



Universidade Agostinho Neto

Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia de Minas

**Análise dos custos operacionais no processo de transporte do
calcário na pedreira Construlíder Lda**

Autor: Anselmo André Gomes João

Orientador: Msc.João Cláudio Cabeia

Luanda, 2023

Universidade Agostinho Neto
Faculdade de Engenharia
Departamento de Engenharia de Minas

**Análise dos custos operacionais no processo de transporte de
transporte do calcário na pedreira Construlíder Lda**

Autor: Anselmo André Gomes João

Estudante Nº:100278

Orientador: Msc.João Cláudio Cabeia

Trabalho de conclusão de fim de
Curso apresentado como
requisito complementar para
obtenção do grau Licenciatura
em Engenharia de Minas da
Universidade Agostinho Neto,
Faculdade de Engenharia

Luanda,2023

MESA DO JÚRI

PRESIDENTE DA MESA DO JÚRI

OPOSITOR

ORIENTADOR

SECRETÁRIO

APROVADO ____ / ____ / 2023

EPÍGRAFE

É muito melhor arriscar coisas grandiosas, alcançar triunfos e glórias, mesmo expondo-se a derrota, do que formar fila com os pobres de espírito que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem nessa penumbra cinzenta que não conhece vitória nem derrota."
(Theodore Roosevelt)

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais, que muito fizeram por mim desde sempre.

Dedico esse trabalho a Deus que foi minha força meu guia, todo louvor é ínfimo perante a Ele, foi pela sua graça que cheguei até esse feito e chegarei a outros feitos.

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado a oportunidade de poder cursar essa Licenciatura, por ter uma família unida que eu jamais poderia ter melhor.

Aos meus pais, agradeço por sempre terem me apoiado e terem me dado força dia após dia para completar todas as etapas desse processo, por me aconselharem e me mostrarem os melhores caminhos aos quais seguir, aos os meus irmãos, agradeço por terem me encorajado a não desistir do curso e prosseguir sem fraquejar na esperança de dias melhores.

Aos colegas de turma pela parceria, pelos risos e bons momentos.

Ao Msc. João Cláudio Cabeia, pela orientação desta monografia, obrigado pela oportunidade de poder aprender muito, pela paciência e poder ter este trabalho com o senhor.

Muito Obrigado!

ÍNDICE GERAL

EPÍGRAFE	i
DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTO	iii
LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
Capítulo 1- INTRODUÇÃO	1
1.1 Situação problemática.....	1
1.1.1 Problema.....	1
1.1.2 Hipótese	1
1.2 Objectivos.....	1
1.2.1 Objectivo geral	1
1.2.2 Objectivos específicos	2
1.3 Campo de estudo	2
1.3.1 Objecto de estudo	2
1.4 Justificativa.....	2
1.5 Metodologia de pesquisa	2
Capítulo 2- fundamentação teórica.....	4
2.1 Definição de termos e conceitos.....	4
2.2 Operações de Lavra	5
2.3 Sistemas de carregamento e transporte.....	5
2.4 Classificação dos equipamentos	8

2.5 Unidades Escavo-Carregadoras	8
2.5.1 Escavadeiras	8
2.6 Unidades de Transporte	19
2.7 Cálculo dos parâmetros técnicos e económicos dos equipamentos de carga e transporte.	19
2.7.1 Parâmetros técnicos e económicos dos equipamentos de carga	20
2.7.2 Parâmetros técnicos e económicos dos equipamentos de transporte.....	22
CAPITULO 3 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA EM ESTUDO	26
3.1 Localização geográfica da Pedreira Construlíder Lda.....	26
3.1.1 Vias de acesso, vegetação e fauna	26
3.1.2 Hidrologia.....	28
3.1.3 Relevô.....	28
3.1.4 Clima	29
3.1.5 Caracterização geológica.....	29
3.1.6 Regime de trabalho e características do material a produzir	30
3.1.7 Aplicação do calcário	31
3.1.8 Reservas geológicas do corpo mineiro	31
3.2 Caracterização técnico-mineira da pedreira	32
3.2.1 Sistema de exploração da pedreira Construlíder	32
3.2.2 Os Principais parâmetros da pedreira Construlíder	33
3.2.3 Abertura inicial da lavra	33
3.2.4 Profundidade final da Pedreira	34
3.2.5 Desmonte da rocha	34
3.2.6 Ritmo de produção e vida útil da pedreira.....	34
3.2.7 Regime de trabalho na Pedreira Construlíder	35
3.2.8 Sistema de drenagem da pedreira	36

