



UNIVERSIDADE AGOSTINHO NETO
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE MINAS



**TRABALHO DE FIM DE CURSO PARA OBTENÇÃO DO GRAU
DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA DE MINAS.**

**MÉTODOS DE ESCAVAÇÃO E EXPLORAÇÃO USADOS EM
DEPÓSITOS SECUNDÁRIOS DIAMANTÍFEROS DE ANGOLA**

Caso de Estudo: Minas aluvionares do Luana e Cuango

ELABORADO POR: LOPES ADÃO NSUNGANI
Nº: 108878

Luanda 2022



UNIVERSIDADE AGOSTINHO NETO
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE MINAS



**MÉTODOS DE ESCAVAÇÃO E EXPLORAÇÃO USADOS EM
DEPÓSITOS SECUNDÁRIOS DIAMANTÍFEROS DE ANGOLA**

Caso de Estudo: Minas aluvionares do Luana e Cuango

Realizado por: **Lopes Adão Nsungani**

Orientador: **Prof.Dr.Augusto Cazola**

Trabalho de fim de curso para
obtenção do grau de licenciatura,
Curso de Engenharia de Minas,
Universidade Agostinho Neto.

Luanda 2022

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, em memória, ao meu pai **Nsungani Pembele Dom-Manuel**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por me ter concedido saúde, sabedoria e discernimento na elaboração e conclusão deste trabalho.

A minha mãe, Nkolua Muzinga Josefina, pelo apoio incondicional, que me concedeu durante toda minha trajectória estudantil.

A minha filha, Josefina Clidânia Luzolo Nsungani, aos meus irmãos, Nsungani Sebastião, Epambani Sebastião, Tondele Nadia, e ao meu sobrinho Emanuel Geovany, que sempre estiveram ao meu lado.

Ao Eng.º Mamengui Tigana, que serviu como força de impulsão, e um espelho para que eu me tornasse o que eu me tornei hoje.

Ao Professor Dr. Augusto Cazola, pela orientação, apoio e conhecimento passado durante todo o período em que esse trabalho foi realizado.

Aos demais professores, pela quantidade de conhecimentos passados durante a minha carreira estudantil.

A todos meus colegas, amigos, que de forma directa ou indirectamente me ajudaram durante o meu percurso estudantil.

A todos ...

O meu

Muito obrigado.

EPIGRAFE

“Peçam, e será dado; busquem, e encontrarão; batam, e a porta será aberta. Pois todo que pede recebe; o que busca encontra; e aquele que bate a porta será aberto.

Mateus 7: 7-8

RESUMO

Os depósitos aluvionares são resultados da erosão de depósitos primários. Por isso, a escolha de um método adequado é um dos passos mais importantes, quando se pretende empreender no sector da mineração. Existem vários métodos usados para a exploração de depósitos secundários diamantíferos. Neste trabalho abordam-se os métodos de escavar e explorar os depósitos secundários de Angola e a forma como se procede o desvio do rio. Fala-se também dos equipamentos usados para o tipo de mineração, a eficiência dos equipamentos, a produção de um equipamento, os tipos de manutenção a se ter em conta, porque que as máquinas e os equipamentos mineiros têm um custo elevado. Finalmente aborda-se também o impacto ambiental que o mesmo sector tem causado como consequência do aproveitamento mineiro.

Palavras chaves: Depósitos Secundários; Método de Escavação; Método de Exploração; Desvio de Rio.

ABSTRACT

Alluvial deposits are the result of erosion of primary deposits. Therefore, choosing a suitable method is one of the most important steps when you want to undertake in the mining sector. There are several methods used for exploration in secondary diamond deposits. In this work, the methods of excavating and exploring in Angola's secondary deposits are discussed and the way in which the river is diverted, it is also discussed the equipment used for the type of mining, the efficiency of the equipment, the production of an equipment, the types of maintenance to be taken into account, because mining machines and equipment have a high cost. Finally, the environmental impact that the same sector has caused as a result of mining is also addressed.

Keywords: Secondary Deposits; Excavation Method; Exploration Method; River bypass.

ÍNDICE GERAL

CAPITULO I- INTRODUÇÃO	1
1.1-Formulação do Problema.....	2
1.2- OBJECTIVOS	2
1.2.1-Geral.....	2
1.2.2- Específicos	2
1.3-Hipóteses.....	2
1.4- Objecto de Estudo.....	2
1.5- Justificativa.....	2
1.6- Metodologia de Pesquisa.....	3
1.7- Delimitação do Tema.....	3
1.8- Breve Historial da Exploração de Diamantes em Angola	4
CAPÍTULO II- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
2- Depósitos Minerais	5
2.1- Classificação Geral dos Depósitos Minerais	5
2.2- Tipos de Depósitos	6
2.2.1- Depósitos Primários	6
2.2.2- Depósitos Secundários	8
2.2.2.1- Acção Erosiva dos Rios	9
2.2.2.1.1-Factores Condicionantes da Acção Erosiva dos Rios.....	9
2.2.2.1.2- Evolução dos Rios.....	11
2.2.2.2-Formação Calonda.....	12
2.2.2.3- Depósito de Colina.....	13
2.2.2.4- Depósitos de Vertente.....	14
2.2.2.5- Depósito de Terraço.....	14
2.2.2.6- Depósito de Lezíria.....	15
2.2.2.7- Leito de Rio (Depósito de Rio).....	16
2.2.2.8- Tipos de Pláceres.....	19

CAPITULO III- MÉTODOS DE ESCAVAÇÃO DE DEPÓSITOS SECUNDÁRIOS	20
3.1.- Bateamento	20
3.2- Em Calha	20
3.3- Dragagem	20
3.4- Desmorte Hidráulico	21
3.5- Métodos de Escavação Utilizados em Angola	21
3.6- Técnicas Superficiais – Surf Technique	22
3.7- Lixiviação in Situ	22
3.8- Critérios para a Selecção dos Métodos de Escavação	23
CAPÍTULO IV- MÉTODOS DE EXPLORAÇÃO DOS DEPÓSITOS SECUNDÁRIOS.....	23
4.1-Tipos de Métodos de Exploração	23
4.1.1- Exploração Rudimentar	23
4.1.2- Exploração Mecanizada	24
4.2- Consequências e Viabilidade.....	25
4.3- Critério para a Selecção dos Métodos de Exploração.	25
CAPÍTULO V- CASO DE ESTUDO	26
5.0- Parâmetros Técnicos para o Dimensionamento de Minas Aluvionares	26
5.1- Projecto Desvio de Rio	26
5.1.1- Dimensionamento de Blocos	28
5.1.1.1-Método de Isbash	28
5.1.1.2- Drenagem do bloco	28
5.2- Métodos de Prospecção de Jazigos Aluvionares	29
5.2.1 - Amostragem de Jazigos Aluvionares	29
5.2.2- Métodos Utilizados na Prospecção dos Depósitos Secundários em Angola.....	30
CAPITULO VI - DISPONIBILIDADE DAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS MINEIROS.	30
6.1- Equipamentos Utilizados.....	30
6.1.1- Unidades de Escavo-Empurradoras (Tractores)	30

6.1.2- Unidades Escavo-Carregadoras	32
6.1.3- Unidades Escavo-Transportador	35
6.1.4- Unidades de Transporte	36
6.1.5- Premissas para Dimensionamento de Equipamentos.....	37
6.1.6- Compatibilidade dos Equipamentos	37
CAPITULO VII- PRODUTIVIDADE DOS EQUIPAMENTOS.....	38
7.1- Parâmetros de Produtividade dos Equipamentos	39
7.1.1-Empolamento (e).....	39
7.1.2- Volume do balde (Vb)	40
7.1.3- Disponibilidade do Equipamento.....	40
7.1.4- Tempo de Ciclo.....	41
7.1.4.1- Tempo de Ciclo Mínimo.....	41
7.1.4.2- Tempo de Ciclo Efectivo	42
7.1.5-Eficiência de Operação	42
7.1.6- Resistência ao Rolamento	42
7.1.7- Produção de um Equipamento	43
CAPITULO VIII - MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....	44
8.1- Manutenção Mecânica.....	44
8.2 -Manutenção Correctiva.....	44
8.3 -Manutenção Preventiva	44
8.4- Manutenção Preditiva	45
CAPITULO IX- IMPACTO AMBIENTAL	46
9.1- Recuperação da Área Degradada.....	47
CAPITULO X – ANÁLISE COMPARATIVA E DISCUSÃO DE RESULTADOS.	49
10.1.1- Dimensionamento dos Blocos de Exploração.	50
10.1.2- Cálculo do Empolamento	50
10.1.3- Disponibilidade Mecânica	51
10.1.4- Disponibilidade Física	51
10.1.5- Tempo de Ciclo Mínimo	52

10.1.6- Tempo de Ciclo Efectivo	52
10.1.7- Eficiência dos Equipamentos	53
10.1.8- Resistência ao Rolamento.....	53
10.1.9- Produção de um Equipamento	53
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1- Modelo esquemático de formação e de intrusão kimberlítica com diamantes na superfície terrestre e sua mineração (fonte: modificado de Gemas do Brasil).....	7
Fig. 2.2. Esquema de meandros.fonte : wikipédia.....	11
Fig.2.3- Depósito do tipo plácer Fonte:Docplayer.....	12
Fig.2.4 –Formação calonda. Fonte:Docplayer.....	12
Fig.2.5 - Depósito de Colina. fonte: Sociedade Mineira do Cuango	13
Fig. 2.6- Depósito de terraço Fonte: Sociedade Mineira do Cuango	14
Fig. 2.7 - Depósito de lezíria- Fonte: Sociedade Mineira de Cuango.....	15
Fig. 2.8- Depósito de lezíria- Fonte:Sociedade Mineira de Cuango.....	16
Fig. 2.9- Depósito de leito de rio (Desvio do Rio Cuango) Fonte: Sociedade Mineira do Cuango	17
Fig. 2.10 -Depósito de leito de rio. Fonte: Sociedade Mineira do Luana	18
Fig. 4.1- Homem realizando o método de faiscagem com auxílio de uma bateia...Fonte: Pinho, Deyna. (2002).....	24
Fig. 5.1- Modelo de desvio de um rio. Fonte: Docplayer	26
Fig. 5.2- Rectoescavadeira abrindo a jusante. Fonte: Sociedade Mineira do Cuango.....	27
Fig. 5.3- Rectoescavadeira abrindo a montante .fonte. Fonte: Sociedade Mineira do Cuango	27
Fig. 5.4- Bombas Flygts – drenagem do bloco. Fonte: Sociedade Mineira do Cuango	28
Fig. 6.1: Tractor de esteira “bulldozer” .Fonte: Caterpillar.....	31
Fig. 6.2: Tractor de pneus “bulldozer. Fonte: Caterpillar.....	31
Fig. 6.3: Utilização do escarificador “bulldozer” Fonte: Caterpillar.....	32
Fig. 6.4: Escavadeira de esteira “Rectroescavadeira”. Fonte: Caterpillar.....	33
Fig. 6.5- Destaca um modelo de “Drag-line” em operação Modelo de “Drag-line” em operação Fonte: Caterpillar.....	33

Fig. 6.6: Modelo de pá-carregadeira sobre pneus	Fonte: Caterpillar.....34
Fig. 6.7- Modelo de pá-carregadeira sobre esteira.	Fonte: Caterpillar.....35
Fig. 6.8 – Motoscaper.	Fonte: Caterpillar.....35
Fig. 6.9- Modelo de camião comum de mineração.	Fonte: Scania36
Fig. 6.10- Modelo de camião fora de estrada.	Fonte: Caterpillar.....37

ÍNDICE DE TABELAS

Tab 3.1: Percentagens Das Explorações Nos Diferentes Tipos De Depósitos.Fonte : NASTRUSK.....	22
Tabela 5.1: Características das malhas de amostragem.Fonte: (NASTRUSKY).....	30
Tabela 6.1: Características das unidades de tração.Fonte: Ricardo e Catalani (2007)	31
Tabela 7.1: Pesos específicos, factor de conversão e empolamento de materiais. Fonte: Jaworski (1997).....	40
Tabela 7.2: Coeficientes de rolamento para vários tipos de terrenos. Fonte: Ricardo e Catalani (2007)	43
Tabela 10.1 – Dados das minas de Luana e Cuango.....	49
Tabela.10.2- Resultados obtidos por cada Mina.....	54

CAPÍTULO I- INTRODUÇÃO

A constante busca pelo aumento da produtividade e redução de custos, sempre esteve presente nos empreendimentos de mineração, mas em função da crise que se alastrou pelo país essa busca tornou-se ainda mais importante e necessária, possibilitando preços mais competitivos e lucrativos, factores que estimulam a busca por métodos e ferramentas que ajudam nos planeamentos e gerenciamento das minas.

Fazer a extracção do minério não é uma tarefa fácil, porque o custo envolvido torna-se elevado em função dos equipamentos empregados e dos custos para mante-los em operação. Neste caso, necessita-se de uma pessoa capacitada para realizar o dimensionamento desses equipamentos, um engenheiro de minas, que necessita ter alguns parâmetros em mãos para que o dimensionamento possa ser executado.

Na actualidade pode afirmar-se que o sucesso de uma exploração mineira depende em muito boa parte duma correcta selecção dos processos utilizados e das soluções adoptadas para a extracção do minério, ou seja, da correcta selecção do método de exploração.

Com o aumento da competição, diminuir os custos, tomar decisões rápidas e com maior confiabilidade, tornou-se imprescindível para a lucratividade das empresas.

O presente trabalho foi elaborado com intuito de apresentar os métodos de escavação e de exploração usados em depósitos secundários diamantíferos das sociedades mineiras de chitotolo, luana e cuango.

O primeiro capítulo faz uma introdução do trabalho, apresentando os objectivos gerais e específicos, bem como uma breve história sobre os diamantes em angola.

O segundo capítulo faz uma resenha sobre os depósitos minerais tanto primário quanto secundário, e também aborda a questão dos tipos dos depositos de placer.

O terceiro capítulo aborda acerca dos métodos de escavção usados em minas aluvionares e os seus critérios de selecção.

O quarto capítulo resume os métodos de exploração aluvionar e os seus critérios de selecção.

O quinto capítulo apresenta alguns parametros técnicos a se ter em conta para o dimensionamento de uma mina aluvionar

O sexto capítulo aborda a disponibilidade das máquinas e dos equipamentos mineiros, que são necessários para os trabalhos em minas aluvionares

O sétimo capítulo aborda a produtividade dos equipamentos mineiros

O oitavo capítulo resume os tipos de manutenção a se ter em conta com as máquinas.

O nono capítulo aborda a questão do impacto ambiental, no contexto geral, quando se trata de exploração mineira.

O décimo capítulo faz uma análise comparativa e a discussão de resultados, das minas estudadas (Luana e Cuango).

1.1-FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Para efectuar actividades de extracção de diamantes nos depósitos secundários requer-se a seleção criteriosa do método de exploração mais eficiente, ou seja, que resulte na concordância da relação custo- benefício, pelo que há necessidade de seleccionar-se uma técnica que optimize o processo, e que minimize o impacto ambiental, uma vez que o mesmo é inevitável nas actividades mineiras.

