



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

**PROPOSTA DE UM SIG PARA CORREÇÃO DA ESCOLHA DO MELHOR LOCAL
DE CONSTRUÇÃO DE BACIAS DE DECANTAÇÃO**

ESTUDO DE CASO: PROJECTO MINEIRO MUQUITA



AUTORA: CRISTEL TANDA SEQUEIRA

MATRÍCULA Nº: 112998

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

**PROPOSTA DE UM SIG PARA CORREÇÃO DA ESCOLHA DO MELHOR LOCAL
DE CONSTRUÇÃO DE BACIAS DE DECANTAÇÃO.**

ESTUDO DE CASO: PROJECTO MINEIRO MUQUITA

AUTORA: CRISTEL TANDA SEQUEIRA

ORIENTADOR: EMANUEL SATURNINO

LUNDA, 2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Sequeira Luzembo e Nzuzi Elisa Luzembo, que sempre me apoiaram em todos os momentos da minha vida.

Ao meu querido irmão Estevão João Sequeira pelo apoio emocional e principalmente financeiro que me prestou desde o pré-escolar até ao ensino superior.

Ao meu amado esposo José Mizaraque, o meu fiel companheiro pelo seu apoio incondicional.

A minha querida irmã Verónica Sequeira, pelo carinho e amor.

Aos meus colegas Tellys e Celmira, pelo papel que desempenharam para que hoje esse sonho se tornasse realidade.

Ao meu querido tutor o qual tenho muita admiração e respeito por tudo que fez para que hoje estivesse aqui diante de todos vós presentes nesta defesa.

AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo a "DEUS PAI TODO PODEROSO", por tudo que fez, que tem feito e ainda fará por mim. Pois eu creio muito no seu poder e sei que nada acontece sem a sua vontade.

Agradeço também aos meus pais, Sequeira Luzembo e Nzuzi Elisa Luzembo por me terem gerado e me educarem segundo os princípios religioso e académico.

Ao meu Esposo José Mizaraque, pelo incentivo e apoio incondicional nos momentos mais difíceis e que foram imprescindíveis para elaboração desse trabalho de fim de curso em Engenharia de Minas.

Ao corpo de docentes da FE-U.A.N departamento de minas representado pelo chefe de departamento Mc. Nlando Nkinkela, e aos docentes, Paulino Neto, Alice Ceita, João Adão de Carvalho (já falecido), Claudio Cabeia, António Alexandre, Yonesy Matos, Augusto Cazola, Manquenda Ambrosi, Mboko Domingos, Yoandro, José Dias, Sonia Afonso, José Inacio, e ao colega José Dala (já falecido) por serem excelentes professores.

Um especial agradecimento ao meu orientador, professor Emanuel Saturnino pela sua coordenação e liderança no desenvolvimento deste trabalho de fim de curso, pelo acompanhamento pontual e competente, pelos conhecimentos transmitidos e apoio constante e me incentivar durante a formação e na realização deste trabalho.

Agradeço aos Engenheiros Ernesto Rufino e Inoc pela disponibilidade e ajuda no fornecimento de dados utilizados neste trabalho.

Agradeço aos meus colegas, especialmente as mulheres que souberam defender com toda eficácia o género feminino nas engenharias.

Em suma, aqui vai o meu muito obrigado a todos vocês que contribuíram directa ou indirectamente para a elaboração deste trabalho.

CONTEÚDO

DEDICATÓRIA.....	III
AGRADECIMENTOS	IV
LISTA DAS TABELAS.....	VIII
LISTA DAS ABREVIATURAS E SIMBOLOGÍAS	XI
ABSTRACT	XIV
INTRODUÇÃO	15
JUSTIFICATIVA	16
FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	16
ESTRUTURA DO TRABALHO.....	18
CAPÍTULO 1 – ESTUDO DE ARTE	19
1.1-BACIA DE DECANTAÇÃO E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	20
1.1.1-Tipos de Bacias de Decantação	22
1.2-IMPORTÂNCIA DAS BAIAS DE DECANTAÇÃO NAS MINAS.....	23
1.3 – AS PRINCIPAIS CAUSAS DE ROMPIMENTOS DE BACIAS DE DECANTAÇÃO.....	25
1.3.1 - Exemplos de Consequências de má Escolha do Local de Construção da Bacia de decantação.	26
1.4 - Critérios para a Escolha do Melhor Local para Construção de Bacia de Decantação.....	27
1.4.1 - Declividade	28
1.4.2- Relevo da Bacia	28
1.4.3-Pluviosidade	29
1.4.4-Humidade do Solo	30
1.5 - DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES DA BACIA DE DECANTAÇÃO .	30
1.6-PROCESSO DE LOCALIZAÇÃO DE BACIA DE DECANTAÇÃO EM ANGOLA	32
1.7- INFLUÊNCIA DO LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO NA ESCOLHA DO MELHOR LOCAL DE CONSTRUÇÃO DA BACIA DE DECANTAÇÃO	32

1.7.2 Objectivo do Levantamento Topográfico	34
1.7.3- Tipos de Levantamento Topográfico	34
1.8- MÉTODO DE ESTUDO DSR.....	34
1.9 - SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG).....	36
1.9.1- Importância do SIG.....	37
1.9.2- Aplicação do SIG na Mineração	39
1.9.3- Parametrização	40
1.9.4- Órgãos do SIG.....	40
1.9.5- Modelos de Dados Geoespaciais	41
1.9.6- Modelagem.....	42
CAPÍTULO 2- METODOLOGIA.....	44
2.1- Metodologia	45
2.2 Tipo de Estudo.....	47
2.3- MÉTODO DE ESTUDO APLICADO NO PROJECTO	47
2.4.- FASES DO TRABALHO	49
2.5- Material Utilizado	49
2.6 – LOCALIZAÇÃO DA MINA	50
2.6.1- Clima da Região	51
2.6.2- Geomorfologia	52
2.6.3- Hidrografia	53
2.6.4- Geologia	54
CAPÍTULO 3 - DISCUSÃO E RESULTADO	56
3.1- MODELAÇÃO (“AS-IS”).....	57
3.1.1- Objectivo do processo	57
-Resultado do processo	57
3.1.3 -Linguagem natural.....	57
3.1.4- Modelagem em UML	58
3.2- Modelagem (“TO-BE”)	59
3.2.1- Objectivo do processo	59

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

3.2.2-Resultado do processo	59
3.2.3- Linguagem natural.....	59
3.2.4-Modelagem em UML	60
3.3 - IMPLANTAÇÃO DO SIG NA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA	60
3.3.3. Reclassificação e Atribuição de Pesos	62
3.3.4. Definição do local para Implantação da Bacia Adequando de Decantação.....	63
3.4-GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA SELEÇÃO DE ÁREAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE BACIAS DE DECANTAÇÃO.....	64
3.4.1- Declividade	64
3.4.2- Solos.....	65
3.4.3- Precipitação.....	67
3.4.5- Sobreposição Ponderada	68
CONCLUSÕES	71
RECOMENDAÇÕES.....	72
BIBLIOGRAFIA	73

LISTA DAS TABELAS

Tabela 1-Tempos relativos de sedimentação para esferas de tamanhos diferentes.....	21
Tabela 2- Variação do declive em função do tipo de relevo em %.....	28
Tabela 3- Intervalos de precipitação e classificação.	29
Tabela 4-Tipo de solo em relação a umidade.	30
Tabela 5- Coordenadas da concessão.....	51
Tabela 6- Modelação em processos na linguagem natural (AS-IS).	57
Tabela 7- Modelação em processos na linguagem natural (AS-IS).	58
Tabela 8- Processo na linguagem natural (TO BE).....	59
Tabela 9- Parametrização do SIG.....	60
Tabela 11- Distribuição de pesos de declive.....	64
Tabela 12- Distribuição dos pesos dos solos.	66
Tabela 13- : Distribuição dos pesos de precipitação	67

LISTA DAS FIGURAS

Figura 2- Processo de separação sólido-líquido.....	20
Figura 3- Bacia de decantação a céu aberto.....	22
Figura 4- Bacia de decantação subterrânea.....	23
Figura 5-- Acidente rompimento de uma bacia de decantação.....	26
Figura 6- Vila inundada por lama através do rompimento de uma bacia.....	27
Figura 7- Levantamento topográfico de um terreno.....	33
Figura 8- Levantamento topográfico de um terreno feito com drone.....	33
Figura 9- Uma aplicação de SIG.....	38
Figura 10- Imagens Raster/vetorial.....	42
Figura 11- Imagens Raster/vetorial.....	43
Figura 12- Mapa de localização da Concessão.....	50
Figura 13- Mapa de clima.....	51
Figura 14-- Mapa geomorfológico.....	52
Figura 15-- Mapa geomorfológico.....	53
Figura 16-- Mapa geológico da Concessão.....	55
Figura 17- Visão geral das camadas geradas no software ArcGIS 10.8.....	62
Figura 18- Mapa de declive da concessão.....	63
Figura 19- Mapa de solos.....	65
Figura 20- Mapa de precipitação.....	66
Figura 21- Mapa de áreas para implantação de bacias, resultante da sobreposição ponderada.....	68
Figura 22-- Mapa dos elementos da mina.....	68
Figura 23- Mapa de áreas para implantação de bacias de decantação.....	69
Figura 24- mapa de comparação do local da atual bacia de decantação e com o local propósto pelo SIG.....	70

LISTA DOS FLUXOGRAMAS

Fluxo grama 1- Fluxograma típico de beneficiamento de minério.....	24
Fluxo grama 2- modelação em processos na linguagem natural (AS-IS)	58
Fluxo grama 3- mostra processo na linguagem natural (TO BE)	60
Fluxo grama 4- Fluxograma a ilustrar as principais etapas metodológicas de trabalho.....	61

LISTA DAS ABREVIATURAS E SIMBOLOGÍAS

(C).....	Carbono;
(x).....	Coordenada horizontal;
(y).....	Coordenada vertical;
(cm).....	Centímetro;
(D).....	Declive;
(\$).....	Dólar;
(EN).....	Estrada nacional nº;
(E).....	Est - Este
(ESRI).....	Environmetal Sysrms Research Institite
(g/cm^3)	Gramas por centímetro cúbico
(°C).....	Grau celso
(GB).....	Gigabite
(GHZ).....	Giga Hertz
GPS.....	Sistema Global de Posicionamento
(HW).....	HardWare;
(H).....	Horizontal
(h).....	Hora/Profundidade
(L).....	Litros
(mm).....	Milímetro;
(Mbit/s).....	Megabit por segundo
(m^3)	Metros cúbicos;

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

(DMS)	.....Método de separação em meios densos;
(NW)	.....NetWare;
(N)	.....Norte;
(%)	.....Porcentagem;
(RPP)	.....Processo de planta rotativa;
(PW)	.....PeopleWare;
(km)	.....Quilómetro;
(km^2)	.....Quilómetro ao quadrado;
RAM	.....Random Access Memory;
(SIG)	.....Sistema de informação geográfica;
(SRTM)	.....Shuttle Radar Topography Mission;
(SW)	.....Soft Ware;
(S)	.....Sul;
(SHP)	.....Shapefile;
(SSD)	.....Solid State Drive;
(3D)	.....Tridimensional;
(TIFF)	.....Tag Image File Form;
(WGS)	.....World Geodetic System;
(W)	.....West – Oeste.

RESUMO

As actividades produtivas geram grandes impactos ambientais e riscos eminentes , principalmente as actividades de mineração, porém, um dos principais motivos de graves acidentes neste sector, é a falta de aplicação das novas tecnologias. Por isso, neste trabalho aplicou-se o SIG para a correção da escolha do o melhor local para a construção da bacia de decantação no projecto mineiro de MUQUITA , afim de evitarmos uma má localização porque isto acarreta consigo graves consequências . Rapidamente foi achado o resultado em função dos parâmetros tais como: tipo de solos, o declive, o relevo. Tudo isso utilizando o método de investigação DSR, que permitiu gerar um artefacto que cluminou na elaboração de um mapa com detalhes acerca da correção do melhor local onde podemos cosntruir a bacia de decantação no projecto MUQUITA.

Palavras chaves: bacia de decantação, localização, SIG.

ABSTRACT

Production activities generate major environmental impacts and imminent risks, especially mining activities, however one of the main reasons for serious accidents in this sector is the lack of application of new technologies. therefore, in this work GIS was applied to correct the choice of the best location for the construction of the decantation basin at the MUQUITA mining project, in order to avoid entails serious consequences. the result was quickly found depending on parameters such as: type of soil, relief and slope. All of this using the DRS research method, which allowed the generation of an artifact that culminated in the creation of a map with correction of the best location where we can build the decantation basin in the MUQUITA project.

Key words: devantation basin, location, GIS.

INTRODUÇÃO

Uma bacia de decantação é aquela onde se dá o processo de separação de misturas heterogêneas, ou seja, separação em misturas bifásicas como sólido-líquido. Onde os sólidos podem ser suspensos em meio líquido por injeção de reagentes coagulantes ou floculantes. Segundo PAIVA (2004). Na mineração ela é indispensável tal como nas outras indústrias devido a sua importância tais como por exemplo no tratamento de águas e os minerais elas são construídas adjacente das centrais de tratamento para servirem de apoio nos processos de tratamentos de mineiros principalmente dos rejeitos sólidos.

Sendo que hoje em dia antes de se partir para um investimento mineiro é importante levar em conta os aspetos ambientais, e as bacias de decantação dão um grande suporte na reposição das águas residuais nas minas para que sejam repostas nos padrões aceitáveis no ambiente reduzindo a turbidez das mesmas e o risco de contaminação dos rios.

Devido à necessidade de minimizar o tempo e custos, surge o tema: Proposta de implementação de um sistema de informação geográfica (SIG) para escolha do melhor local de construção de bacia de decantação.

Utiliza-se o GIS por ser um sistema de informação geográfica que trabalha com dados espaciais referenciados a partir da superfície da terra, gerando grandes quantidades de dados o que permite encontrar informações do melhor local de construção da bacia permitindo que haja mais segurança evitando um rompimento da bacia.

JUSTIFICATIVA

A evolução do mundo e o aumento da demanda concernentes aos minerais, está a levar muitas empresas mineiras a aumentar sua produção de modo a cobrir essa demanda. A mineração, como actividade essencial para a humanidade, deve ser realizada de modo que as empresas tenham uma maior rentabilidade e menos impacto ambiental, ou seja, com a evolução do mundo, o homem está preocupar-se cada vez mais em automatizar os diferentes processos em que ele está envolvido e a mineração não fica de fora deste processo de automatização, mas vários processos da mineração ainda são feitos de forma pouco actualizada em Angola, um deles é a escolha do melhor local para a construção de uma bacia de decantação.