3.3 Caracterização dos equipamentos de carregamento e transporte da pedreira	36
3.3.1 Distâncias médias de transporte desde a frente até a britadeira	37
3.3.2 Equipamentos secundários da pedreira.....	37
CAPITULO 4 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	40
4.1 Cálculo dos parâmetros técnicos dos equipamentos de carga	40
4.2 Cálculo dos parâmetros técnicos dos equipamentos de transporte.....	43
4.3 Avaliação dos custos dos equipamentos.....	47
4.3.1 Custo de propriedade	48
4.3.2 Custos operacionais	49
4.3.3 Custos com a manutenção	51
4.4 Determinação dos custos dos equipamentos de transporte.....	52
4.4.1 Custos de transporte.....	52
4.5 Avaliação do impacto ambiental	57
4.5.1 Generalidades	57
4.5.2 Requalificação Ambiental	63
4.5.3 Redução da Poeira	63
4.5.4 Plano de Recuperação e Possibilidades de Reabilitação	63
CONCLUSÕES.....	64
RECOMENDAÇÕES.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 2. 1:Fluxo no processo de carregamento.....	5
Figura 2. 2:Fluxo do processo de carregamento e transporte	7
Figura 3.1:Vias de acesso a área de concessão da pedreira Construlíder.....	27
Figura 3. 2:Vegetação da área de Cacuaco.....	27
Figura 3. 3:Relevo predominante no município de Cacuaco.....	28
Figura 3. 4:Esboço da área da pedreira Construlíder.....	32
Figura 4. 1:Vazios criados durante o processo de extracção.....	59
Figura 4. 2:Arbusto e Vegetação da pedreira Construlíder	60
Figura 4. 3:Embondeiro da pedreira Construlíder	61
Gráfico 4. 1:Análise comparativa dos custos transportes.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 2. 1:Características técnico-económico das Dragline.....	17
Tabela 2. 2:Características técnico-económico das escavadeiras Dragline	18
Tabela 2. 3:Factores de enchimento do balde do equipamento de carregamento	20
Tabela 3. 1:Coordenadas geográficas da concessão da pedreira Construlíder	26
Tabela 3. 2:Produtos da fragmentação e da separação granulométrica	30
Tabela 3. 3:Capacidade produtiva anual prevista e realizada de pedreira Construlíder.....	35
Tabela 3. 4:Características do camião VW 31 330	36
Tabela 3. 5:Características da escavadeira Cat 330D.....	37
Tabela 3. 6:Equipamentos usados na Pedreira	37
Tabela 3. 7:Factores de enchimento do balde do equipamento de carregamento.....	38
Tabela 4. 1:Parâmetros técnicos e económicos do equipamento de carga da pedreira	43
Tabela 4. 2:Custos fixos de transporte da pedreira Construlíder Lda	53
Tabela 4. 3:Custos variáveis de transporte da pedreira Construlíder Lda.....	55
Tabela 4. 4:Análise comparativa dos custos transportes	56
Tabela 4. 5:Parâmetros do Impacto Ambiental	58
Tabela 4. 6:Principais fontes suscetíveis de criarem problemas ambientais e seus impactos negativos	60
Tabela 4. 7:Níveis sonoros de equipamentos ruidosos da pedreira.....	62

RESUMO

O principal elemento que justifica a escolha da linha de pesquisa, ora proposta, tem haver com a relevância e implicações económicas envolvidas: os equipamentos de mineração representam mais de 50% dos custos envolvidos numa exploração mineira, e o dimensionamento destes serve como principal suporte no processo decisório sobre a realização, continuidade ou rejeição de um empreendimento de mineração

Este trabalho apresenta uma análise detalhada dos custos operacionais no transporte de minérios na pedreira Construlíder Lda. O estudo abrange a descrição do método de exploração utilizado, a quantificação dos custos fixos e variáveis associados ao transporte, e a identificação de factores impactantes. Os resultados destacam estratégias para a optimização e eficiência, contribuindo para a gestão sustentável e económica da actividade mineira.

Palavras chave: Minérios, transporte, custos operacionais

ABSTRACT

The main element that justifies the choice of the proposed line of research has to do with the relevance and economic implications involved: mining equipment represents more than 50% of the costs involved in a mining exploration, and the sizing of these serves as the main support in the decision-making process on the implementation, continuation or rejection of a mining venture.

This work presents a detailed analysis of the operational costs in the transport of ores at the Construlíder Lda quarry. The study covers the description of the exploration method used, the quantification of fixed and variable costs associated with transport, and the identification of impacting factors. The results highlight strategies for optimization and efficiency, contributing to the sustainable and economic management of mining activity.

Keywords: Ores, transport, operating costs

CAPÍTULO 1- 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 os quais estimulam a busca por métodos e ferramentas que ajudam nos planeamento e gerenciamento das minas.

Fazer a extracção do minério não é uma tarefa fácil, o custo envolvido torna-se elevado função dos equipamentos empregados e dos custos para mantê-los em operação.

1.1 Situação problemática

os equipamentos de mineração representam mais de 50% dos custos envolvidos numa exploração mineira, e o dimensionamento destes serve como principal suporte no processo decisório sobre a realização, continuidade ou rejeição de um empreendimento de mineração.

Sabendo que o objectivo de qualquer empresa é de minimizar os custos operacionais e maximar os lucros. Na mineração o sistema de transporte de mineiros apresenta custos onerosos.

1.1.1 Problema

Assim, fez se a seguinte pergunta de partida:

Quais são os principais custos operacionais no processo de transporte de minérios na pedreira Construlider Lda?

