes de Relevo do Solo (Embrapa, 1979)

0 – 3%: Plano

3 – 8%: Suave Ondulado

8 – 13%: Moderadamente Ondulado

13 – 20%: Ondulado

20 – 45%: Forte Ondulado

45 – 100%: Montanhoso

100%: Escarpa

1.2.3 Distância em relação ao rio

A escolha do local para a construção de uma central de tratamento mineral em relação à proximidade de um rio é crucial para garantir a preservação dos recursos hídricos, minimizar riscos ambientais e assegurar uma operação eficiente. A determinação de uma distância apropriada é essencial para evitar impactos negativos e promover uma abordagem sustentável.

Segundo o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), há regras específicas para a proteção de Áreas de Preservação Permanente (APPs), incluindo margens de rios, lagos e nascentes, estabelecendo limites para intervenções nessas áreas.

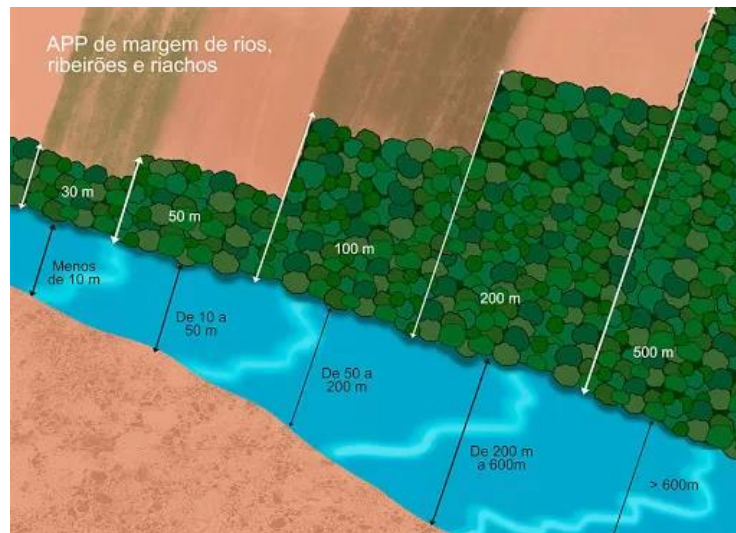


Figura 1.13 Limites de construção em zonas hidrográficas

Fonte: Embrapa

1.2.4 Solos

O termo solo origina-se do Latim "solum", significando suporte, superfície ou base. O solo se forma a partir da decomposição de rochas da crosta terrestre, processo influenciado por ações físicas, químicas e biológicas, conhecidas como intemperismo e erosão. Os principais agentes do intemperismo incluem temperatura, clima e a presença de fauna e flora.

Os solos são classificados em dois grupos principais: transportados (ou sedimentares) e residuais. Solos transportados são aqueles que, após sofrerem intemperismo, são deslocados para outros locais por ações erosivas. Solos residuais permanecem no local de origem, mantendo características da rocha mãe.

A classificação do solo baseia-se em dados morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos do perfil do solo, além de fatores ambientais como clima, vegetação,

relevo, material originário, condições hídricas e relações solo-paisagem. Dokuchaev (1898) consolidou a ideia de que as propriedades do solo resultam dos fatores de formação que nele atuaram e ainda atuam: material de origem, clima, organismos, topografia e tempo.

Tabela 1.2 Formação dos solos

Factores de formação dos solos			
Duração do intemperismo		Há menos intemperismo, erosão e formação de solo quanto mais curto for o período de tempo	Há mais intemperismo, erosão e formação de solo quanto mais longos forem os períodos de tempo
Tipo de Substrato rochoso		Mais minerais estáveis (p. ex., quartzo) resultam em intemperismo menos intenso	Menos minerais estáveis (p. ex., feldspato) resultam em intemperismo mais intenso
Clima	Temperaturas mais baixas	Menos intemperismo químico (dissolução, alteração para ajudar o intemperismo físico, formação de argilominerais)	Mais intemperismo físico (expansão e contração térmica, acunhamento do gelo, rachadura do substrato rochoso, fragmentação em tamanhos menores)
	Temperaturas mais altas	Menos intemperismo físico	Mais intemperismo químico
	Quantidade de chuva	Pouca chuva (menos dissolução de minerais, intemperismo físico, fragmentação e erosão)	Muita chuva (mais dissolução de minerais, produção de argilominerais, produção de partículas de pequeno tamanho e erosão)
	Acidez da chuva	Baixa acidez (menos dissolução de minerais e intemperismo físico)	Alta acidez (mais dissolução de minerais e produção de argilominerais)
Relevo	Encosta íngreme	Menos intemperismo químico	Mais intemperismo físico, mais erosão
	Encosta suave	Menos intemperismo físico, menos erosão	Mais intemperismo químico

Fonte: Manual didático sobre os solos

Intemperismo

O intemperismo é o conjunto de processos físicos, químicos e biológicos que causam a desintegração e decomposição das rochas e minerais, formando solos. Existem três tipos principais de intemperismo:

1. **Intemperismo Físico (ou Mecânico):** Decomposição da rocha sem alteração química dos seus componentes, causada por variação de temperatura, congelamento de água e alívio de pressões.
2. **Intemperismo Químico:** Decomposição da rocha através de processos químicos que alteram e solubilizam os minerais,

transformando a rocha em solo. Este tipo é comum em climas quentes e húmidos.

3. Intemperismo Biológico: Decomposição da rocha devido a esforços mecânicos de vegetais, raízes e escavação de roedores.

Classificação dos solos

A classificação dos solos quanto à origem pode ser dividida em três categorias principais: solos residuais, solos sedimentares e solos orgânicos.

4. Solos Residuais: São aqueles que permanecem no local de decomposição da rocha original. A rocha sã, que mantém suas características originais, encontra-se em profundidade, enquanto a rocha alterada, mais próxima da superfície, é mais fraturada e permite maior fluxo de água.
5. Solos Sedimentares: Também conhecidos como solos transportados, são aqueles que foram deslocados de seu local de origem por agentes de transporte como vento (solos eólicos), água (solos aluvionares, marinhos, fluviais e pluviais), geleiras (solos glaciais) e gravidade (solos coluvionares). As características desses solos dependem do agente de transporte.
6. Solos Orgânicos: São formados principalmente por matéria orgânica, seja de origem vegetal (plantas e raízes) ou animal (conchas). Contêm pelo menos 10% de húmus, resultante da decomposição de restos de animais e vegetais, e possuem cor escura e cheiro forte. Um exemplo são as turfas, que são solos que incorporam florestas soterradas em estado avançado de decomposição.

Textura e estrutura dos solos

A textura de um solo refere-se ao tamanho relativo e à distribuição das partículas sólidas que o compõem. Com base na textura, os solos podem ser classificados em grossos e finos.

Solos grossos possuem partículas com diâmetro (Φ) $\geq 0,007$ mm, incluindo pedregulhos e areias, que têm formas arredondadas, poliédricas e angulosas. Solos finos também têm $\Phi \geq 0,007$ mm, mas incluem siltes e argilas. A fração granulométrica classificada como argila tem diâmetro inferior a 0,005 mm, destacando-se pela sua plasticidade e elevada resistência.

Ao estudar solos, é importante considerar a presença de água e ar, que são elementos quase sempre presentes.

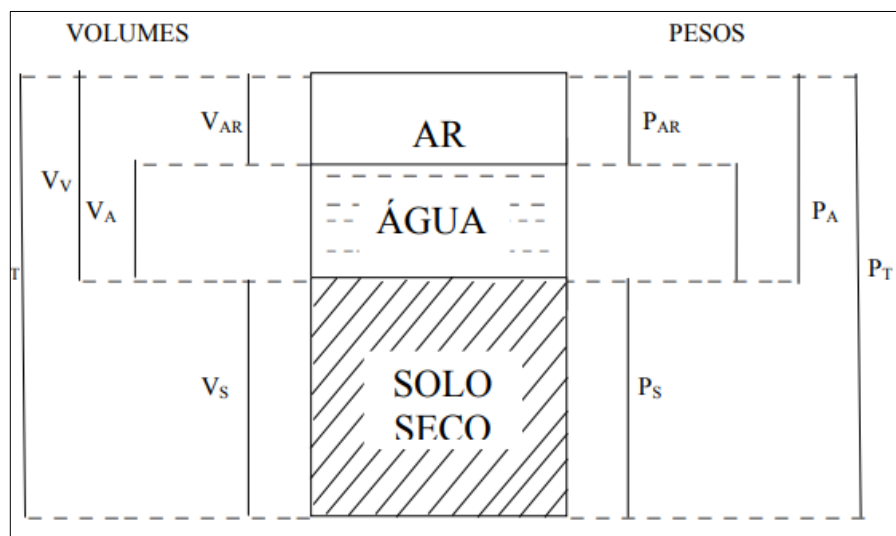


Figura 1.14 Representação dos componentes do solo

Fonte: Escola Estadual de Educação Profissional

Fórmulas para cálculo de parâmetros físicos do solo

$$P_T = P_S + P_A + P_{AR}$$

Equação 2 Peso total

Para $P_{AR} = 0$ logo,

$$P_T = P_S + P_A$$

Equação 3 Peso total

$$V_T = V_S + V_A + V_{AR}$$

Equação 4 Volume total

$$V_V = V_A + V_{AR}$$

Equação 5 Volume de vazios

Elementos fundamentais para o cálculo dos índices físicos:

- V_t = Volume total de uma amostra de solo;
- V_s = Volume dos sólidos (soma dos volumes das partículas sólidas);
- V_v = Volume dos vazios (soma dos volumes não ocupados por sólidos);
- V_a = Parte do volume de vazios que é ocupada por água;
- V_{ar} = Parte do volume de vazios que está ocupada pelo ar;
- P_t = Peso total de uma amostra;
- P_s = Peso das partículas sólidas (peso da amostra completamente seca);
- P_a = Peso da água presente nos vazios da amostra.

Terminologia dos solos

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) normalizou a terminologia dos solos para manter uma só denominação no país, evitando assim, os nomes de caráter regional como mostra a tabela 1.3.

Tabela 1.3 Classificação dos solos segundo a ABNT

TERMINOLOGIA		LIMITES (ABNT)
Bloco de rocha	Rocha	Acima de 1 m
Matação		De 25 cm a 1 m
Pedra		De 7,6 cm a 25 cm
Pedregulho	Solo	De 4,8 mm a 76 mm
Areia Grossa		De 0,84 mm a 4,8 mm
Areia Média		De 0,25 mm a 0,84 mm
Areia Fina		De 0,05 mm a 0,25 mm
Silte		De 0,005 mm a 0,05 mm
Argila		Inferior a 0,005 mm

Fonte: Escola estadual de educação profissional

1.3 Definição do melhor local

A definição do melhor local para a implantação de uma central de tratamento mineral representa uma etapa crucial no processo de planejamento. Este capítulo explora de maneira abrangente os passos e considerações envolvidos na identificação do local mais adequado, destacando a importância de uma abordagem fundamentada em dados atualizados e ferramentas de geoprocessamento, especialmente o Software ArcGIS.