Devido à necessidade de se minimizar os riscos de rompimento, tempo e o custo para se localizar o melhor local para a construção de uma bacia de decantação, surge o tema: **proposta de um SIG para correção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.**

FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Problema:

Dificuldade na identificação do melhor local para construção de bacias de decantação;

Causa:

- Uso de dados planimétrico e altimétrico desatualizados

Consequência:

- Rompimento da bacia de decantação;
- Poluição ambiental;

Solução

- Aplicação de um SIG, para correção da escolha do melhor local para construção de uma bacia de decantação;

Objecto de Estudo

- Bacia de decantação

Objectivo Geral

O trabalho desenvolvido tem como objectivo geral evidenciar as potencialidades do SIG na apresentação de zonas com aptidão para a construção de uma bacia de decantação, através da análise, interpretação, integração e representação de fenómenos com variabilidade espacial.

Objectivos Específicos

- Descrever o princípio de funcionamento e a importância das bacias de decantação na mineração;
- Detalhar os processos de escolha do local para construção de uma bacia de decantação no projecto Muquita;
- Comprovar com bases teóricas e práticas que com a utilização do SIG se podem localizar mais rápido e menos dispendiosas se escolher melhor o local para a construção de uma bacia de decantação.

DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O presente estudo limita-se a implementação de um SIG para localizar o melhor local de construção de uma bacia de decantação. (caso aplicado no projecto mineiro MUQUITA).

LIMITAÇÃO

As limitações do trabalho foram as seguintes:

- Os valores dos custos das actividades fora atribuído de forma aleatória, por serem variados em função de vários fatores, tais como, o tipo de empresa e a qualidade de mão de obra etc.

HIPÓTSES

- Se aplicarmos o SIG para a escolha do melhor local de construção de uma bacia de decantação, a probabilidade de escolhermos zonas com cotas altas são poucas, pois o SIG permite a visualização do terreno para seus mapas e dados em modelos 3D.
- Se utilizarmos o SIG, teremos dados actualizados com rapidez e maior facilidade, evitando erros de localização que possam causar consequências desastrosas.

ESTRUTURA DO TRABALHO

Além da nota introdutória onde apresentam-se a formulação de problema, as hipóteses, limitações, delimitações, objectivos e a estrutura do trabalho, o trabalho está dividido em três capítulos, sendo uma parte teórica e outra prática, conclusões, recomendações e referências bibliográficas. No primeiro capítulo aborda acerca do enquadramento teórico, que são os aspectos gerais ligados a fundamentações teóricas tais como definições e conceitos sobre os termos relevantes no tema. No segundo descreve-se a metodologia nela incluí o método de investigação utilizada, recolha de dados. No terceiro capítulo faz-se apresentação dos resultados para a resolução da problemática. E no final fez-se as conclusões e recomendações, bem como a divulgação das referências biográficas.

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

CAPÍTULO 1 – ESTUDO DE ARTE

1.1-BACIA DE DECANTAÇÃO E SUAS CARACTERÍSTICAS

Uma bacia de decantação é aquela onde se dá o processo de separação de misturas heterogêneas, ou seja, separação em misturas bifásicas como sólido-líquido. Onde os sólidos podem ser suspensos em meio líquido por injeção de reagentes coagulantes ou floculantes. Segundo PAIVA (2004).

As estruturas da bacia de decantação podem ter diferentes formas e tamanhos, dependendo da aplicação específica da quantidade de material a ser tratado. Geralmente, são construídas com suave inclinação no fundo para facilitar a coleta do lodo sedimentado.

O princípio de funcionamento da bacia de decantação consiste no seguinte:

- As partículas sólidas, presentes no líquido são introduzidas na bacia
- A bacia é protegida para que o líquido fique em repouso por um período suficiente para as partículas sólidas sedimentarem.



Figura 2- processo de separação sólido-líquido

Fonte: Paiva,2004

Partículas mais grossas podem ser sedimentadas apenas através da gravidade, enquanto que partículas muito finas devem sofrer processo de coagulação ou floculação com a utilização de reagentes químicos para que possam sedimentar (PAIVA, 2004).

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

O tempo de suspensão de uma partícula depende do seu tamanho e peso específico tal como ilustra a tabela abaixo:

Diâmetro das partículas em (mm)	Ordem de tamanho	Tempo necessário para sedimentação
10	Cascalho	0,3 segundos
1	Areia grossa	3 segundos
0,1	Areia fina	38 segundos
0,01	Limo	33 minutos
0,001	Bactérias	55 horas
0,0001	Partículas coloidais	230 dias
0,00001	Partículas coloidais	6 anos, 4 meses
0,000001	Partículas coloidais	Mínimo de 63 anos

Tabela 1- tempos relativos de sedimentação para esferas de tamanhos diferentes

Fonte: Paiva, 2004

Os coagulantes são substâncias químicas que diminuem a repulsão eletrostática entre partículas resultando na formação de coágulos. É uma ferramenta muito utilizada para redução da turbidez da água e separação das partículas em função das suas características. A seguir são apresentados os coagulantes mais utilizados: (PAIVA, 2004).

- Sulfato de alumínio - $A_2(SO_4)_3 \times n H_2O$ em que $n = 14,3$ ou 18
- Sulfato férrico - $Fe_2(SO_4)_3 \times 9 H_2O$
- Sulfato ferroso clorado - $FeCl_3 \times Fe_2(SO_4)_3$
- Cloreto férrico - $FeCl_3 \times 6 H_2O$

1.1.1-Tipos de Bacias de Decantação

As bacias de decantação podem classificar-se, quanto à sua implantação, em:

- Bacias a céu aberto, ou com nível de água permanente;
- Bacia subterrânea.

As bacias a céu aberto são geralmente construídas em terra, com taludes reforçados ou diques de proteção lateral. Podem resultar de simples interceptação de uma linha de água em local de fisiografia favorável, através de uma pequena barragem ou açude, ou de zonas em depressão natural com solos de resistência e características adequadas. São, naturalmente, as aplicáveis numa abordagem integrada de drenagem pluvial de infraestruturas rodoviárias, ferroviárias e aeroportuárias em zona rural. Segundo *(Lima 2003)*.



Figura 3- bacia de decantação a céu aberto.

Fonte: Paiva, 2004.

Bacias subterrâneas são estruturas situadas abaixo do nível do solo, geralmente construídas em betão armado a semelhança de reservatórios de água. São especialmente indicadas em zonas urbanas densas, com limitações na disponibilidade de terreno ou onde o seu custo for elevado. Trata-se de obras de construção civil importantes nas quais se torna praticamente indispensável

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

recorrer a instalações de bombagem para efeitos de esvaziamento da bacia, após o período de chuvada. Segundo (Lima 2003).



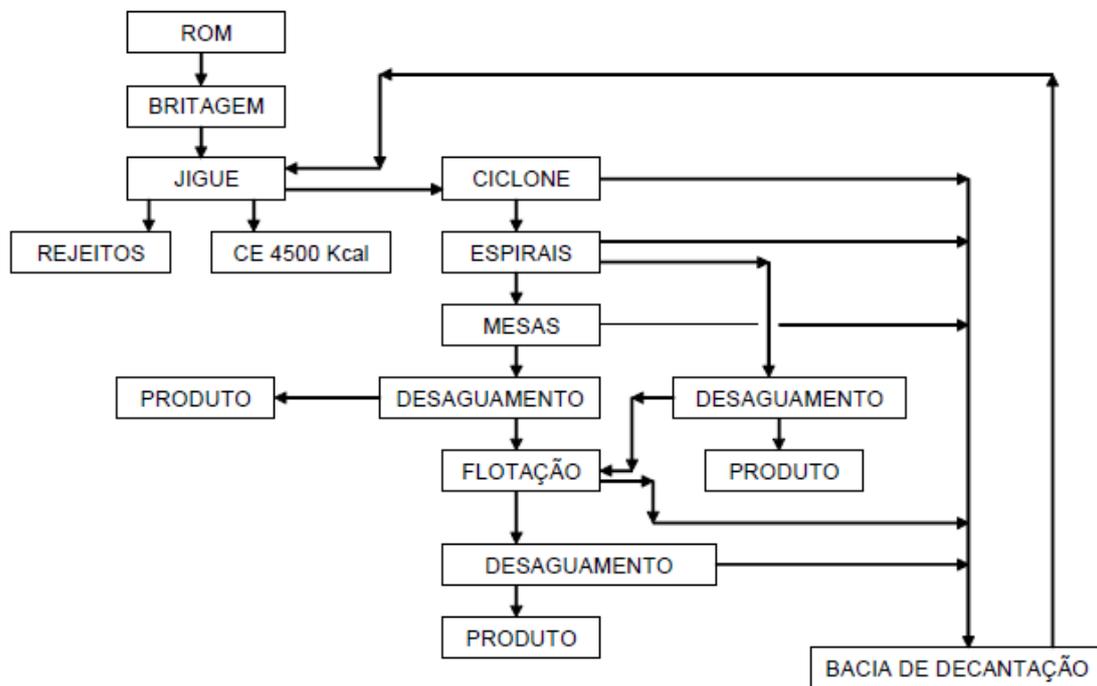
Figura 4- bacia de decantação subterrânea.

Fonte: [www.oficina 70.com. /areas-kimberlitica-e-diamantes-no-mt.html](http://www.oficina70.com/areas-kimberlitica-e-diamantes-no-mt.html).

1.2-IMPORTÂNCIA DAS BAIAS DE DECANTAÇÃO NAS MINAS

As Sobras ou rejeitos de uma unidade de beneficiamento por não terem, na maioria das vezes, valor comercial, devem ser descartadas de forma mais econômica possível e levando em consideração ao mesmo tempo, os problemas ambientais e as bacias de decantação é um tipo de barragem de rejeito tem como função de reter os resíduos sólidos e água dos processos de beneficiamento de minério.

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.



Fluxograma 1- Fluxograma típico de beneficiamento de minério.

Fonte: SIDERÓPOLIS; RIBEIRO, 2003).

. Em mineração, as bacias de decantação são frequentemente utilizadas para tratar a água utilizada nos processos minerários e conter resíduos sólidos provenientes desses processos.

A água utilizada no processamento de minérios pode conter substâncias indesejadas para e as bacias de decantação são empregues para remover sólidos, metais pesados e outros contaminantes dessa água, garantindo que ela tenda aos padrões ambientais antes ser descartada ou reciclada.

A utilização de bacias de decantação na mineração é essencial para evitar que contaminantes presentes na água, como metais pesados e sedimentos, sejam liberados nos corpos da água próximos. Isso ajuda a proteger ecossistemas aquáticos e reduzir os impactos ambientais negativos.

Nas minas as bacias de decantação podem também ser projetadas para gerenciar a água pluvial, ajudando a evitar a erosão do solo e a contaminação da água em períodos de chuvas.

Em resumo, bacia de decantação desempenham um papel crucial na gestão ambiental responsável em operações de mineração, contribuindo para a proteção dos recursos hídricos e a minimização dos impactos ambientais associados às actividades mineradoras.

1.3 – AS PRINCIPAIS CAUSAS DE ROMPIMENTOS DE BACIAS DE DECANTAÇÃO.

Segundo o professor Marcelo Giulian Marquesm do instituto de Pesquisa Hidraulicas da UFRGS, diz que “não há uma barragem ideal” cada uma é diferente da outra em função dos aspectos topográficos, geológicos, hidrológicos, econômicos, dos equipamentos disponíveis para a construção das características ambientais de segurança entre outras variáveis.

E quando não a um estudo aprofundando sobre estes aspectos mencionados e principalmente quando não se usam técnicas apropriadas e avançadas, causam acidentes graves com impactos que muitas vezes são irreparáveis como o caso de perdas de vidas humanas. E seguida vejamos alguns exemplos de pais que já vivenciaram acidentes de rompimentos de bacia de decantação.

1.3.1 - Exemplos de Consequências de má Escolha do Local de Construção da Bacia de decantação.

Zâmbia

Em Setembro de 1970 da bacia de decantação da mina de Mufulira, rompeu e arrastou um milhão de toneladas de resíduos tóxicos sobre a equipe que estava no turno da noite e morrendo no acidente 89 mineiros.



Figura 5- acidente rompimento de uma bacia de decantação .

Fonte: NOTICIAS.UOL.COM.

Itália

Em 1975, a bacia de decantação da mineradora prestável, na região do Treto se rompeu e derramou 180 mil metros cúbicos de lama na pequena localidade Stava e por conta da má localização da bacia a enxurrada desceu a encosta a uma velocidade superior a 90 km por hora, arrastando a vila, poucos moradores conseguiram escapar da tragédia. (NOTICIAS.UOL.COM.BR)



Figura 6 - vila inundada por lama através do rompimento de uma bacia

Fonte: NOTICIAS.UOL.COM.BR.

1.4 - Critérios para a Escolha do Melhor Local para Construção de Bacia de Decantação.

O dimensionamento e a implantação da bacia de decantação requerem o conhecimento da topografia e rede hidrográfica, clima (regime de precipitação), tipo do solo, tipo de ocupação da bacia de drenagem, sistema de drenagem existente, plano de desenvolvimento (esse aspecto reveste-se de grande importância por permitir definir, com maior rigor, as condições de pós-desenvolvimento) e condições do meio receptor de jusante.

Daí seguem as variáveis que proporcionam a escolha do melhor local para a bacia de decantação:

- Declividade e as condições de relevo;
- Pluviosidade (Chuvas);
- Taxa de infiltração da água no solo (Umidade);
- Tipo de solo.
- Taxa de aplicação superficial
- Altura do decantador
- Relação Comprimento/Largura
- Tempo de detenção

No presente trabalho vamos simplesmente abordar acerca dos principais parâmetros que levam a solução do nosso problema.

1.4.1 - Declividade

É a tangente da inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal, ou seja, é a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos. É dada pelo ângulo de inclinação (zenital) da superfície do terreno em relação à horizontal.

Os 25 valores de declividade podem variar de 0° a 90° e podem também ser expressos em percentagem segundo (Lima 2003):

$$D = \frac{dv}{dh} \times 100 \text{ (رقم)}$$

Declividades (%)	Tipo de relevo
0 – 3	Relevo plano
3 – 8	Relevo suavemente ondulado
8 – 20	Relevo ondulado
20 – 45	Relevo fortemente ondulado
45 – 75	Relevo montanhoso
>75	Relevo fortemente montanhoso

Tabela 2- variação do declive em função do tipo de relevo em %.

Fonte: EMBRAPA, 1999.