1.1.2 Hipótese

Se se caracterizar o sistema de transporte empregue na mina e se descrever os componentes dos custos operacionais no processo de carregamento e transporte então conseguir-se-á avaliar os custos operacionais decorrentes do processo de transporte e propor-se -á mecanismos que visam a minimização dos custos operacionais no processo de transporte de minérios na pedreira Construlider Lda.

1.2 Objectivos

1.2.1 Objectivo geral

Analisar de forma abrangente os custos operacionais associados ao transporte de minérios na pedreira Construlíder Lda, identificando estratégias para optimização e eficiência.

1.2.2 Objectivos específicos

1. Caracterizar o processo de carregamento e transporte de minério empregue na pedreira Construlider Lda.
2. Calcular e analisar os custos fixos e variáveis envolvidos no processo de transporte de minérios
3. Identificar os custos operacionais do processo de transporte de minérios a ser optimizado.

1.3 Campo de estudo

Pedreira Construlider Lda

1.3.1 Objecto de estudo

Sistema de carregamento e transporte de minérios

1.4 Justificativa

A análise dos custos operacionais no sistema de carregamento e transporte de minérios em minas a céu aberto é de suma importância no contexto da gestão eficiente de recursos e optimização de processos industriais. O estudo de casona pedreira Construlider Lda oferece uma oportunidade única de compreender os desafios específicos enfrentados por essa operação, permitindo uma análise aprofundada dos factores que impactam directamente nos custos envolvidos. O conhecimento adquirido por meio deste trabalho não apenas enriquecerá a compreensão teórica, mas também terá aplicações práticas relevantes no sector da mineração.

1.5 Metodologia de pesquisa

A Metodologia é a explicação detalhada de toda ação a desenvolver durante o trabalho de pesquisa. Oliveira [2002] contribui, afirmando que método é um conjunto de regras ou critérios que servem de referência no processo de busca da explicação ou da elaboração de previsões, em relação a questões ou problemas específicos.

Desta forma o método é o conjunto de procedimentos e /ou caminho com o qual se atingem os Objectivos ou explicações de um determinado problema.

De acordo com, William Costa Rodrigues (2007), os tipos de pesquisa, classificados segundo:

- ❖ A área da ciência
- ❖ A natureza
- ❖ Aos objetivos

- ❖ Aos procedimentos
- ❖ Ao objeto
- ❖ A forma de abordagem

Classificação quanto:

À área da ciência

- ❖ • Pesquisa teórica
- ❖ • Pesquisa metodológica
- ❖ • Pesquisa empírica
- ❖ • Pesquisa prática

À natureza

- ❖ Trabalho científico original
- ❖ Resumo de assunto

Aos objetivos

- ❖ Pesquisa exploratória
- ❖ Pesquisa descritiva
- ❖ Pesquisa explicativa

Aos procedimentos

- ❖ Pesquisa de campo
- ❖ Pesquisa de fonte de papel

Ao objeto

- ❖ Pesquisa bibliográfica
- ❖ Pesquisa de laboratório
- ❖ Pesquisa de campo

À forma de abordagem

- ❖ Pesquisa quantitativa
- ❖ Pesquisa qualitativa

No presente trabalho utilizaremos procedimentos técnicos bibliográficos, pesquisa hipotético-dedutiva. Pesquisa bibliográfica e visita técnica a nossa área de estudo (observações pessoais e colheita de dados).

CAPÍTULO 2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Definição de termos e conceitos

Jazida: é a ocorrência geológica de minerais em formas relativamente concentradas.

Jazigo: Concentração mineral passível de ser aproveitada economicamente. Este conceito dado a sua conotação económica pode variar no tempo, ou seja, algo que é económico hoje pode não sê-lo no futuro.

Mineral: é um elemento ou composto químico, sólido, homogêneo e cristalino, que se formou através de processos inorgânicos naturais.

Mina: Área onde se explora um bem mineral. Quando a jazida passa a ser aproveitada, ela se transforma em mina podendo ser a céu aberto ou subterrânea.

Mineração: é uma actividade industrial cujo principal objectivo é a extracção das substâncias mineiras localizadas em depósitos naturais e o transporte até a central de tratamento.

Minério: toda substância ou agregado mineral, rocha ou solo que pode ser aproveitado tecnicamente pois ela contém o mineral-minério (substancia mineral útil de interesse económico)

Estéril: Rocha ou solo que ocorre dentro do corpo do minério ou externamente ao mesmo, sem valor económico, que é extraído na operação de lavra para aproveitamento do minério.

Lavra: diz-se operação de extrair da mina o minério e o estéril transportando-os para a central de tratamento e para outros locais de deposição.

Método De Exploração: é a técnica de extracção do minério, esteja ele em superfície ou em profundidade.

Exploração à Céu aberto: Escavações realizadas para exploração do minério em contacto com o ar.

Equipamento: Conjunto de meios materiais necessário a realização de determinada actividade.