1.2- OBJECTIVOS

1.2.1-Geral

A presente monografia tem como objectivo geral apresentar os métodos de escavação e exploração usados em depósitos secundários de diamantes em Angola.

1.2.2- Específicos

- Fazer uma análise comparativa dos métodos de exploração usados em Angola nos depósitos aluvionares, das sociedades mineiras do Luana e Cuango.
- Descrever os procedimentos para explorar diamantes de um rio.

1.3-HIPÓTESES

Com base no problema apresentado, quanto aos métodos de exploração usados depósitos secundários diamantíferos em Angola, apresenta-se as seguinte hipoteses:

- Os métodos de exploração usados em depósitos secundários diamantíferos em Angola são eficientes.
- Um rio não pode ser desviado do seu curso normal para o aproveitamento mineral.

1.4- OBJECTO DE ESTUDO

O presente trabalho tem como objecto de estudo, os **depósitos secundários diamantíferos em Angola.**

1.5-JUSTIFICATIVA

Angola é um país com grandes potencialidades de recursos minerais, por isso, deve-se estudar os diferentes tipos de métodos de exploração e escavação, para que se possa aproveitar da melhor forma possível os recursos que a natureza nos oferece, este é a razão pela qual este trabalho foi elaborado.

1.6- METODOLOGIA DE PESQUISA

- **Quanto a natureza**, este trabalho é **aplicado** pois procura produzir conhecimentos para aplicação prática dirigido a soluções específicas.
- **Quanto ao objectivo de estudo** é de estudo de caso porque se refere a assuntos que acontecem nas minas.
- **Quanto ao método de pesquisa** é exploratória, porque proporciona maior familiaridade com o problema construindo hipóteses sobre o mesmo.
- **Quanto ao método científico usado** é o comparativo, pois faz-se uma comparação de entre diferentes técnicas de explorar.
- **Tipo de letra:** Times new roman.

1.7- DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

- O presente trabalho delimita-se simplesmente em comparar os métodos de exploração de depósitos secundários de diamantes.

1.8- Breve Historial da Exploração de Diamantes em Angola

Angola é um dos principais produtores de diamantes no mundo, tendo esta produção começado no início do século XX. Angola possui ainda recursos com enorme potencial (por desenvolver ou por descobrir), estando também estes entre os maiores do mundo.

Os primeiros diamantes angolanos foram descobertos por geólogos da Société Internationale Forestière et Minière du Congo em 1912, no ribeiro Mussalala que é afluente da margem direita do rio Chiumbe. Estas descobertas vêm no seguimento de outras, levadas a cabo pela mesma empresa, nos rios Kasai e Tchikapa localizados na República Democrática do Congo (anteriormente denominada de Congo Belga), ao demonstrar ocorrências diamantíferas para Sul, em direcção à fronteira de Angola.

Com a descoberta destes depósitos, e indícios de extensão para Sul, foi constituída, em 4 de Setembro de 1912, a Companhia de Pesquisas Mineiras de Angola (abreviadamente PEMA), com o objectivo de efectuar pesquisas mineiras no território de Angola. Após ser-lhe atribuída uma licença de pesquisas a empresa iniciou em 1913, na Lunda Norte, trabalhos de prospecção que incluíram as bacias dos rios Chicapa e Luachimo. No entanto, as expectativas do potencial diamantífero Angolano só foram atingidas, e até ultrapassadas, quando a prospecção se estendeu às bacias dos rios Chiumbe e Luembe. Estas descobertas levaram, em 16 de Outubro de 1917, à constituição da Companhia de Diamantes de Angola, abreviadamente DIAMANG, a quem foi autorizada, em 6 de Julho de 1918, a transferência dos direitos concedidos à PEMA no que dizia respeito, aos diamantes. Em 1920, foi celebrado o contrato que conferia à DIAMANG a exclusividade na prospecção e na exploração de diamantes.

Em 1952 foi descoberto o primeiro kimberlito designado de Camafuca-Camazambo e, nos anos de 1958 e 1969 a produção atingiu 1 a 2 milhões de quilates (Mct), respectivamente.

Para combater o decréscimo da produção de diamantes, o governo de Angola, de 1992 em diante, legislou no sentido de atenuar restrições no comércio e mineração de diamantes. Estas medidas, no entanto, levaram ao surgimento do garimpo como prática comum na população. Desde então, têm sido tomadas medidas para erradicar esta actividade, uma das quais passava pela obrigatoriedade de venda dos diamantes através de um canal oficial único. Estas medidas nunca foram completamente bem-sucedidas até hoje.

Com a chegada do novo milénio, os kimberlitos ganharam importância na indústria diamantífera Angolana, especialmente com a mina de Catoca. Diversas companhias internacionais investiram nos campos diamantíferos de Angola com resultados variados.

A actual estabilidade política e o fim dos conflitos armados levaram a que a economia Angolana evoluísse de forma favorável, criando condições para a iniciativa pública e privada. Sendo um dos pilares da economia de Angola, a indústria diamantífera acompanhou este período de desenvolvimento com novos projectos de prospecção e mineração.

CAPÍTULO II- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2- Depósitos Minerais

Os depósitos minerais são corpos rochosos formados por processos de transformações geológicas ao longo de centenas de milhões de anos, que têm algum tipo de aplicação na vida do ser humano.

As unidades geológicas que constituem os depósitos minerais podem apresentar variações na geometria do corpo de minério, nas características físicas do minério e, conseqüentemente, na distribuição de teores no mesmo, como resultado da interação dos processos geológicos responsáveis pela sua gênese.

Os depósitos minerais são gerados por processos geológicos resultantes das transformações que vêm acontecendo na crosta terrestre desde a era pré-cambriana, há mais de 4,5 mil milhões de anos, quando se solidificaram as primeiras rochas do planeta.

Cada depósito mineral tem uma gênese única e, portanto, é único. Dada a multiplicidade dos jazigos, impõe-se o agrupamento daqueles que parecem semelhantes, de modo a definirem-se tipos ou categorias que sejam facilmente referenciados e identificados.

Os processos formadores de depósitos minerais podem classificar-se como endógenos, quando ocorrem no interior da crosta terrestres (vulcanismo, hidrotermalismo, metamorfismo) ou exógenos, quando ocorrem na superfície terrestre e formam os depósitos supergênicos ou associados à intemperismo.

2.1- Classificação Geral dos Depósitos Minerais

Existem diversos critérios usados para classificar os depósitos minerais:

Em relação a sua Forma elas podem ser:

- Bandada ou acamadada
- Lenticulares
- Dissiminos
- Sistema complexo de Veios estruturalmente controlados (Stockworks)
- Filões ou veios

Em relação ao Processo de formação podem ser:

- Hipogênicos – ocorrem no interior da terra, processo associado ao magmatismo
- Supergênicos ou supernicos – ocorrem na superfície terrestre, a formação de placeres, precipitação sedimentar

Em relação aos processos de formação

- Singenéticos- são aqueles processos que a mineralização ocorreu antes ou durante o processo de formação do depósito mineral
- Epigenéticos – são aqueles que são realizados após a formação da rocha

Em relação ao tempo geológico podem ser:

- Arqueanos
- Proterozóicos
- Fanerozóicos- paleozóicos, a mesozóicos, cenozóicos

Em relação a tectónica de placa podem ser:

- Rochas máficas
- Rochas ultramáficas
- Vulcano sedimentar ou vulcanogêneos

2.2- Tipos de Depósitos

2.2.1- Depósitos Primários

Os kimberlitos, em termos mundiais, são muito mais abundantes que os lamproítos. Essas rochas ígneas constituem-se de uma matriz composta essencialmente de olivina, flogopita, serpentina e carbonato, tendo como principais minerais acessórios granada piropo, diópsido, e ilmenita magnésiana, constituindo o diamante uma fase acessória muito rara. Os três primeiros minerais são conhecidos como minerais indicadores, sendo os principais utilizados em campanhas de rastreamento e pesquisa de kimberlitos (Mitchell 1986).

O Kimberlito é uma rocha ígnea que pode conter diamantes. Na realidade, não é um tipo específico de rocha, mas sim um grupo complexo de rochas ricas em voláteis (dominante CO₂), potássicas, ultramáficas híbridas com uma matriz fina e macro cristais de olivina e outros minerais como: ilmenita, granada, diópsido, flogopita, enstatita e cromita.

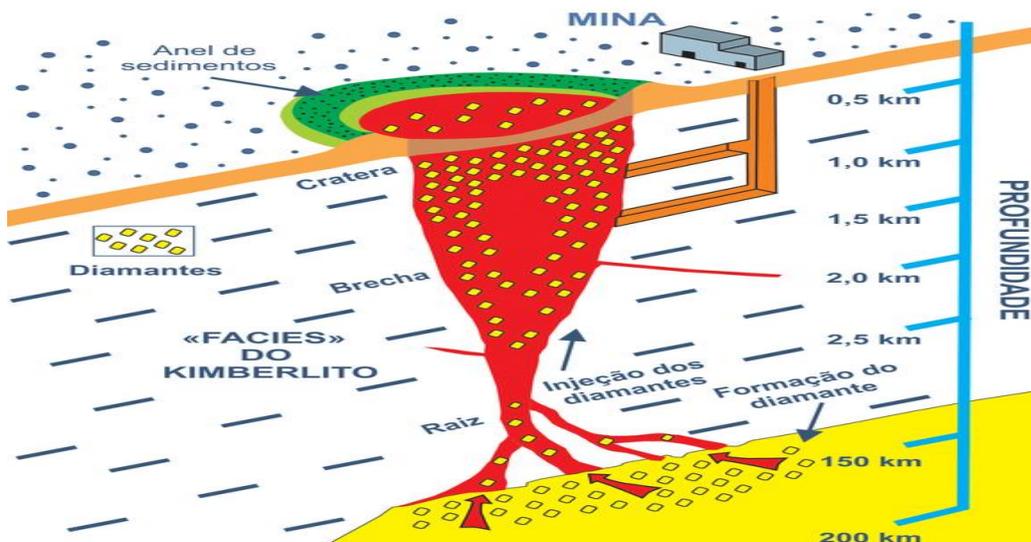


Fig. 2.1- Modelo esquemático de formação e de intrusão kimberlítica com diamantes na superfície terrestre e sua mineração (fonte: Modificado de Gemas do Brasil).

Os pipes (ou chaminés) kimberlíticos (Figura 2.1) vão de circulares a ovais em planta e alcançam de algumas dezenas de metros até cerca de 1 km de diâmetro. Essas rochas podem conter fragmentos das rochas (“xenólitos”) por onde a intrusão passou até chegar à superfície terrestre, principalmente xenólitos de eclogito e peridotito, os quais provêm de grandes profundidades no manto, onde o diamante se forma, ou mesmo xenólitos de rochas da crosta terrestre, coletados em profundidades mais próximas da superfície (Mitchell 1986).

Formação

Os kimberlitos são formados pela fusão parcial do manto a profundidades maiores que 150 km. O magma kimberlítico durante sua ascensão do manto para a crosta, comumente, transporta fragmentos de rochas e minerais - também conhecidos como xenólitos e xenocristais (entre eles o diamante). O kimberlito pode trazer diamante até a superfície desde que tenha passado por regiões no manto/crosta que fossem ricas neste mineral e que sua velocidade de ascensão seja rápida o suficiente para não desestabilizar a estrutura do diamante, que caso contrário se converteria em grafite (polimorfo estável do carbono na pressão ambiente). Ressalta-se, portanto, que o magma que forma o kimberlito não é o produtor de diamante, apenas um meio de transporte.

Grupos

Amostra de kimberlito em seção delgada, em 2005. Os macrocristais de olivina (grande mineral incolor e arredondado) são cercados por uma matriz rica em flogopita (a flogopita é de tonalidade marrom).

Os clãs dos kimberlitos são divididos em dois grupos:

Grupo I

Tipicamente ricos em CO₂ e empobrecidos em potássio em relação aos do grupo II. Corresponde à rocha original encontrada em Kimberley, na África do Sul;

Grupo II

Tipicamente ricos em água, apresentam matriz rica em micas e também calcita, dióxido e apatita, e correspondem aos kimberlitos lamprófiros ou micáceos.

2.2.2- Depósitos Secundários

Os depósitos secundários são resultantes do transporte pós-deposicional de material proveniente da erosão de jazigos primários. Ocorrem num meio estranho aquele em que se originaram (foram sujeitos a alguma individualização ou eventual divisão mecânica).

Os depósitos aluvionares, constituem uma área onde houve acúmulo de sedimentos clásticos (fragmentos de outras rochas) que podem possuir tamanhos granulométricos dentre cascalho, areia ou lama. Os quais, foram depositados por um sistema fluvial (rios a cursos d'água), no leito (fundo) ou margens das drenagens. Ainda podemos incluir as planícies de inundação e áreas deltaicas, como depósitos aluvionares, onde ambas possuem pequena declividade e proporcionam, conseqüentemente baixa energia cinética ao rio. Por sua vez, as planícies de inundação são locais ao longo das margens dos rios, que são invadidas pela água em períodos de cheia do canal. Enquanto, as áreas deltaicas são os lugares onde o rio adentra os oceanos, mares interiores ou lagos.

Estes depósitos são caracterizados por seus constituintes serem muito retrabalhados, além de mutáveis devido a erosão fluvial. Tais características, se devem aos momentos de deposição, durante períodos de seca ou em locais onde a energia do rio é baixa. Assim, em ambas as situações o peso do sedimento supera a força de transporte do rio, se depositando. Posteriormente quando ocorre a cheia ou uma mudança do curso do rio, a energia de transporte supera o peso, erodindo (remobilizando) o material. As conseqüências são a classificação (presença uniforme de certo tamanho granulométrico) e selecção (o tipo de material) dos sedimentos, que irão compor o depósito.

Dependendo da sinuosidade do rio, ele pode erodir uma margem (onde a correnteza é mais forte) e depositar o material posteriormente (onde a correnteza é mais fraca). Formando depósitos de bancos de areia, chamados de barras de pontais, os quais são altamente mutáveis devido a dinâmica do rio.

Quando o depósito aluvionar dispõe de substâncias de uso útil economicamente, dizemos que este está mineralizado. Assim, os depósitos aluvionares mineralizados, são aqueles detentores de certos minerais de elevada densidade e dureza, que foram libertados dos outros

materiais e que compunham a rocha fonte, no processo de transporte fluvial, vindo a se concentrar, enriquecendo à área de deposição com aquela substância.

Os depósitos secundários, implicam a escavação de depósitos de aluvião pouco compactos, como areia ou argila. Os minerais valiosos separam-se dos materiais de aluvião mediante um sistema de peneiras e lavagens. Entre os minerais de depósitos secundários, figuram metais como o ouro, a prata ou o estanho e gemas como diamantes e rubis.