1.4.2- Relevo da Bacia

As características do relevo da bacia têm influência direta sobre o escoamento superficial, principalmente na velocidade do escoamento e na maior ou menor

tendência ao armazenamento da água na superfície ou depressões do solo. Entretanto, o relevo também influencia a evaporação, a precipitação e a temperatura, por serem função da altitude, dentre outras variáveis. Segundo (Lima 2003). A declividade apropriada para o melhor escoamento de água para a construção da bacia é (20% - 45%) e o que corresponde a relevos ondulados à fortemente ondulados com grau de suscetibilidade forte.

1.4.3-Pluviosidade

A pluviosidade é entendida como qualquer forma de água proveniente da atmosfera que atinge a superfície terrestre, como, por exemplo, neve, granizo, chuva, orvalho, geada, etc. O que diferencia as várias formas de precipitação é o estado em que a água se encontra. No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de pluviosidade (ou "unidade de medida de precipitação") é o milímetro (mm). Uma pluviosidade de 1 milímetro equivale ao volume de 1 litro (L) de água de chuva que se acumulou sobre uma superfície de área igual a 1 metro quadrado. Segundo (Lima 2003).

Intervalo de precipitação (mm)	Tipo de relevo
10-50	Muito fraca
50-100	Fraca
100-150	Moderadamente fraca
150-200	Moderada
200 – 250	Moderadamente forte
250 – 3005	Forte
>300	Muito forte

Tabela 3- intervalos de precipitação e classificação.

Fonte: SlideShare – Hidrologia e Sistemas de Drenagem.

1.4.4-Humidade do Solo

A umidade do solo ou teor em água é definida como a massa da água contida em uma amostra de solo dividido pela massa de solo seco, sendo expressa em quilogramas de água por quilogramas de solo, ou, multiplicando-se por 100, tem-se em percentagem. Segundo (Lima 2003).

Textura do solo	Conteúdo de água	
Tipos de solos	Humidade (m^3/m^3)	Nível de chuvas
Arenoso	0.10-0.15	60-70
Siltoso	0.30-0.33	200-220
Argiloso siltoso	0.38-0.50	150-160
Argiloso arenoso	0.28-0.4	90-100
Argiloso	0.406-0.408	250-300

Tabela 4- o tipo de solo em relação a umidade.

Fonte: Scielo - Revista de Engenharia Ambiental e Agrícola.

O tipo de solo apropriado para a construção de bacias de decantação é o argiloso com $(0.406 - 0.408) m^3/m^3$ de umidade e um nível de chuva de (250 – 300).

1.5 - DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES DA BACIA DE DECANTAÇÃO

O método consiste em dividir o (s) volume (s) obtido (s) por uma profundidade que se considera adequado, de acordo com o enquadramento biofísico e social do local de implantação da bacia de decantação (tipo de solo, proximidade à

área residencial, etc.). Deve-se, sempre que possível, evitar profundidades (h) elevadas (admite-se um $h = 1.0$ m). Porém, quando se opta por um h mais elevado, é necessário recorrer a medidas de segurança que podem passar, por exemplo, pela vedação completa do perímetro da bacia de decantação. Existe, ainda, a possibilidade de se optar por uma bacia de decantação enterrada (situação pouco conveniente).

A razão comprimento/largura da bacia de decantação não deve ser inferior a 2/1 e os taludes devem possuir um declive igual ou superior a 3H (horizontal):1V (vertical).

Em síntese, salientam-se os seguintes aspectos, que devem ser levados em consideração, no dimensionamento da bacia de decantação: Segundo (*Lima 2003*).

Os taludes protegidos com vegetação devem ter um declive $< 33\%$ (3H:1V) e uma altura não superior a 6 metros. Caso os taludes tenham uma proteção de enrocamento, o declive pode ir até 50% (2H:1V). A avaliação da estabilidade geotécnica do talude deve ser considerada para a situação de talude com altura superior a 3 metros, como apresentado em Sandvik e Sowers (1970) e Spangler e Handy (1982).

A bacia de decantação deve ser dimensionada com capacidade para armazenar, no mínimo, o escoamento referente ao período de retorno de 10 anos (NRCS, 1999 e VDOT, 2001). Contudo essa situação deve ser analisada em função do risco associado ao projeto, o grau de exigência de proteção face à sensibilidade do meio receptor de jusante. A erodibilidade da área em que se enquadra a bacia de decantação é também outro fator que se deve ter em consideração, visto que uma afluência excessiva de sedimentos pode comprometer a capacidade de armazenamento da bacia. Segundo (*Lima 2003*).

Devem-se adoptar descarregadores de superfície com largura da crista superior à profundidade, de modo a reduzir a velocidade do escoamento, na secção de

saída da bacia de decantação, evitando-se problemas de erosão e degradação do meio receptor.

Outros aspectos que devem ser considerados antes da instalação e definição da profundidade da bacia de decantação, são designadamente: Segundo (*Lima 2003*).

- A avaliação do nível de cheia.
- Segurança pública.
- Disponibilidade de espaço físico.
- Valor da terra.
- Ocupação e uso presente e futuro dos terrenos
- Flutuações do nível freático.
- Características do solo.
- Necessidades e facilidades de manutenção.
- Aspectos estéticos relativos à integração na paisagem.

1.6-PROCESSO DE LOCALIZAÇÃO DE BACIA DE DECANTAÇÃO EM ANGOLA

A legislação vigente em Angola, o código minério, não revela as medidas de controlo e segurança das bacias de contenção dos rejeitados minérios. Mas apresenta como uma exigência legal, a preservação do ambiente, ambiente na construção de bacias de decantação, a criação de circuitos de recirculação da água de modo a permitir o controlo da qualidade da mesma. Porém a construção de bacias de contenção de rejeito minério deve obedecer a critérios tecnicamente definidas pelos projetistas, para que a exploração seja feita com segurança.

1.7- INFLUÊNCIA DO LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO NA ESCOLHA DO MELHOR LOCAL DE CONSTRUÇÃO DA BACIA DE DECANTAÇÃO

Os estudos das áreas de interesse à implantação de uma bacia de decantação exigem levantamentos de dados básicos à caracterização adequada do local. A

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

topografia tem diversas aplicações essenciais, por meio dela, é possível coletar informações de um terreno como (www.vivadecora.com.br):

- Relevo;
- Limites entre terrenos;
- Confrontantes;
- Área;
- Localização;
- Amarração;
- Posicionamento

Esses dados são informados aos responsáveis pela execução de um projeto por meio de um documento chamado levantamento topográfico.

1.7.1- Levantamento Topográfico

Levantamento topográfico é uma medição precisa das divisas, distâncias e diferenças de nível em determinado terreno.



Figura 7- levantamento topográfico de um terreno.

Fonte: www.vivadecora.com.br.



Figura 8- levantamento topográfico de um terreno por meio de um drone

.Fonte: www.vivadecora.com.br

1.7.2 Objectivo do Levantamento Topográfico

- Trazer uma visão geral das dimensões e características do terreno para identificar possíveis problemas;
- Verificar as condições para início da obra;
- Garantir que o projecto seja adequado para aquela área
- Dar todas as informações arquitetónico e estrutural.

1.7.3- Tipos de Levantamento Topográfico

Planimétrico: tem como foco na descrição plana do terreno e calcula distância entre pontos e tamanhos da área.

Altimetria: estuda métodos e procedimentos de medidas de diferenças de nível ou distância vertical, ou sejam, trata-se da medição dos relevos de terreno, suas altitudes m entre outras informações.

Planialtimetria: é a associação da planimetria e da altimetria para o desenvolvimento de produtos.

1.8- MÉTODO DE ESTUDO DSR

Ciência do *Design* – É fundamentalmente um paradigma virado para a solução de problemas. Estende as fronteiras das capacidades humanas e da organização através da criação de artefactos inovadores. O seu objectivo é a “utilidade”.

As principais questões são:

- “Qual a utilidade fornecida pelo novo artefacto”
- “O que demonstra essa utilidade”.

Nesse sentido, uma vez estabelecido conceitualmente o que são a Design Science e a Design Science Research, é oportuno aprofundar o entendimento de seus principais elementos constituintes. Na sequência, procura-se definir conceitualmente o que são as “classes de problemas” e os “artefatos”, objetos

centrais do conhecimento em Design Science. A abordagem Ciência do *Design* ou *Design Science* (DS) tem como objectivo desenvolver conhecimento que possa ser usado pelos profissionais, nos seus campos de actuação, para resolução de problemas (Aken, 2005).

A (DS) é a criação de uma realidade artificial que represente a realidade, conforme analisado por Simon (1996) e Hevner e March (2004), tendo a mesma sendo denominada como ciência artificial.

Artefacto de TI (ATI) – Um Artefacto é tudo que não é natural, ou seja, algo que seja criado pelo homem, por isso, artificial e no caso das TI, os direcionados à solução de problemas organizacionais. São a representação estruturada dessa solução, sob a forma de SW, lógica formal ou descrição em linguagem natural.

A partir de um problema, teórico ou prático, identificado, é necessário conscientizar-se das repercussões para a organização de sua existência ou persistência. Além das repercussões, é necessário identificar quais objetivos ou metas seriam necessários para que o problema, transitoriamente, seja considerado satisfatoriamente resolvido. Esse procedimento consiste na “conscientização” e em um primeiro contorno do problema. Abaixo segue-se a descrição das fases do método DSR: MEDEIROS, (2010, p. 29) .

Conscientização

A etapa de Conscientização diz respeito à compreensão da problemática envolvida.

Sugestão

Conforme Manson (2006), a Sugestão é um processo essencialmente criativo, análogo ao processo de teorização, nas ciências naturais, em que “[...] diferentes pesquisadores podem gerar distintas teorias para um conjunto igual de observações [...]” (MANSON, 2006, p. 163). Logo, este processo pode ser considerado relativamente subjetivo e difícil de padronizar. Neste contexto, nesta fase se vai sugerindo as possíveis soluções em relação ao artefato em causa.

Desenvolvimento

O Desenvolvimento corresponde ao processo de constituição do artefacto em si (MANSON, 2006). Do ponto de vista de Simon (1996), é nesse momento que o pesquisador constrói o ambiente interno do artefacto, uma vez que os objetivos e o ambiente externo foram caracterizados na Conscientização. Essa construção pode utilizar diferentes abordagens, tais como: algoritmos computacionais, representações gráficas, protótipos, maquetes em escala, entre outros. Assim sendo, o principal resultado do Desenvolvimento é o artefacto em estado funcional. (ANDRADE et al., 2006).

Avaliação

A avaliação é definida como o processo rigoroso de verificação do comportamento do artefacto no ambiente para o qual foi projetado, em relação às soluções que se propôs alcançar. Uma série de procedimentos é necessária para verificar o desempenho do artefacto. (WORREN; MOORE; ELLIOTT, 2002).

Conclusão

Por sua vez, a Conclusão consiste na formalização geral do processo e sua comunicação às comunidades acadêmica e de profissionais.

1.9 - SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

O sistema é entendido por PINTO & PINTO como sendo um conjunto de objectos que interagem entre si em busca de um propósito lógico. [PINTO & PINTO, 2005; UHLMANN, 2002].

LUDWING VON BERTALANFFY define o Sistema como um complexo de elementos em interação. [LUDWING VON BERTALANFFY]. Para SOUSA, 2009, Sistema de Informação é um conjunto de processos executados sobre dados brutos para produzir informações que podem ser úteis durante a tomada de decisão.

AZEMOY, S. & SICHERMAN, 1981 apud PINTO, 2009 definem sistemas de informação geográfica como o conjunto de funções automatizadas, que fornecem aos profissionais, capacidades avançadas de armazenamento, acesso, manipulação e visualização de informação georreferenciada. [AZEMOY, S. & SICHERMAN, 1981 apud PINTO, 2009].

Neste sentido, se pode pensar que informação geográfica é informação sobre locais na superfície da terra e conhecimentos sobre onde alguma coisa está.

Conhecimento sobre o que está em uma dada localização; Informação geográfica pode ser muito detalhada, por exemplo, informação sobre as localizações de todas as edificações em uma cidade ou informação sobre cada árvore em uma floresta.

SIG são sistemas computacionais capazes de captar, armazenar, manipular, consultar, analisar, modelar, exibir e imprimir dados referenciados espacialmente sobre a superfície da Terra.

O desenvolvimento de um SIG obedece a quatro fases fundamentais, que são:

- Planeamento;
- Execução;
- Manutenção e actualização;
- Monitorização e Avaliação

1.9.1- Importância do SIG

Muitas outras tecnologias, ciências e técnicas são utilizadas na aquisição e manipulação de informações geográficas, entre elas, estão a cartografia, a geodesia, a topografia, a fotogrametria e os sistemas de informações geográficas (SIG), que são:

- Um sistema para entrada, manipulação e exibição de informações geográficas;

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

- Uma categoria de programa computacional;

Uma instância prática de um SIG combina programa computacional com equipamentos, dados, usuários e procedimentos, para resolver um problema auxiliar decisões e planejamentos.

O armazenamento, a recuperação, a pesquisa, a manipulação, o envio, a recepção, a cópia e a exibição de informações podem ser realizadas manualmente, porém desta forma essas atividades podem ser muito lentas, tediosas, de difícil padronização e com maior probabilidade de ocorrência de erros. Além disso, mapas em papel são difíceis de manejar, armazenar, enviar, receber e copiar. Desta forma, a utilização de computadores, dotados de programas Computacionais de SIG, torna essas operações mais fáceis e produtivas. Atualmente, todos os tipos de informações podem ser manipulados por computadores, dotados de programas computacionais específicos.

Existem dois significados distintos para SIG, um deles se refere a uma aplicação real de SIG, incluindo equipamentos, dados, programas computacionais, recursos humanos e métodos necessários para resolver um problema (uma aplicação de SIG), conforme se pode observar na figura abaixo.



Figura 9- Uma aplicação de SIG.

Fonte: Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás – Sistemas de Informações Geográficas.

Atualmente, um SIG pode ser aplicado a praticamente todas as atividades humanas, uma vez que essas atividades são sempre executadas em algum local, em alguma posição geográfica. As grandes aplicações de sistemas de informações geográficas requerem a montagem de uma equipe multidisciplinar, envolvendo profissionais de informática, bancos de dados, cartografia (cartografia, sensoriamento remoto, fotogrametria, geodesia, etc.) E os outros profissionais das áreas de aplicações do SIG, ou seja, se o SIG estiver sendo aplicado na gestão de distribuição elétrica, se fazem necessários na equipe os profissionais diretamente relacionados com gestão de eletricidade, o mesmo raciocínio pode ser feito com relação a agricultura, planejamento urbano, etc.

O SIG é um sistema muito eficiente na Optimização de localizações. Os SIG são ferramentas de extrema importância, uma vez que:

- Facilita o trabalho com uma grande quantidade de informação;
- O tempo de resposta, em tempo real no apoio à decisão;
- Fácil ou facilita a gestão e armazenamento de dados geográficos;
- Rapidez com que a informação pode ser actualizada.