2.2 Operações de Lavra

As operações em minas a céu aberto abrangem principalmente as operações básicas de desmonte, carregamento, transporte e descarga. O processo de lavra tem início com a preparação da área a ser lavrada, chamada frente de lavra. Após o material ser desmontado por meio de explosivos ou mecanicamente, os equipamentos de carga são deslocados até as frentes de lavra para que possam ser carregados e em seguida transportarem o material podendo ser minério ou estéril, carregando-os até um determinado ponto de descarga o qual pode ser a central de beneficiamento ou aterro de estéril QUEVEDO, [2009].

Examinando-se execução de quaisquer serviços de terraplanagem, pode-se distinguir quatro operações básicas de lavra que ocorrem em sequência ou as vezes com simultaneidade: Escavação; Carga do material escavado; Transporte e Descarga e espalhamento. Essas operações podem ser feitas pela mesma máquina ou por equipamentos diversos.

2.3 Sistemas de carregamento e transporte

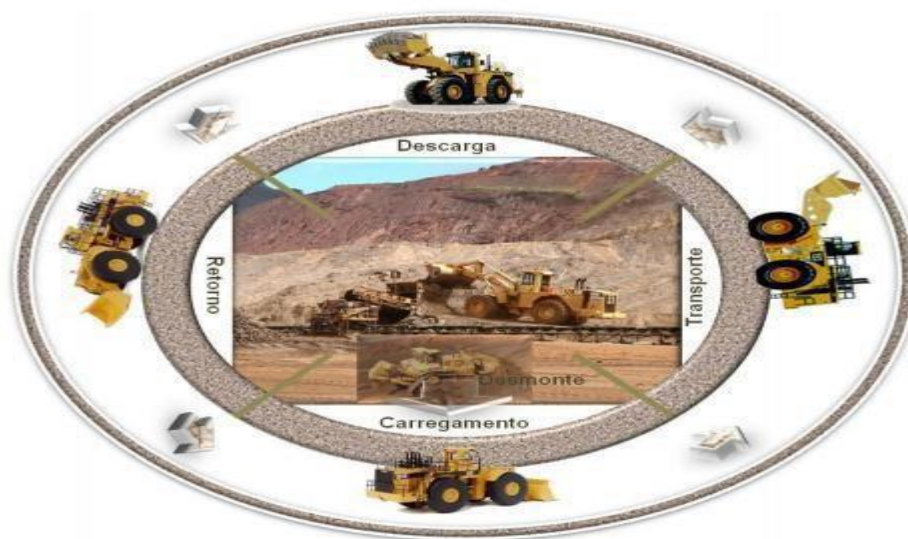


Figura 2. 1:Fluxo no processo de carregamento

Fonte: (Quevedo ,2009)

O processo de carregamento consiste no enchimento da caçamba do material desagregado, ou seja, que já sofreu o processo de desmonte, Segundo RICARDO e CATALANI, [2007]. Esse processo de carregamento deve ser efetuado pela lateral ou traseira do equipamento de transporte, sendo carregado um equipamento por vez, Os equipamentos mais utilizados para as operações de carregamento são: escavadeiras a cabo, escavadeiras hidráulicas, retroescavadeiras hidráulicas, carregadeiras sobre pneus ou esteira, moto scrapers, dragas BORGES, [2013].

De acordo com Silva [2011]: o processo de carregamento de alguns equipamentos funciona da seguinte maneira. Conforme demonstra na figura 2.1.

1-Carregadeiras: é constituído de quatro movimentos: deslocamento para frente e carregamento da caçamba, deslocamento para trás, deslocamento para frente até o veículo e descarga, e por último o retorno vazio.

2-escavadeiras: enchimento da caçamba, giro carregado, descarga no equipamento de transporte

Na mineração existem vários métodos e sistemas de transporte de material, para Borges [2013], os mais comuns são o transporte por caminhões e transporte por correias. Já para Lopes [2010], o método de transporte por caminhões é o mais utilizado em todo o mundo.

Assim, a operação de transporte consiste em transportar o material extraído da jazida, que normalmente é executado por meio de perfuração e desmonte por explosivos ou mecanicamente (tratores, escavadeiras ou carregadeiras, dependendo da resistência do material), o qual se direciona até diferentes pontos de descarga (britador, pilha pulmão, pilha de estéril).

A figura 2.1 caracteriza o movimento de caminhões nas operações de carregamento e transporte.

O transporte mineiro constitui um dos ramos fundamentais do processo produtivo de qualquer empresa mineira, na qual o objectivo fundamental do transporte nas Minas, é o traslado da massa mineira desde a frente de trabalho, até os diferentes pontos de recepção ou descarregamento. Assim sendo as Máquinas ou Equipamentos servem como base para a execução deste serviço, e não só. São equipamentos destinados ao transporte de material provenientes de cortes ou pedreiras destinadas aos aterros, bota-fora ou à pavimentação.

São equipamentos utilizados quando as distâncias para uso do motoscraper ou scraper se tornam antieconómicos. São divididos em: caminhão basculante; Dumpers; Vagões; e Caminhões fora de estrada.