As minas costumam estar situadas nos leitos dos rios ou em suas proximidades, não obstante os depósitos de praias, os sedimentos do leito do marinho e depósitos dos glaciares também entram nesta categoria. A natureza dos processos de concentração que dão local aos plácemes faz com que neste tipo de minas se obtenham materiais densos e já libertados da rocha circundante. Isso faz com que o processo de extração seja relativamente simples e se limite ao movimento de terras e ao emprego de sistemas de recuperação física, não química, para obter conteúdo útil. O material extraído pode ser depositado em zonas já exploradas à medida que vai avançando a mina, ao mesmo tempo que se recupera a superfície.

2.2.2.1-Ação Erosiva dos Rios

Ação erosiva dos rios- os rios e ribeiros são cursos de água, geralmente permanentes, que correm em leitos próprios.

São os principais agentes modeladores de superfície terrestre. Na sua função desgastam as rochas, transportam e depositam calhaus, areias, lodo, etc. Todos os rios sejam de pequena ou grande dimensão, são responsáveis pela alteração da paisagem terrestre.

Um rio não é um sistema isolado. Ocorre numa região -bacia hidrográfica- na qual as águas, seguindo uma direcção convergente, o alimentam. Numa bacia hidrográfica corre um rio principal e os seus afluentes. Por sua vez, os afluentes recebem água de outros rios ou ribeiros, e assim sucessivamente, até chegar as águas selvagens e torrentes. A água de precipitação que cai na bacia hidrográfica é recolhida pela rede hidrográfica, que a transporta de uns rios para outros até chegar ao rio principal, que a conduzirá para o mar ou para um lago.

2.2.2.1.1-Factores Condicionantes da Acção Erosiva dos Rios

A acção erosiva dos rios exerce-se fundamentalmente sobre o fundo e as margens do leito. Se conseguirmos fazer observações ao longo do curso do rio, verificaremos que esse trabalho erosivo não é idêntico nos diversos sectores do rio e depende de vários factores .

Destes destacamos:

- Declive-expresso em metros por quilómetros,
- Áreas de secção do leito-expressa em metros quadrados,
- Velocidade média da água –expressa em metros por segundo,
- Débito-expresso em metros cúbicos por segundo,

-Competencia-expressa em quilogramas por metro cúbico.

Como a água se desloca por acção da gravidade, o declive do leito é um factor importante do comportamento do rio. Um leito que se desenvolve em cascata tem obviamente um comportamento diferente do de um rio que corre numa planície.

No seu perfil transversal, o comportamento transversal, o comportamento das águas e o aspecto do leito vão variando consoante o declive, a largura do leito, o débito, etc.

A relação entre o débito, a velocidade e o leito do rio pode ser expressa pela equação :

$$D = A \times V \text{ Sendo } A = L \times P$$

Quando o débito varia, um ou outro dos factores pode alterar-se e o equilíbrio é mantido. Por exemplo, se o débito aumenta, pode manter-se a área da secção do leito, mas velocidade aumentará. O trabalho erosivo pode aumentar o factor A, e o factor V, nesse caso, aumentará menos ou diminuirá.

A Erosão e sedimentação nos rios é condicionada principalmente pela velocidade das águas e pela competência.

A Velocidade depende, fundamentalmente, do declive, da forma e constituição do leito. É normalmente maior no centro que nas margens e á superfície que em profundidade.

O Declive é expresso em metros por quilómetro. Um declive 5 metros por quilómetros significa que o rio desce 5 metros por cada quilometro que percorre. O declive pode ser modificado quer pela sedimentação, quer pela erosão provocadas pelo próprio rio.

A Competência do rio, quantidade de sedimentos transportados por unidade de volume, contribui para a função erosiva do rio. quanto maior for a carga sedimentar transportada, maior será a sua capacidade erosiva.

Um meandro é uma curva acentuada de um rio que corre em sua planície aluvial e que muda de forma e posição com as variações de maior ou menor energia e carga fluviais durante as várias estações do ano.

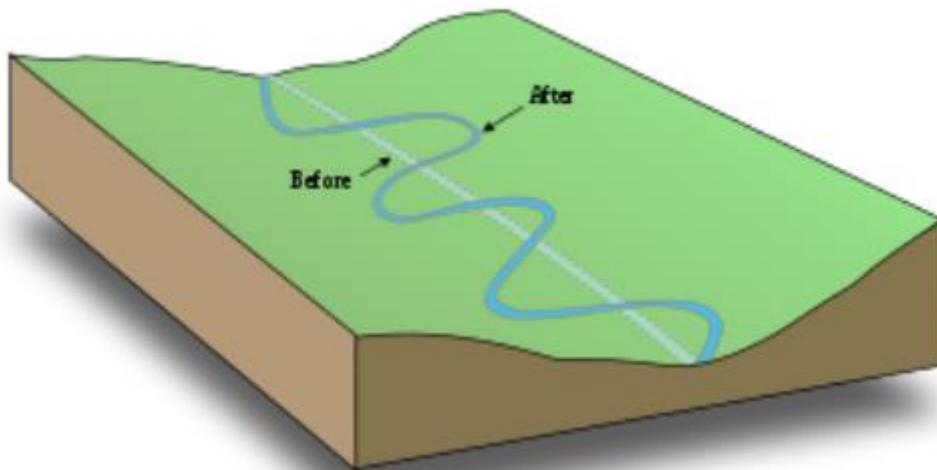


Fig. 2.2. Esquema de meandros.fonte : wikipédia

Meandros são típicos em planícies aluviais (topografia madura), mas podem ocorrer de forma mais restrita, também, em outras condições como sobre terrenos sedimentares horizontalizados.

O canal do rio muda constantemente de posição ao longo da planície aluvionar, através de um processo contínuo de erosão e deposição em suas margens, daí o meandro receber o nome de meandro divagante. As margens externas do meandro, centrífugas da corrente fluvial, apresentam barrancas progressivamente erodidas, e na margem interna ocorre deposição, principalmente de areia. Este processo leva a acentuar a curvatura do meandro que acaba formando uma volta inteira e sendo truncado em um ponto por onde passa a escoar a corrente fluvial deixando o meandro antigo abandonado e fechado como um lago em forma de U.

O perfil longitudinal de um rio corresponde a uma linha que une as altitudes do leito de um rio ao longo de todo o seu percurso, partindo da nascente e indo até a foz.

2.2.2.1.2- Evolução dos Rios

Conforme o estado evolutivo verificado num rio, assim se poderão considerar fases de juventude, de maturidade e selenidade.

- Na fase de juventude predominam a erosão e o transporte
- A fase de maturidade é caracterizada pela grande capacidade de transporte
- Na de selenidade é caracterizada pela existencia de vales amplos com vertentes bastantes afastadas e degradadas.

As fases evolutivas de um rio podem ser alteradas com o baixamento ou a subida do nível de base geral.este pode variar devido a uma descida ou subida do nível do mar, alterações climáticas significativas ou elevação dos vales fluviais.

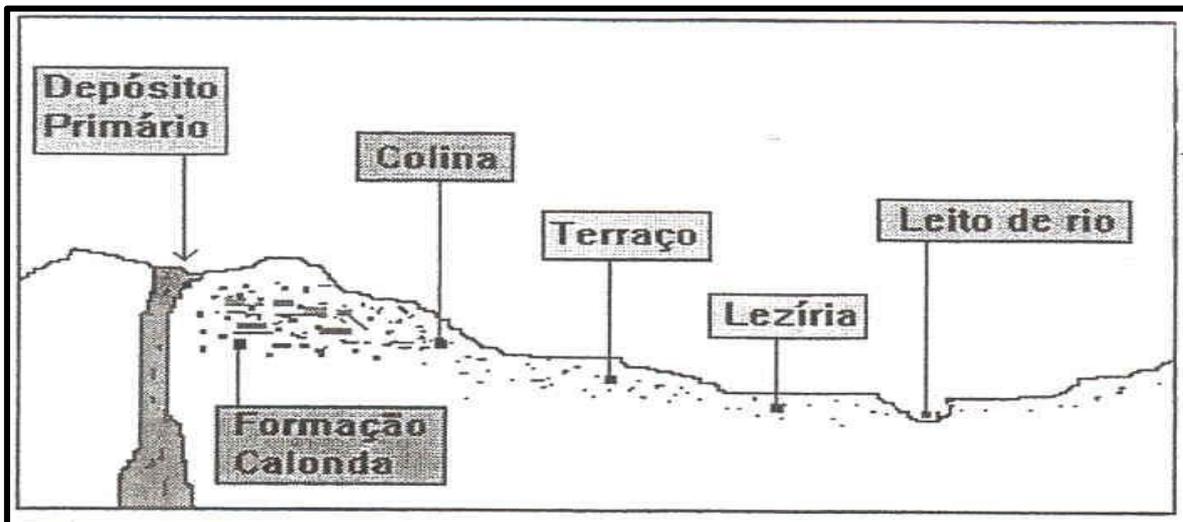


Fig. 2.3- Depósito do tipo plácer . fonte: Docplayer

2.2.2.2-Formação Calonda

Esta formação foi definida na região das Lundas, e mais tarde incluída no grupo cuango. Possui espessura média de 40-60 metros. É considerado o primeiro colector de diamantes, dado que a sua formação coincide com os episódios de diastrofismo continental anteriormente referidos e com a destruição supergénica dos kimberlitos mineralizados.

A Formação Calonda colectou os produtos da destruição de kimberlitos. A formação terá tido a sua origem através do preenchimento de depressões limitadas por falhas resultantes dos episódios tectónicos extensivos relacionados com a abertura do Atlântico.

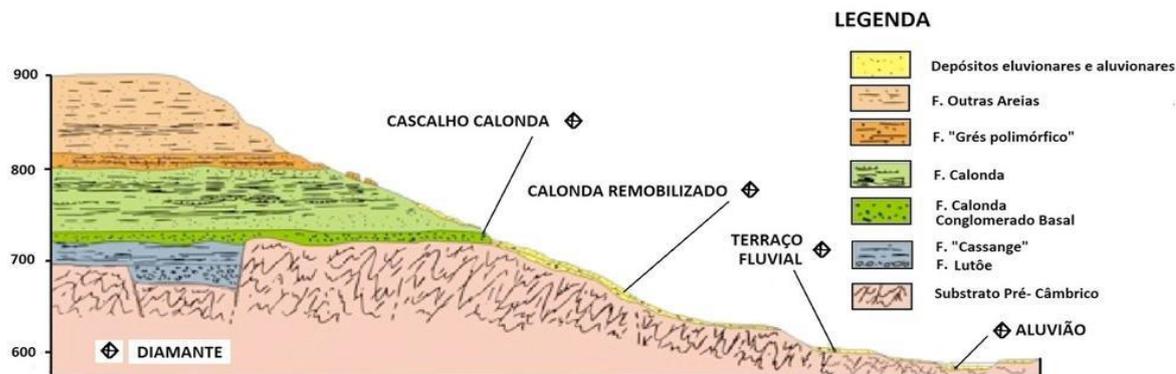


Fig. 2.4 – Formação calonda. Fonte: Docplayer

É constituída, maioritariamente, por depósitos de ambientes torrenciais relacionados com as elevações de terreno. Estas elevações contribuíram para um ambiente com elevada energia e capacidade de transporte, num meio denso e viscoso, onde os clastos angulosos e finos são transportados em suspensão por uma massa argilosa e densa. Intercalações conglomeráticas e argilosas tornam-se recorrentes à medida que as diferenças no relevo se tornam menos pronunciadas.

No topo da sequência da formação existem níveis limoníticos, siliciosos, e carbonatados, que indicam uma maior frequência de estações de seca e a total ausência de águas superficiais. A formação termina com um nível de sedimentos terrígenos siltosos correspondentes a um transporte de baixa energia e de fluxo laminar juntamente com episódios de transporte eólico.

Segundo Monforte (1993), podem ocorrer três formas distintas, do menor para o maior valor económico:

- Aspecto conglomerático com blocos angulosos a sub-angulosos e com extensão reduzida.
- Apresenta-se de forma mais fina que os anteriores, com dominância de quartzitos e com elevada extensão.
- Com menor espessura, erodidos e constituídos por elementos de menor dimensão dentro de uma matriz argilosa.

2.2.2.3- Depósito de Colina

Colina são pequenas elevações de terreno que englobam uma série de depósitos mineralizados a uma cota superior as do limite morfológico das lezírias. Normalmente assentam sobre a superfície de aplanagem plio-pleistocénica sobre as areias do kalahari. Apresentam grande interesse económico quando mineralizados e assentam directamente sobre o complexo de base. O cascalho que os representa é normalmente da formação calonda.



Fig. 2.5- Depósito de Colina.fonte: Sociedade Mineira do Cuango

- Oferece melhores condições de trabalho
- O estéril e a rocha base são consistentes
- Pouca diluição da rocha base no cascalho
- Pouca diluição de estéril no cascalho
- Drenos de protecção naturais das águas pluviais
- Facilidade na arrumação de estéril, etc.

2.2.2.4- Depósitos de Vertente

São criados pelo deslizamento dos níveis superiores de cascalho através de flancos de depressão. Derivam directamente da formação Calonda ou de cascalhos do Plio-Pleistocénico.

Encontram-se nas zonas de vertente das superfícies elevadas (depósitos de colinas). São heterogénicos litologicamente. Os vários detritos angulosos provenientes da meteorização e desagregação das rochas granitóide ou cascalhos plio-pleistocénicos ” fontes primárias” conferem um interesse económico a esses depósitos, fundamentalmente quando se trata de elementos “detritos” provenientes de kimberlitos ou formação calonda. Esses depósitos podem ser considerados como formadores na base de cascalhos de transição resultantes do processo de erosão (material dos kimberlitos, material do kalahari inferior, formação calonda e conglomerado base). O cascalho que os representa é normalmente formação calonda e couraças laterícias.

2.2.2.5- Depósito de Terraço

A sua formação está relacionada com as alternâncias climáticas que ocorreram durante o quaternário que originaram a subsidência dos leitos dos rios devido a fase de rejuvenescimento ou ainda produtos de natureza tectónica. O cascalho que os representa normalmente não denuncia característica de transporte fluvial (estratificação cruzada, graduação vertical de granulometria). Os seixos são quartzíticos, quartzo e calcedónias bem roladas, envolvidas numa matriz argila-ferruginosa avermelhado e parcialmente laterizado. Os seixos dentro da matriz aparecem isoladamente espalhados. É devido ao cimento vermelho (floculados misto de alumínio e hidróxido de ferro) que os solos apresentam uma coloração avermelhada.



Fig. 2.6-Depósito de Terraço fonte: Sociedade Mineira do Cuango

Os processos genéticos de deflação (ausência de estruturas sedimentares) que manifestam estes tipos de depósitos podem ser explicados pela relação inversa entre o teor de diamantes e a espessura das camadas que varia dos 5-500cm. Em alguns casos sobre este tipo de depósitos sobrepõem-se algumas camadas pertencentes aos depósitos de vertente (fragmentos de laterite com alguns seixos de quartzo).