1.9.2- Apicção do SIG na Mineração

Várias são a aplicação do SIG na mineração, porém no presente trabalho abordei sobre duas actividades muito usual nas minas que evidência com clareza o uso da mesma, a citar:

Determinar as alterações de uso da terra / cobertura da terra: Cobertura de terra significa a característica que está cobrindo a superfície estéril. Uso de terra significa a área na superfície utilizada para uso particular. O papel da tecnologia SIG nas aplicações de uso da terra e cobertura da terra é que podemos determinar mudanças de uso da terra / cobertura da terra nas diferentes áreas. Também pode detectar e estimar as mudanças no padrão de uso / cobertura da terra dentro do tempo. Ele permite descobrir mudanças súbitas no uso da terra e cobertura da terra, seja por forças naturais ou por outras atividades como o desmatamento.

Mapeamento: Mapeamento é uma função central do SIG, que fornecem uma interpretação visual dos dados. SIG's armazenam os dados em banco de dados e, em seguida, os representam visualmente em formato de mapas. Pessoas de diferentes profissões usam mapas para se comunicar. Não é necessário ser um cartógrafo experiente para criar mapas. Google maps e Bing maps são exemplo de webmap baseados em solução SIG.

1.9.3-Parametrização

Visto que todo e qualquer sistema colhe informações (In put), os processa e posteriormente os distribuí (Out put) , assim também funciona em S.I.G. Para que haja um resultado satisfatório do SIG a que se ter em conta um arranjo sequencial dos órgãos do SiG, sendo assim parametrizarão é a descrição dos órgãos da SIG com base a seguinte ordem:

- Recolha dos dados;
- Organização dos dados recolhidos;
- Armazenamento dados;
- Processamento dados;
- Distribuição das informações geradas pelos dados processados.

1.9.4- Órgãos do SIG

Peopleware (PW): os técnicos encarregues para idealizarem e resolverem o problema.

Hardware (HW): tudo que faz parte do sistema informatizado que é físico, ou seja, o conjunto de componentes electrónicos, circuitos integrados e placas que se comunicam através de barramentos.

Software (SW): é a parte lógica do sistema, ou seja, o conjunto de instruções e dados que são processados pelos circuitos electrónicos do hardware

Dataware (DW): sistema de gestão de base de dados

Netware (NW): servidores, rutes, cabos,internet

Procedure: Procedure ou procedimentos é um conjunto de instruções implementadas, ou regras estabelecidas para usar e gerir a BDGIS. São determinados por analistas de sistemas e programadores, que codificam diversos aplicativos, de formas a garantir a conservação dos dados e o bom funcionamento da BD.

1.9.5-Modelos de Dados Geoespaciais

Informação do mundo real é codificada e representada através de modelos de dados com localização espacial, georreferenciação e um conjunto de descritores quantitativos e qualitativos.

Esta representação dos elementos geográficos pode ter um formato vectorial (vetor) ou matricial (raster). (BREWER, 2005). No modelo de dados vectorial o espaço é ocupado por uma série de entidades (pontos, linhas e polígonos), descritas pelas suas propriedades e cartografadas segundo um sistema de coordenadas geométricas.

Neste tipo de modelo existe uma estreita relação com os conceitos associados à cartografia tradicional impressa, à qual é associada uma base de dados. Num modelo vectorial os objetos são estáticos e têm fronteiras bem definidas, sendo possível a utilização de objetos compostos e associação de tipologia, e podem ser representadas como entidades com distribuição espacial exata (localização de pontos de captação de água, estradas, usos do solo, etc.) (BREWER, 2005).

Num modelo de dados matricial ou raster, o espaço é composto por células ou pixels, às quais está associado um valor, representando uma superfície contínua de variação de um dado atributo de interesse. As dimensões da célula, medidas no terreno, correspondem à resolução espacial, com que o tema está representado. Os sistemas raster são os resultados dos desenvolvimentos tecnológicos das últimas décadas, e surgem como um prolongamento da aquisição de informação através de imagem. Neste tipo de modelos as células são dispostas de uma forma regular e a sua posição é identificável através do índice de linha e coluna, em conjunto com a coordenada da primeira célula e

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

com a dimensão da mesma, pelo que a topologia está implícita, são indicados para representações de grandezas com distribuição espacial contínua (pressão atmosférica, temperatura, etc.) (BREWER, 2005).

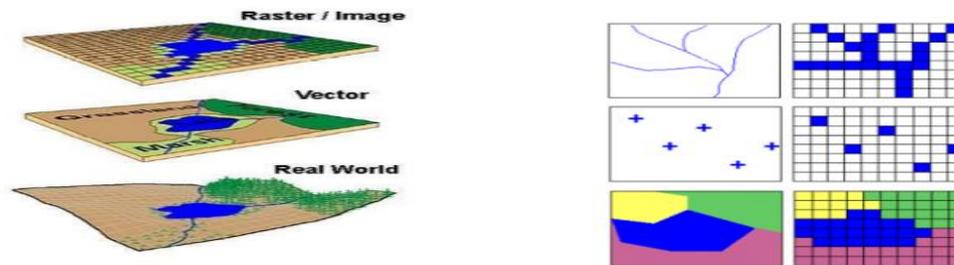


Figura 10- Imagens Raster/vetorial

Fonte: Artigo de Sistema de Informação Geográfica

1.9.6-Modelagem

As ferramentas computacionais para geoprocessamento, conhecidas como Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permitem realizar análises complexas ao integrar dados de diversas fontes dando origem a bancos de dados georreferenciados. O processo de Modelagem é a forma que se dispõe para traduzir o mundo real em outros domínios. A modelagem do mundo real é uma atividade complexa porque envolve a discretização do espaço geográfico para a sua devida representação. Os processos de modelagem de dados geográficos que buscam interpretar modelos numéricos altimétricos, utilizam grade de pontos regulares e irregulares que são representações matriciais onde cada elemento da matriz está associado a um valor numérico, dada por uma matriz de pixels com coordenadas planimétricas X e Y, e altimétrica Z que corresponde à elevação. O Modelo Digital de Elevação (Digital Elevation Model - DEM), por exemplo, é um dado para análise geoespacial altimétrica. SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) e ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) são exemplos de produtos obtidos através de diferentes técnicas de Sensoriamento Remoto¹. (BREWER, 2005).

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

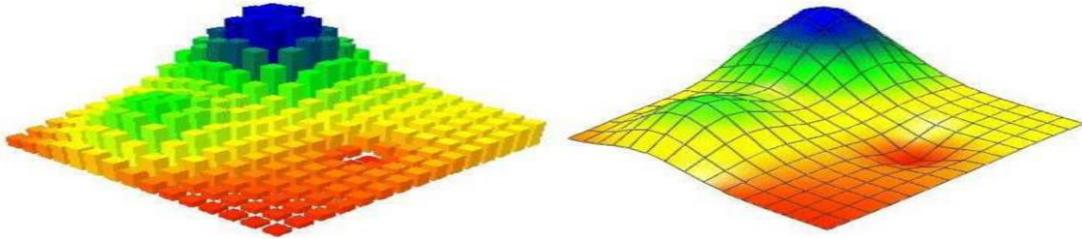


Figura 11- Imagens Raster/vetorial.

Fonte: Artigo de SIG-2003.

1.9.7 Ferramentas do SIG

ArcGIS

O ArcGIS é um conjunto de aplicativos computacionais de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) desenvolvido pela empresa norte-americana ESRI (Environmental Systems Research Institute) que fornece ferramentas avançadas para a análise espacial, manipulação de dados e cartografia e por sinal é o software que se escolheu para ser o presente trabalho. (BREWER, 2005).

Pois ArcGIS Desktop é composto pelos seguintes aplicativos: ArcMAP, ArcSCENE ArcCATALOG e ArcTOOLBOX.

Quantum GIS (QGIS)

Segundo Gary Sherman (2002) o Quantum Gis é uma ferramenta SIG que tem com função de captar, manipular, armazenar, e processar informações de carácter geoespacial.

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

CAPÍTULO 2- METODOLOGIA

2.1- Metodologia

Metodologia etimologicamente significa o conjunto de regras num ensino de uma ciência ou arte. Trata dos caminhos a serem percorridos para se realizar uma pesquisa ou um estudo, ou para se fazer ciência ou caminho ordenado e sistemático que se percorre na busca do conhecimento. Para FONSECA, 2002, significa o estudo dos caminhos e dos instrumentos utilizados para fazer uma pesquisa científica. [FONSECA, 2002].

É importante salientar a diferença entre metodologia e métodos. A metodologia se interessa pela validade do caminho escolhido para se chegar ao fim proposto pela pesquisa; portanto, não deve ser confundida com o conteúdo (teoria) nem com os procedimentos (métodos). Dessa forma, a metodologia vai além da descrição dos procedimentos (métodos e técnicas a serem utilizados na pesquisa), indicando a escolha teórica realizada pelo pesquisador para abordar o objecto de estudo. No entanto, embora não seja a mesma coisa, teoria e método são dois termos inseparáveis, “devendo ser tratados de maneira integrada e apropriada quando se escolhe um tema, um objecto, ou um problema de investigação”. [MINAYO, 2007].

Assim, segundo *Lakatos & Marconi (1991)*, um método de pesquisa é um conjunto de actividades sistemáticas e racionais que orientam a geração de conhecimento válidos e verdadeiros, indicando o caminho a ser seguido.

A Pesquisa pode ser pura ou Aplicada, sendo que a Pesquisa Pura (Básica) visa a satisfação do desejo de adquirir conhecimentos, sem que haja uma aplicação prática prevista, enquanto que a Pesquisa Aplicada é aquela em que os conhecimentos adquiridos são utilizados para aplicação prática voltados para a solução de problemas concretos da vida moderna (*Andrade, 2001*):

A Pesquisa pode classificar-se segundo:

- A Área da Ciência
- A Natureza

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

- Os Objectivos
- Os Procedimentos
- O Objecto
- A forma de abordagem

Podendo ser, segundo (*Joel Tauchen, 1998*), quanto:

A Área da ciência

- Pesquisa Teórica
- Pesquisa Metodológica
- Pesquisa Empírica
- Pesquisa Prática

A Natureza

- Trabalho Científico Original
- Resumo de Assunto

Os Objectivos

- Pesquisa Exploratória
- Pesquisa Descritiva
- Pesquisa Explicativa

Aos Procedimentos

- Pesquisa de Campo
- Pesquisa de Fonte de Papel

O Objecto

- Pesquisa Bibliográfica
- Pesquisa de Laboratório
- Pesquisa de Campo

A forma de abordagem

- Pesquisa Quantitativa
- Pesquisa Qualitativa

2.2 Tipo de Estudo

Para classificação da pesquisa, teve-se por base a metodologia apresentada por GIL (2008), que qualifica, em relação a três aspectos: quanto a natureza, quanto aos fins (objetivos) e quanto aos meios ou tratamento dos dados coletados.

a) Quanto a natureza a pesquisa é aplicada

Classificou-se por pesquisa aplicada porque, objectiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos do projecto.

b) Quanto aos fins (objetivos) a pesquisa é descritiva

Esta pesquisa permitiu descrever as principais características de um SIG, bem como as características de uma bacia de decantação e os parâmetros necessários para a sua construção.

c) Quanto aos meios a pesquisa foi definida por quantitativa e qualitativa (abordagem mista)

A pesquisa mista: Se integram a pesquisa quantitativa e a qualitativa e se combinam os dois processos para chegar aos resultados com clareza. Pois fez-se atribuições de pesos para descrição de certos parâmetros, mas também se fez algumas análises qualificativas como por exemplo a análise de tipos de solo.

2.3- METÓDO DE ESTUDO APLICADO NO PROJECTO

Para melhor condução do trabalho científico se utilizou o seguinte método: **Design Science Research.**

A missão principal da Design Science Research é, portanto, desenvolver conhecimento para a concepção e desenvolvimento de artefactos (VAN AKEN, 2004):

Conscientização

A etapa de Conscientização diz respeito à compreensão da problemática envolvida. Romme (2003) argumenta que pode ser necessário entender os problemas de uma perspectiva mais ampla, na qual o Pensamento Sistêmico (ANDRADE et al., 2006), no presente trabalho compreende-se a necessidade de se fazer a correção da escolha do melhor local de construção da bacia de decantação aplicando o SIG.

Sugestão

Definição do problema e caracterização. Nesta fase fez-se a elaboração dos elementos pré eliminares do trabalho, onde se destaca a problemática em estudo juntamente com as suas causas e hipóteses bem como os objectivos e a solução que foi proposto a resolver o problema , que no caso foi a aplicação do SIG.

Desenvolvimento

Empregou-se **Análise bibliográfica** desde o momento que se fez uma revisão de várias bibliografias encontradas em domínio público como livros, programas, revistas, monografias, levantamento dos dados e descrição das metodologias aplicadas e o respectivo método de estudo e gerar o artefacto que é o elemento que remete a solução do problema que neste caso foi o software arQGIS.

Avaliação

A avaliação foi definida como o processo rigoroso de verificação do comportamento do artefacto no ambiente para o qual foi projetado, em relação às soluções que se propôs alcançar. Uma série de procedimentos foi necessária para verificar o desempenho do artefacto, neste caso a avaliação foi observacional delimitado no campo de estudo, ou seja, dentro do projecto mineiro de Muquita.

Conclusão

Visto que, a Conclusão consiste na formalização geral do processo e sua comunicação às comunidades acadêmica e de profissionais, sendo assim, gerou-se o artefato desejado que possibilitou a construção de um mapa onde se podem definir o melhor local para construção da bacia de decantação no projeto mineiro Muquita tornando-se um material de uso aberto.

2.4.-FASES DO TRABALHO

Descrição dos elementos pré textuais: identificação do problema, sua descrição (causas e consequências), identificação e hipóteses e proposta de solução.

- Revisão bibliográfica: (levantamento de dados, análises de literaturas, seleção de conceitos teóricos);
- Modelação dos processos (AS-IS e TO BE)
- Avaliação dos resultados (aplicação do artefacto);
- Conclusões e recomendações

2.5- Material Utilizado

- Livros relacionados com o tema;
- Base de Dados da Divisão Administrativa da República De Angola;
- Dados solos de Angola, em formato SHP;
- Imagens de satélites e modelos de elevação digital (SRTM) que cobrem a área de estudo;
- GPS;
- Software ARCGIS;
- Computador;
- Carta topográfica folha nº 86, nome Lucapa.