1.3.1 Colecta de dados geoespaciais

A definição do melhor local para um projeto começa com a coleta de dados geoespaciais abrangentes, incluindo informações topográficas, geológicas, ambientais e de infraestrutura, obtidas de fontes confiáveis e atualizadas. Técnicas avançadas, como sensoriamento remoto e levantamentos de campo, são utilizadas para garantir a precisão dos dados.

(Domingues A. C., et al.) A demanda por novos estudos exige o desenvolvimento de novas técnicas e ferramentas para a manipulação de dados geoespaciais. As etapas de manipulação e tratamento desses dados incluem:

- Coleta;
- Armazenamento;
- Preparação e Extração;
- Visualização.

Essas etapas são cruciais para assegurar a qualidade e a utilidade dos dados geoespaciais em projetos de engenharia e outras aplicações.

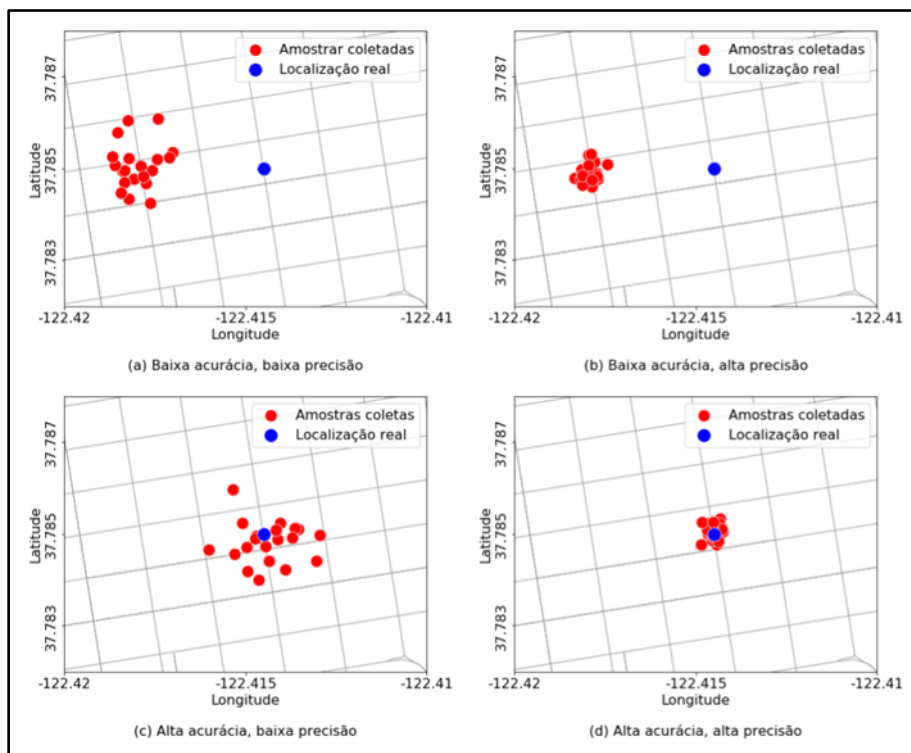


Figura 1.15 Variações de dados geoespaciais colectados

Fonte: Apostila sobre sistema de informação geográfico

1.3.2 Sistema de informação geográfico

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são um conjunto integrado de tecnologias e procedimentos que permitem a coleta, armazenamento, análise e visualização de dados geoespaciais.

Na era atual, a quantidade de informações e dados disponíveis cresce exponencialmente devido ao avanço da tecnologia e à proliferação de dispositivos conectados. É crucial entender a diferença entre dados e informações, bem como a utilidade dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na análise e visualização dessas informações.

Dados são representações simbólicas ou codificadas de fatos, números ou observações, sem contexto ou significado específico. Eles são organizados em formatos como planilhas e bancos de dados (Davenport & Prusak, 1998).

Informação, por outro lado, é o resultado do processamento e interpretação dos dados, adquirindo contexto e relevância para fornecer insights e compreensão (Ackoff, 1989).

Os SIG capturam dados geográficos de diversas fontes, como mapas e imagens de satélite, organizando-os em camadas temáticas que representam diferentes características geográficas (Longley et al., 2015). Esses dados permitem análises espaciais, como consultas, sobreposição de camadas e modelagem de superfície, cujos resultados podem ser visualizados em mapas interativos e relatórios (Burrough & McDonnell, 1998).

1.3.2.1 Componentes de um SIG

Os componentes de um SIG incluem:

- Hardware: Computadores, servidores, dispositivos de entrada/saída e unidades de armazenamento (Heywood, Cornelius, & Carver, 2011);
- Software: Programas para captura, visualização, análise espacial e geração de relatórios, como ArcGIS e QGIS (Longley et al., 2015);
- Procedimentos: Instruções e diretrizes para realizar tarefas específicas no SIG, garantindo a qualidade e consistência dos dados (Tomlinson, 2007);
- Peopleware: Profissionais que utilizam e gerenciam o SIG, como geógrafos, analistas e planejadores urbanos, cuja competência é essencial para a efetividade do sistema e a correta interpretação dos dados geográficos (Clarke, 2011);
- Netware: Componentes de rede para conectar e compartilhar dados em um SIG distribuído, incluindo servidores de rede e soluções baseadas em nuvem (Heywood, Cornelius, & Carver, 2011);
- Dataware: Armazena e gerencia dados geográficos e seus atributos, permitindo consultas e análises eficientes (Longley et al., 2015);

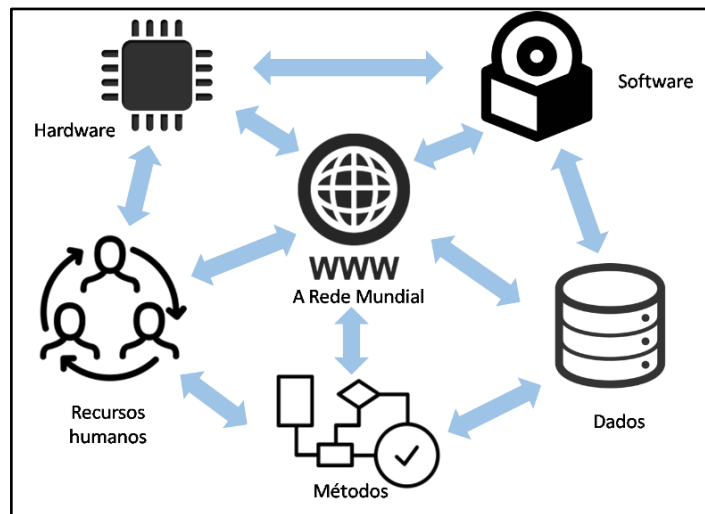


Figura 1.16 Representação dos componentes do Sig

Fonte: Material didático

1.3.2.2 Aplicação do SIG na Engenharia de Minas

Na engenharia de minas, o SIG desempenha um papel fundamental em várias etapas do ciclo de vida da mineração, desde a exploração até a gestão ambiental. Durante a exploração mineral, o SIG facilita a análise de dados geológicos e geofísicos para identificar áreas com potencial mineral. Mapas detalhados ajudam a direcionar os esforços de prospecção e aumentar a eficiência das operações de exploração (Leite, 2010). Além disso, com o uso de imagens de satélite e dados topográficos, é possível criar mapas precisos das áreas de interesse, auxiliando na visualização e planejamento das atividades de exploração (Bonham-Carter, 1994).

No planejamento e projeto de minas, o SIG permite a criação de modelos tridimensionais das reservas minerais, ajudando a planejar a extração de maneira eficiente e segura. Esses modelos fornecem uma visão clara da geologia do local e das reservas disponíveis (Longley et al., 2015). Utilizando ferramentas de análise espacial, é possível otimizar a localização de poços, rampas e outras infraestruturas essenciais para a mineração, reduzindo custos e melhorando a segurança (Chang, 2016).

A gestão ambiental também se beneficia significativamente do uso do SIG. Imagens de satélite e dados de sensoriamento remoto são utilizados para monitorar os impactos ambientais das atividades mineiras, permitindo a implementação de medidas de mitigação e reabilitação (DeMers, 2008). O SIG auxilia no planejamento e execução de medidas para reduzir os impactos ambientais, como o controle da erosão e a reabilitação de áreas degradadas (Bonham-Carter, 1994).

Além disso, o monitoramento e a segurança nas operações mineiras podem ser aprimorados com o uso do SIG. Sensores e dispositivos de monitoramento conectados ao SIG fornecem dados em tempo real sobre as operações mineiras, ajudando a garantir a segurança dos trabalhadores e a eficiência das operações (Longley et al., 2015). O SIG permite a análise de riscos como deslizamentos e outros eventos geológicos, possibilitando a implementação de medidas preventivas para proteger as instalações e os trabalhadores (Burrough & McDonnell, 1998).

1.3.2.3 Uso do SIG na Construção de Plantas de Beneficiamento

Na construção de plantas de beneficiamento, o SIG é amplamente utilizado para otimizar o planejamento, o design e a operação das instalações. Durante a seleção de local, o SIG é utilizado para avaliar diferentes terrenos, considerando fatores como acesso a recursos hídricos, transporte e impacto ambiental, garantindo a escolha do local mais adequado para a planta de beneficiamento (Chang, 2016). A criação de mapas topográficos detalhados auxilia no design da planta de beneficiamento, proporcionando uma visão clara do terreno e facilitando o planejamento das construções (Leite, 2010).

Dados geoespaciais são integrados para otimizar o layout da planta e das instalações, garantindo uma disposição eficiente e funcional das estruturas (Bonham-Carter, 1994). O SIG permite o monitoramento de recursos naturais e a gestão eficiente dos resíduos gerados pela planta, minimizando o impacto ambiental (DeMers, 2008). A análise de dados geoespaciais auxilia no planejamento da infraestrutura de apoio, como estradas e redes de energia, garantindo o funcionamento eficiente da planta (Longley et al., 2015).

O monitoramento da eficiência operacional também é uma aplicação importante do SIG na construção de plantas de beneficiamento. O SIG é utilizado para monitorar

a eficiência das operações da planta de beneficiamento, identificando áreas para melhorias e otimização (Chang, 2016). Além disso, dados geoespaciais ajudam no planejamento da manutenção preventiva e corretiva das instalações, garantindo a continuidade das operações e a minimização de paradas não programadas (Burrough & McDonnell, 1998).

1.4 Metodologias e métodos de investigação científica

A metodologia de investigação científica é o conjunto de princípios e estratégias gerais que orientam a condução de uma pesquisa. Ela define o caminho a ser seguido para alcançar os objetivos do estudo, focando na validade e na coerência do processo.

Por outro lado, os métodos são as técnicas e procedimentos específicos utilizados para coletar e analisar dados dentro da metodologia escolhida. Eles são as ferramentas práticas aplicadas para obter resultados concretos.