2.2.2.6- Depósito de Lezíria

Lezíria- é um terreno plano, situada nas margens de um rio, que é periodicamente alagado pelas enchentes fluviais.

Na maioria dos casos datam do quaternário e, apresentam teores económicos bastante favoráveis a exploração. Normalmente são terrenos alagados ou inconsistentes com níveis freáticos próximos da superfície do terreno. O cascalho que os representa é normalmente designado por channel sand gravel (CSG), ou cascalho do rio.

Os seixos de composição predominante, quartzo, quartzitos, ágatas e fragmentos de granito apresentam-se bem rolados. Os aluviões normalmente apresentam uma estratificação dos seixos em função as dimensões das mesmas, cuja seriação de cima para baixo obedece a seguinte distribuição: sedimentos pelíticos, sedimentos arenosos com esparsos seixos de quartzos e quartzitos, sendo o cascalho mais económico que assentam na rocha base. A fracção arenosa é branca amarelada e a argilosa sobrejacente é de cor de cinza (terra vegetal ou solos com elevado material orgânico).



Fig. 2.7 - Depósito de lezíria- fonte: Sociedade Mineira de Cuango

As características sedimentológicas dos mesmos requerem um estudo antes de serem submetidos aos vários processos de processamento, visto que de vez em quando requerem metodologias diferentes de processamento.



Fig. 2.8- Depósito de Lezíria- fonte:Sociedade Mineira de Cuango

- Cascalho ao mesmo nível do cascalho do rio
- Cascalho pouco consistente
- Rocha base húmida
- Existência de águas
- Obriga fazer esteiras
- Oferecem condições difíceis de trabalho
- Exigem construção de diques de protecção
- Bombagem de águas fora do bloco
- Na rocha base e nos pontos mais baixos abre-se drenos (profundidade de 50 cm)

2.2.2.7- Leito de Rio (Depósito de Rio)

Leitos de cascalho dos afluentes secundários - Consistem em resíduos aluvionares da formação Calonda. Subdividem-se, do menor para o maior valor económico em:

- Unidades depositadas directamente acima do substrato pré-Calonda.
- Unidades depositadas directamente acima de conglomerados ou lentes conglomeráticas do nível de base da formação Calonda.
- Depósitos com espessura variável de arenitos ocorrentes sobre os conglomerados basais da formação de Calonda.

Após as intrusões kimberlíticas, ocorreu um período intenso de episódios tectónicos transcorrentes e extensivos, que viriam a preencher grandes depressões, seguido de diversos ciclos de erosão-sedimentação.

Estes processos originaram uma espessa sequência continental que contém todas as unidades sedimentares detríticas, nomeadamente: o grupo Cuango, o grupo Kalahari e os depósitos aluvionares recentes.

A gênese desses depósitos tem muito a ver com as depressões estruturais da região conseqüentemente do rio. Estes depósitos podem ser subdivididos em duas categorias:

- Meandros com controlo lito- estrutural;
- Gargantas ou vale estreito e sinuoso.

Nos meandros com controlo lito-estrutural, o percurso dos rios é mais largo e, tende a ser mais raso, o fluxo da água é mais lento (velocidade aproximada 1000- 2000 m³ /hora).

Nas gargantas ou vale estreito e sinuoso, o leito rochoso do rio normalmente é irregular e acidentado, provocando o aumento da velocidade do fluxo da água. Essa categoria de depósito é caracterizada por marmitas profundas ou trapsites no substrato.

De cheia para cheia (tempo chuvoso), devido a ordem decrescente do peso dos fragmentos ou detritos erodidos, transportados pelos vários agentes geológicos e depositados no leito do rio, num trabalho contínuo ocorre a sedimentação dos mesmos de ordem decrescente. A jigsaw e calibragem das presas capturadas pelas marmitas ou trapsites é feita em função a hidrodinâmica do rio (estádios de senilidade, maturidade e rejuvenescimento), variando conseqüentemente a concentração do cascalho de marmita para marmita.



Fig. 2.9- Depósito de leito de rio (Desvio do Rio Cuango).fonte: Sociedade Mineira do Cuango

Os cascalhos desses depósitos é essencialmente formado por uma mistura de quartzosos, com seixos ovóides ou arredondados de rochas eruptivas e metamórficas, fragmentos de grés piliforme do sistema do Kalahari. A nomenclatura do tipo desse cascalho é designado por cascalho do rio ou CGS (channel sand gravel).

Após essa caracterização detalhada os depósitos secundários de diamantes do nordeste de Angola podem ser classificados em três grupos:

Primeiro grupo – são jazigos minerais definidos como maiores ou médios pela sua área de superfície. Normalmente quer a largura como o comprimento das jazidas são quase constantes. A distribuição do minério como dos teores é quase uniforme.

Segundo grupo- são jazigos minerais definidos como maiores ou médios pela sua área de superfície. As dimensões da largura e comprimento são constantes. A distribuição dos teores não é uniforme enquanto a espessura do minério é quase uniforme (Ex: depósitos de aluvião, eluvião e depósitos de rios)

Terceiro grupo- são jazidas minerais definidas como médias e pequenas pela sua área de superfície. A distribuição dos teores não é uniforme, ocorrem de forma alternada, teores altos e baixos. Frequentemente os teores altos são observados nas marmitas ou nos leitos dos rios rochosos irregulares e acidentados, bem como na rocha base acidentada dos depósitos de aluvião. Esta categoria de jazigos normalmente, dados os difíceis complexos processos geológicos que intervêm na sua génese, a mineração dos mesmos também é complexa.

Nota: a designação do termo bloco é adaptado para definir pequenas parcelas ou superfícies com teor para a mineração industrial dentro da superfície ou área delimitada de um jazigo mineral.



Fig. 2.10 -Depósito de leito de rio. fonte: Sociedade Mineira do Luana

- Mistura de cascalhos aluviais, eluviais (do fundo do rio)
- Esboça-se um programa bastante rigoroso
- Faz-se análise sobre a característica do rio a desviar,
- Primeiro cortes paralelo ao rio, os demais são perpendiculares ao rio
- Jusante para montante

2.2.2.8- Tipos de Pláceres

Os Pláceres são divididos nos seguintes tipos.

1. **Plácer residuais ou saprólitos.** Rocha mineralizada desgastada em vigor principalmente por meio de mudança química. Comum em países tropicais com alta pluviosidade.

2. **Plácer de encosta ou colúvio.** A área de transição entre a fonte e o fluxo. As partículas de rocha são angulares e há menos liberação de minerais do que em plácer de fluxo.

3. **Pláceres de fluxo ou fluviais.** Formado por água corrente que transporta o material mais leve mais rapidamente do que os minerais mais pesados, concentrando-os assim. Porque stream pláceres foram os mais importantes historicamente, houve um número de subclassificações auto-explicativas: riacho, rio, banco, terraço, planície de cascalho ou pântano e delta. Placas fluviais próximo ao nível do mar também pode ter sido exposto à praia e à marinha ambientes.

4. **Pláceres secas ou bajada.** Formado principalmente em climas áridos pela acção da inundação e do vento. Há mais partículas angulares de rocha, e há menos liberação e classificação de minerais pesados do que em pláceres de fluxo.

5. **Pláceres formados pelo vento ou eólicos.** Formado pela acção de vento removendo material mais leve. Isso é incomum sozinho, mas é uma característica de alguns pláceres bajada e de praia.

6. **Teto glacial e morena ou pláceres glacio-fluviais.** Esses estão mal classificados, a menos que sujeitos à acção do fluxo. Partículas de rocha tendem a ser angulares, e há pouca liberação de valiosos minerais. Esses marcadores são os mais difíceis de amostrar e avaliar com precisão, porque as distribuições são aleatórias ou erráticas se o material não foi classificado por acção de fluxo após ter sido depositado glacialmente.

7. **Pláceres de praia.** Formado pela acção das ondas costeiras, às vezes agindo em pláceres de fluxo preexistentes ou actualmente em formação. Esses são estatisticamente mais difíceis de avaliar do que os posicionadores de fluxo e exigem mais amostras. Concentrações de minerais pesadas são distribuídas de forma mais aleatória do que em pláceres de fluxo.

8. **Pláceres marítimos offshore.** Os processos de formação de plácer estão activos desde os primeiros tempos geológicos, e os depósitos identificáveis como Paleo-plácers agora são rochas sedimentares e metamórficas. Plácer podem ser encontrados elevados, afogados, enterrados e em qualquer elevação acima ou abaixo do mar nível. Todos os tipos de processos de formação de plácer, excepto aqueles formando saprólitos e lavouras glaciais podem concentrar minerais pesados

CAPITULO III- MÉTODOS DE ESCAVAÇÃO EM DEPÓSITOS SECUNDÁRIOS

Os métodos de escavação em minas aluvionares podem ser classificadas em:

3.1.- Bateamento – Panning

Mineração manual - A mineração e recuperação mais simples e provavelmente a mais antigo método é panning, onde o material pesado para conter valiosos minerais pesados é colocado em uma panela e coberto com água.

Uma bateia é um utensílio usado na mineração em pequena escala, geralmente em depósitos de sedimentos em cursos de água, para a obtenção de concentrados de minérios metálicos, sobretudo os preciosos, como o ouro ou diamante. Ao colocar-se uma pequena quantidade de sedimento na bateia e adicionar-se alguma água, procede-se à agitação da mistura através dum movimento aproximadamente circular. Tal agitação, conjugada com a diferença de densidade entre os minérios metálicos e os restantes sedimentos, permite efectuar a separação daqueles.

A próxima etapa de sofisticação é fazer toda a eclusa de madeira para que seja portátil. Igualmente portátil é o rocker, que é uma ordem de grandeza mais sofisticada em princípio. É um jogo de baloiço dispositivo usando dipers de água derramada sobre partículas de tela fina de minério que são lavados e embalados para deixar um mineral pesado remanescente a ser recolhido para nova lavagem ou recuperação.

3.2- Em Calha – Sluicing

Sluicing é o movimento da lama que pode ocorrer por gravidade sozinha por várias milhas ou requer adição frequente ou mesmo contínua de água / energia para mover meros metros.

A maioria das operações de mineração usa o monitor hidráulico para escoamento, mas pode usar um monitor separador. Em quase todos os casos, o escoamento diminui a produtividade da mina e reduz de forma objectiva a densidade da lama. O fluxo de lama é dificultado por gradientes desfavoráveis e pela diluição com água de baixa energia. Assim, o caminho de escoamento deve ser o mais curto possível, e adição de água e a formação de lagoas deve ser minimizada.

3.3- Dragagem – Dredging

Técnica de engenharia utilizada para remoção de materiais, solo, sedimentos e rochas do fundo de corpos de água, através de equipamentos denominados “dragas”. Estes equipamentos operam em sistemas adequados ao material a ser dragado e a sua forma de disposição.

3.4- Desmonte Hidráulico – Hydraulic Mining

A aplicação de mineração hidráulica é específica do local devido à flexibilidade inerente aos vários componentes e processos de mineração. A valorização do potencial da mineração hidráulica é melhor ganho visitando várias operações. Recursos atraentes incluem baixos custos operacionais, massa contínua e razoavelmente equilibrada fluxos e equipamentos relativamente leves, simples e robustos. Como é típico na seleção do método de mineração, muitos factores deve ser analisado reiterativamente à medida que o projecto se desenvolve. Esses factores variam desde as características físicas do material através das metas de produção com a filosofia do operador.

A aplicação bem-sucedida não incluirá apenas uma boa economia, mas um método sólido de prevenção de danos ao meio ambiente. Controlo da colocação final de sólidos após processamento e contenção completa de soluções contendo tanto os constituintes suspensos quanto os dissolvidos são as principais preocupações.

A mineração hidráulica continua a ser uma forma prática de minerar material não consolidado de granulação relativamente fina, incluindo rejeitos, plácer, aluviões, laterites e saprólitos. Também foi aplicado à classificação de materiais consolidados de arenitos, passando pelo carvão à rocha dura. O conceito usa a energia de um fluido para fazer o trabalho e representa uma aplicação prática da equação de Bernoulli (Vennard, 1954).

A mineração hidráulica abrange os três seguintes modos de operação:

1. **Hydraulicking**, o processo de fragmentação e suspensão o material em questão em uma pasta.
2. **Sluicing**, o processo de mover a lama.
3. **Educar**, o processo de introdução da polpa em um circuito contido.

A mineração hidráulica é geralmente entendida como a aplicação dessas operações quando aberta à atmosfera. Se aplicado a materiais semelhantes debaixo d'água, o processo torna-se um da dragagem.

3.5- Métodos de Escavação Utilizados em Angola

Importa salientar que dos resultados de pesquisa os métodos mais utilizados nas minas em Angola são:

- Abertura de trincheiras na perpendicular ao rio.
- Rebaixamento - Nos casos em que a cota for elevada .
- A dragagem (em muito poucos casos).

Tab 3.1: Percentagens das Explorações nos Diferentes Tipos de Depósitos Secundários em Angola

Tipos de Depósitos	Percentagens de Exploração em Angola
Formação Calonda	35%
Colinas	25%
Terraço	20%
Lezíria	15%
Leito de Rios	5%

FORNE : NASTRUSKY

3.6- Técnicas Superficiais – Surf Technique

Embora comumente referido como um tipo de solução de mineração, as técnicas de lixiviação de superfície são, na verdade, operações de recuperação hidrometalúrgica praticadas na mina. A base para esta declaração é o fato de que esses sistemas de lixiviação devem ser usados em conjunto com operações convencionais de mineração a céu aberto ou subterrânea. A mineração fornece a alimentação do minério. Este material quebrado é então lixiviado em qualquer forma run-of-mine ou triturada para extrair os valores.

3.7- Lixiviação in Situ- In Situ Leaching

Assim, a lixiviação in situ é uma alternativa às operações mecânicas de mineração, enquanto a lixiviação de superfície é um complemento delas. Como resultado desta distinção, in situ a lixiviação é aplicável a uma ampla variedade de recursos, incluindo sal solúvel e depósitos de enxofre, bem como minérios de rocha dura, tais como as de cobre e urânio.

Por outro lado, superfícies sistemas de lixiviação só foram aplicados a minérios de rocha dura, principalmente cobre e ouro / prata e, em menor grau, urânio. Outra distinção entre as técnicas in situ e de superfície reside na importância relativa que cada uma tem para o conjunto Operação.

Em praticamente todos os casos, a lixiviação in situ é o principal método de produção. No entanto, a lixiviação de superfície pode ser opção de produção primária ou apenas uma forma de produção secundária ou suplementar. Um bom exemplo da primeira opção é o tipo de operação de lixiviação de pilha de mina que se tornou tão popular na indústria do ouro Seleção.

3.8- Critérios para a Selecção dos Métodos de Escavação

Genérica e simplesmente, poderia pensar-se que as lavras a céu aberto são mais simples que as subterrâneas, e que nelas podem ser conseguidos custos mais reduzidos de exploração e portanto aquelas a deverem ser de preferir relativamente a estas.

O factor predominante para a escolha dos métodos de lavra é a relação estéril-minério.