2.6 – LOCALIZAÇÃO DA MINA

A área de concessão do Projeto Muquita está localizada na Província da Lunda-Norte, Município do Lucapa, à Nordeste do território angolano, cujas coordenadas do seu limite estão descritas na tabela 5. Ocupa uma área territorial de 190 Km², e é coberta pela carta topográfica à escala 1:100.000, Folha nº 86 de nome (Lucapa), contida na folha SC - 34 C-II, do IGCA, segundo o mapa.

O acesso à concessão pode ser realizado por via rodoviária, através da estrada nacional 180 (**EN180**) que liga a cidade do Dundo à cidade do Lucapa, passando pela aldeia do Sambuage. Do Sambuage I até a concessão, segue-se por picadas transitáveis numa distância aproximada de 5 Km.

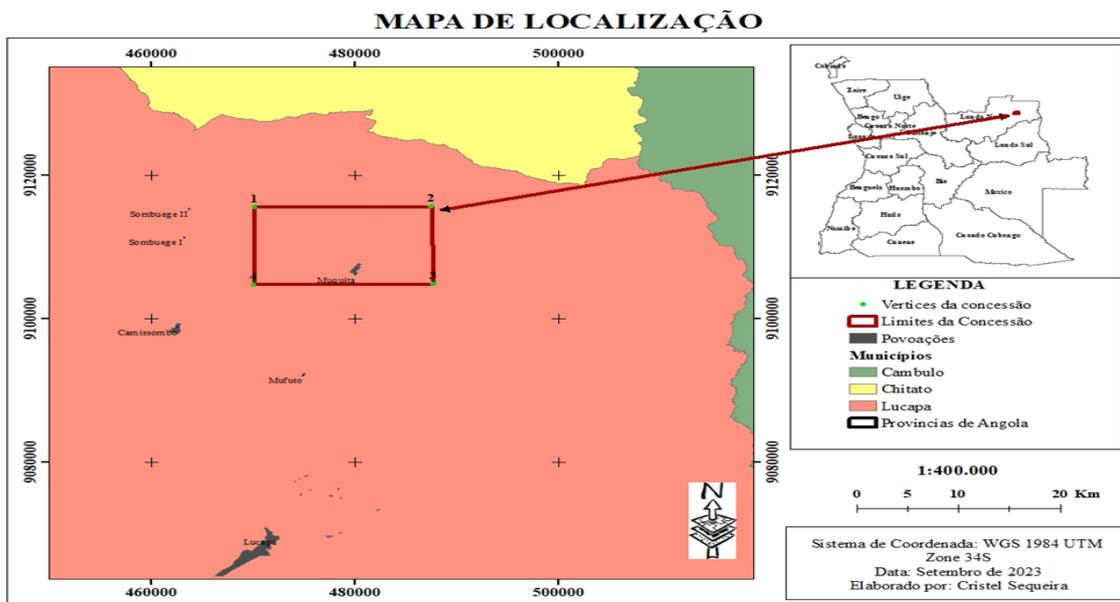


Figura 12- Mapa de localização da Concessão.

Fonte: autora.

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

VÉRTICES	X (UTM)	Y (UTM)
1	470075,531	9115586,146
2	487517,705	9115744,711
3	487676,270	9104882,994
4	469996,248	9104803,711

Tabela 5- Coordenadas da concessão.

Fonte: autora.

2.6.1- 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.

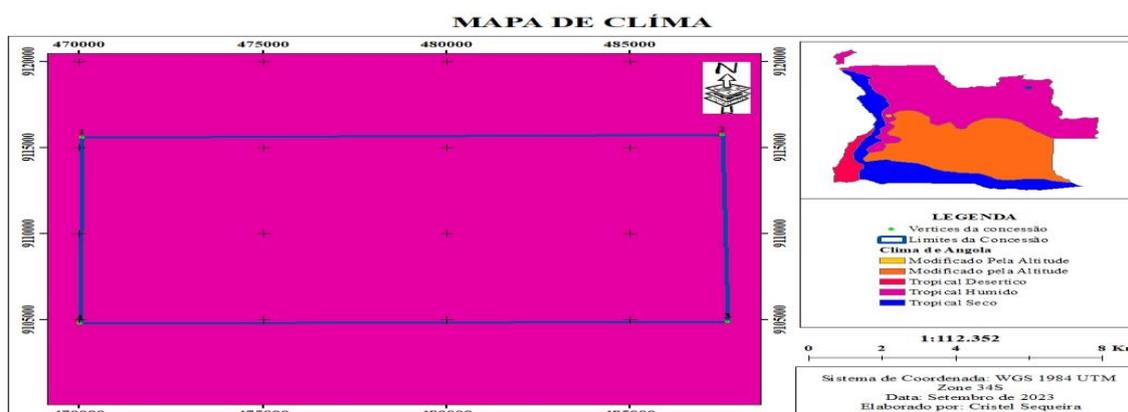


Figura 13- Mapa de clima.

Fonte: autora.

2.6.2-Geomorfologia

A geomorfologia da área da concessão é muito variável devido às diferenças de cotas.

Do ponto de vista topográfico pode-se verificar a presença de andares em forma de terraço. A beira dos rios existe grandes lezírias e para a montante existem terraços e colinas. A concessão está recoberta por depósitos sedimentares maioritariamente as áreas da formação Kalahari e Calonda, associados a presença de falhas geológicas e zonas de fraqueza estrutural e devido a influência dos agentes atmosféricos como as águas de ocorrência superficial, ventos, calor e agentes biológicos. Estes factores modelam o relevo originando uma geomorfologia muito variável. 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 723 à 945 metros de altitude (Figura 14).

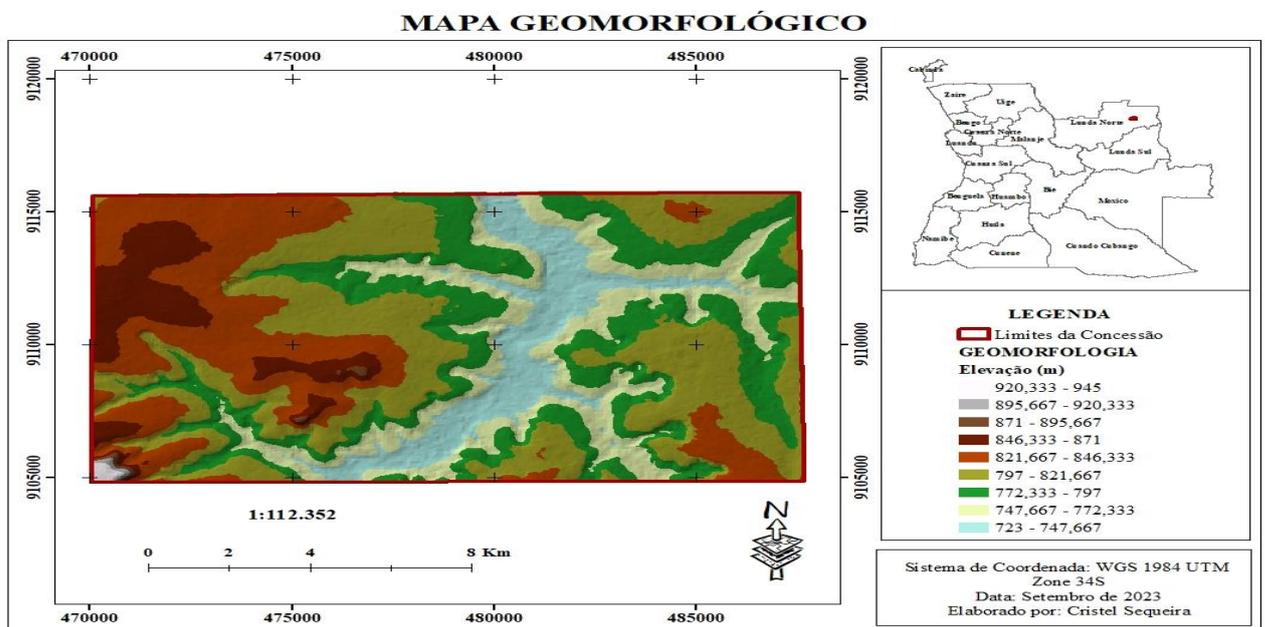


Figura 14- Mapa geomorfológico.

Fonte: autora.

2.6.3- Hidrografia

A área da concessão é atravessada de Sul à Norte pelo rio Luachimo, que é abastecido por diversos afluentes e subafluentes, nomeadamente, Luhemba, Muquita, Tchiunze, Tchimege, Tcheque, Xandumba, Capuápua e Caiunga.

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 15).

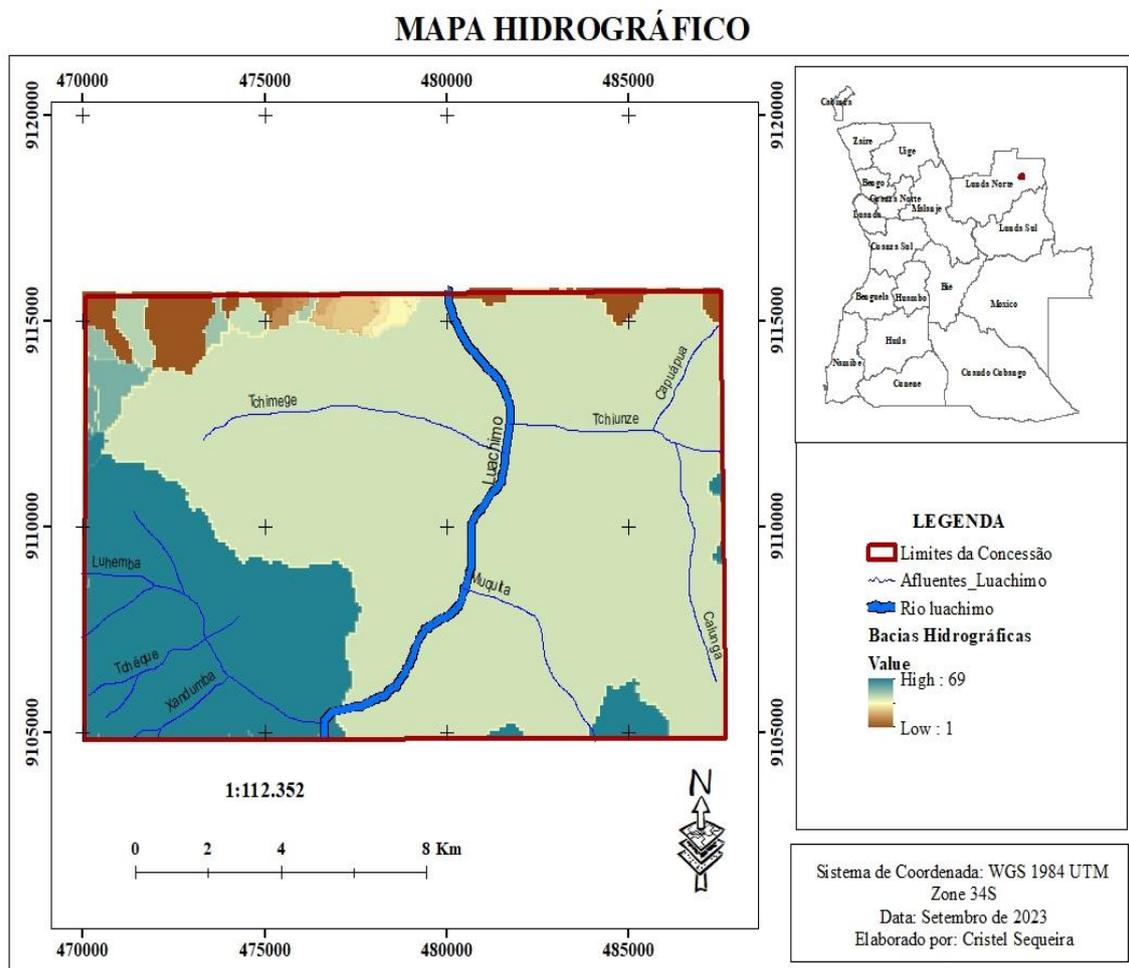


Figura 15- Mapa hidrográfico da Concessão.

Fonte: autora.

2.6.4- Geolgia

A geologia da área da Concessão, de acordo com a Carta Geológica de Angola à escala 1/1.000.000 é apresentada na figura 16. Está constituída da base ao topo pela seguinte sequência estratigráfica:

Substracto rochoso: Esta zona é caracterizada por gnaisses, granitos, grés quartzitos e xistos argilosos do grupo Luana.

Formação Calonda: Pertencente ao grupo kwango, apresenta conglomerados subarrendados a arredondados e por vezes achatados, aglomerados em uma matriz argilosa/areno-argilosa acastanhada com partes brancas resultante de alteração de feldspatos (caulino). Sobrejacente a essa camada, se observam pacotes arenosos pouco consolidados de cor violeta e castanha e argilosos por vezes alternados e raramente níveis conglomeratáticos.

Formação Kalahari: composta por areias não estratificadas e argilas.

Quanto a tectónica a concessão situa-se na área de influência do Graben do Lucapa que constitui uma série de falhas transformantes principais ocorrendo na África ocidental. O graben do Lucapa é o responsável pelo controlo estrutural e das erupções kimberlíticas que ocorrem nas Lundas e, por isso, são também, excelentes guias para a prospecção dos mesmos. A intrusão e disposição dos kimberlitos, relacionam-se com sistemas de fracturas de direcção E. NE-W. SW e N. NW-S.SE.