A metodologia é o plano geral que orienta a pesquisa, enquanto os métodos são as etapas práticas para realizar essa pesquisa. Ambos são essenciais, mas desempenham papéis distintos e complementares (Lakatos & Marconi, 2003; Gil, 2008)

Entre os principais métodos de investigação científica, destacam-se:

- **Método Indutivo:** Baseia-se na generalização de observações particulares para afirmar verdades gerais. É essencial nas ciências experimentais, permitindo a formação de teorias a partir de dados empíricos.
- **Método Dedutivo:** Parte de verdades universais para chegar a conclusões particulares. Utiliza-se de princípios já estabelecidos para deduzir novas informações específicas.
- **Método Quantitativo:** Focado na objetividade e na análise de dados numéricos, utiliza instrumentos padronizados para coletar dados e emprega a linguagem matemática para descrever fenômenos e relações entre variáveis.

- **Método Qualitativo:** Não se baseia em estatísticas, mas sim em uma análise aprofundada e ilustrativa de fenômenos. O pesquisador é tanto sujeito quanto objeto da pesquisa, e o desenvolvimento é imprevisível.
- **Método de Estudo de Caso:** Envolve a análise detalhada de um problema específico, utilizando múltiplas fontes de evidência, como observações diretas, entrevistas e arquivos.
- **Design Science Research (DSR):** Este método destaca-se por sua orientação prática e foco na solução de problemas reais. Envolve a criação de artefatos, como sistemas, modelos e processos, através de um ciclo iterativo de design, construção, avaliação e refinamento. O DSR visa melhorar a compreensão e a resolução de problemas específicos, contribuindo para a aplicação prática do conhecimento científico.

O **Design Science Research** é particularmente relevante por sua abordagem prática e aplicada, buscando não apenas entender, mas também resolver problemas concretos através da criação e aprimoramento de artefatos. Este método é essencial para áreas que demandam soluções inovadoras e eficazes, como a engenharia e a tecnologia, onde a aplicação prática do conhecimento é crucial para o avanço e a inovação.

Etapa de Condução	Saídas da DSR	Pontos a Explicitar
Conscientização	Proposta	• Evidenciar a situação problemática • Explicitar o ambiente externo e seus principais pontos de interação com o artefato • Explicitar as métricas e os critérios para a aceitação da solução do artefato (quando não for possível a obtenção de uma solução ótima) • Explicitar os atores que se interessam pelo artefato • Explicitar as Classes de Problemas, os artefatos existentes e suas limitações
Sugestão	Tentativa	• Explicitar as premissas e requisitos para a construção do artefato • Registrar todas as tentativas de desenvolvimento do artefato • Registrar as razões que fundamentaram a exclusão da tentativa de artefato do Desenvolvimento • Verificar possíveis implicações éticas da aplicação do artefato
Desenvolvimento	Artefato	• Justificar a escolha das ferramentas para o desenvolvimento do artefato • Explicitar os componentes do artefato e as relações causais que geram o efeito desejado para que o artefato realize seus objetivos • Explicitar as formas pelas quais o artefato pode ser testado
Avaliação	Medidas de Desempenho	• Explicitar, em detalhes, os mecanismos de avaliação do artefato • Evidenciar os resultados do artefato em relação às métricas inicialmente projetadas • No caso de avaliações qualitativas do artefato, explicitar as partes envolvidas e as limitações de viés • Evidenciar o que funcionou como o previsto e os ajustes necessários no artefato
Conclusão	Resultados	• Sintetizar as principais aprendizagens em todas as fases do projeto • Justificar a contribuição do trabalho para a Classe de Problemas em questão

Figura 1.17 Fases da DSR

Fonte: Manson (2006)

CAPÍTULO 2- METODOLOGIA

2.1 Metodologia utilizada no trabalho

A metodologia de trabalho a desenvolver para encontrar o melhor local para implantação uma central de tratamento mineral com ajuda do software arcgis e envolve as seguintes fases:

1. Identificação do problema, causas e consequências, hipóteses e proposta de solução;
2. Recolha bibliográfica e da informação disponível: pesquisa bibliográfica, análise de relatórios, livros e publicações que abordam sobre o presente trabalho;
3. Estudo de caso: foi escolhida o Projecto Mineiro Cassanguidi que serviu de alvo da proposta de Monografia para o levantamento de requisitos;
4. Modelação dos processos;
5. Simulação dos resultados;
6. Conclusões e das recomendações.

2.2 Método aplicado

Neste trabalho foi utilizado o método: Design Science Research.

2.3 Fases do trabalho

1. Descrição dos elementos pré-textuais;
2. Pesquisa bibliográfica;
3. Avaliação dos resultados;
4. Conclusões.

2.4 Material utilizado

- Livros e teses publicadas relacionadas com o tema;
- Imagens de satélites que cobrem a área de estudo;
- Software ARCGIS 10.5;
- Carta topográfica à escala 1:100.000, folha nº 52, nome Cassanguidi;
- Computador.

2.5 Caso de estudo

2.5.1 Localização da área de estudo

O Projecto mineiro Cassanguidi, localiza-se na Província da Lunda Norte, no Município de cambulo, nas comunas de cambulo e Canzar. Possui uma área de 103,65 Km², e é coberta pela carta topográfica à escala 1:100.000, Folha nº 52 de nome (Cassanguidi), contida na folha SB - 32 V-I, do IGCA, segundo o mapa da figura nº 2.11.

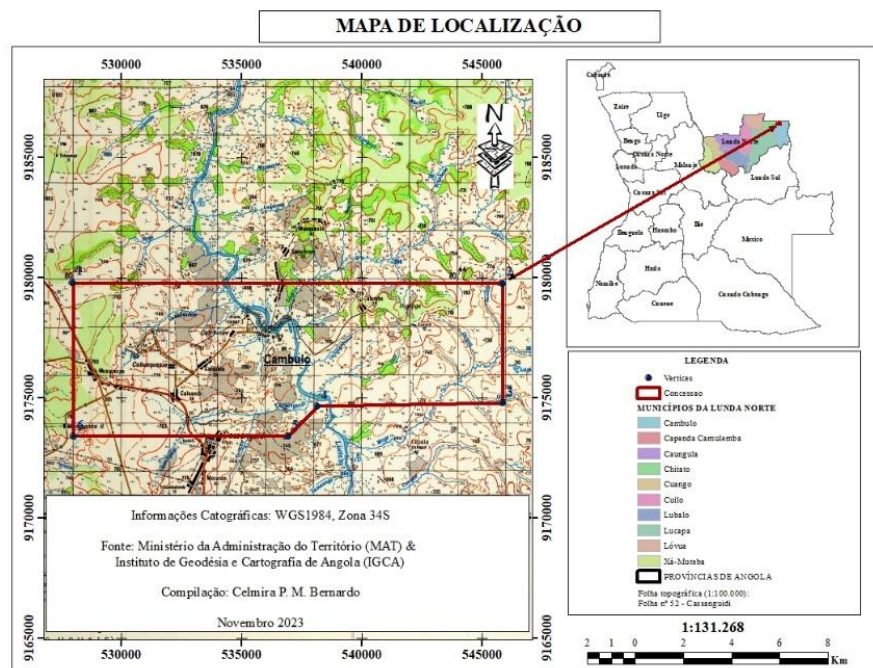


Figura 2.18 Mapa da Localização da Concessão Mineira

Fonte: MAT & IGCA

2.5.2 Clima da região

A região em estudo possui um clima tropical, onde se individualizam duas estações; a Seca que dura aproximadamente quatro meses, de Maio aos primeiros dias de Agosto e chuvosa que dura aproximadamente oito meses e vai de final de Agosto até aos primeiros dias de Maio. As temperaturas consideram-se estáveis, sendo a média diurna na ordem de 22°C e a máxima de 28°C. As quedas pluviométricas atingem anualmente níveis entre 1200 – 1400 mm. O período mais chuvoso vai de Novembro à Março e as precipitações atmosféricas atingem cerca de 55,6mm /dia.

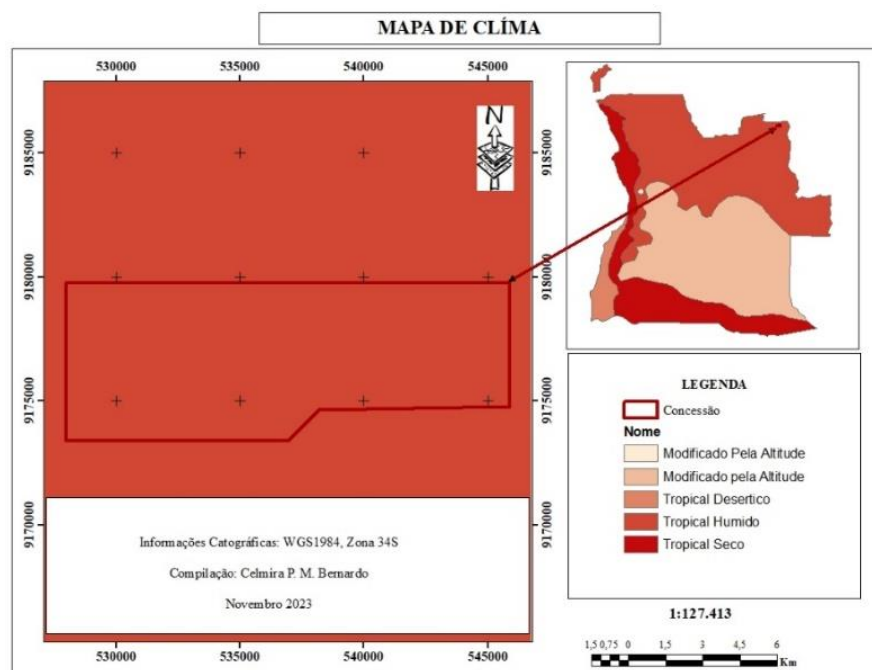


Figura 2.19 Mapa climático da Concessão

Fonte: IGCA

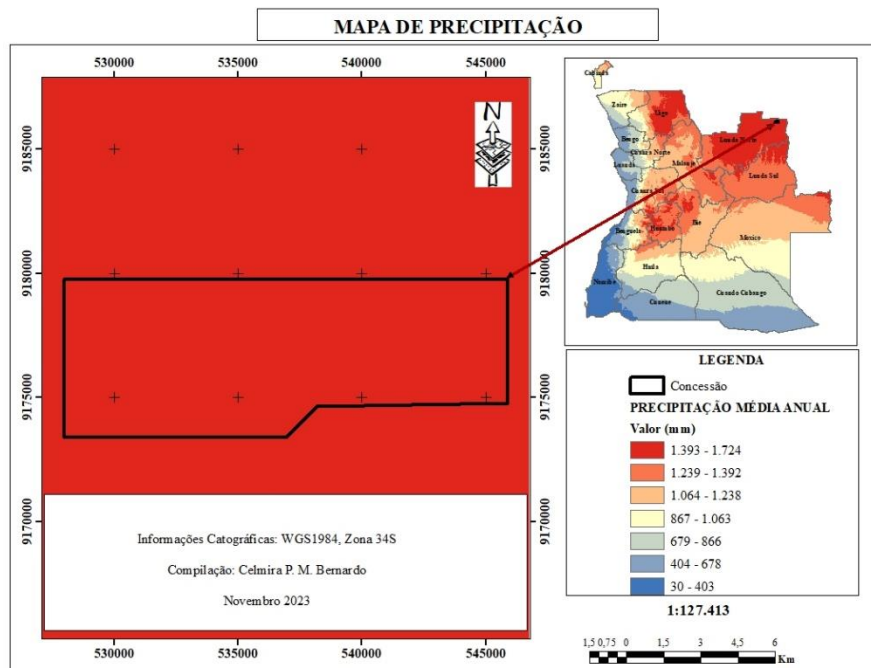


Figura 2.20 Precipitação média anual da Concessão

Fonte: IGCA

2.5.3 Geomorfologia

A concessão apresenta uma considerável variação de cotas. O intervalo de cores no mapa abaixo ilustra as variações de altitudes. As cores mais quentes estão associadas às zonas de cotas mais altas e as cores mais frias as zonas de cotas mais baixas, variando de 654 à 816 metros de altitude.