Os principais factores que influenciam na selecção dos métodos da lavra são:

- geometria do depósito
- característica do minério, sendo o teor e a distribuição especial as duas principais.
- Presença de água superficial ou subterrânea
- considerações geotécnicas,
- Considerações ambientais (impactos que o empreendimento pode causar ao meio ambiente)

CAPÍTULO IV- MÉTODOS DE EXPLORAÇÃO DOS DEPÓSITOS SECUNDÁRIOS

4.1-Tipos de Métodos de Exploração

A exploração dos depósitos aluvionares é teoricamente muito simples e todos eles caem também, quanto ao método de exploração, no grupo das escombrelas no interior. Isto, quer se trate de grandes depósitos aluvionares em que a sua exploração se processa por dragagem ou bombagem com lavagem das terras próximo das frentes de desmonte

Segundo Pinto (2000) existiam basicamente duas formas de extracção da massa mineral: a lavra e a faiscação. A lavra era uma empresa que, dispoñdo de ferramentas adequadas, ainda que rudimentares, executava a extracção do minério em grandes jazidas, utilizando uma vasta mão-de-obra escrava. A faiscação era representada pela pequena extracção da massa mineral, exercida pelos garimpeiros, que ao final da vida de uma jazida, se migravam para esta em busca do que havia restado.

A extracção mineral no aluvião ocorre a céu aberto, e pode ser executado em modelo de lavra rudimentar ou em graus variáveis de mecanização.

4.1.1- Exploração Rudimentar

O modelo clássico, o garimpo manual. Em que o garimpeiro nas margens do rio, lava e separa o material aluvionar com auxílio de pás e bateias. O método é chamado de faiscação, possui baixo rendimento e é aplicado comumente na busca por diamante e ouro, que possuem alta especulação económica.



Fig. 4.1- Homem realizando o método de falcagem com auxílio de uma bateia. Fonte: Pinho, Deyna. (2002)

4.1.2- Exploração Mecanizada

Utiliza-se um desmonte hidráulico, variados tipos de dragas, escavadeiras e dentre outros mecanismos. Por exemplo, o desmonte consiste na exposição do depósito aluvionar com a escavadeira. O qual em sequência será perfurando com o uso de água projectada. Produzindo uma polpa (minério, estéril mais água), que será transportada para uma estação de tratamento. Onde será lavada, recuperado o bem mineral em questão, e escoado os resíduos. A partir do fluxo da água, devido ao desnível topográfico que deve existir da cava em relação a estação, para aplicação do método.

Ainda temos o uso das dragas, que podem ser aplicadas directamente nos corpos hídricos por meio do uso de uma embarcação. Geralmente esta embarcação é projectada para executar diversas funções que se aplicam ao fundo do curso d'água (leito). Um exemplo é a draga empilhadora, que é usada para cavar e classificar os materiais. De forma simples, seu funcionamento consiste em: cavar os sedimentos por uma série de baldes, que serão trazidos à superfície da draga, onde vão ser processados e classificados através de uma eclusa. A eclusa retém o bem mineral de interesse e descarrega o estéril. Os métodos mecanizados têm ampla distribuição de bens minerais exploráveis, devido seu rendimento mais elevado.

Dragas também podem ser utilizadas para limpeza de corpos hídricos. Dragagem empilhadora realizando a dragagem do fundo da drenagem.

A prospecção aluvionar, tem como fim a busca/determinação de depósitos economicamente interessantes, e seu método se assemelha a actividade garimpeira. Dessa forma o procedimento se baseia fundamentalmente na lavagem, peneiramento e batimento de sedimentos acumulado nas margens e leitos de rios. A partir dos concentrados de bateia, os minerais mais densos são separados e analisados segundoss características mineralógicas, suas proporções relativas e a sua ocorrência em área.

A abertura de trincheiras, para execução de perfis verticais, também é um artifício que pode ser utilizado na prospecção aluvionar. Depósito aluvionar argiloso.

Devido a simplicidade da execução da pesquisa, o método da prospecção aluvionar, vem sendo utilizado como ferramenta auxiliar para a localização de áreas fontes primárias de mineralização. Assim como para solução de problemas na estratigrafia, petrografia e outras áreas.

Dessa forma, os tipos de minerais que são explorados em aluvião são: Os metálicos como molibdenita, cassiterita e ouro; Os minerais gemológicos como turmalina, crisoberilo, diamante e topázio; Bem como os minerais industriais (cascalho, areia e argilas). Ainda assim é possível que os depósitos de aluvião sejam hospedeiros de outros tipos de recursos como urânio, carvão, petróleo, gás e água subterrânea. Mesmo que estes sejam menos comuns.

É interessante ressaltar que depósitos aluvionares originados de planícies de inundações, são muito férteis para uso da agricultura.

4.2- Consequências e Viabilidade

Como qualquer outro empreendimento da actividade minerária, na exploração de aluviões também causa danos ambientais. Principalmente aos corpos hídricos, já que a actividade pode se dar próximo ou sobre eles. Além disso danos aos aquíferos também são possíveis. Assim sendo alguns problemas possíveis do manejo indevido em aluviões, são a possibilidade de alteração da forma do rio, quanto ao seu curso e leito. Bem como o assoreamento do curso d'água, desmatamento nas margens, aumento da turbidez da água, contaminação por químicos usados no beneficiamento (em especial o mercúrio utilizado no garimpo) e intensificação do processo de erosão das margens.

Mesmo assim, a exploração de depósitos aluvionares é bastante significativa em áreas como agregados para indústria civil. Portanto existem preocupações ambientais relacionadas às técnicas utilizadas neste tipo de exploração. A autarquia do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM), determina directrizes e condições mínimas exigíveis para a implantação, operação e controle destas actividades na Normas Reguladoras de Mineração. Sobretudo na utilização dos métodos de dragagem, desmonte hidráulico e lavra garimpeira. Visando o controle da poluição e preservação do meio ambiente, por meio de prevenção e mitigação de impactos

4.3- Critério para a Selecção dos Métodos de Exploração.

- Profundidade, forma e dimensões do corpo mineralizado.
- Localização geográfica da jazida (acessos, escoamento da produção)
- Características mineralógicas e geotécnicas da rocha hospedeira do minério e da rocha encaixante
- Distribuição dos teores da jazida
- Potencial do mercado consumidor (cenário económico)
- Regulamentação ambiental vigente.

CAPÍTULO V- CASO DE ESTUDO

5.0- Parâmetros Técnicos para o Dimensionamento de Minas Aluvionares

5.1- Projecto Desvio de Rio

É fundamental conhecer o percurso do rio para que se possa definir os blocos para explorar, pois a falta de conhecimento do mesmo pode levar o mau dimensionamento da mina em questão. A figura 4.1 ilustra o modelo de um rio, com blocos já separados para a exploração.

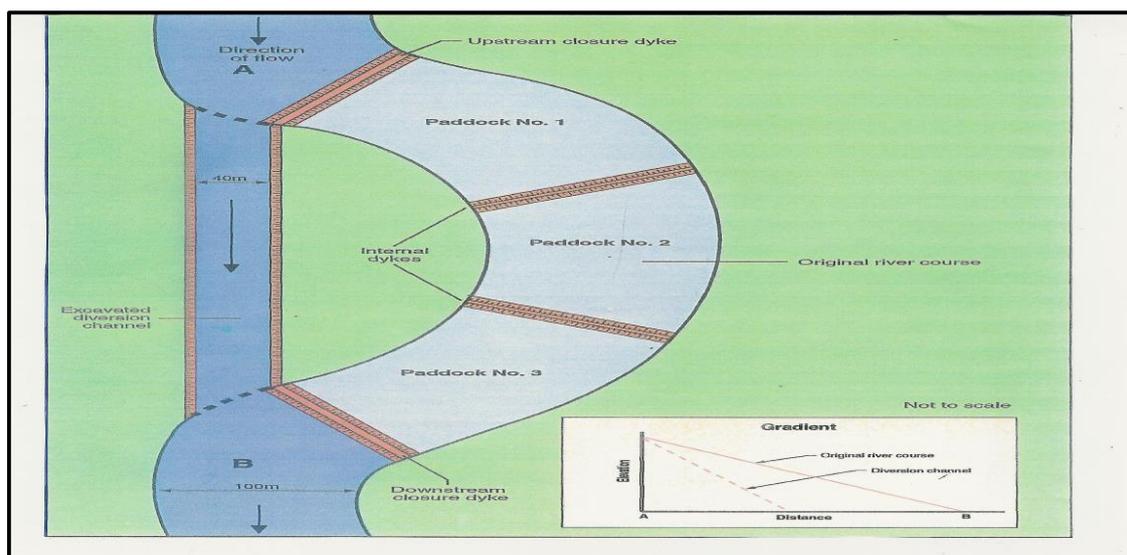


Fig. 5.1- Modelo de desvio de um rio. Fonte: docplayer

Escavação do canal:

- Decapeamento / remoção directa (escavadeiras hidráulicas);
- Em caso de lezírias - Draglines;
- Construção do dique longitudinal ou de contenção;
- Em canais em rocha - Perfuração e detonação;
- Aprofundamento do canal (remoção directa / escavadeiras x camiões);
- Gradiente (função da topografia: 1 à 3 m);
- Forro do dique / stock de rochas grandes p/ fecho;

Desvio do rio:

- Abertura de jusante e de montante (canal artificial);
- Entrada da água p/ o canal artificial;
- Fechamento de montante c/ rocha (leito original);
- Fechamento de jusante c/ laterite (leito original);

- Fechamento de montante c/ laterite;
- Factor de segurança dos diques: 1.5 m.

Desvio do rio

- Abertura de jusante (canal artificial) – entrada da água



Fig. 5.2- Retroescavadeira abrindo a jusante. Fonte: Sociedade Mineira do Cuango

- Abertura de montante (canal artificial) - atenção desnível



Fig. 5.3- Retroescavadeira abrindo a montante. Fonte: Sociedade Mineira do Cuango

5.1.1- Dimensionamento de Blocos

5.1.1.1-Método de Isbash

Sua finalidade é calcular as dimensões do material para fechamento do rio e estudar a configuração da secção transversal da ensecadeira e os correspondentes níveis de água em cada uma das configurações. Consideram-se conhecidos a vazão e a profundidade do rio e o peso específico e dimensões do escoamento da granulometria uniforme (PINTO,1997)

$$D_{50} = \frac{v^2}{\left\{ K^2 \times \left[2g \left(\frac{y_s - y_w}{y_w} \right) \right] \right\}}$$

Onde:

D_{50} – Diâmetro médio do bloco;

v – Velocidade do escoamento;

K – coeficiente de Isbash;

g – Aceleração de gravidade;

y_s – Peso específico do sólido;

y_w – Peso específico da água.

- Outros autores

$$D_{50} = (30 - 50)\% \text{ diferença de queda}$$

5.1.1.2- Drenagem do bloco

- Bombas Flygts 10': 800 m³/h
- Número de bombas em função do volume de água à drenar



Fig. 5.4- Bombas Flygts – Drenagem do bloco. Fonte: Sociedade Mineira do Cuango

5.2- Métodos de Prospecção de Jazigos Aluvionares

Tradicionalmente, a avaliação das reservas dos leitos fluviais baseia-se na realização de campanhas de prospecção por sondagens de percussão (por sondas manuais do tipo banka de 4'' ou 6'' em jangadas)

5.2.1 - Amostragem de Jazigos Aluvionares

A amostragem de exploração é realizada com o objectivo de estabelecer se um corpo de minério é comercialmente viável ou não, e se for, para estabelecer uma reserva de minério. Material aluvial que é firmemente cimentado deve ser amostrado e minado com o uso de equipamento de rocha dura e não é coberto por esta seção. A Maioria pláceres comerciais são compostos de relativamente não consolidados material na superfície da terra ou submerso na água, e eles exigem técnicas de amostragem que sejam adequadas aos seus natureza não consolidada.

Amostragem de exploração de raso exposto depósitos onde a água não é um problema são facilmente feitos com poços ou trincheiras. Deve-se ter cuidado para garantir que as amostras sejam representativas do solo. As paredes de uma escavação que desabam ou estilhaçamento deve ser suportado para evitarem qualquer material que não esteja no volume teórico da amostra desde a entrada na escavação. Onde desmoronamentos ou corridas do solo, pode ser possível afundar eixos desfasados ou caixotes circulares aninhados de aço para obter uma amostra representativa. Onde há muito material grosso ou pedregulhos, é fácil cometer o erro de escavar uma grande e pouco representativa proporção de finos, e uma vez que o mineral valioso é quase sempre bem, o grau do solo será exagerado. Onde as paredes do poço e da trincheira não são lisas, haverá uma super-estimativa da proporção de material de granulação fina, a menos que seja levada em consideração da sobre recuperação de finos nas paredes. Onde depósitos rasos não consolidados estão sob a água ou tem um lençol freático alto, qualquer escavação desidratada abaixo do lençol freático terá entrada de água que transporta material fino preferencialmente.

Método de amostragem directa

- O método tem uma natureza pontual
- A dimensão da amostra recolhida é pequena. Em consequência, o erro amostral associado aos teores em diamantes obtidos é muito elevado
- O tempo de execução é relativamente longo.

A prospecção geofísica tem um caracter extensivo resulta da contribuição de um volume e a informação pode ser recolhida de forma continua sem grande acréscimo de grandes áreas ou volumes. No entanto, os resultados são uma interpretação da realidade e podem conter ambiguidades

Permite observar a geologia e estimar as características económicas dum jazigo (teor, valor dos diamantes, em relação estéril/ minério, etc.)

Sua representatividade do jazigo é discutível, já que a lavra experimental é realizada em áreas e volumes limitados

5.2.2- Métodos Utilizados na Prospecção dos Depósitos Secundários em Angola

A prospecção dos depósitos secundários de diamantes em Angola é feita na base de três tipos de malhas: Geral, Sistemática e desenvolvimento. Essas malhas regulam a distância entre as linhas de poços e os poços a testar.

Tabela 5.1: Características das malhas de amostragem

MALHAS	Distancia Entre As Linhas (m)	Distancia Entre Os Poços (m)	Aplicação objectivos
GERAL	400 x 400	200 X 200	a)
SISTEMÁTICA	200 x 200	100 X 100	b)
DESENVOLVIMENTO	100 x 100	50 x 50	c)

Fonte: (NASTRUSKY)

- a) Áreas virgens que nunca foram alvos ou objectos de amostragem;
- b) Áreas com perspectivas económicas após a aplicação da malha geral;
- c) Definir o limite do bloco, uma vez que a malha sistemática oferece um teor de pesquisa. Nalguns casos para o conhecimento da distribuição exacta quer da densidade de quilates como de pedra por metro quadrado, a malha desenvolvida é apertada para 50 x 50 metros entre os poços, podendo ainda entre os poços a distancia ser 25 x 25 metros respectivamente.

CAPITULO VI - DISPONIBILIDADE DAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS MINEIROS.