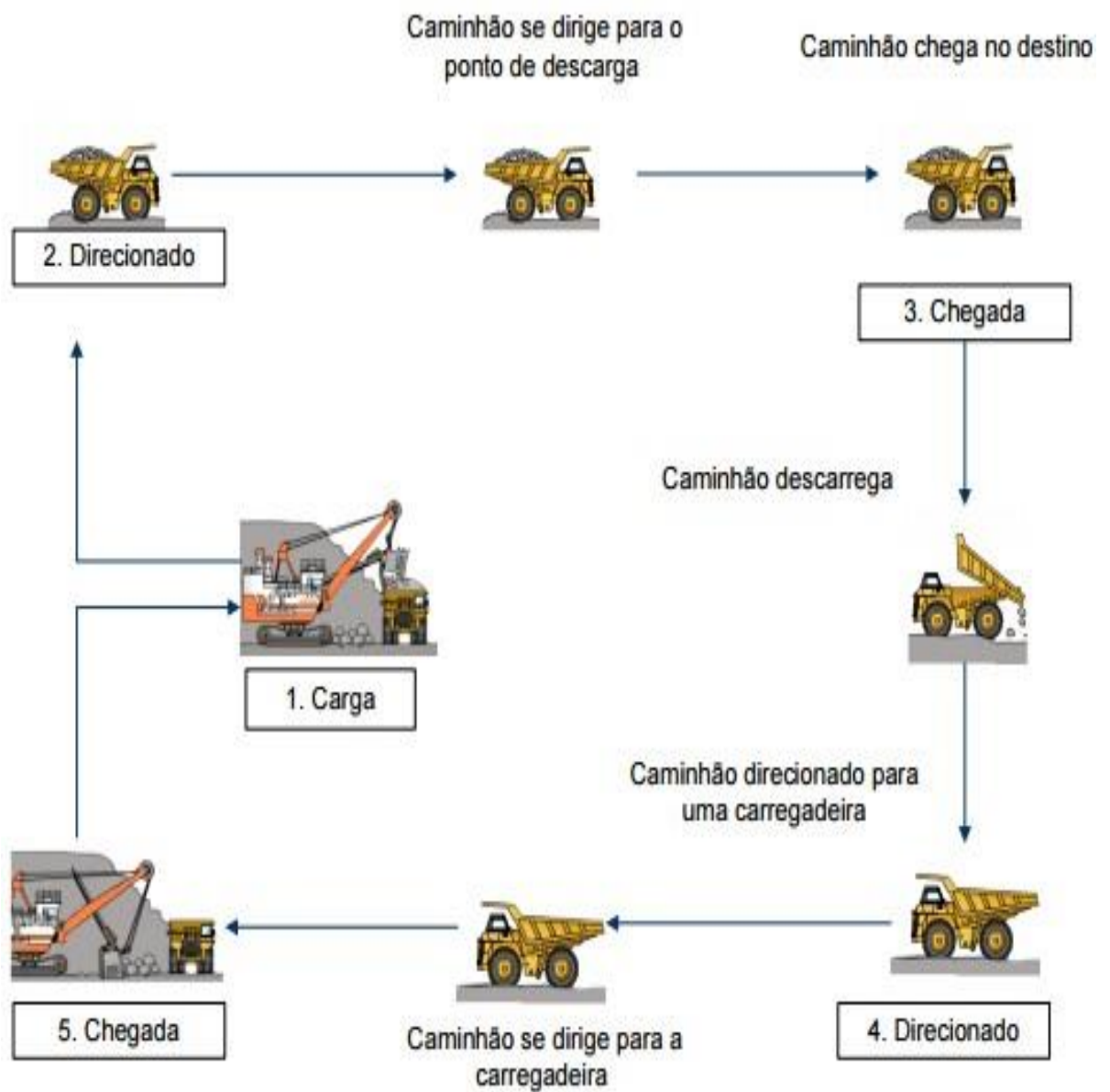


Figura 2. 2:Fluxo do processo de carregamento e transporte

Fonte: (Quevedo ,2009)

2.4 Classificação dos equipamentos

Para efeito do estudo dos equipamentos empregados na mineração, os equipamentos são divididos em 8 unidades:

- Unidades de Tracção
- Unidades Escavo-Empurradoras
- Unidades Escavo-Transportadoras
- Unidades Aplainadoras
- Unidades Compactadoras
- Unidades Escavo-elevadoras
- Unidades de transporte
- Unidades Escavo-carregadoras

2.5 Unidades Escavo-Carregadoras

Estas unidades são constituídas por:

- Pá Carregadeira
- Escavadeiras

2.5.1 Escavadeiras

Chamadas de pá-mecânica. É um equipamento que trabalha parado. Podem ser montadas sobre esteiras, pneumáticos ou trilhos.

Principais tipos de lança:

- Lança com caçamba pá frontal ou shovel;
- Lança com caçamba de arrasto ou com caçamba “drag-line”;
- Lança com caçamba de mandíbulas;
- Lança com caçamba retroescavadeira

As escavadeiras possuem a característica de executar a escavação com a máquina estacionada, isto é, sem se deslocarem na fase do carregamento do sua balde. Escavam em terrenos brandos e em alguns casos duros, descarregam ao lado o material e podem proceder a descarga em unidades de transporte, se forem do tipo “pás mecânicas”.