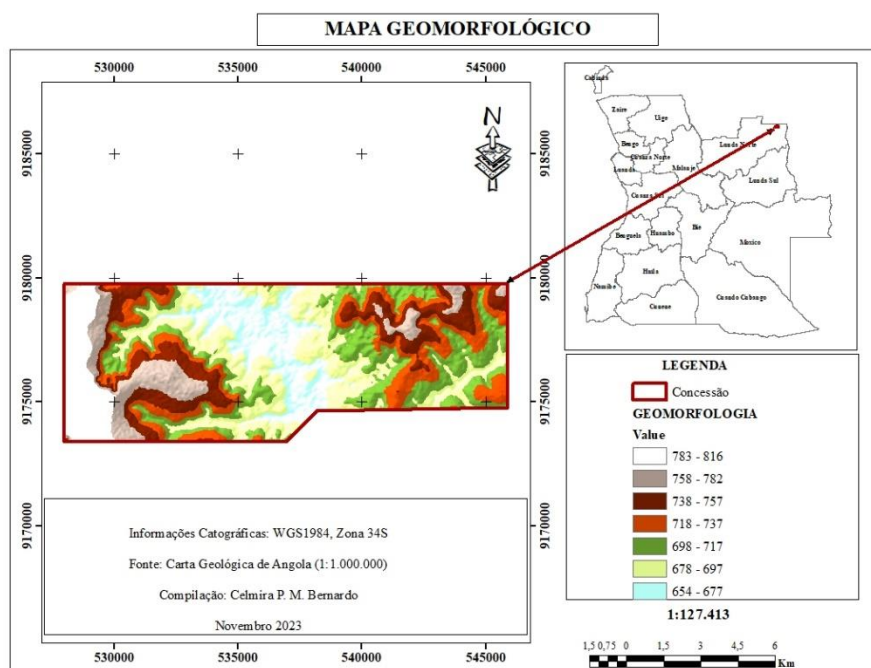


Figura 2.21 Mapa Geomorfológico da região

Fonte: IGCA

2.5.4 Hidrografia

A área da concessão é atravessada pelo rio Luembe, que dentro da concessão é abastecido por diversos afluentes e subafluentes, nomeadamente, Cabuaquesse, Cassanguidi, calungaquele, Lugilo e Mogé

O mapa abaixo ilustra os rios existentes na concessão e, estes cursos fluviais são de grande importância pois os trabalhos de prospecção e exploração são desencadeados ao longo de seus cursos.

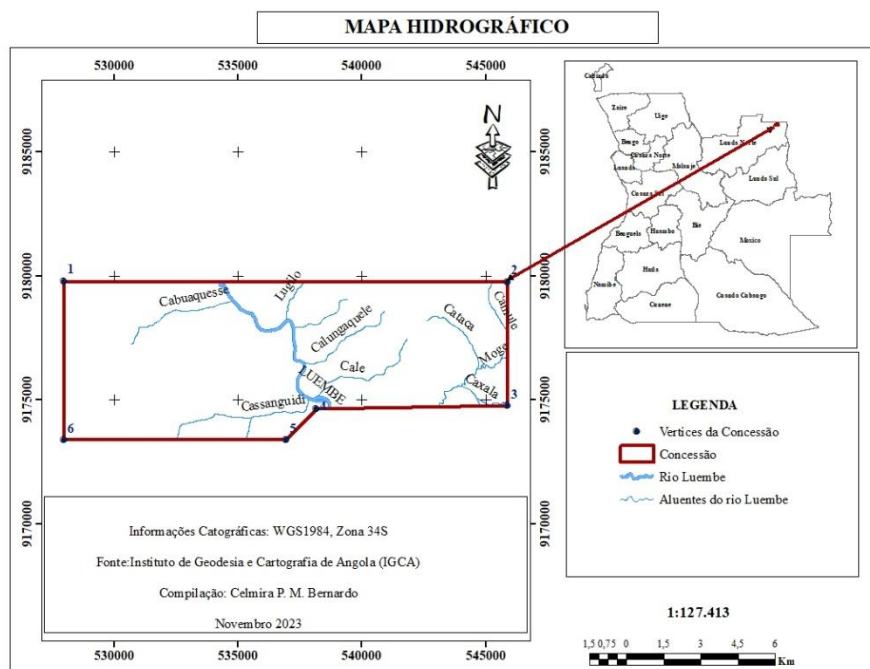


Figura 2.22 Mapa hidrográfico da região da Concessão

Fonte: IGCA

2.5.5 Geologia

O Nordeste de Angola apresenta uma diversidade geológica significativa, distribuída em diferentes andares geológicos. O primeiro andar, do período arcaico, é composto pelas rochas mais antigas do país, de natureza metamórfica. O segundo andar inclui rochas do supergrupo Karoo, representado pelo grupo Lutoê, que são rochas sedimentares e metassedimentares. O terceiro andar contém rochas sedimentares da Formação Calonda e Kwango, do período mesozoico, formadas por deposição em paleocanais. O quarto andar é caracterizado por rochas sedimentares do grupo Kalahari, resultantes de processos erosivos.

A tectónica da região envolveu várias etapas de cratonização, estabelecendo quatro escudos principais: Kassai, Angola, Mayombe e Bangwelo. A região é marcada por falhas transversais e verticais, que favoreceram intrusões kimberlíticas e influenciaram a disposição das formações geológicas.

Estratigraficamente, a concessão é composta por unidades sedimentares sobre um substrato rochoso genésico. Os depósitos sedimentares resultam de ciclos de erosão e deposição, relacionados tanto com a rede hidrográfica atual quanto com a antiga.

Tabela 2.4 Litostratigrafia das Lundas Norte e Sul

ERATÉMA	SISTEMA	SÉRIE	SUBSÉRIE	ANDAR	FORMAÇÃO	LITOLOGIA
FANEROZÓICO	CENOZÓICO	HOLOCÉNICO				
		PLISTOCÉNICO				
		PLIOCÉNICO			$N_1 - N_2, K_1, L_1$	Grupo Kalahari-Formação areias ocreas, argilas.
		MIOCÉNICO	MÉDIO			
		OLIGOCÉNICO	INFERIOR		$P_2 - N_0, K_1$	Grupo Kalahari-indiferenciado-Areias, cascalhos, conglomerados, linthites.
		EOCÉNICO			$P_1 - N_1, K_1$	Grupo Kalahari-Formação grés polimorfos, Grés, rochas silicificadas, conglomerados.
	MESOZÓICO	PALEOCÉNICO				
		CRET.	MAESTRICHTIANO			
			CAMBRÍANO			
			SANTONIANO		$K_2 - K_1$	Formação Calonda- Grés arcóscicos, conglomerados, argilitos
			CONIACIANO			
			TURONIANO			
	PALEOZÓICO	INFERIOR	CENOMANIANO			
			ALBIANO		$K_2 - K_1$	Formação Cuango-Grés Arcóscicos, conglomerados, siltitos, argilitos
			ARCÍANO			
PROTEROZÓICO	MESOZÓICO	INFERIOR	BARREMIANO			
	PALEOZÓICO	INFERIOR			$P - T, L_1$	Grupo Cassanje-Grés, calcários, argilitos
	PALEOZÓICO	INFERIOR			$C - P, L_1$	Grupo Lutoê-Tilitos, Conglomerados, Grés, argilitos, xistos argilosos
ARCAICO	MESOZÓICO	INFERIOR			$R_1 - V, K_1$	Grupo Xisto-Gresoso - xistos argilosos, arcóscicos, grauvaques, grés, conglomerados
	PALEOZÓICO	INFERIOR			PR_1, L_1, K_1	Grupos Lunda e Luana- xistos argilosos, Conglomerados, Quartzitos
ARCAICO	PALEOZÓICO	INFERIOR			$AR_1 - PR_1$	Arcaico Superior-Proterozóico Inferior Granito-Gnaiss, granito.
					AR_1	Arcaico Inferior-Grupo Inferior: Plagiognaisses, anfibolitos, eclogitos, quartzitos, etc.

2.5.6 Geologia local

Do ponto de vista geológico, a área da concessão é composta por várias formações. O Grupo Superior Gnaisses inclui rochas como biotítico-hornoblêndico, biotítico-hipersténicos, granada-bimicáceos com distena e grafite, anfibolitos, xistos biotíticos e bimicáceos, leptitos e quartzitos. Além disso, há gnaisses bimicáceos, plagiognaisses, xistos bimicáceos com granada e distena, epidotos paraanfibolitos, calcíferos e mármore, e quartzitos.

A Formação Calonda é caracterizada por conglomerados, grés, areias e argilas, enquanto o Grupo Kalahari inclui conglomerados, areias ocre e argilas.

Em termos tectónicos, a concessão está na área de influência do Graben do Lucapa, uma série de falhas transformantes na África Ocidental. Este graben controla as erupções kimberlíticas nas Lundas, sendo guias importantes para a prospeção.