6.1- Equipamentos Utilizados

6.1.1- Unidades de Escavo-Empurradoras (Tractores)

Corresponde ao tractor de pneus ou esteira, adaptado com implemento de uma lâmina à frente do tractor que o transforma numa unidade capaz de escavar e empurrar a terra, denomina-se tractor de lâmina ou bulldozer.

A tabela a seguir expressa algumas comparações entre o trator de esteira e de pneus.

Tabela 6.1: Características das unidades de tração

Características	Trator de Esteira	Trator de Pneu
Esforço Tractor	Elevado	Elevado, limitado pela aderência
Aderência	Alta	Baixa
Velocidade de deslocamento	Baixa	Alta
Flutuação	Boa	Baixa
Balanceamento	Bom	Bom

Fonte: Ricardo e Catalani (2007)



Fig. 6.1- Trator de esteira “bulldozer”. Fonte: Caterpillar



Fig. 6.2- Trator de Pneus “bulldozer. Fonte: caterpillar

A parte dianteira do tractor é composta por uma lâmina de seção transversal curva para facilitar a operação de desmonte e na parte inferior a ferramenta de corte, chamada faca da lâmina (RICARDO e CATALANI, 2007). A figura 5 demonstra a utilização da lâmina.



Fig. 6.3- Utilização do Escarificador “bulldozer” Fonte: caterpilla

6.1.2- Unidades Escavo-Carregadoras

São equipamentos com finalidade de escavar e carregar o material em outro equipamento de transporte, que o levará até o local de descarga desejado, realizando assim o ciclo básico, composto de quatro operações, executado apenas por duas máquinas diferentes. As máquinas designadas são representadas pelas carregadeiras e escavadeiras, apesar da construção bem diversa, realizam as mesmas operações de escavação e carregamento (RICARDO e CATALANI, 2007).

Escavadeiras

As escavadeiras são máquinas de escavação que trabalham estacionadas, isto é, realizando o enchimento de sua caçamba ou concha sem a necessidade de se deslocar do local, portanto sua estrutura se destina apenas a permitir o deslocamento, sem, contudo participar do ciclo de trabalho, podendo ser montada sobre trilhos, esteiras e rodas (RICARDO e CATALANI, 2007).

As escavadeiras podem ser divididas em vários grupos conforme o seu porte e a finalidade em que as mesmas são empregadas. As mais empregadas na mineração são as escavadeiras montadas sobre esteiras (FERREIRA, 2013).

Ainda segundo o mesmo autor, as escavadeiras que mais são empregadas na mineração são a escavadeira hidráulica, a escavadeira “shovel” e a escavadeira “drag-line”, ilustrada nas imagens 7 e 8.



Fig. 6.4-Escavadeira de esteira “Retroescavadeira”. Fonte: Caterpillar

Escavadeira “Drag-line”

As escavadeiras do tipo “drag-line” é composto por uma longa lança acoplada a polia e cabos de aço que realizam a escavação arrastando a caçamba sobre o material que está sendo escavado. Quando cheia, a caçamba é levantada e girada no ar até o ponto de descarga. Nesse ponto, pela acção de um cabo de controlo, a caçamba deverá estar invertida, ficando com sua boca para baixo, despejando assim do seu interior o material.



Fig. 6.5- Destaca um modelo de “Drag-line” em operação Modelo de “Drag-line” em operação Fonte: caterpillar.

Segundo JAWORSKI (1997), os principais locais de emprego da escavadeira “Drag-line” são:

- Desmonte de capas de jazidas e pedreiras;
- Abertura de valas e canais;
- Desobstrução de rios;
- Extração de areia e pedregulho de cavas.

Carregadeiras

São equipamentos que também podem ser chamados de pás-carregadeiras, podendo ser montadas sobre rodas pneumáticas ou esteiras. As mais utilizadas são as carregadeiras com caçamba frontal, a qual é accionada através de um sistema de braços articulados, instaladas na parte dianteira do equipamento. No momento do carregamento dos equipamentos de transporte, as carregadeiras que se deslocam entre o talude de material desejado a ser carregado e o veículo de transporte, sendo que para formar um ciclo completo será necessário empregar dois movimentos à frente e dois a ré (RICARDO e CATALANI, 2007).

As carregadeiras montadas sobre pneus apresentam certas vantagens, uma das principais vantagens é a velocidade de deslocamento, resultando em grande mobilidade e dispensando a utilização de carretas para fazer o transporte ao contrário das máquinas de esteiras.

Em contrapartida, a tração sobre pneus revela-se deficiente, em especial na fase de escavação, contendo ainda baixa capacidade de suporte.



Fig. 6.6 Modelo de pá-carregadeira sobre pneus, Fonte: caterpillar



Fig. 6.7: Modelo de pá-carregadeira sobre esteira, Fonte: caterpillar

6.1.3- Unidades Escavo-Transportador

O moto-scaper devido as suas características pode ser classificado como um equipamento escavo-transportador. Sua principal função é trabalhar na terraplanagem, realizando simultaneamente o nivelamento das praças e a retirada da terra do local. Ele possui grande capacidade de operação e transporte, nivelando e transportando o material de maneira contínua. Pode necessitar ajuda de um ou mais tractores, conforme a dureza e inclinação do terreno.

Basicamente, a função principal dos tractores Raspadores é de actuar na terraplanagem. São equipamentos de movimentação de terra, sendo uma máquina que realiza o nivelamento dos terrenos e, simultaneamente, a retirada do material do local. Ele possui grande capacidade de operação e transporte, realizando trabalhos de nivelção de pequena espessura, mas de forma contínua.

A parte dianteira contém a unidade propulsora, um veículo tractor com rodas, e na traseira a caçamba. A caçamba possui lâminas (podendo chegar a três) na parte inferior para efectuar a raspagem ou “corte” da terra, que em seguida é recolhida nesse próprio compartimento.



Fig. 6.8 – Moto-scaper, fonte: caterpillar

6.1.4- Unidades de Transporte

São utilizados na mineração quando a distância entre o local de carga e descarga é grande. Portanto, para grandes distâncias deve-se optar por equipamentos mais ligeiros e que proporcionam alta produção, apesar da necessidade de um número elevado de unidades

Ferreira (2013) destaca que: os equipamentos que são mais empregados na mineração para fim de transporte são os caminhões basculantes comuns, os caminhões articulados e os caminhões fora de estrada ou “off-roads”.

Os caminhões com capacidades menores são indicados para mineradoras de pequeno e médio porte.



Fig. 6.9- Modelo de caminhão comum de mineração. fonte: Scania

Os caminhões fora-de-estrada se constituem de veículos construídos e dimensionados especialmente para serviços pesados de mineração ou construção, por esse e outros motivos que não devem transitar em estradas normais. A sua velocidade máxima não ultrapassa a casa de 60 km/h . Segundo o manual de fabricante da Catepillar, dependendo do modelo a velocidade máxima pode chegar até a 80 km/h carregado.



Figura 6.10- Modelo camião fora de estrada. Fonte: Caterpillar

6.1.5- Premissas para Dimensionamento de Equipamentos

Para dar início a um correto dimensionamento de equipamentos de lavra a céu aberto é necessário ter em mãos algumas informações do projecto, desde a vida útil do projecto até informações sobre a natureza do solo (JESUS, 2103)

6.1.6- Compatibilidade dos Equipamentos

Ao seleccionar os modelos de equipamentos que iram ser empregados, atendendo as condições específicas de trabalho, deve-se também seleccionar a capacidade desses equipamentos, que iram desenvolver os trabalhos em conjunto, buscando uma maior eficiência geral (SILVA, 2011).

Levada em consideração, estas restrições, a compatibilização dos equipamentos que operam conjugalmente, deverá atender a outros parâmetros que poderão afectar a eficiência da operação, tais como:

A quantidade de caçambada que o equipamento de carregamento efectivará para encher o caminhão. O número que representa um bom equilíbrio varia de 3 a 5 caçambadas. Um número menor seria preferível, contando que: Grande diferença de tamanho de caçamba entre a unidade de carregamento e transporte poderá ocasionar impactos sobre a estrutura do veículo e derramamento da carga;

- O tempo de carregamento não pode ser de forma tão ligeira que ocasione espera da unidade de carregamento para o seguinte carregamento.
- Se o número de caminhões for muito pequeno poderá ocasionar ociosidade da unidade de carregamento, mas se a frota de caminhões for muito grande poderá ocasionar fila no carregamento.
- O número excessivo de unidades da frota, ocasionando dificuldades de tráfego, manutenção, etc.

Os conceitos na selecção primária dos equipamentos mais expressivos são:

- Composição geológica do depósito;
- Demanda de produção;
- Tempo de vida útil do projecto;
- Disponibilidade financeira;
- Custo operacional;
- Parâmetros geotécnicos;
- Retorno dos recursos;

CAPITULO VII- PRODUTIVIDADE DOS EQUIPAMENTOS

A produtividade dos equipamentos de perfuração, carregamento e transporte dependem do projecto e planeamento da lavra seja elaborado adequadamente à jazida e aos equipamentos utilizados no beneficiamento. Portanto, a quantidade e tipo de equipamentos empregados e sua produtividade dependem dos seguintes parâmetros, listados por (SILVA, 2011).

- Cubagem da jazida: método de lavra, vida útil da mina, taxa de produção;
- Planeamento da lavra: frentes de lavra simultâneas, relação estéril/minério, deslocamento entre as frentes de lavra;
- Destino do minério: levando em consideração as dimensões e taxa de produção do equipamento que receberá o minério que está sendo transportado, tais como britadores, pilhas pulmão, silos etc.
- Infra-estrutura de suporte: locais de manutenção, de abastecimento, comunicações etc.;
- Projectos de estradas: largura das estradas (devem ter de 3 a 3,5 vezes a largura do veículo mais largo que irá transitar curvas com boa visibilidade e largas, inclinação das rampas de acesso, superfície de rolamento;

- Equipamentos de apoio: aberturas e manutenção de estradas e frentes de lavra, desmonte de minério e estéril;
- Projecto da cava: altura das bancadas, largura das praças, diferença topográfica entre a frente de lavra e trajecto dos caminhões;
- Tipo da rocha: características do minério e do estéril, tais como densidade, umidade, resistência a escavação ou detonação, empolamento, grau de fragmentação;
- Projecto de depósito de estéril: local de localização do material, forma de disposição.

7.1- PARÂMETROS DE PRODUTIVIDADE DOS EQUIPAMENTOS

Para o correto dimensionamento dos equipamentos e suas produtividades em uma mina a céu aberto, é necessário, primeiramente, a definição e conhecimento de alguns termos técnicos que tratam de características importantes de cada equipamento de carregamento, transporte e perfuração. Os cálculos de estimativa de produtividade dos equipamentos de mineração são indispensáveis no processo de selecção de equipamentos.

Para os cálculos de estimativa de produção é necessário considerar alguns conceitos fundamentais, listados e descritos por SILVA (20011):

7.1.1-Empolamento (e)

É o aumento aparente de volume em relação ao estado natural que se encontrava, ou seja, quando uma rocha é fragmentada ela aumenta o seu volume devido aos vazios encontrados dentro das partículas.

Pode-se calcula-lo utilizando as seguintes formulas:

$$Em = \frac{V_s}{V_I}$$

OU

$$Em = \frac{\gamma_s}{\gamma_I} x e\%$$

Onde:

V_s - Volume do material fragmentado;

V_I – Volume do material in situ

γ_s – peso específico do material fragmentado

γ_I – Peso específico do material in situ

A tabela expõe valores que podem ser utilizados na hora de executar os cálculos:

Tabela 7.1: Pesos específicos, factor de conversão e empolamento de materiais

Material	Solto kgf/m ³	Corte kgf/m ³	F	e %
Argila natural	1 661,0	2 017,0	0,82	21
Argila seca	1 483,0	1 839,0	0,8	25
Argila molhada	1 661,0	2 076,0	0,8	25
Terra húmida	1 602,0	2 017,0	0,79	26
Terra seca	1 513,0	1 899,0	0,79	26
Arenito	1 513,0	2 522,0	0,59	69
Areia seca solta	1 424,0	1 602,0	0,88	13
Areia molhada	1 839,0	2 077,0	0,88	13
Pedra brita	1 602,0	2 670,0	0,6	66
Terra húmida 50% rocha 50%	1 721,0	2 284,0	0,75	33
Pedras soltas até 20 cm \varnothing	1 340,0	2 670,0	0,55	100

Fonte: Jaworski (1997)

7.1.2- Volume do Balde (Vb)

Factor que deve apresentar a capacidade operacional, coroada ou rasa conforme a situação, do equipamento de carregamento e transporte.

- Rasa: quando a capacidade nominal não é atingida, devido a factores de operação que não permitem o completo preenchimento da caçamba.
- Coroada: quando se explora ao máximo a capacidade de um equipamento, mesmo que seja pouco provável ser operacionalmente viável;

$$V_c = \frac{\text{carga máxima admissível do balde}}{\text{peso específico do material solto}}$$

7.1.3- Disponibilidade do Equipamento

Quantidade de horas disponíveis existentes para utilizar o equipamento durante um determinado período. Factores tais como má organização da mina, condições de trabalhos adversas, operações em vários turnos e manutenção preventiva e correctivas inadequadas poderão reduzir a disponibilidade do equipamento. A disponibilidade pode ser:

II-Mecânica: que considera as horas possíveis de serem trabalhadas menos as horas de manutenção (preventiva, correctiva e preditiva);

$$D_m = \frac{HT - (MP + MC + TP)}{HT} \times 100$$

Onde:

D_m= Disponibilidade Mecânica;

HT= Horas teóricas disponíveis em um ano;

MP= manutenção preventiva, compreendendo conservação e inspeção dos equipamentos;

MC = manutenção correctiva;

TP = tempo perdido compreende a paralisação da máquina (almoço, café, troca de turno do operador, entre outros);

II. **Física:** corresponde a quantidade de horas programadas em que o equipamento está hábil para operar, isto é, não está na manutenção

$$D_F = \frac{HT - HO}{HP}$$

Onde:

DF = disponibilidade física: representa o percentual de tempo que o equipamento fica à disposição para a produção;

HP = horas calculadas por ano: com base na quantidade de turnos, levando em consideração a disponibilidade mecânica e/ou eléctrica;

HO = horas de consertos de equipamentos na oficina ou no campo

7.1.4- Tempo de Ciclo

Conjunto de operações que um equipamento executa numa certa quantidade de tempo, finalizando com o equipamento retornando ao ponto que se iniciou o ciclo.

Sendo assim o intervalo decorrido entre duas passagens consecutivas da máquina por qualquer ponto do ciclo, por exemplo: manobra, carga, descarga, basculamento, deslocamento, etc.

7.1.4.1- Tempo de Ciclo Mínimo

É a somatória de todos os tempos elementares, de que resulte o menor tempo de ciclo, em que a tarefa pode ser executada.

$$T_{C_{\min}} = \sum TF + \sum TV$$

Onde:

$\sum TF$ = Somatória dos tempos fixos (carga, descarga, manobra);

$\sum TV$ = Somatória dos tempos de transporte carregado ou vazio (retorno).