As partes principais de uma escavadeira são:

- 1) Cabine de comando;
- 2) Base;
- 3) Lança;
- 4) Braço;
- 5) Balde (Caçamba ou concha).

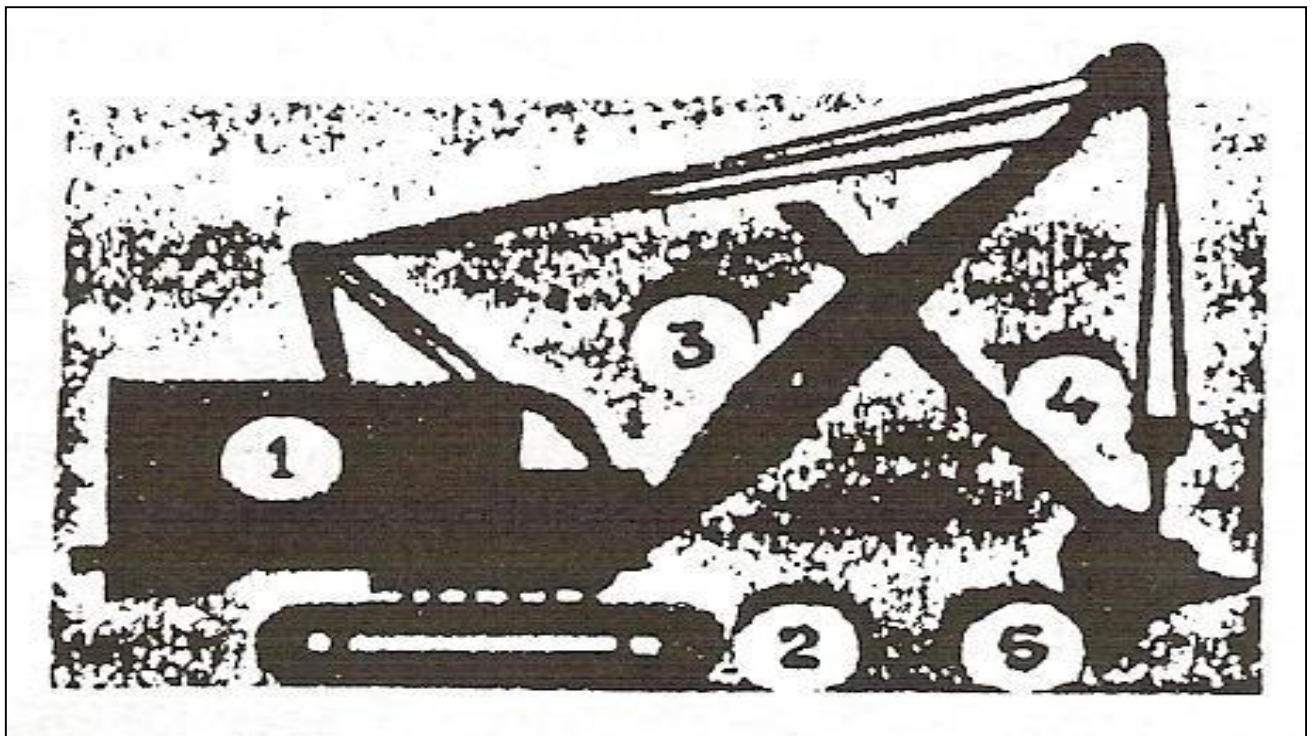


Figura 2. 3:Partes de uma escavadeira

Fonte: (Revista das escavadeiras, 2013)

As escavadeiras podem ser construídas, quanto á sua base de apoio sobre: esteiras, rodas pneumáticas, chassi ferroviário, chassi rodoviário, patins; barcaças. A escavadeira a base de esteiras, tem emprego em terrenos de baixa consistência. As esteiras possibilitam o deslocamento em rampas de ate 30 %. As escavadeiras de esteiras devem, na escavação, operar com a sua base em terreno plano devido a razões de segurança.

A escavadeira a base de pneus é utilizada em escavadeiras de porte relativamente pequeno. O equipamento não tem condições de operar em todo o tipo de terreno. Para dar maior segurança na fase de escavação e giro, a escavadeira tem o apoio de pés metálicos (sapatas).

Lança: é uma estrutura metálica de comprimento variável conforme o tipo de escavadeira e fica apoiada sobre a plataforma da estrutura giratória, podendo ter um movimento de levantamento ou abaixamento, para o atendimento de condições de serviço. A lança sustenta o braço.

Braço: é uma estrutura metálica que completa a escavadeira de balde frontal (shovel).