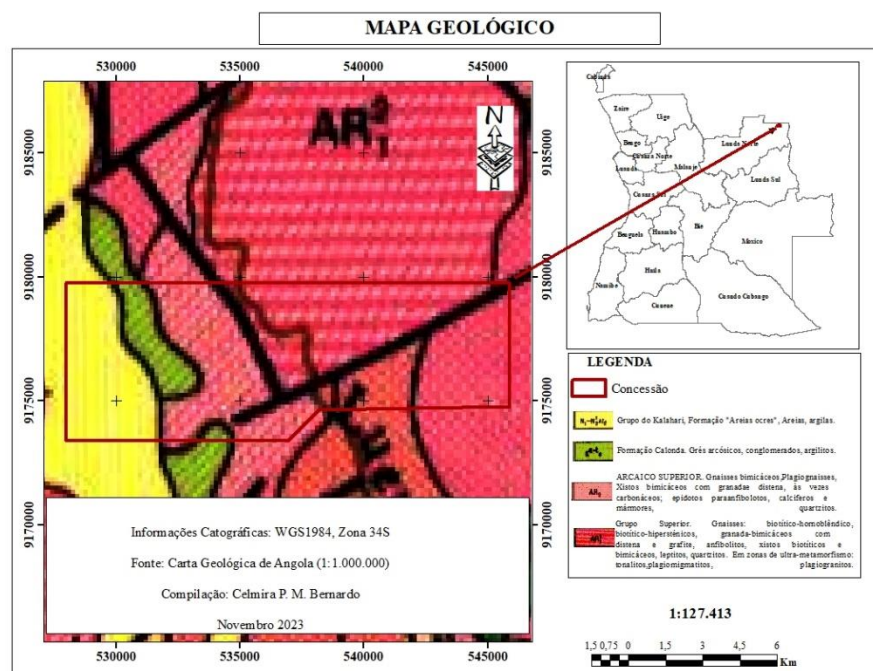


Figura 2.23 Mapa geológico da região da Concessão

Fonte: IGCA

CAPÍTULO 3- DISCUSSÃO E RESULTADOS

3.1 Modelação do processo AS-IS para construção da central de tratamento mineral

3.1.1 Objectivo do processo

Determinar as áreas mais apropriadas para a construção da central de tratamento.

3.1.2 Resultado do processo

Local para a construção da central de tratamento.

Tabela 3.5 Processo de seleção do local

ID	Atividade	Ator	Meio	Duração (h)	Custo (\$)
1	Levantamento topográfico	Topógrafo	Teodolito, Mapa	40	8.000,00
2	Identificar as características do solo	Geólogo	Picareta, Trado, Mapa	24	6.000,00
3	Avaliar a estabilidade do solo para a construção de estruturas	Geotécnico	Sondas rotativas, Cones penetrômetros	32	12.000,00
4	Avaliar as características hidrográficas dos rios nas proximidades da concessão	Engenheiro Ambiental	Mapa Hidrográfico	8	5.000,00
5	Selecionar local	Engenheiro de Minas	Mapa	4	2.000,00

Fonte: Autora

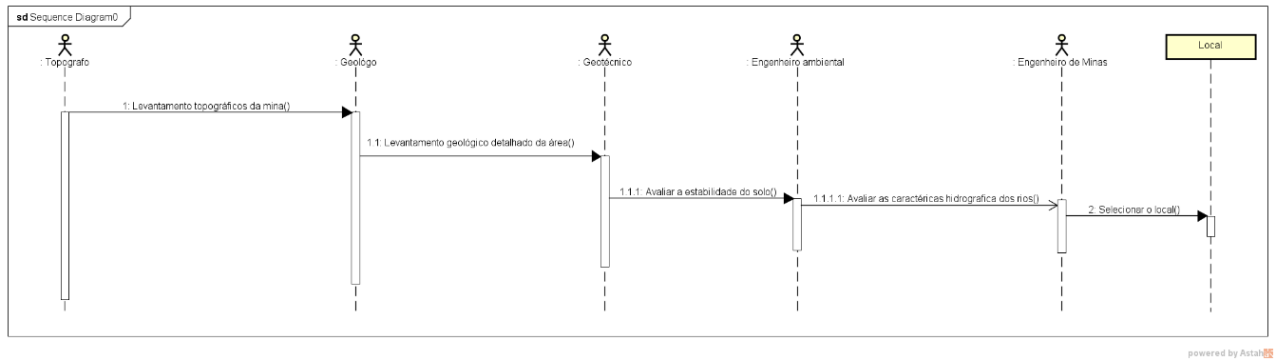


Figura 3.24 Diagrama de sequência AS-IS

Fonte: Autora

3.2 Modelação do processo TO-BE para a implantação da central de tratamento mineral

3.2.1 Objectivo do processo

Optimizar a seleção do local adequado para a implantação da central de tratamento mineral aplicando o software SIG.

3.2.2 Resultado do Processo

Seleção de um local cuja posição visa aumentar a produtividade do projecto.

Tabela 3.6 Processo de seleção por meio do SIG

ID	Atividade	Ator	Meio	Duração (h)	Custo (\$)
1	Recolher dados	Topógrafo, Geólogo	Drone, GPS, Imagens de satélite, Computador	24	15.000,00
2	Receber e organizar dados	Engenheiro de Minas	Computador	1	1.000,00
3	Criar base de dados e camadas raster	Engenheiro de Minas	Computador	1	2.000,00
4	Reclassificar e atribuir pesos	Engenheiro de Minas	Computador	1	1.500,00
5	Sobrepor dados e elaborar mapa	Engenheiro de Minas	Computador	1	2.000,00

6	Apresentar locais adequados	Engenheiro de Minas	Computador	1	1000,00
---	-----------------------------	---------------------	------------	---	---------

Fonte: Autora

Resumo Comparativo

Tabela 3.7 Comparação entre o Método AS-IS e Método TO-BE

Aspecto	Método AS-IS	Método TO-BE
Custo Total	\$33.000	\$22.500
Tempo Total	120 horas	30 horas
Dependência Humana	Alta	Baixa
Ferramentas Usadas	Equipamentos manuais	SIG, drones, sensores remotos
Precisão e Confiabilidade	Baixa	Alta

3.3 Dados e Ferramentas Utilizados

Tabela 3.8 Software SIG

ID	Nome	Versão	Tipo de Plataforma	Data de lançamento
1	ArcGis	10.5	Mapeamento e análises	2019

Fonte: Autora

Tabela 3.9 Carta topográfica

ID	Nome	Tipo de representação	Número de Folha	Escala
1	Cassanguidi	Carta Topográfica	52	1:100.000

Fonte: Autora

Tabela 3.10 Coordenadas da concessão

ID	Nome da Concessão	Vértices	X(UTM)	Y(UTM)
1	Projecto Mineiro Cassanguidi	1	527969	9179801
2		2	545890	9179763
3		3	545890	9174769
4		4	538151	9174637
5		5	536960	9173380
6		6	527998	9173380

Fonte: Autora

Tabela 3.11 Rios

ID	Nome do Rio	Classificação (Distância do Local Proposto)	Largura Média (m)	Profundidade Média (m)
1	Cassanguidi	0 – 200 m	10	2
2	Cabuaquesse	200 – 400 m	8	1.5
3	Lugilo	400 – 1000 m	12	3

Fonte: Autora

Tabela 3.12 Solos

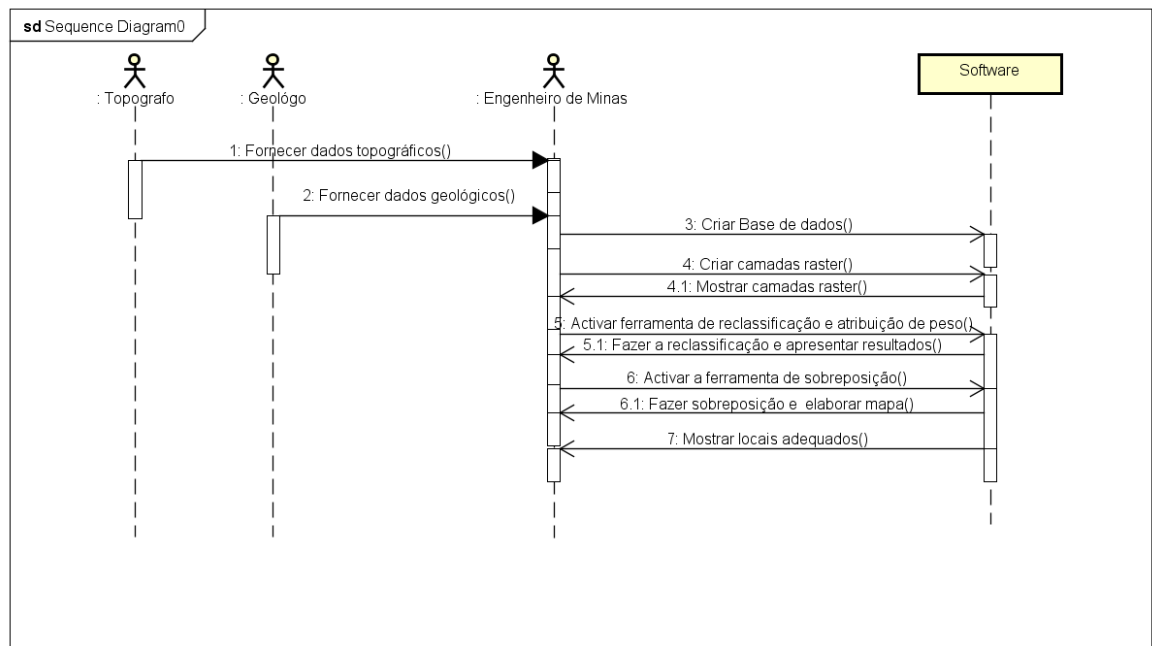
ID	Grupo Geológico	Classificação	Permeabilidade
1	Arcaico Superior	Rocha (Gnaiss e Paragneiss)	Baixa
2	Grupo Kalahari	Areia	Alta
3	Formação Calonda	Areias com argila	Média
4	Arcaico Superior	Gnaiss alterado para argila	Média
5	Grupo Superior Gnaisses	Argila	Média

Fonte: Autora

Tabela 3.13 Relevo

ID	Classificação de Relevos	%	Altura Relativa (m)
1	Relevo Plano	0-3	0-5
2	Relevo Suavemente Ondulado	3-8	5-20
3	Relevo Ondulado	8-15	20-50
4	Relevo Fortemente Ondulado	15-30	50-100

Fonte: Autora



powered by Astah

Figura 3.25 Diagrama de Sequência TO-BE

Fonte: Autora

3.4 Parametrização do SIG

Tabela 3.14 Parametrização do SIG

ID	Componente SIG	Descrição	Características	Qt
1	Peopleware PW	Engenheiro de Minas	Utilizador- Chave de SW SIG	1
2	Hardware HW	Computador Asus Dash	Processador: Intel core I7, 12ª Geração Disco: SSD 512 GB Placar gráfica: NVIDIA RTX3060 (3GB) Ecrã 15,6 polegadas Sistema Operativo: Windows 11	1
3	Software SW	ArcGis 10.5	Memory/RAM: 8 GB CPU speed: 2.2 GHz Video/Graphics: 64 MB, NVIDIA, e Intel chip sets.	1
4	Dataware DW	Base de dados SIG	Vector e Raster	1

Fonte: Autora

3.5 Construção dos artefactos

A metodologia proposta foi desenhada com base na informação disponível. Para alcançar os objectivos preconizados utilizou-se a seguinte metodologia de trabalho:

- ❖ Recolha de dado Topográfico, Hidrográfico e Geológico
- ❖ Elaboração da Base de Dados SIG.
- ❖ Reclassificação e Atribuição de Peso.
- ❖ Sobreposição Ponderada (Definição do local Adequado para colocar).