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

MAPA GEOLÓGICO

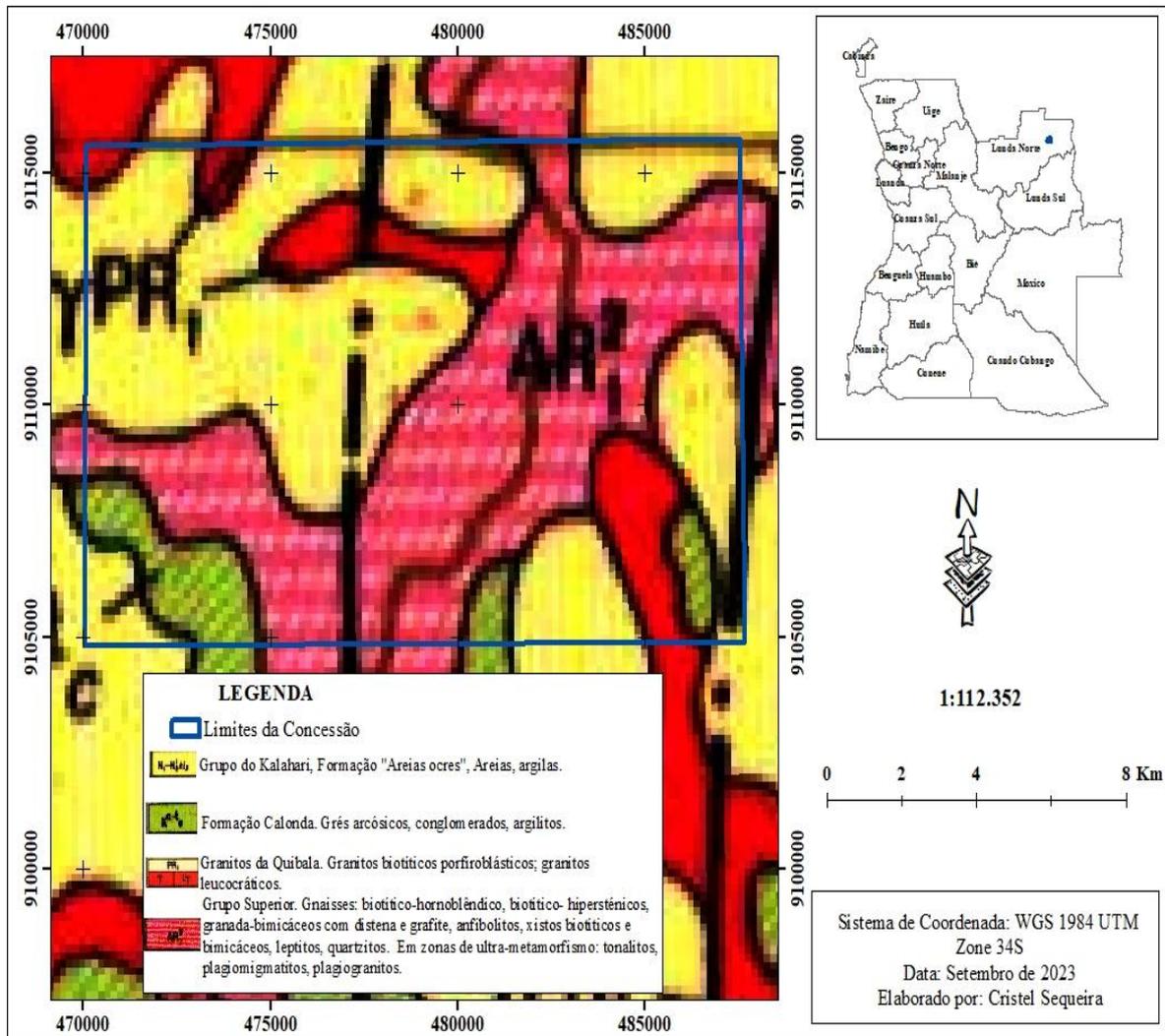


Figura 16- Mapa geológico da Concessão.

Fonte: autora.

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

CAPÍTULO 3 - DISCUSÃO E RESULTADO

3.1-MODELAÇÃO (“AS-IS”)

3.1.1- Objectivo do processo

- Identificar o local para a construção da bacia de decantação na mina MUQUITA

-Resultado do processo

- Construção da bacia de decantação

3.1.3 -Linguagem natural

Processo: recolha de dados

ID	AUTOR	ACTIVIDADE	MEIO	DURAÇÃO (h)	CUSTO (\$)
1	Topógrafo	Recolher de dados topográfico no campo.	Teodolito, fita métrica, mira.	5	30.000
2	Geólogo	Recolher de dados geológico no campo.	Trados manuais.	5	30.000
4	Engenheiro Ambiental	Estudar os possíveis impactos ambientais na fauna e flora.	Observações do terreno.	3	15.000

Tabela 6- modelação em processos na linguagem natural (AS-IS).

Fonte: autora.

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

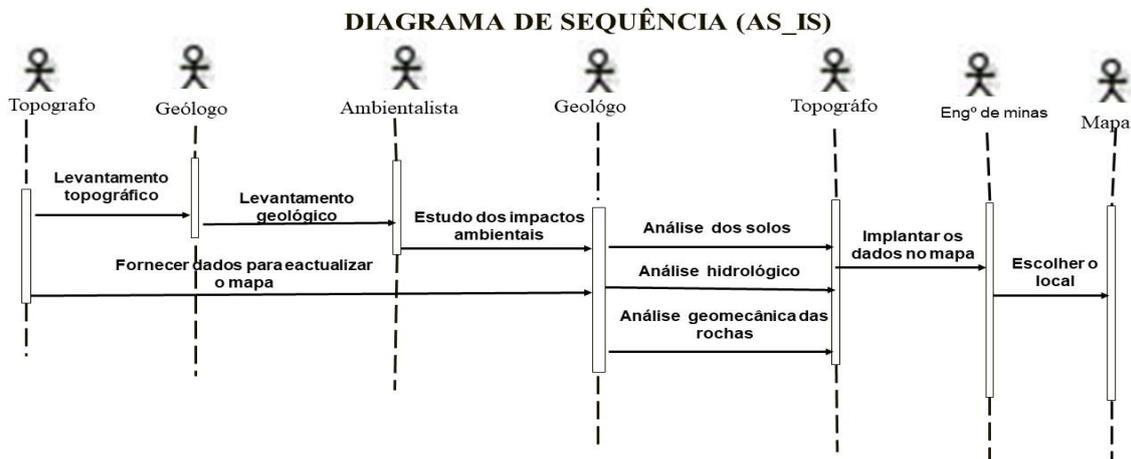
Processo: análise e escolha do local de construção

ID	AUTOR	ACTIVIDADE	MEIO	DURAÇÃO(h)	CUSTO (\$)
1	Geólogo	Analisar os tipos de solos, hidrologia local e analisar a geomecânica das rochas	Laboratório de geologia	2	150.000
2	Topógrafo	Implantar os dados topográficos, geológicos e ambientais no mapa.	Relatório técnico	3	20.000
5	Engenheiro de mina	Escolher o local de construção.	Mapa	15min	200.000

Tabela 7- modelação em processos na linguagem natural (AS-IS).

Fonte: autora.

3.1.4- Modelagem em UML



Fluxo grama 2- modelação em processos na linguagem natural (AS-IS).

Fonte: autora.

O seguinte procedimento levou a construção da bacia de decantação situada com as seguintes coordenadas do ponto central: 473422 Me e 9107347 Ms com uma distância de aproximadamente 22 m da lavaria.

3.2- Modelagem (“TO-BE”)

3.2.1- Objectivo do processo

Propor o melhor local para a construção da bacia de decantação na mina MUQUITA, aplicando o SIG.

3.2.2-Resultado do processo

Encontrar o melhor local para construí uma bacia de decantação.

3.2.3- Linguagem natural

Processo: recolha e processamento de dados.

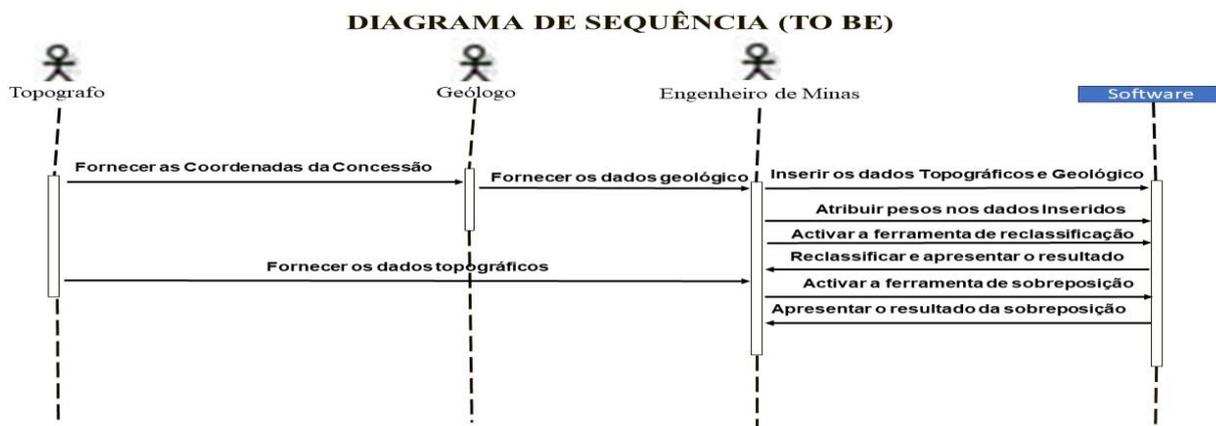
ID	ACTOR	ACTIVIDADE	MEIO	DURAÇÃO (h)	CUSTO (\$)
1	Topógrafo	Recolher os dados topográficos.	Gps	48	1500
2	Geólogo	Recolher os dados geológicos e climáticos.	Carta geológica e wordclim	72	600
3	Eng. de minas	Elaborar uma base dados.	ArcGIS	24	1000
4	Eng. de minas	Criar camada das topográfico geológicos e climáticos.	ArcGIS	2	1000
5	Eng. de minas	Atribuir pesos e activar a ferramenta de reclassificação.	ArcGIS	1	1000
6	Eng. de minas	Activar a ferramenta de sobreposição ponderada e apresentar os resultados de sobreposição.	ArcGIS	2	1000
7	Eng. de minas	Identificar o melhor local para implantação da bacia.	ArcGIS	5min.	2000

Tabela 8- processo na linguagem natural (TO BE).

Fonte: autora.

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

3.2.4-Modelagem em UML



Fluxograma 3 - processo na linguagem natural (TO BE).

Fonte: autora.

3.3 - IMPLANTAÇÃO DO SIG NA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

A proposta foi desenhada com base na informação disponível que permitiu a elaboração do mapa de comparação da bacia atual da proposta pelo SiG através da seguinte parametrização e etapas metodológicas:

ID	Componentes SIG	Descrição	Características	Quantidade
1	PW	Engenheiro de minas	Utilizador-Chave de SW SIG	1
2	HW	Computador LENOVO	1.80 GHZ	1
			Disco - SSD 480GB	
			RAM 8GB	
			Memória disco duro de 500 GB	
3	SW	ArcGIS 10.8	Processador - 2.2 GHZ	1
			Ecrã 15.5"	
4	DW	Base de dados SIG	Topográfica e Geográfica	1
5	NW	Rode LAN	Rede-802.11b	1
			Frequência-2,4GHz	
			Transmissão-11Mbit/s	
			Alcance 100m	

Tabela 9- parametrização do SIG.

Fonte: autora.

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

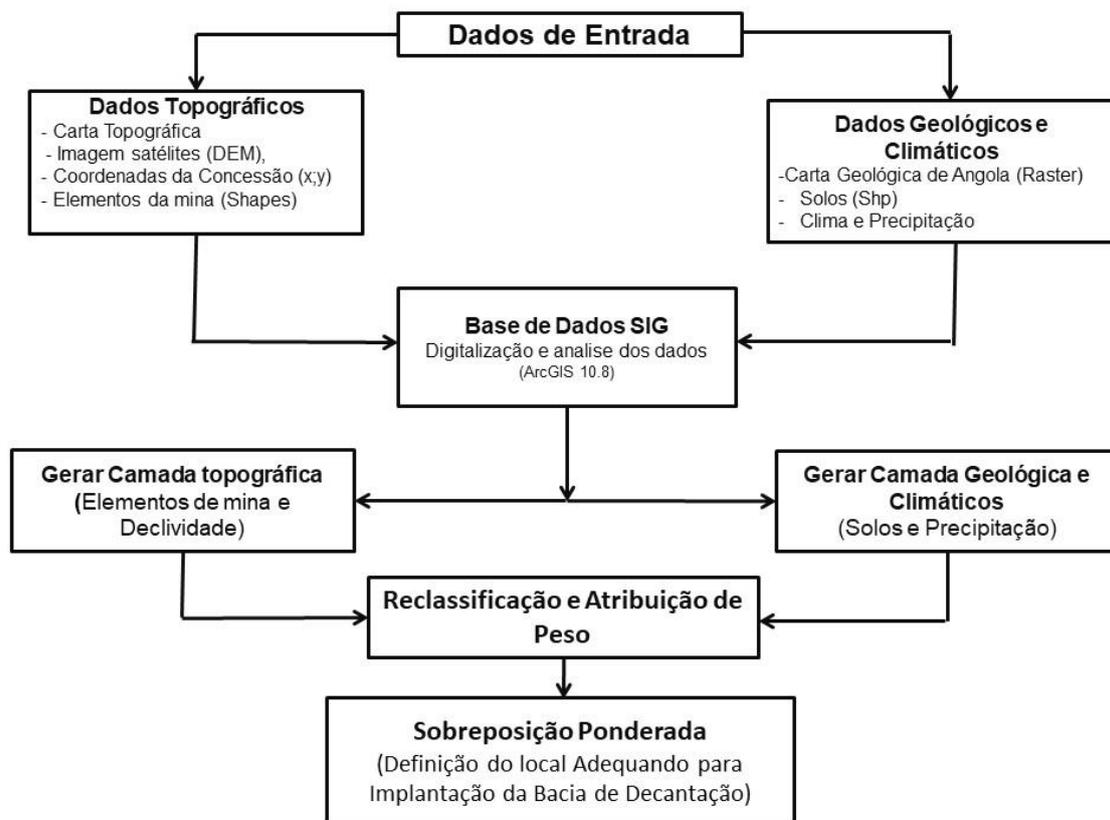


Figura 4 : Fluxograma a ilustrar as principais etapas metodológicas de trabalho.

Fonte : autora .

Cada dado de um SIG é expresso por camadas, representando uma informação diferente acerca da área.