7.1.4.2- Tempo de Ciclo Efectivo: é aquele gasto realizado pelo equipamento para executar o ciclo de operação, computados os tempos de paradas (tp) que ocorrem necessariamente no decurso de muitos ciclos.

$$T_{cef} = T_{Cmin} + \sum T_p$$

Onde:

$\sum T_p$ = Somatória dos tempos perdidos

7.1.5- Eficiência de Operação (E)

Entende-se por percentual das horas realmente trabalhadas em relação às horas programadas, portanto, é de extrema importância manter a produção constante, resultando em maior lucratividade.

Se não houvesse perda de tempo na jornada diária de trabalho, a eficiência seria de cem por cento (100 %) e o valor do factor E, alcançaria a unidade (1,0):

- Falta do equipamento de transporte;
- Paralisações ocasionadas pelo britador;
- Características do material;
- Interrupções para limpeza da praça;
- Supervisão no trabalho;
- Capacidade da caçamba de máquina de carregamento;
- Qualidade do desmonte de rochas;
- Habilidade do operador;
- Pequenas interrupções devido a defeitos mecânicos, não computados na manutenção.

$$E = \frac{T_{Cmin}}{T_{Cef}} = \frac{T_{Cmin}}{T_{Cmin} + \sum T_p} = 1 + \frac{1}{1 + \frac{\sum T_p}{T_{Cmin}}}$$

Se: $\sum T_p = 0 \rightarrow E = 1$ OU $E = 100\%$

Se: $\sum T_p \neq 0 \rightarrow E < 1$ OU $E < 100\%$

Onde:

T_{Cmin} – Tempo de ciclo mínimo

T_{Cef} - Tempo de ciclo efectivo

T_p - Tempo perdido

7.1.6- Resistência ao Rolamento

Considerá-la como a força horizontal mínima que deverá ser aplicada ao equipamento para iniciar o movimento sobre uma superfície plana, horizontal, contínua e indeformável. Essa resistência é consequência dos atritos internos, associada à flexão dos pneus e a penetração dos

pneus no solo. É fundamental realizar a manutenção das estradas, assim se terá uma velocidade de deslocamento maior e reduzindo também os gastos dos pneus.

Outro fenómeno que ocorre e influência é o afundamento, que acontece devido a pressão de contacto, deforma o terreno, aumentando a superfície de contacto, produzindo a penetração do pneu, até que se estabeleça o equilíbrio entre a pressão existente e a capacidade de suporte do terreno (RICARDO e CATALANI, 2007).

$$R_r = K \times PBV$$

$$K = 20 + 6a$$

Onde:

R_r = resistência ao rolamento;

PBV = Peso bruto do veículo (kgf);

K = coeficiente de rolamento (kgf/t);

a = afundamento (cm).

A tabela a seguir resume os coeficientes de rolamento usados para vários tipos de terrenos.

Tabela 7.2: Coeficiente de rolamento para vários tipos de terrenos

Superfície do terreno	Afundamento a (cm)	K (Kgf/t)
Asfalto ou concreto	0	20
Terra seca, firme	1,6	30
Terra seca, solta	3,2 - 6,7	40 – 60
Terra seca e arada	10	80
Aterro sem compactação	10	80
Areia solta e seca	13,3	100
Terra muito húmida e mole	23,3	160
Terra argilosa muito húmida	26,6	180

Fonte: Ricardo e Catalani (2007)

7.1.7- Produção de um Equipamento

O rendimento da operação é afectado directamente pelos tempos de paradas, conclui-se que o aumento de produção será conseguido pela diminuição destes.

Para se calcular a produção de qualquer equipamento é necessário o auxílio da fórmula, a qual será expressa abaixo

$$Q_{ed} = C \times \varphi_1 \times \frac{1}{T_{c_{min}}} \times E$$

Onde:

Q_{ed} = Produção efectiva, medida no corte (m^3/h);

C = Capacidade da caçamba, em volume solto (m^3);

φ_1 = Factor de empolamento ou de conversão de volume;

$T_{c_{min}}$ = Tempo de ciclo mínimo (horas ou minutos ou segundos);

E = Coeficiente de rendimento da operação ou fator de eficiência

CAPITULO VIII - MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

A manutenção é um conjunto de processos utilizados com finalidade de obter dos equipamentos condições de funcionamento que resultam na sua produtividade máxima e, ao mesmo tempo buscando o prolongamento de sua vida útil (RICARDO e CATALANI, 2007).

8.1- Manutenção Mecânica

Enquanto a máquina é nova, o risco de defeitos mecânicos é muito pequeno e a produtividade do equipamento é elevada, mas com o passar do tempo aumenta a incidência de reparos mecânicos, com paradas longas que afectam negativamente a produção. As falhas mecânicas provêm das peças dos seus diversos sistemas, quando alguma parte vital é afectada ou danificada (RICARDO e CATALANI, 2007).

8.2 -Manutenção Correctiva

Segundo Ricardo e Catalani (2007), manutenção correctiva é aquela que se preocupa apenas em corrigir as falhas já detectadas e que prejudicam o funcionamento normal da máquina. Para Sabino, Agra e Tomi (2012), neste tipo de procedimento, é inevitável a perda de tempo ocasionada pela parada do equipamento, sendo que apenas a partir de detectada quebra ou falha são executados os procedimentos para posta em operação dos activos danificados. A quebra de uma máquina básica no ciclo de operação, quando não substituída, pode interromper todo o ciclo, deixando vários outros equipamentos ociosos, aumentando assim o prejuízo (RICARDO e CATALANI, 2007).

8.3 -Manutenção Preventiva

Tem por finalidade principalmente evitar ou prevenir a ocorrência de falhas mecânicas durante a operação, detectando os defeitos antes de sua manifestação e, sobretudo, evitando a ruptura de componentes fundamentais pela substituição sumária de peças que, já tenha um considerável número de horas trabalhadas ou desgaste máximo admissível, constituem um risco de quebra em curto prazo (RICARDO e CATALANI, 2007).

O emprego da manutenção preventiva significa grandes vantagens, porém, por ser um programa de implantação difícil e também de custo elevado, a sua aplicação em empresas de pequeno porte torna-se antieconómica.

Segundo Ricardo e Catalani (2007), esse programa é de difícil determinação na fixação da idade crítica das peças e dos limites de desgastes admissíveis. Para Sabino, Agra e Tomi (2012), ela é executada através de um planeamento prévio e específico para cada equipamento na mina, levando em consideração factores como o tempo de vida útil da máquina, com vistorias programadas e a aquisição de informações periódicas. O enfoque principal é em torno de revisões ou inspecções periódicas, baseando-se no número de horas trabalhadas ou de quilómetros percorridos.

As informações necessárias podem ser encontradas nos manuais do fabricante. Para Ricardo & Catalani (2007), normalmente as verificações preventivas são realizadas a cada 100, 500, 1.000 e 4.000 horas, examinando os componentes ou sistemas mais sujeitos a problemas. A cada 100 horas devem ser feita uma verificação simples, sendo reaperto dos parafusos, tensão das correias de accionamento, vazamento de óleo, etc. Chagada às 1.000 horas deve ser realizada uma inspecção mais detalhada do motor, transmissão e conversor de torque, freios, sistemas de direcção, hidráulico e eléctrico.

8.4- Manutenção Preditiva

São exames periódicos de componentes e sistemas das máquinas para detectar possíveis falhas mecânicas, evitando-se dessa forma a ocorrência de quebras imprevistas que podem significar danos graves aos mecanismos. Segundo Lima (2006), a proposta da manutenção preditiva é fazer o monitoramento regular das condições mecânicas, electroeletrónicas, electropneumáticas, electro-hidráulicas e eléctricas dos equipamentos e instalações e, ainda, monitorar o rendimento operacional de equipamentos e instalações quanto a seus processos. Como resultado desse monitoramento, tem-se a maximização dos intervalos entre reparos por quebras (manutenção correctiva) e reparos programados (manutenção preventiva), bem como maximização de rendimento no processo produtivo, visto que equipamentos e instalações estarão disponíveis o maior tempo possível para operação.

A 4.000 horas recomenda-se a revisão do motor, a desmontagem e inspecção do conversor de torque e da transmissão, etc., (RICARDO & CATALANI, 2007). É importante ressaltar que essas verificações e inspecções devem ser realizadas ainda que a máquina não apresente anormalidades.

A análise periódica do óleo lubrificante do motor ou de qualquer outro sistema, o emprego de ultra-som ou do magma-flux para o exame de trincas internas em peças metálicas, são alguns dos procedimentos de manutenção preditiva (RICARDO E& CATALANI, 2007).

CAPITULO IX- IMPACTO AMBIENTAL

Actualmente o panorama internacional sugere que das sociedades deve fazer-se tendo em conta não somente a viabilidade económica dos projectos mineiros, mas também ambiental e social ou seja de forma sustentável.

Considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do ambiente causado por qualquer matéria ou energia resultante das actividades humanas que directa ou indirectamente, afectam a saúde, a segurança, o bem-estar da população, as condições estéticas e sanitárias do ambiente, qualidade dos recursos ambientais, etc.

Os impactos ambientais que mais ressaltam aos nossos olhos na actividade mineira principalmente na mina a céu aberto são: diminuição da qualidade da paisagem modificação do perfil topográfico pela criação de vias de acesso, emigração dos animais nativos, extinção da espécie vegetal, por isso recomenda-se o uso de EPI, a todos que estiverem expostos a este ambiente.

Tal actividade deve consolidar-se no contexto de desenvolvimento sustentável, crescer com base no aproveitamento racional dos recursos, procurando um equilíbrio sistemático entre o homem-recurso- território.

O desenvolvimento sustentável é uma acção com resultados duradouros na qual a boa e regular administração dos recursos e o ambiente são componentes essenciais, os quais estão reflectidos em princípios fundamentais orientados aos aspectos sociais, económicos e ambientais de toda a actividade como factores determinante para a rentabilidade de um determinado projecto mineiro.

A poluição de ambiental é a disseminação de resíduos sólidos, líquidos e gasosos na natureza, particularmente no ar, na água ou no solo. Os efeitos ambientais estão associados as diversas fases da exploração mineira, como a abertura das cavidades (retirada da vegetação, escavações, movimentos de terra e modificação da paisagem local), ao uso de explosivos no lançamento de fragmentos, fumos, gases poeiras, ruídos), ao transporte e beneficiamento do minério (gerações e poeiras e ruídos), afectando a água, o solo, o ar e as populações locais. Estes efeitos ambientais podem ser agrupados em: atmosféricos, hidrológicos, florísticos e paisagísticos.

Estes impactos podem ser minimizados com diversas técnicas de restauração das áreas afectadas. Prestação de diversos serviços em protecção ambiental, incluindo assessoria e consultoria nessa área. O sistema de gestão ambiental (SGA), a implantar, deve abranger todos os sistemas operacionais de programas especiais da empresa.

Os aspectos ambientais acima tratados exigem de modo a não afectar a rentabilidade do projecto de mineração, que a empresa mineira realiza o estudo de impacto ambiental (EIA), de modo a assegurar o desenvolvimento sustentável da região.

9.1- Recuperação da Área Degradada

A mineração corresponde a uma ocupação temporária dos terrenos onde se encontra o depósito mineral, com o objectivo de produzir os minerais que a sociedade necessita. Os bens minerais correspondem a recursos não-renováveis e insubstituíveis. Os depósitos minerais se esgotam e a mineração cessa. Terminadas as actividades minerais, os terrenos devem servir para outros propósitos, como para actividades agrícolas, áreas de lazer, entre outros. Cumpre pois a mineração deixar a área lavrada em plena forma para outros usos (GIRODO, 2005). No processo de recuperação de uma área minerada, costuma-se empregar algumas terminologias específicas.

- Restauração: Recriar as condições apropriadas para o prévio uso da área;
- Reabilitação: Criar, no sítio onde existia a mina, condições para o uso do terreno substancialmente diferentes daquelas existentes antes dos estabelecimentos de mineração;
- Recuperação: Termo mais amplo, correspondendo tão-somente à tomada de acções para o uso futuro do terreno para quaisquer propósitos.

De acordo com o IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (1990 apud GIRODO, 2005) a recuperação da área degradada por trabalhos de minerações corresponde a retornar o sítio degradado a uma forma de utilização de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo. Segundo Girodo (2005) esta assertiva implica que a recuperação dos terrenos impactados por serviços de mineração deva ser planejada com a devida antecedência e o planejador mineiro deve objectivar uma condição futura estável, em conformidade com os valores ambientais, estéticos e sociais da circunvizinhança. Significa também, que o sítio degradado deverá ter condições mínimas para estabelecer um novo solo e nova paisagem, aceitáveis pelos melhores padrões da sociedade.

A recuperação é um processo lento e deve ser iniciado ainda na fase de projecto mineiro e finalizado muito tempo após o encerramento da lavra, quando os componentes biológicos e o ambiente atingirem o equilíbrio (GIRODO, 2005).

A equipe encarregada do planeamento da recuperação da área degradada por actividades minerais deve considerar os diagnósticos progressos realizados nos estudos de impacto ambiental que certamente identificaram características específicas da mina e do local onde a mesma é instalada. Estas características dizem respeito aos aspectos físicos como a topografia, geologia, solos, rede hidrográfica, entre outros; aos aspectos biológicos como a vegetação e a fauna, bem como aos aspectos socioeconómicos e culturais da região (GIRODO, 2005).

Após a avaliação destas características e do dimensionamento do grau de importância em que os diversos efeitos ambientais irão ocorrer, passa-se a definição hierarquizada das medidas a serem tomadas para atingir os objectivos específicos do plano de recuperação. Ao se definir os objectivos específicos é importante que eles sejam escalonados no tempo. Este cronograma deve estar dividido em três grandes períodos: curto, médio e longo prazo. A duração de cada um destes períodos é variável conforme as características de cada mina (GIRODO, 2005). De uma

maneira geral, os objectivos e metas a serem alcançados, em princípio são classificados em: curto, médio e longo prazo (GIRODO, 2005).

i) Curto prazo

- Recomposição da topografia do terreno;
- Controle da erosão do solo;
- Revegetação do solo;
- Correção de níveis de fertilidade do solo;
- Atenuação do impacto na paisagem;
- Controle da deposição de estéreis e rejeitos.

ii) Médio prazo

- Restauração das propriedades físicas e químicas do solo;
- Ocorrência e reciclagem de nutrientes;
- Ressurgimento da fauna.

iii) Longo prazo

- Auto-sustentação do processo de recuperação;
- Inter-relacionamento dinâmico entre solo, planta e animal;
- Utilização da área.

Os objectivos de curto prazo, quando atingidos, sustentam o processo de recuperação, permitindo que seja atingido o objectivo geral. De outro lado, a definição do futuro da área deve ser claramente enunciada ainda na fase de planeamento, de tal maneira a preparar objectivamente para alcançá-las e não dispensar esforços (GIRODO, 2005).

CAPITULO X – ANÁLISE COMPARATIVA E DISCUSÃO DE RESULTADOS.