As principais etapas desenvolvidas durante o trabalho ilustram se no fluxograma abaixo

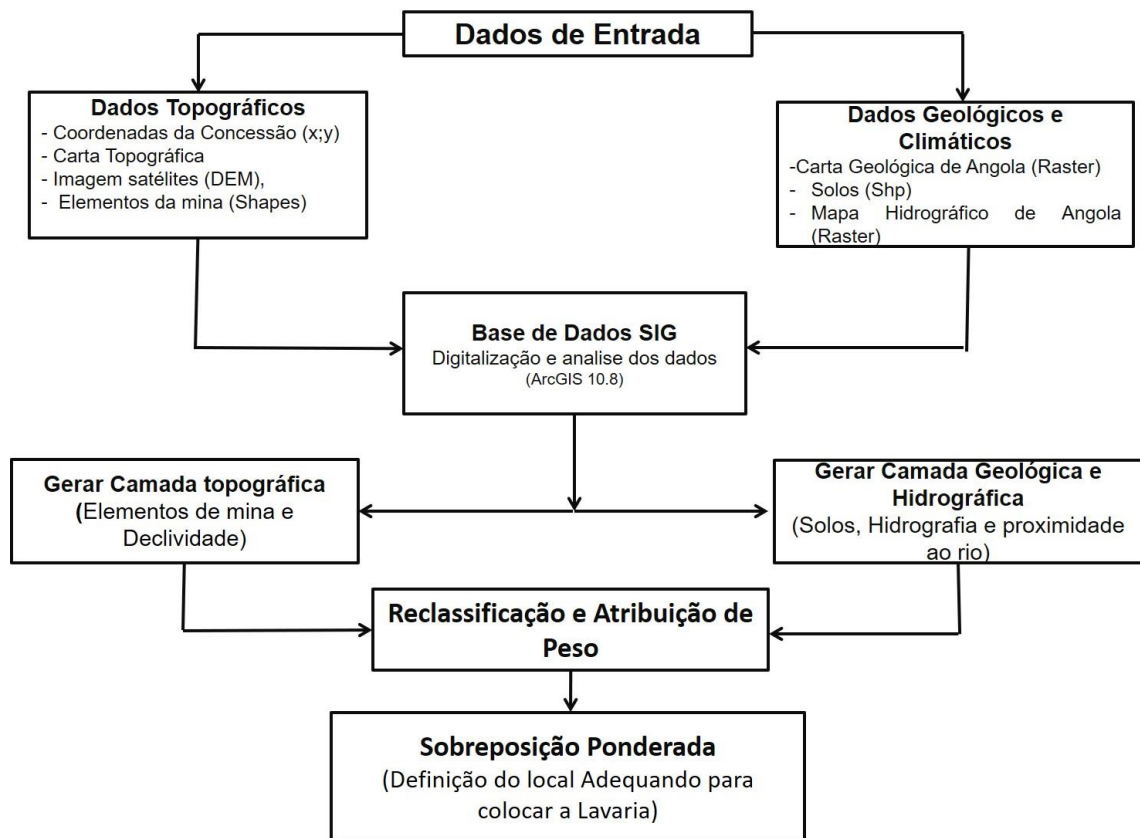


Figura 3.26: Fluxograma a ilustrar as principais etapas metodológicas de trabalho.

Fonte: Autora

Para o cumprimento dos objectivos preconizados na área de estudo, a primeira tarefa executada consistiu na coleta em campo das coordenadas UTM, com a

utilização de um aparelho receptor de sinal GPS (Global Positioning System). Estes dados foram usados para localizar e identificar a mina no espaço através do software de sistema de informação geográfica ARCGIS 10.5.

Após esta etapa obteve-se a carta topográfica à escala 1:100.000, folha 52 de nome Cassanguidi, no IGCA, em formato TIFF (imagem). Esta imagem foi georreferenciada no software ARCGIS. O sistema de Coordenadas usado para o mapeamento da área foi WGS1984 UTM, Zona 34S. Os dados georreferenciados foram convertidos em dados vetorizados do tipo SHP (shapefile), separando o limite da concessão e os rios.

De seguida, obteve-se o MDE da área de estudo, através do site Earth Explorer. A obtenção do MDE possibilitou o uso das ferramentas de hidrologia do ARCGIS, com o propósito de obter a direção de fluxo das águas de escoamento superficial, o fluxo acumulado, ou seja, as regiões da área de estudo com a maior probabilidade de ocorrência de escoamento superficial e delimitar as microbacias das redes de drenagem da área de interesse.

Ainda com o MDE, determinou-se a declividade do terreno em percentagem de inclinação, através da ferramenta de superfície, gerando o mapa de declividade, em formato raster.

Após elaboração do mapa hidrográfico calculou-se a distância Euclidiana por meio da ferramenta Spatial analyst tools, do Arcgis, de modos a determinar os intervalos de proximidade em relação ao rio. Para os dados geológicos, usou-se como base a carta geológica de Angola à escala 1:1.000.000, em formato TIFF. O mesmo foi georreferenciado e convertido em dado vetorizado do tipo shp, e confirmado as informações com a cartografia resultante do levantamento de campo executado pela equipa de geólogos. Destes dados, resultou o mapa geológico e de solos da concessão em formato shp, que de seguida foram convertidos em dados rasters.

3.5.1 Atribuição de pesos aos dados rasters obtidos

Os dados rasters obtidos tanto pelas análises topográficas quanto pelos dados geológicos e hidrográficos foram reclassificados, atribuindo pesos na escala de -5 à 5, sendo -5 para valores inapropriados e +5 para valores apropriados.

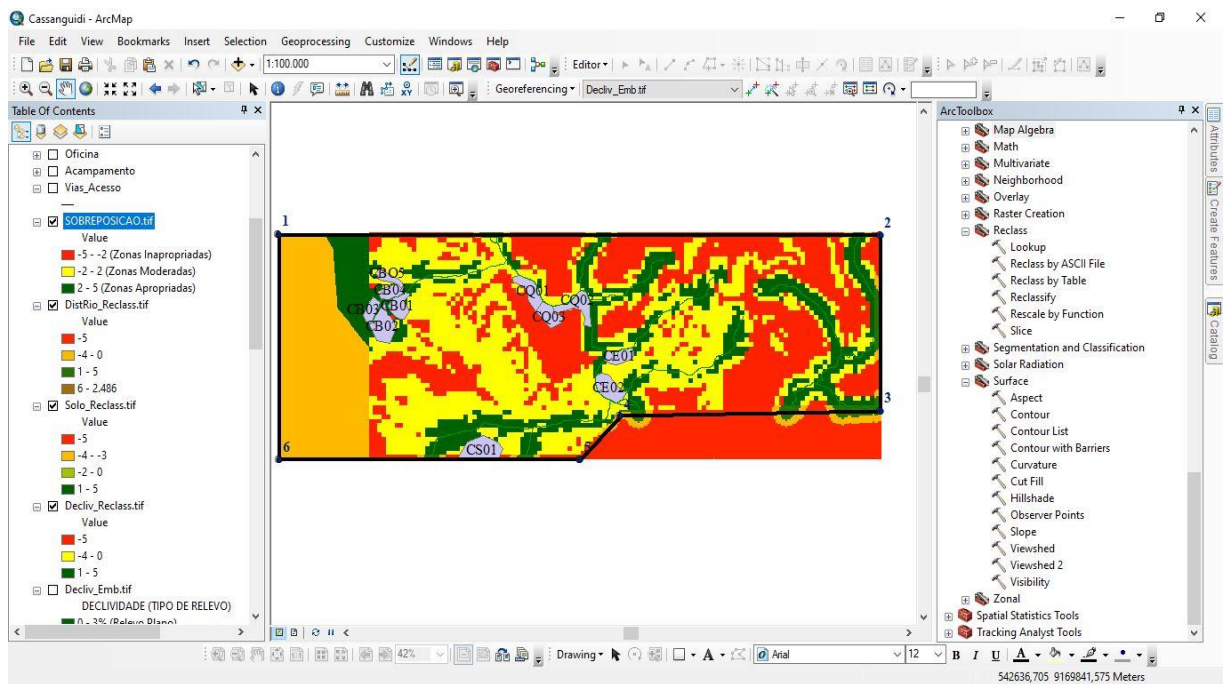


Figura 3.27 Visão geral das camadas reclassificadas

Fonte: Autora

3.5.2 Declividade

A concessão de Cassanguidi apresenta um relevo plano à fortemente ondulado, conforme o mapa abaixo.

Na elaboração do mapa de declividade atribuíram-se os pesos dispostos na tabela abaixo.

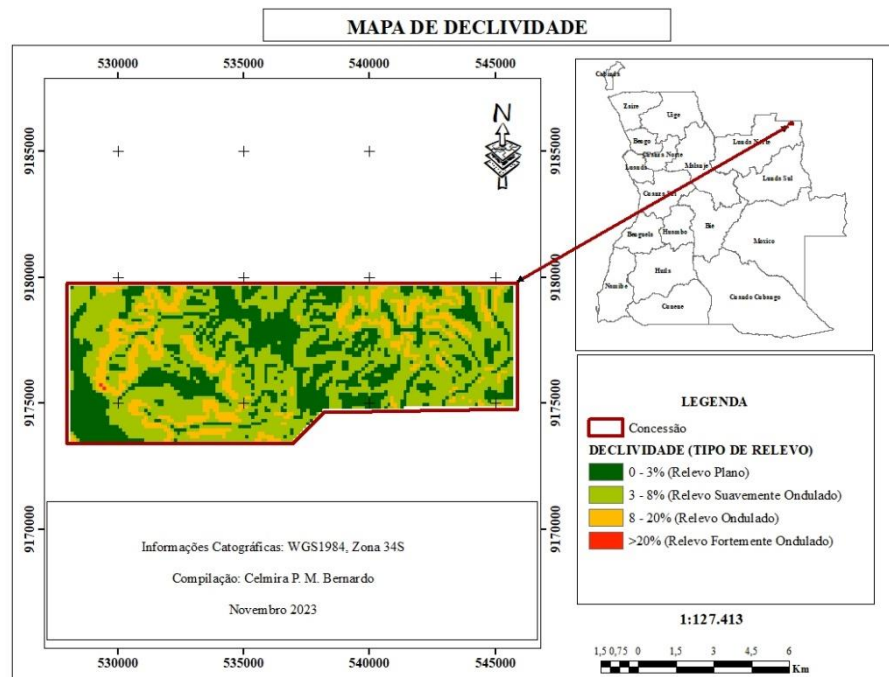


Figura 3.28 Mapa de Declividade

Fonte: Autora

Tabela 3.15 Distribuição dos pesos de Declividade

Classificação	Peso
Relevo Plano	-5
Relevo suavemente ondulado	-3
Relevo ondulado	2
Relevo fortemente ondulado	5

Fonte: Autora

3.5.3 Solos

Segundo a carta geológica de Angola e conforme constatado no terreno, a área da concessão é coberta grande parte por camadas arenosas em zonas de ocorrência da formação kalahari, Camadas argilo-arenosas em zonas de ocorrência de formação calonda, Gnaisses em alguns pontos alterados para argila (Caulinite) e macisso rochoso (Gnaisse e Paragneisse).