Balde: é o recipiente que além de escavar o material, serve de depósito do mesmo, durante a manobra, até o sequente descarregamento. O motor pode ser de combustão interna ou mesmo elétrico

A escavadeira com balde frontal (shovel): é uma máquina automotora ou estacionária, provida de lança articulada, (também chamada de torre, em algumas publicações), com braço igualmente articulado, tendo na sua extremidade uma caçamba de fundo móvel. A combinação do movimento da lança e do braço giratório, permite que a escavação se faça no sentido de baixo para cima e para frente e que a caçamba seja levantada. O giro da lança permite que o balde seja deslocado no plano horizontal para uma posição de descarga que é executada com a abertura do fundo da caçamba.

A escavadeira shovel é o equipamento ideal para ser empregado em “serviços pesados” devido à grande força de escavação obtida na borda cortante da caçamba e à segurança que possui, em seus movimentos.



Figura 2. 4:Escavadeira com caçamba frontal

Fonte: (M. caterpillar edição 32)

Um ciclo de trabalho completo da escavadeira shovel compreende as seguintes operações: *escavação, giro, descarga e giro de retorno.*

Na escavação o braço é movimentado à frente até a balde encontrar o talude a escavar. O balde é elevada pelo braço, nessa operação é raspado o talude e o material assim escavado vai preenchendo o bojo do balde. O talude deve ter um metro e meio de altura, para que o preenchimento do balde se faça em uma única operação, isto para os equipamentos de pequeno e médio porte. Se o talude for baixo e não permitir o preenchimento do balde em uma única operação, o material será depositado ao pé do alude e reiniciada uma nova escavação. Ao ser completada a carga da caçamba, escavadeira deve girar até o ponto de descarga do material. O ponto de descarga pode se no terreno ao lado da escavadeira ou sobre unidades de transporte.

A escavadeira shovel é usada em:

- a) Escavação de taludes;
- b) Deslocamento, carregamento e descarga de blocos de rocha;
- c) Escavação em áreas restritas;
- d) Carregamento de unidades de transporte;
- e) Formação de depósitos a céu aberto (montes) de materiais, etc.

A escavadeira de caçamba invertida (retro-escavadeira): é equipada com implemento frontal, constituído de lança segmentada que articula na sua extremidade uma caçamba, em posição inversa à do shovel.

Esse implemento tem sua maior eficiência quando escava em um nível inferior ao de apoio de sua base, (ver figura 2.5).

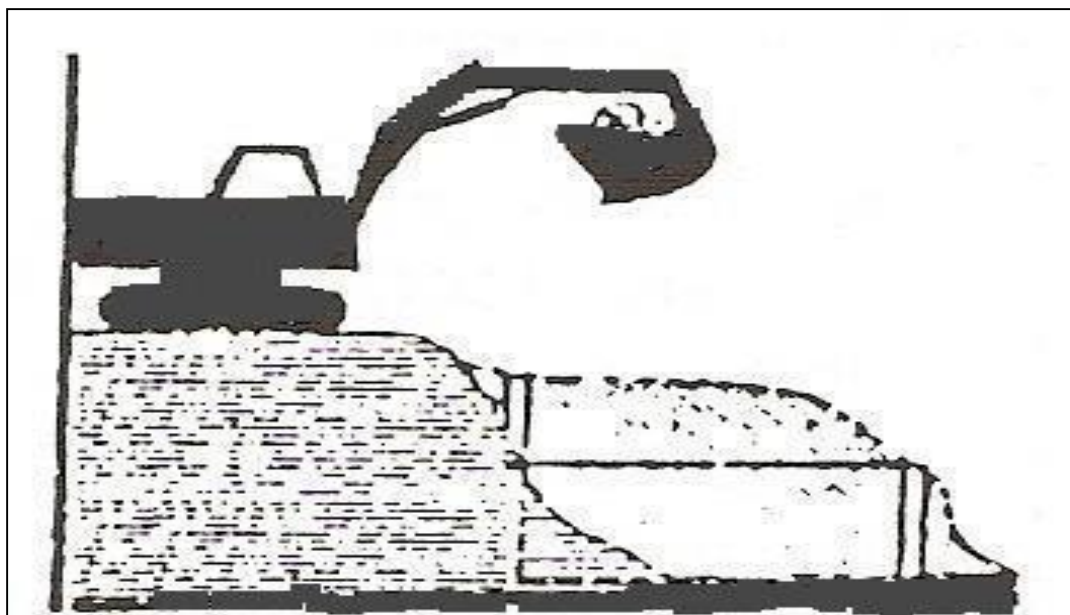


Figura 2. 5: Operação da Retro-escavadeira abaixo do seu nível de sustentação

Fonte: (M. caterpillar edição 32)

O funcionamento da retro escavadeira é semelhante ao da escavadeira shovel, diferindo quanto à descarga da caçamba.

O carregamento é feito pela boca e a descarga é, igualmente, pela boca da caçamba.

A escavadeira Dragline tem enlace flexível entre seu órgão de trabalho (balde ou pá de arrasto) e o corpo da escavadeira. Quando elas trabalham por cima do nível de estacionamento que descarregam sua carga a escombrelas ou os meios de transporte, a sua produtividade diminui. As escavadoras draglines se constroem com capacidade de sua colher de 0.25 - 88 m³ e com pluma de 75- 100 de comprimento.