Nesse capítulo apresenta-se a análise de alguns parâmetros técnico, que se teve em conta para a produção da mina e com os mesmos fez-se a comparação dos resultados obtidos, frutos dos métodos de exploração utilizados nas minas em questão.

Em seguida apresenta-se os dados que nos permitem determinar alguns parâmetros que nos permitirá comparar as diferentes minas.

Tabela 10.1 – Dados das minas de Luana e Cuango

Descrição	Mina do Luana			Mina do Cuango		
$V_{escoamento} (m^3/h)$	22			26		
K(coeficiente de isbahs)	0,86			0,86		
Gravidade (m/s^2)	9,81			9,81		
Peso especifico do solido (N/m^3)	24516,625			29419,95		
Peso especifico da agua (N/m^3)	9810			9810		
Peso espec. Material fragmentado (N/m^3)	2017			2077		
Peso espec. Material in situ (N/m^3)	1602			1839		
HT(Horas teóricas disponivel /ano)	6.000h=100%			6.000h=100%		
MP(manutenção preditiva)	300h=5%			400h=6,7%		
MC(manutenção correctiva)	1200h=20%			1200h=20%		
TP (tempo perdido)	600h=10%			600h=10%		
HP(horas calculadas)	80h= 1,3%			70h=1,167%		
HO(horas de concertos)	150h			150h		
Tempo de ciclo fixo (min)	Carga	descarga	manobra	carga	descarga	manobra
	3	1	2,5	2,8	1,3	2,2
Tempo de ciclo de transporte (carga ou vazio) em min	Ida		Volta	Ida		volta
	10		3,6	11		4,2
Peso bruto do camião (ton)	78,75			80,4		
Volume do balde (m^3)	2,5			3		

Fonte: endiama

Com base nos dados apresentados na tabela 10.1, na tabela abaixo são representados os resultados de alguns parametros importantes, obtidos por cada mina. Os mesmos foram calculados usando as equações matemáticas acima mencionadas.

10.1.1- Dimensionamento dos Blocos de Exploração. Método de Isbash

Dados : (mina do luana)

$$V=22 \text{ m}^3/h$$

$$g=9,81 \text{ m/s}^2$$

$$k=0,86$$

$$y_s = 24516,625 \text{ N/m}^3$$

$$y_w = 9810 \text{ N/m}^3$$

$$D_{50} = ?$$

$$D_{50} = \frac{(22)^2}{\{(0,86)^2 \times [2 \times 9,81 \left(\frac{24516,625 - 9810}{9810} \right)]\}}$$

Cada bloco deverá ter uma área de : $D_{50} = 22 \text{ m}^2$

Dados: (mina do cuango)

$$V=26 \text{ m}^3/h$$

$$g=9,81 \text{ m/s}^2$$

$$k=0,86$$

$$y_s = 29419,95 \text{ N/m}^3$$

$$y_w = 9810 \text{ N/m}^3$$

$$D_{50} = ?$$

$$D_{50} = \frac{(26)^2}{\{(0,86)^2 \times [2 \times 9,81 \left(\frac{29419,95 - 9810}{9810} \right)]\}}$$

Cada bloco deverá ter uma área de : $D_{50} = 24 \text{ m}^2$

10.1.2- Cálculo do Empolamento

Dados : (mina do luana)

$$\gamma_s = 1602 \text{ kgf/m}^3$$

$$\gamma_l = 2017 \text{ kgf/m}^3$$

$$e = 26\%$$

$$Em = \frac{1602}{2017} \times (26\%) = 20,65\%$$

Dados: (mina do cuango)

$$\gamma_S = 1839 \text{ kgf/m}^3$$

$$\gamma_I = 2077 \text{ kgf/m}^3$$

$$e = 13\%$$

$$Em = \frac{1839}{2077} \times (13\%) = 11,51\%$$

10.1.3- Disponibilidade Mecânica

Dados : (mina do luana)

$$HT = 100\%$$

$$MP = 5\%$$

$$MC = 20\%$$

$$TP = 10\%$$

$$D_m = \frac{HT - (MP + MC + TP)}{HT} \times 100 = \frac{100 - (5 + 20 + 10)}{100} \times 100 = 65\%$$

Dados : (mina do cuango)

$$HT = 100\%$$

$$MP = 6,7\%$$

$$MC = 20\%$$

$$TP = 10\%$$

$$D_m = \frac{HT - (MP + MC + TP)}{HT} \times 100 = \frac{100 - (6,7 + 20 + 10)}{100} \times 100 = 63\%$$

10.1.4- Disponibilidade Física

Dados : (mina do luana)

$$HT = 100\%$$

$$HO = 2,5\%$$

$$HP = 1,3\%$$

$$D_F = \frac{HT - HO}{HP} = \frac{100 - 2,5}{1,3} = 75\%$$

Dados : (mina do cuango)

$$HT = 100\%$$

$$HO = 2,5\%$$

$$HP = 1,167\%$$

$$D_F = \frac{HT - HO}{HP} = \frac{100 - 2,5}{1,167} = 83,54\%$$

10.1.5- Tempo de Ciclo Mínimo

Dados : (mina do luana)

Tempos fixos

$$T_c = 3 \text{ min}$$

$$T_m = 2,5 \text{ min}$$

$$T_d = 1 \text{ min}$$

$$T_i = 10 \text{ min}$$

$$T_v = 3,6 \text{ min}$$

$$T_{C_{\min}} = \sum TF + \sum TV = 3 + 2,5 + 1 + 10 + 3,6 = 20,1 \text{ min}$$

Dados : (mina do cuango)

Tempos fixos

$$T_c = 2,8 \text{ min}$$

$$T_m = 2,2 \text{ min}$$

$$T_d = 1,3 \text{ min}$$

$$T_i = 11 \text{ min}$$

$$T_v = 4,2 \text{ min}$$

$$T_{C_{\min}} = \sum TF + \sum TV = 2,8 + 2,2 + 1,3 + 11 + 4,2 = 21,5 \text{ min}$$

10.1.6- Tempo de Ciclo Efectivo

Dados : (mina do luana)

$$T_{C_{\min}} = 20,1 \text{ min}$$

$$T_{\text{cef}} = T_{C_{\min}} + 0,25 T_{C_{\min}} = 20,1 + 0,25 \times 20,1 = 25,125 \text{ min}$$

Dados : (mina do cuango)

$$T_{C_{\min}} = 21,5 \text{ min}$$

$$T_{\text{cef}} = T_{C_{\min}} + 0,25 T_{C_{\min}} = 21,5 + 0,25 \times 21,5 = 26,875 \text{ min}$$

10.1.7- Eficiência dos Equipamentos

Dados : (mina do luana)

$$T_{C_{\min}} = 20,1\text{min}$$

$$T_{C_{\text{cef}}} = 25,125\text{min}$$

$$E = \frac{T_{C_{\min}}}{T_{C_{\text{cef}}}} \times 100 = \frac{20,1}{25,125} \times 100 = 80\%$$

Dados : (mina do cuango)

$$T_{C_{\min}} = 21,5\text{min}$$

$$T_{C_{\text{cef}}} = 26,875\text{min}$$

$$E = \frac{T_{C_{\min}}}{T_{C_{\text{cef}}}} \times 100 = \frac{21,5}{26,875} \times 100 = 80\%$$

10.1.8- Resistência ao Rolamento

Dados : (mina do luana)

$$PBV = 78,75 \text{ ton}$$

$$K = 160 \text{ (Kgf/ton)}$$

$$R_r = K \times PBV = 160 \times 78,75 \text{ ton} = 12600 \text{ Kgf}$$

Dados : (mina do cuango)

$$PBV = 80,4 \text{ ton}$$

$$K = 160 \text{ (Kgf/ton)}$$

$$R_r = K \times PBV = 160 \times 80,4 \text{ ton} = 12864 \text{ Kgf}$$

10.1.9- Produção de um Equipamento

Dados : (mina do luana)

$$C = 2,5 \text{ (m}^3\text{)};$$

$$\varphi_1 = 0,79$$

$$T_{C_{\min}} = 0,335\text{h}$$

$$E = 80\%$$

$$Q_{ed} = C \times \varphi_1 \times \frac{1}{T_{C_{\min}}} \times E = 2,5 \times 0,79 \times \frac{1}{0,335} \times 80 = 471,64 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

Dados : (mina do cuango)

$$C = 3 \text{ (m}^3\text{)};$$

$$\varphi_1 = 0,88$$

$$T_{C_{\min}} = 0,358\text{h}$$

$$E = 80\%$$

$$Q_{ed} = C \times \varphi_1 \times \frac{1}{T_{C_{\min}}} \times E = 3 \times 0,88 \times \frac{1}{0,358} \times 80 = 589,94 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

Tabela.10.2- Resultados obtidos por cada Mina.

Descrição	Mina do Luana	Mina do Cuango
Área de cada bloco (m^2)	22	24
Empolamento (%)	20,65	11,51
Disponibilidade mecânica (%)	65	63
Disponibilidade física (%)	75	83,54
Tempo de ciclo mínimo (min)	20,1	21,5
Tempo de ciclo efectivo (min)	21,125	26,875
Eficiência das máquinas (%)	80	80
Resistência ao rolamento (kgf)	12600	12864
Produtividade do equipamento (m^3/h)	472	590

Fonte: autor

Em função dos resultados obtidos e apresentados na tabela 10.2 pode-se concluir que os métodos utilizados para as explorações destas minas são eficientes, porque apresentam uma diferença não muito significativa nos valores obtidos quando comparados.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Como Conclusão :

Nesta dissertação foram apresentadas os métodos de extracção dos depósitos secundários, conhecido como aluvionares (plácer), usados em Angola, nas sociedades mineiras do Luana e Cuango.

De salientar que as sociedades mineiras acima citada, partilhem do mesmo método de exploração, isto é a exploração mecanizada, pois é a mais segura e produtiva em relação a método clássico.

Quanto ao método de escavação das sociedades mineira acima, varia de depósito para depósito em função da geometria do depósito e do tipo de solo, ali encontrado. Pois o método usado para fazer uma escavação por exemplo num depósito de lezíria, não será adequado para escavar um depósito de colina.

Após a drenagem dos blocos, os solos permitem a passagem de tractor de esteiras somente. Alguns equipamentos indicados para os mesmo trabalhos são, escavadeiras sobre esteiras, drag – line; apesar de serem lentas mas têm um longo alcance.

O procedimento para a escavação- Retirada do material de forma ordenada, por blocos através da abertura de canais artificiais. Isso limita a quantidade de água e lodo a ser retirada; Retirada de água com bombas; retirar lodo restante;

Para vias de acesso _ Reenchimento com material adequado imediatamente após remoção da polpa e da água deve-se lançar as primeiras camadas de solo, preferencialmente arenoso. Facilita a drenagem. Colchão de 50 cm (recomendado). Iniciar espalhamento dos solos em camadas, da extremidade para o centro. As primeiras camadas (até 1m) permanecem muito húmidas, mas devem ser compactadas mesmo assim.

Sobre o impacto ambiental, A recuperação das áreas degradadas é um processo lento e deve ser iniciado ainda na fase de Projecto mineiro e finalizado muito tempo após o encerramento da lavra, quando os componentes biológicos e o ambiente atingirem o equilíbrio.

Para futuras minas aluvionares, recomendo:

- Como medida de precaução colocar redes (na perpendicular ao curso do rio e na forma vertical,) a uma distância aceitável do dique com intuito de impedir a migração dos animais aquáticos, enquanto durar os trabalhos de abertura e fecho da montante e jusante, ou até se for possível durante toda tempo de exploração naquele mesmo local, para minimizar o risco os de vida dos mesmos.
- A melhoria dos equipamentos e fazer manutenção preditiva, que culminará no aumento produção.
- Recomendo a continuidade dos métodos que estão a ser nas utilizados actualmente nnas minas, visto que são eficazes e rentaveis na contenção dos custos operacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTÓNIO, André Moisés “ NASTRUSKY”, Geologia & técnicas de prospecção dos depósitos diamantíferos do nordeste de Angola. 2003 EDITOR _ PROPRIEDADE/ COPYRIGHT

HÉCTOR, Adalberto Bernardi, Dimensionamento de equipamentos para as operações unitárias de lavra de mina a céu aberto, 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de Engenharia de Minas. Disponível Na [www. google.com](http://www.google.com)

CAROLINE Siqueira Gomide • TADZIO Peters Coelho • CHARLES Trocate • BRUNO Milanez • LUIZ Jardim De Moraes Wanderley (Orgs), Dicionário crítico da mineração, 2018. Editorial iGuana, Marabá, abril.

LUÍS Chambel Sínese, Prospecção, avaliação, modelação e exploração de jazigos de diamantes, www.sinese.pt . luischambel@sinese.

DUARTE, Nuno da Silva Latas, Modelação e avaliação de recursos de depósitos aluvionares diamantíferos: um caso de estudo em Angola, 2016. Dissertação para obtenção do grau de mestre em engenharia geológica copyright” Duarte nuno da silva latas, faculdade de ciências e tecnologia, universidade nova de lisboa.

AUGUSTO Cazola, Exploração Mineira Depósitos Secundários, universidade agostinho neto Faculdade de engenharia- Departamento de minas. Material de apoio.

CASE. Manual do fabricante. http://www.casece.com/pt_br/Gallery/Downloads/Produtos.

CATERPILLAR. Manual de Produção. 36ª edição, Caterpillar inc. USA, 2004

CATERPILLAR - Catálogo: “Track-Type Tractor” - D9T, disponível em Caterpillar Brasil: <http://brasil.cat.com/>. Acesso em 24 de Julho de 2013 b.

CATERPILLAR - Catálogo: Caminhão de Mineração - 789D, disponível em Caterpillar Brasil: <http://brasil.cat.com/>. Acesso em 28 de agosto de 2015.

CATERPILLAR - Catálogo: Escarificador ou “Ripper” (“Track-Type Tractor” - D10T),

CATERPILLAR - Catálogo: “Wheel Tractor-Scraper” - 623H, disponível em Caterpillar Brasil: <http://brasil.cat.com/>. Acesso em 24 de Julho de 2013 f.

CATERPILLAR - Catálogo: Pá-Carregadeira de esteiras - 973D, disponível em Caterpillar Brasil: <http://brasil.cat.com/>. Acesso em 28 de agosto de 2015

CATERPILLAR - Catálogo: Carregadeira de rodas - 994H, disponível em Caterpillar Brasil: <http://brasil.cat.com/>. Acesso em 28 de agosto de 2015

CATERPILLAR - Catálogo: “Dragline” - 8200, disponível em Caterpillar Brasil: <http://brasil.cat.com/>. Acesso em 28 de agosto de 2015.

CATERPILLAR - Catálogo: Caminhão de Mineração - 789D, disponível em Caterpillar Brasil: <http://brasil.cat.com/>. Acesso em 28 de agosto de 2015.

CHARLES A. Mclean, ALEXANDER W.K. Mcdowell, And THOMAS D. Mcwaters, Manual hand book, dredging and placer mining.