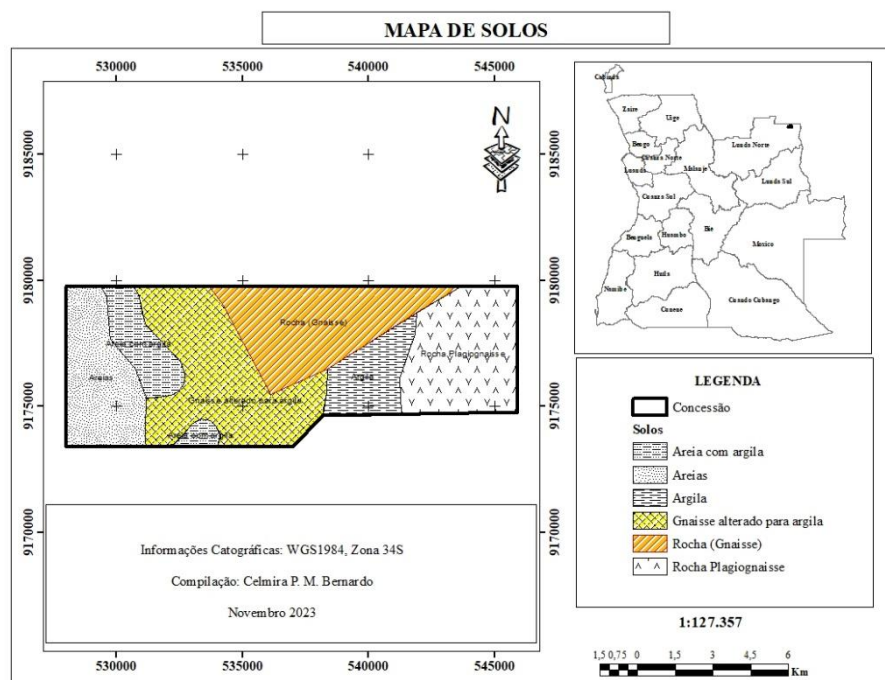


Figura 3.29 Mapa de solos

Fonte: Autora

Tabela 3.16 Distribuição dos pesos do solo

Classificação	Peso
Rocha (Gnaisse e Paragneisse)	-5
Areia	-3
Areias com argila	0
Gnaisse alterado para argila	2
Argila	5

3.5.4 Frentes de exploração

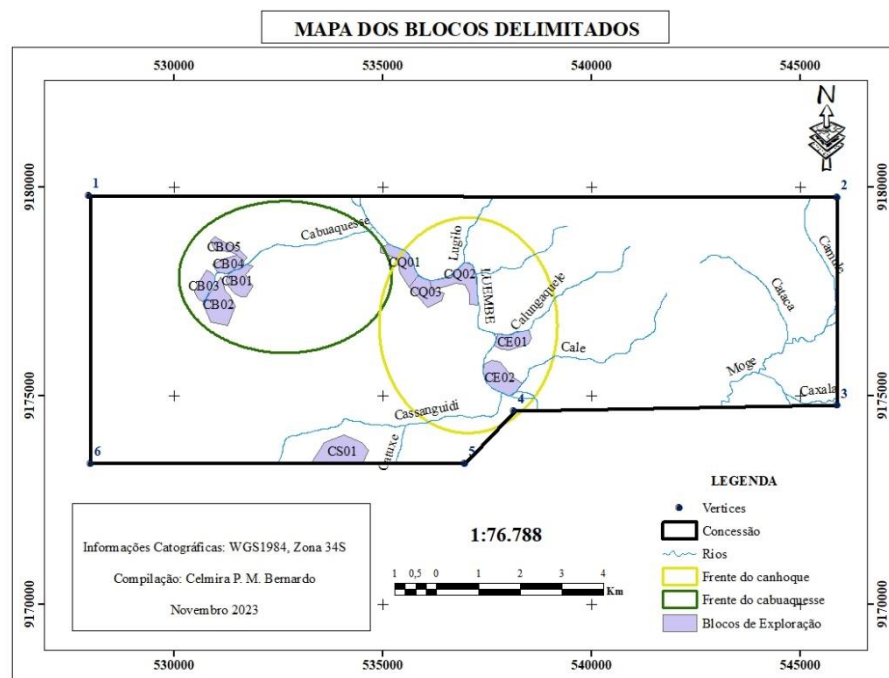


Figura 3.30 Mapa de localização das frentes de exploração

Fonte: Autora

3.5.5 Distância em relação ao rio

Sendo que a proximidade ao rio é um dos pressupostos imprescindíveis a ter se em conta na seleção da zona ideal para colocar uma central de tratamento de minério, por meio da rede hidrográfica da concessão, calculou-se a distância euclidiana de qualquer ponto da concessão até o rio. O intervalo de cores no mapa abaixo ilustra as variações de distância. As cores mais quentes estão associadas às zonas mais distantes e as cores mais frias as zonas mais próximas, variando de 0 à 2477 metros de distância.

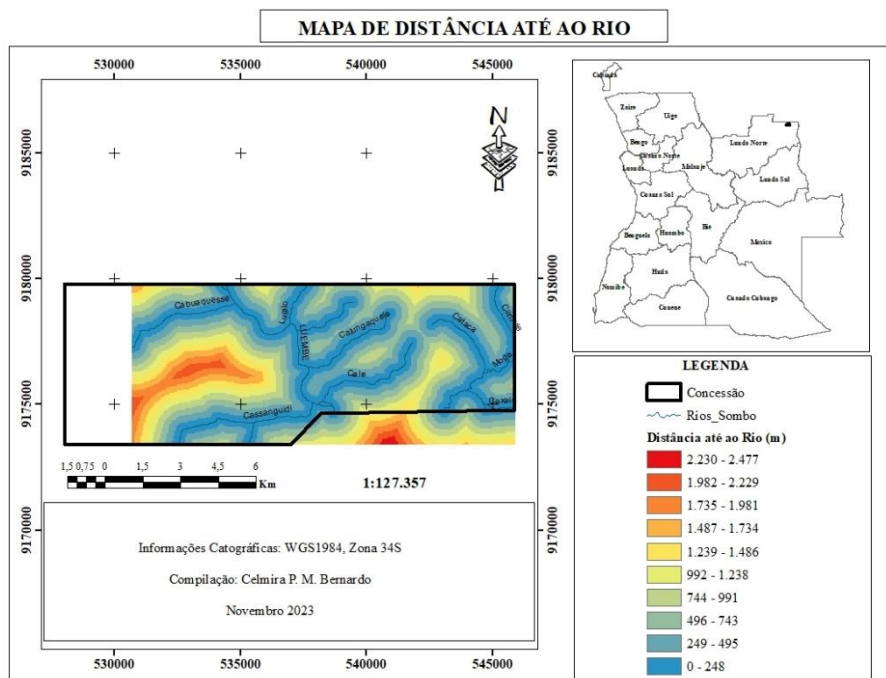


Figura 3.31 Distância em relação ao rio

Fonte: Autora

Tabela 3.17 Distribuição dos pesos da distância

ID	Classificação	Peso
1	0 – 200 m	5
2	200 – 400 m	0
3	400 – 2500 m	-5

Fonte: Autora

3.5.6 Sobreposição Ponderada para o local adequado

Para avaliar a necessidade de implementação de uma via, utilizou-se a ferramenta de sobreposição ponderada do ArcGIS. Foram atribuídas influências de 40% para declividade, 45% para distância ao rio e 15% para tipo de solo. O resultado foi um ficheiro raster com intervalos de -5 a +5, categorizando as zonas como inapropriadas (-5 a -2), moderadas (-2 a 2) e apropriadas (2 a 5).

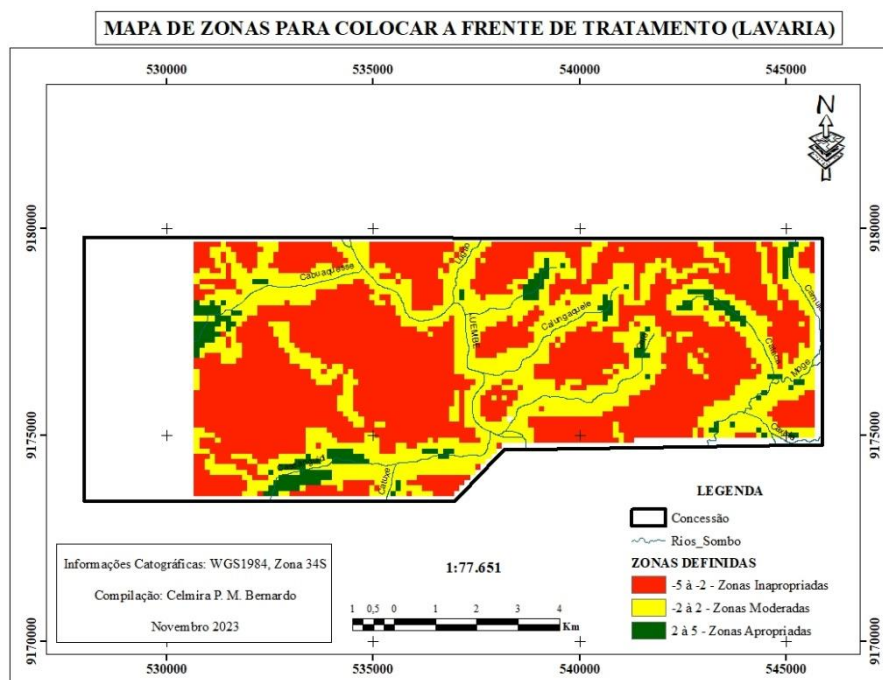


Figura 3.32 Zonas definidas para colocar a central de tratamento

Fonte: Autora

3.5.7 Seleção do Local para Central de Tratamento Mineral

A área selecionada, com relevo ondulado e a até 200m do rio, está na margem norte do rio Cassanguidi, a 3,2 km dos blocos de exploração do Canhoque e 3,8 km da frente do Cabuaquesse.