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

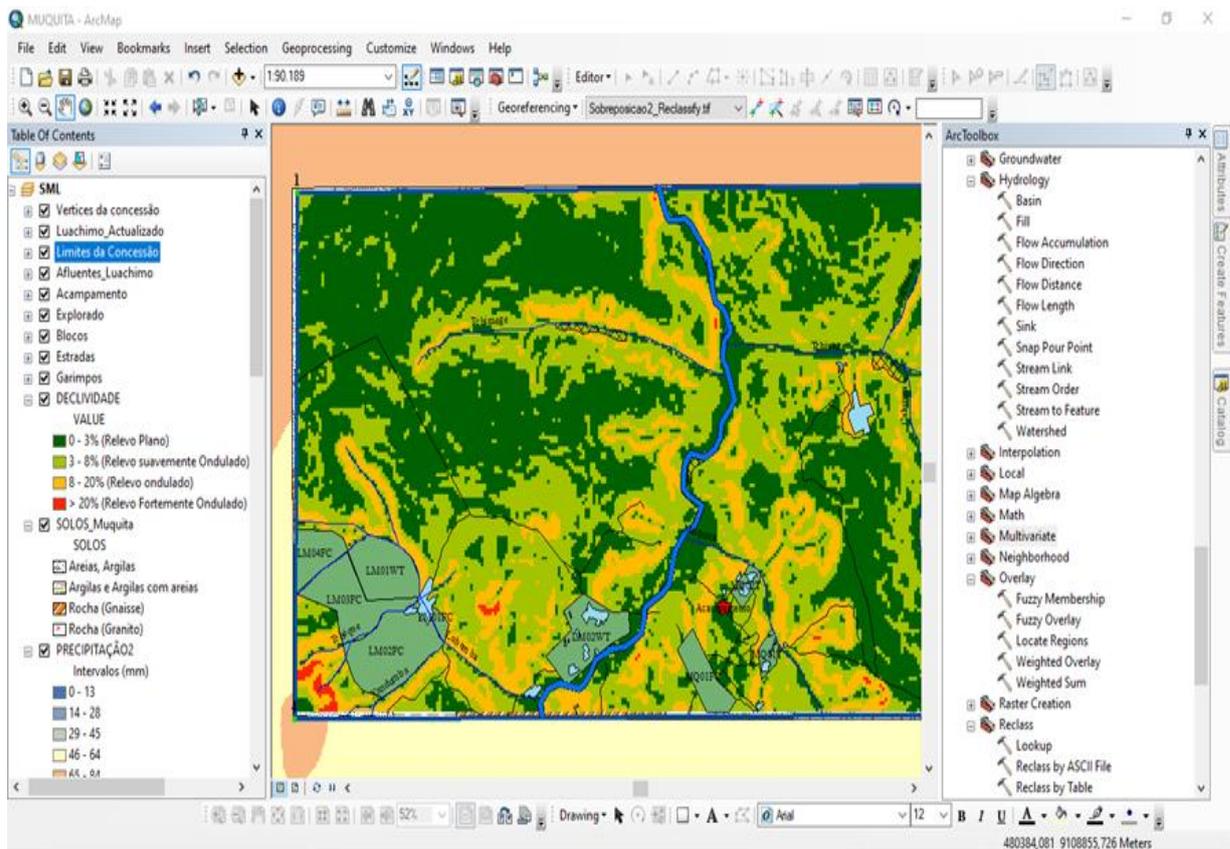


Figura 17- Visão geral das camadas geradas no software ArcGIS 10.8.

Fonte:- autora.

3.3.3. Reclassificação e Atribuição de Pesos

Os dados rasters obtidos tanto pelas análises topográficas quanto pelos dados geológicos e climáticos foram reclassificados, atribuindo pesos na escala de 0 à 10, sendo 0 para valores inadequados, 5 para valores moderados e 10 para valores adequados.

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

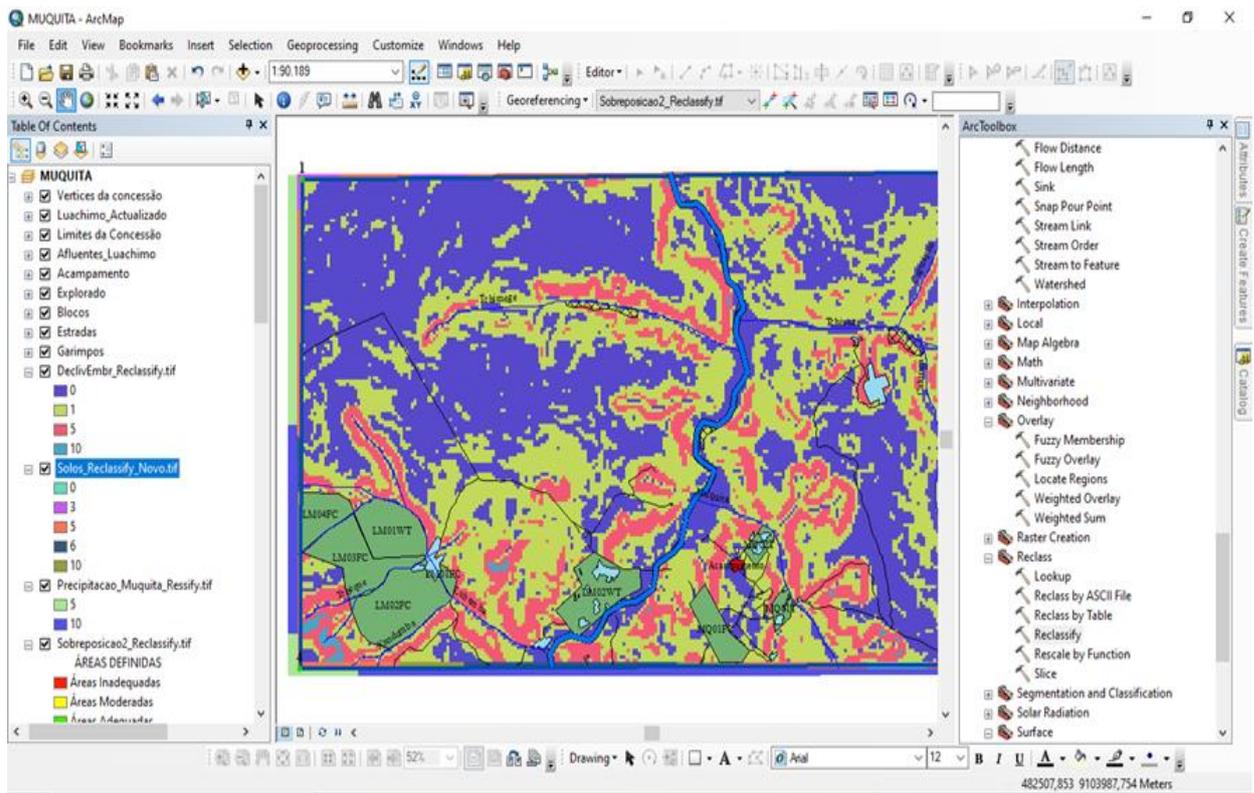


Figura 18- Visão geral das camadas reclassificadas no software ArcGIS 10.8.

Fonte: autora.

3.3.4. Definição do local para Implantação da Bacia Adequando de Decantação.

Usou-se a ferramenta de sobreposição da caixa de ferramentas do software ArcGIS, aplicando a sobreposição ponderada. Para isto, atribui-se percentagem de influência em cada parâmetro definido, sendo 55% para declividade, 40% para solos e 5% para precipitação. Desta sobreposição, resultou um ficheiro raster com intervalos entre 0 a 8. Do qual foi definido os seguintes intervalos: 0 – 4 (áreas inadequadas), de 4 – 6 (áreas moderadas) e de 6 – 8 (áreas adequadas).

Para seleção final da área fez-se a sobreposição do raster gerado com os elementos da mina (Localização dos blocos de exploração, lavaria, vias de acessos e acampamento).

3.4-GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA SELEÇÃO DE ÁREAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE BACIAS DE DECANTAÇÃO.

Para definir essa área é importante pôr em evidência os principais parâmetros e as suas respectivas classificações para construir uma bacia baseando -senas nos autores já citados no capítulo 2:

- Relevo (ondulado – fortemente ondulado)
- Declive (20°- 45°)
- Precipitação (muito fraca à fortemente moderada, isto é, 10-100 mm)
- Tipo de solo (argiloso, contendo 250-300 mm/m de nível água das chuvas e umidade de 0,406-0,480)

3.4.1- Declividade

A concessão Muquita apresenta um relevo plano à fortemente ondulado, na elaboração do mapa de declividade atribuíram-se os pesos dispostos na tabela abaixo considerando os parâmetros já descritos acerca da declividade.

Distribuição dos pesos de declividade

Classificação	Peso
Relevo Plano	0
Relevo suavemente ondulado	1
Relevo ondulado	5
Relevo fortemente ondulado	10

Tabela 10- distribuição de pesos de declive.

Fonte: autora.

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

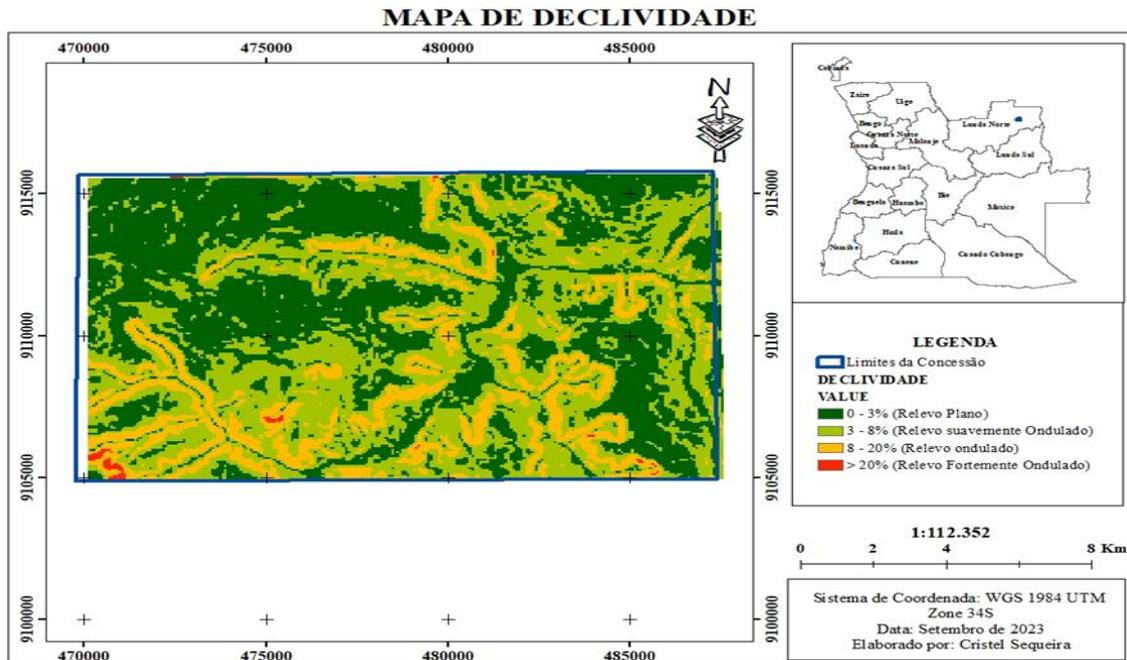


Figura 19- Mapa de declive da concessão.

Fonte: autora.

3.4.2- Solos

Segundo a carta geológica de Angola e conforme constatado no terreno, a área da concessão é coberta grande parte por camadas arenosas e areno-argilosas 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 maciço rochoso (Granitos).

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

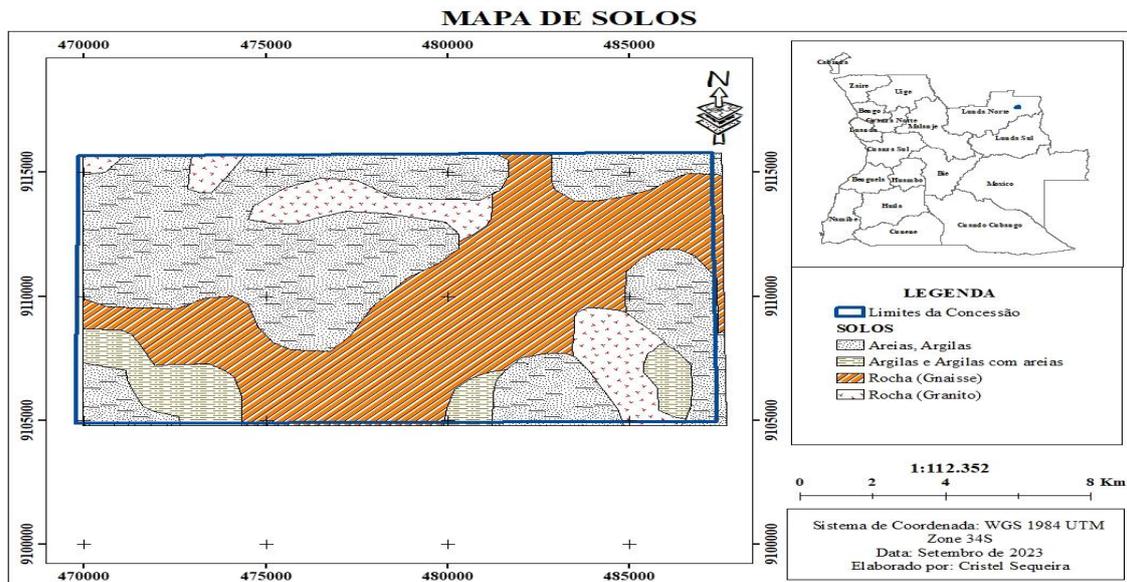


Figura 20- Mapa de solos.

Fonte: autora.

Distribuição dos pesos dos solos

Classificação	Peso
Rocha (Granito)	0
Rocha (Gnaisse)	3
Areias com argila	5
Argilas e argilas com areia	10

Tabela 11- distribuição dos pesos dos solos.

Fonte: autora.

3.4.3- Precipitação

Com base nos dados adquiridos pelo site WordClim, na área da concessão as quedas pluviométricas atingem níveis entre 46 – 84 mm.

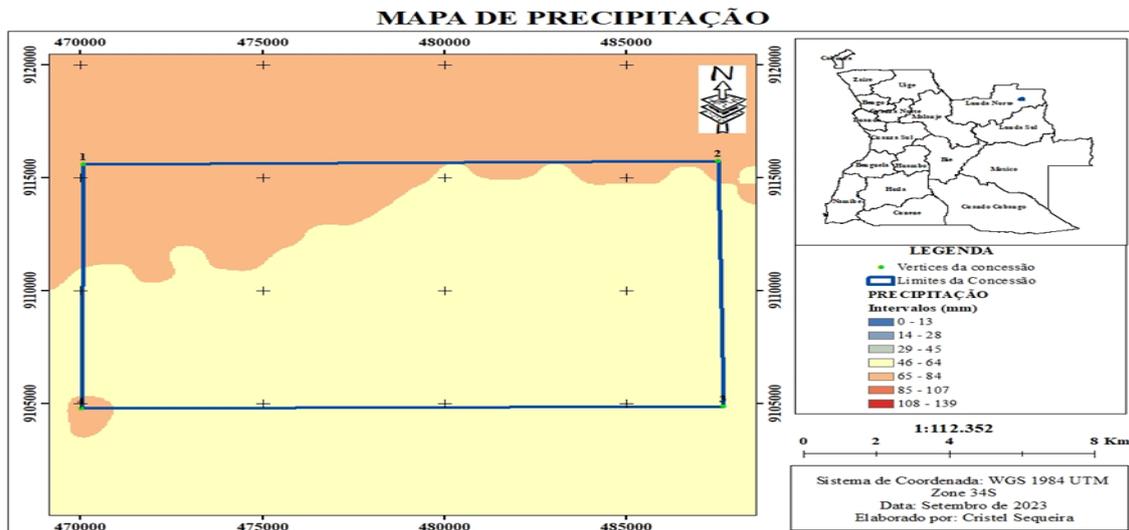


Figura 21- Mapa de precipitação.