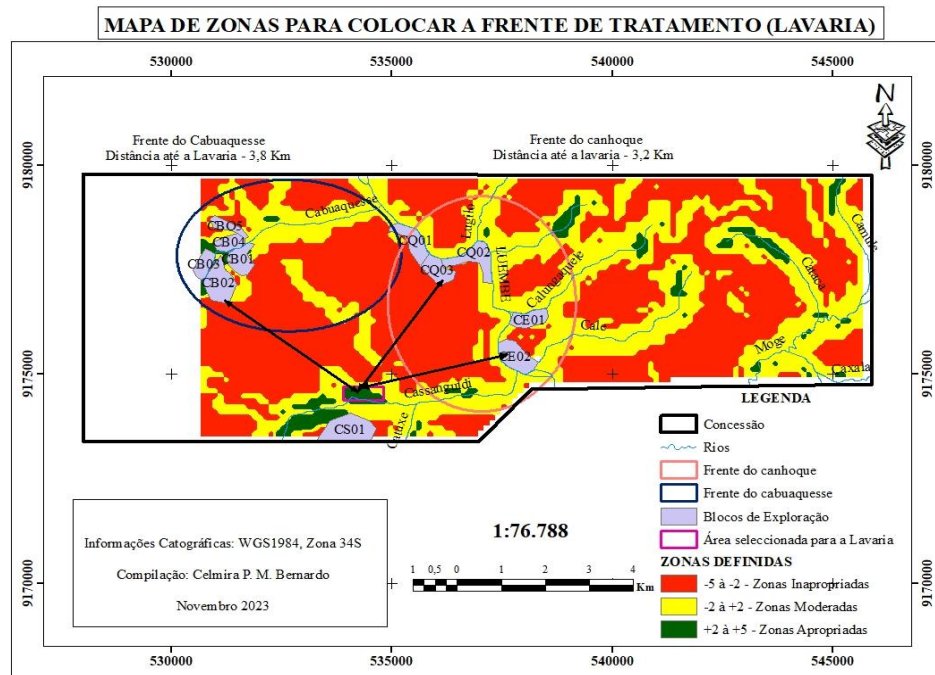


Figura 3.33 Área definida para colocar a central de tratamento

Fonte: Autora

Conclusões

O trabalho "*Aplicação Do Software ArcGIS Para Definição Da Área Adequada Para Implantação De Uma Central de Tratamento Mineral*" aborda a otimização do planejamento no Projeto Mineiro Cassanguidi, situado na Província da Lunda Norte, em Angola. Foi utilizado o software ArcGIS para superar a dificuldade em selecionar o local ideal para uma central de tratamento, causada pela falta de dados atualizados, que impactam negativamente os custos operacionais e a produtividade.

O estudo parte de uma fundamentação teórica sólida, abordando parâmetros cruciais como declividade, tipo de solo, relevo e proximidade de rios.

A metodologia, baseada no *Design Science Research*, foi estruturada em fases claras, desde a coleta de dados geoespaciais até a análise integrada no SIG. O trabalho utiliza ferramentas como drones, GPS e cartas topográficas à escala 1:100.000, gerando mapas detalhados e precisos. Por meio do ArcGIS, os dados foram reclassificados e sobrepostos, resultando na definição do local mais adequado, com base em critérios de declividade (0-3%), solos argilosos e proximidade controlada de rios.

Os resultados mostraram uma redução significativa no tempo e nos custos do processo de seleção. Enquanto o método tradicional AS-IS demandava 104 horas e custos de até 33 mil dólares, o modelo TO-BE, com ArcGIS, realizou a tarefa em 28 horas com custo de aproximadamente 22 mil dólares. Isso comprova a eficiência da abordagem tecnológica, além de sua contribuição para uma tomada de decisão mais sustentável.

Conclui-se que este trabalho é uma contribuição de alto impacto para a engenharia de minas em Angola. Ele demonstra como o uso de tecnologia geoespacial pode otimizar processos, reduzir custos e promover práticas mais sustentáveis no setor mineral.

Recomendações

Recomendamos que os estudantes do Departamento de Minas da Universidade Agostinho Neto desenvolvam mais estudos e pesquisas sobre Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para a implantação e otimização das centrais de tratamento de minerais, não só usando outras ferramentas para saber a qual é o melhor local, mas também que demonstrem como uma central de tratamento funciona.

Recomendamos ao corpo diretivo do Projeto Mineiro de Cassanguidi a implementação de software de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) nas atividades do projeto. A integração de SIG com outras tecnologias emergentes, como drones e sensores remotos, também pode potencializar os resultados e aumentar a produtividade do projeto.

Bibliografia

(s.d.).

Barbosa, O. (1991). *Diamante no Brasil: Histórico, Ocorrência, Prospeção e Lavra*. República Federativa do Brasil: Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais.

Branco, P. J. (2019). Material Didático das aulas de tratamento de minério. *Introdução ao tratamento de miério*.

Chaves, M. L., & Chambel, L. (2003). *Diamante: a pedra, a gema, a lenda* (1 ed.). Obtido em Março de 2023

Correia, J. G. (2010). Classificação e Peneiramento. Em *Tratamento de Minério* (Vol. 5, p. 257). Rio de Janeiro, República Federativa do Brasil: CETEM. Obtido em Março de 2023

Danese, L. C., & Carlotto, M. B. (2009). Diamante. (D. N. MINERAL, Ed.) *Economia Mineral do Brasil*, pp. 396-397.

Domingues, A. C., Silva, F. A., Dos Santos, L. J., Souza, R. P., Coimbra, G. T., & Loureiro, A. A. (s.d.). *Sociedade Brasileira de Computação*. Obtido de Dados geoespaciais: Conceitos e técnicas para colecta, armazenamento, tratamento e visualização

Domingues, A. S., Silva, F. A., Dos Santos, L. J., de Melo Sousa, R. P., Coimbra, G. T., & Loureiro, A. A. (2020). *Dados geoespaciais: Conceitos e técnicas para coleta, armazenamento, tratamento e visualização*. São Paulo: FAPESP. Obtido em Outubro de 2023

Dos Santos, H. G., Jacomine, P. K., dos Anjos, L. H., de Oliveira, V. Á., Lumbrales, J. F., Coelho, M. R., . . . Cunha, T. J. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. (5 ed.). Brasília, República Federativa do Brasil: Embrapa Solos. Obtido em Maio de 2023, de <https://www.embrapa.br/>

Educação, S. d. (s.d.). *Mecânica dos solos*. Escola Estadual de educação profissional. Estado do Ceara: Escola Estadual de educação profissional. Obtido em Abril de 2023

- Embrapa. (1979). *Manual de métodos e análise dos solos*. Rio de Janeiro, República Federativa do Brasil: Embrapa. Obtido em Maio de 2023
- Ferreira, A. C. (2021). *Análise e abordagem preditiva no processo de tratamento de minério de pirocloro*. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Física, Ouro Preto- Minas Gerais. Obtido em Março de 2023
- Ferreira, G. E., Vidal, F. W., & Ribeiro, R. C. (s.d.). *Beneficiamento Mineral*. Brasil: CETEM. Obtido em 12 de Janeiro de 2024
- Figueira, H. V., da Luz, A. B., & de Almeida, S. L. (2010). *Tratamento de minério* (Vol. 5). Rio de Janeiro, República Federativa do Brasil: CETEM. Obtido em Março de 2023
- Florenzano, T. G. (2008). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais* (1 ed.). São Paulo, República Federativa do Brasil: Oficina de texto.
- Flyability*. (Março de 2023). Obtido de <https://www.flyability.com/mineral-processing>
- Goldenberg, M. (1997). *A arte de pesquisar*. Rio de Janeiro, República Federativa do Brasil: Record.
- JR, C. (18 de Novembro de 2020). *Cristal JR*. Obtido em 14 de Abril de 2023, de <https://cristaljr.com/tratamento-de-minerio/>
- Levinson, A. A., Gurney, J. J., & Kirkley, M. B. (1992). Diamond Sources and Production: Past, present and future. Em *Gems & Gemology* (pp. 234- 252). Obtido em Março de 2023
- Luz, A. B., & Lins, F. A. (2010). *Tratamento de Minérios* (Vol. 5). Rio de Janeiro, Brasil: CETEM. Obtido em Março de 2023
- Rampazzo, L. (2002). *Metodologia científica*. República Federativa do Brasil: Loyola. Obtido em Maio de 2023
- Silveira, D. T., & Gerhardt, T. E. (2009). *Métodos de Pesquisa*. Rio Grande do Sul: UFRGS.

- Ackoff, R. L. (1989). From data to wisdom. *Journal of Applied Systems Analysis*, 16, 3-9.
- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press.
- Clarke, K. C. (2011). *Getting started with geographic information systems*. Prentice Hall.
- Davenport, T. H., & Prusak, L. (1998). *Working knowledge: How organizations manage what they know*. Harvard Business School Press.
- Heywood, I., Cornelius, S., & Carver, S. (2011). *An introduction to geographical information systems*. Pearson Education.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic information systems and science**. John Wiley & Sons.
- Tomlinson, R. (2007). *Thinking about GIS: Geographic information system planning for managers*. ESRI Press.
- GIA. (2020). *The Four Cs of Diamond Quality*. Gemological Institute of America.
- Kirkley, M. B., Gurney, J. J., & Levinson, A. A. (1991). Age, origin, and emplacement of diamonds: Scientific advances in the last decade. *Gems & Gemology*, 27(2), 2-25.
- Mitchell, R. H. (1986). *Kimberlites: Mineralogy, Geochemistry, and Petrology*. Springer.
- Wills, B. A., & Finch, J. (2016). *Wills' Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery*. Butterworth-Heinemann.
- Heywood, I., Cornelius, S., & Carver, S. (2011). *An Introduction to Geographical Information Systems*. Pearson Education.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic Information Systems and Science*. Wiley.

Tomlinson, R. (2007). Thinking about GIS: Geographic Information System Planning for Managers. ESRI Press.

Arnold, B. J., & Klima, M. S. (2019). *Coal Preparation*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.

- Boynton, R. S. (1980). *Chemistry and Technology of Lime and Limestone*. John Wiley & Sons.

- Gupta, A., & Yan, D. S. (2016). *Mineral Processing Design and Operations: An Introduction*. Elsevier.

- Habashi, F. (1995). *Handbook of Extractive Metallurgy*. Wiley-VCH.

- Kogel, J. E., Trivedi, N. C., Barker, J. M., & Krukowski, S. T. (2006). *Industrial Minerals & Rocks: Commodities, Markets, and Uses*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.

- Marsden, J. O., & House, C. I. (2006). *The Chemistry of Gold Extraction*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.

- Schlesinger, M. E., King, M. J., Sole, K. C., & Davenport, W. G. (2011). *Extractive Metallurgy of Copper*. Elsevier.

Wills, B. A., & Finch, J. (2016). Wills Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery*. Butterworth-Heinemann.

Zhang, P., Miller, J. D., & El-Shall, H. (2015). Beneficiation of Phosphates: Comprehensive Extraction, Technology Innovations, Advanced Reagents. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.

Correia, J. (2010). Tratamento de Minério. Editora XYZ.

Gupta, A., & Yan, D. S. (2016). Mineral Processing Design and Operations: An Introduction. Elsevier.

King, R. P. (2001). Modeling and Simulation of Mineral Processing Systems. Butterworth-Heinemann.

Schulz, N. F. (1994). Diamond Processing Technology. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.

Wills, B. A., & Finch, J. (2016). Wills' Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery. Butterworth-Heinemann.

Gil, A. C. (2008). Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas.

Lakatos, E. M., & Marconi, M. A. (2003). Fundamentos de metodologia científica. São Paulo: Atlas.