Fonte: autora.

Distribuição dos pesos de Precipitação

Classificação	Peso
Muito Fraca (46 – 50 mm)	10
Fraca (50 – 84 mm)	5

Tabela 12- : distribuição dos pesos de precipitação

Fonte: autora.

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

3.4.5- Sobreposição Ponderada

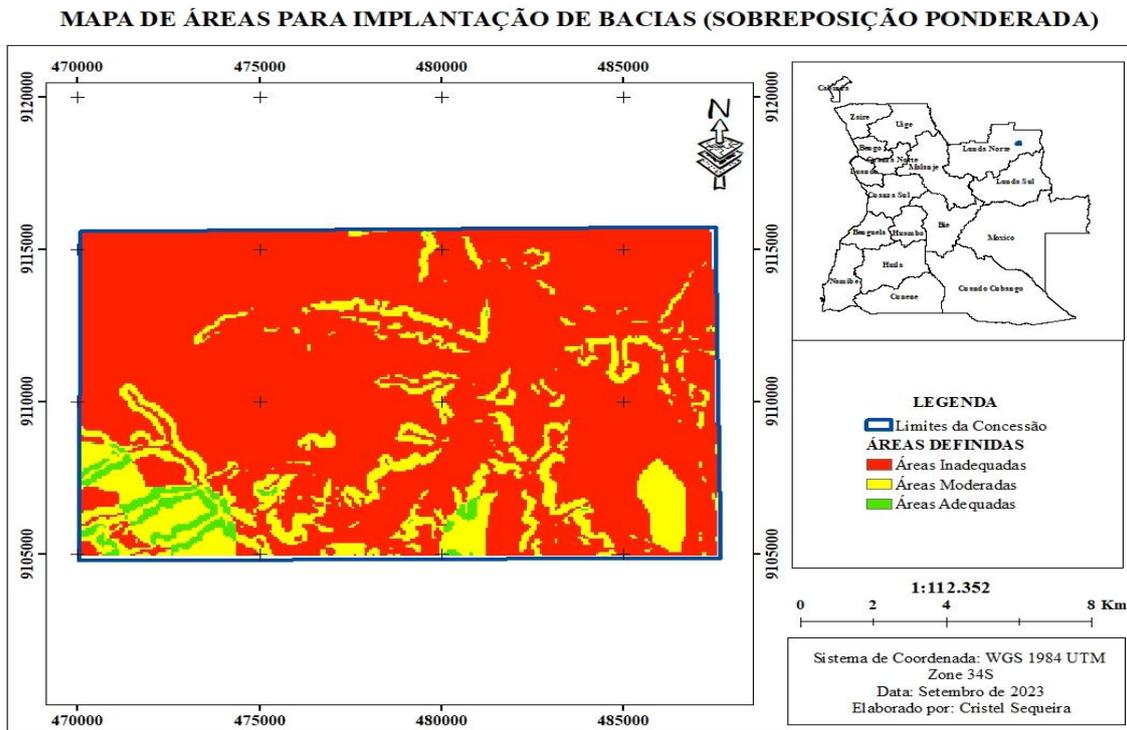


Figura 22- Mapa de áreas para implantação de bacias, resultante da sobreposição ponderada.

Fonte :autora.

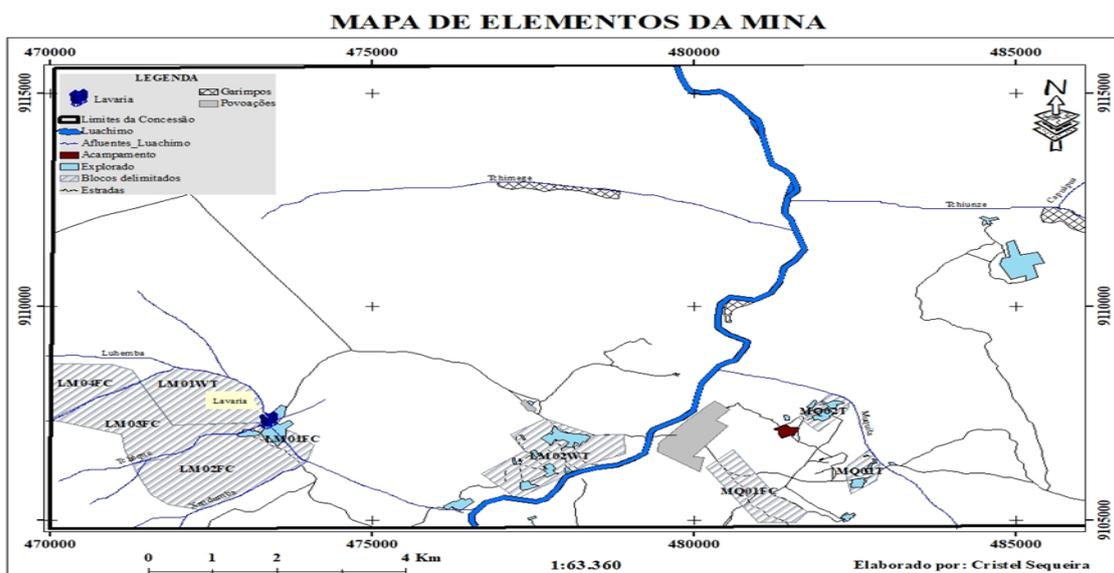


Figura 23- Mapa dos elementos da mina.

Fonte: autora.

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

Para melhor seleccionar a área para implantação da bacia de decantação, fez-se a sobreposição do raster resultante da sobreposição ponderada com o mapa dos elementos da mina.

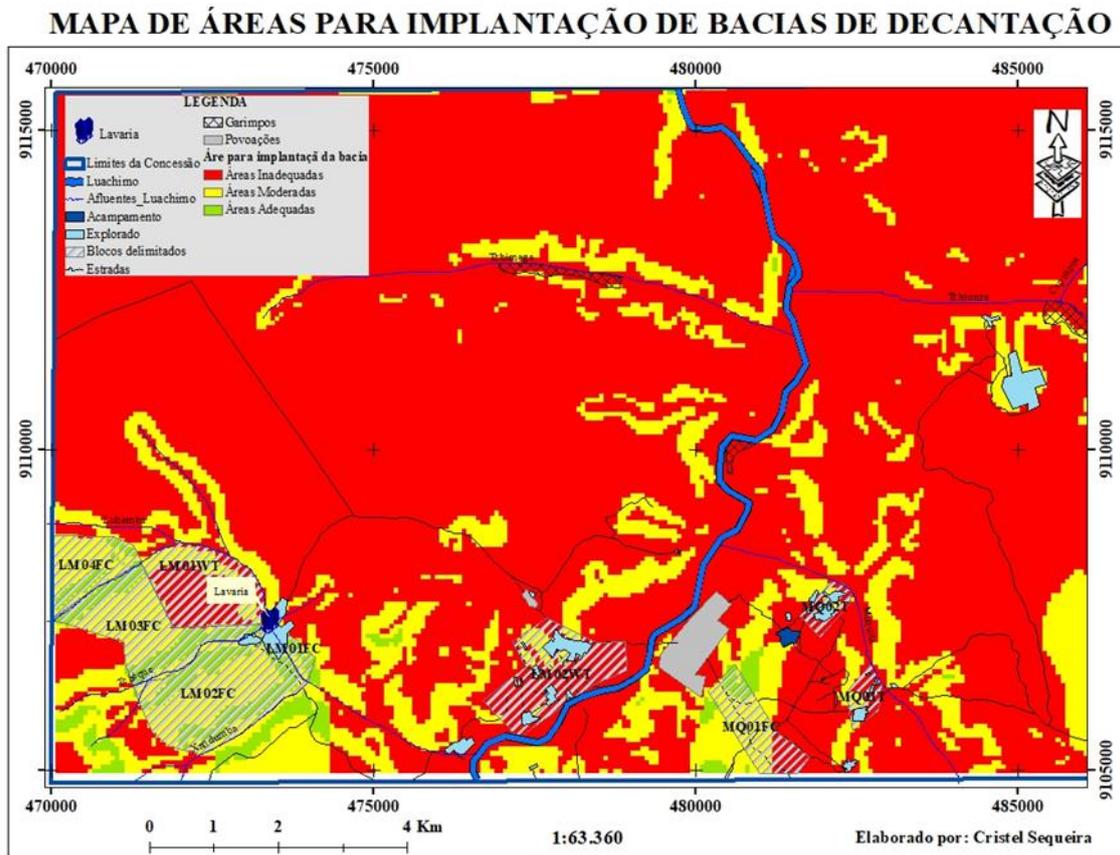


Figura 24- Mapa de áreas para implantação de bacias de decantação.

Fonte: autora.

Achada as zonas adequadas para implantar a bacia utilizando o SIG, comparamos com o local onde está situada a actual bacia de decantação do projecto com o local pro posto pelo SIG, concluí-se que ambos divergem sendo que a actual encontra-se à 22 m da central de tratamento e em zonas moderadas e a que foi proposta localiza-se à 120 m da central de tratamento em zonas adquadas, tal como ilustra a figura 25.

Proposta de um SIG para coreção da escolha do melhor local de construção de bacias de decantação.

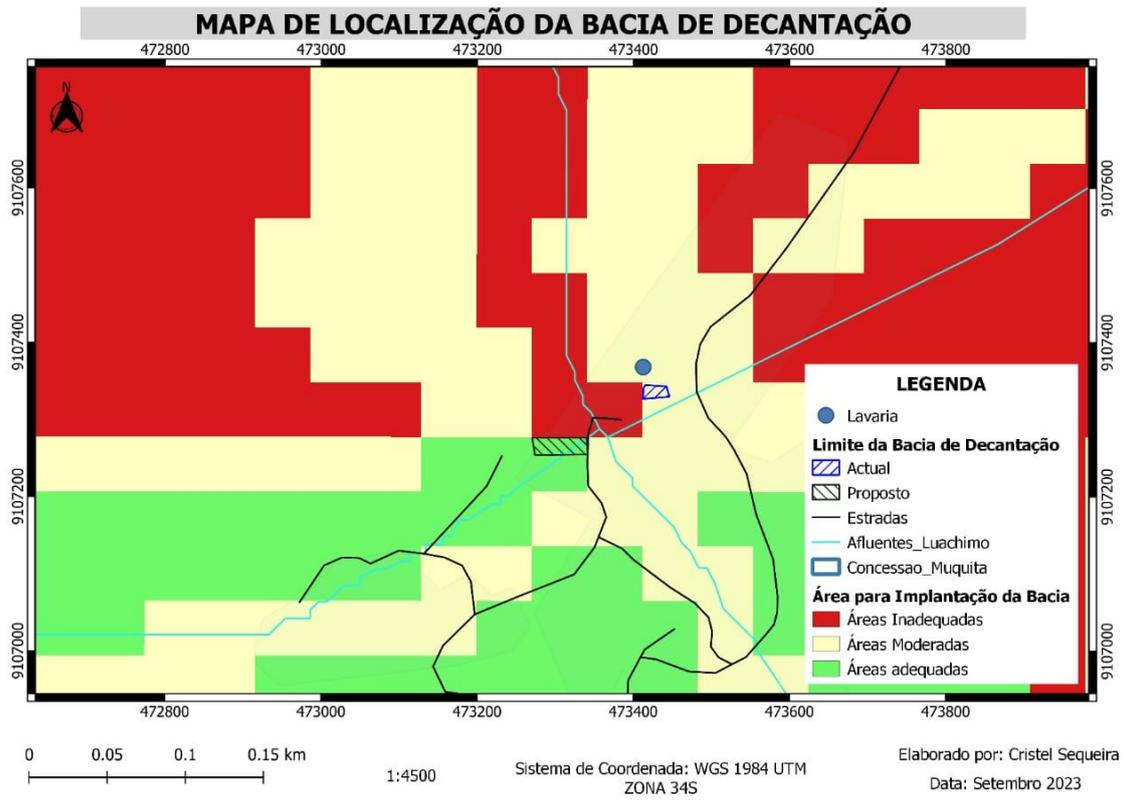


Figura 25- mapa de comparação do local da atual bacia de decantação e com o local propósto pelo SIG.

Fonte: autora.

CONCLUSÕES

Por tanto, tal como se definiu os objetivos do presente trabalho, conseguiu-se demonstrar que o geoprocessamento é uma ferramenta eficaz e rápido na determinação de áreas adequadas para a implantação de bacias de decantação. Na Concessão do projecto Muquita foram encontradas áreas adequadas para a instalação de bacias de decantação, que estão descritas na figura 24 e 25 que correspondem à cor verde, sendo o local mais favorável a zona de convergência entre os blocos LM01WT, LM01FC, LM03FC e LM02FC próximo da frente de tratamento (lavaria) a uma distância de aproximadamente 120 m da mesma, sendo que a localização da atual bacia de decantação recaiu em zonas moderadas a 22 m de distância da frente de tratamento, com isso pode-se corrigir a zona de escolha do melhor construção da bacia de decantação em MUQUITA.

RECOMENDAÇÕES

Recomendamos aos estudantes do departamento de minas da UAN, a estenderem esse nosso estudo, ao desenvolvimento de uma plataforma digital para escolha do melhor local para implantação de uma bacia de decantação de forma automática e em tempo real.

Recomendamos ao Projecto Muquita, a utilização de tecnologias e sistemas de informação, nomeadamente os SIG, para, de forma mais rápida e precisa, definirem o melhor local para implantação da bacia de decantação na sua área de exploração.

BIBLIOGRAFIA

Cavalcante, R. (2015). Apostila de Introdução ao SIG.

DECLIVIDADES DE TERRENOS VICENTE-2013

GABRIEL, R. (2013). ANÁLISE DE NÍVEL DE CHUVAS EM BACIAS DE DECANTAÇÃO.

HOFIG, P. (2014). Classes de Declividades do Terreno. PARANÁ.

INTRODUÇÃO AO SIG- prof. Emmanuel Sturnino 2022

Lacerda1, D. P. (2002). Design Science Research: método de pesquisa.

METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA, BARBOSA-2003

MODELAÇÃO DE DADOS

PAZ, A. R. (2004). Hidrologia Aplicada.

RODRIGUES, M. (2009). Sistema de Informação Geográfica.

S., G. R. (2015). MANUAL TÉCNICO DE METODOLOGIA.

PROCESSOS ORGANIZACIONAIS 1

WWW.OFICINA70.COM./AREAS-KIMBERLITICA-E-DIAMANTES-NO-MT.HTML

WWW.SCIELO.COM

WWW.VIVADecora.COM.BR