As escavadeiras do tipo Dragline tem uma longa lança acoplada a poliam e cabos de aço que arrastam o balde (pá de arrasto) sobre o material que está sendo escavado, o que permite escavar o chão de uma profundidade maior, protege o piso e translada a carga a uma distância maior.

Quando cheia a caçamba, esta é levantada e girada no ar até o ponto de descarga. Nesse ponto, pela acção de um cabo de controlo, a caçamba é invertida, ficando com sua boca para baixo, despejando assim do seu interior, o material.

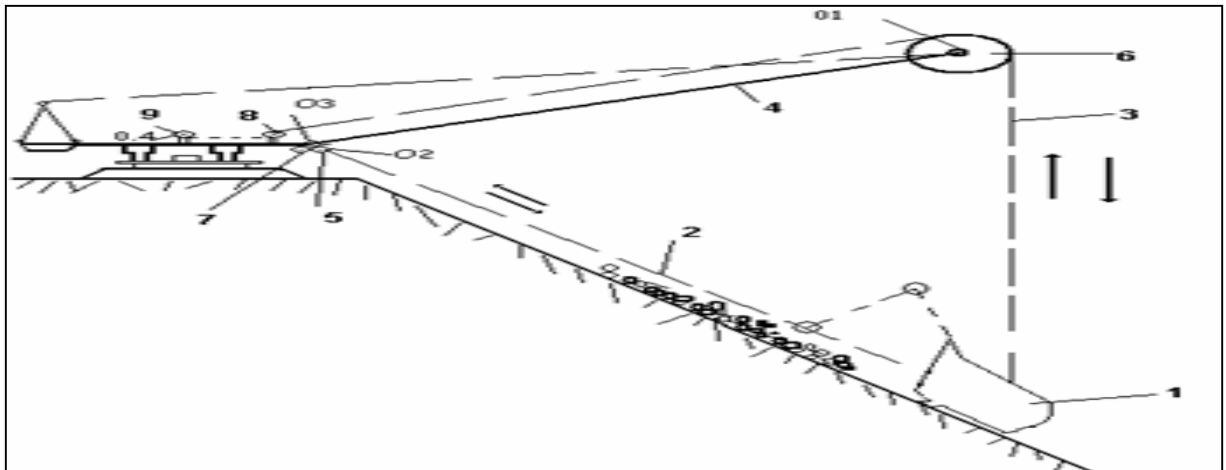


Figura 2. 6:Esquema construtivo da Dragline

Fonte: (Manual de caterpillar, 1983)

Onde: Balde ou pá de arrasto 1, cabo de arrasto 2, cabo de ascensão 3, pluma 4, blocos direccionais 5, 6, talão 7, tambor de ascensão 8, tambor de arrou 9, eixos ou dobradiças Ou1, Ou2, Ou3. As actuais escavadeiras Draglines fabricam-se com balde que permitem realizar a lavra das rochas até a quarta dureza de fortaleza, o que é necessário, segundo as normas da lavra que as rochas estejam previamente fragmentadas com densidade até 2.9 t/m³. Em dependência de seu destino, a caçamba das Draglines se subdividem em: ligeiras, meias, pesadas e super pesadas, com uma capacidade metálica específica de 0.84 - 1.6 t/m³. O fundo da caçamba está previsto de corredores de aço em bandas que os protegem do desgaste.

Para a determinação da potência dos motores da escavadeira Dragline, calculou-se os parâmetros de (1 à12):

1. Esforço no cabo de ascensão no momento da separação do balde ou pá de arrasto da frente

$$N_{ad} = (1.5 - 1.7) G_{(c+r)}; N$$

Onde:

$G_{(c+r)}$: Peso do balde com a rocha

❖ Potencia no momento de separação do balde:

$$P_{me} = \frac{N_{me} V_{me}}{\eta_{me}} 10^{-3}; Kw$$

Onde:

N_{me} : esforço da potência do motor elevação durante o corte

V_{me} : velocidade do movimento do mecanismo de separação do balde

η_{ep} : Eficiência do mecanismo de separação do balde

❖ Esforço no cabo durante a ascensão do balde com rocha:

$$N'_{ad} = G_{(c+r)} ; N$$

❖ Potência durante a ascensão do balde carregada:

$$P'_{ad} = \frac{N'_{ad} V_{ad}}{\eta_{ad}} 10^{-3}, Kw$$

Onde:

N_{ad} : Esforço durante a ascensão do balde

V_{ad} : Velocidade durante a ascensão do balde

η_{ad} : Eficiência durante a ascensão do balde

❖ Cálculo do esforço no cabo durante a descida do balde à frente:

$$N''_{ad} = G_c \text{ N}$$

❖ Potência do motor, durante a descida do balde vazio:

$$P''_{ad} = (1.1 - 1.3) \frac{N''_{ad} V_{ad}}{\eta_{ad}} 10^{-3}, \text{ Kw}$$

3. Potência média ponderada do motor do mecanismo de ascensão:

$$P'_{adm} = \frac{P_{ad} t_c + P'_{ad} t_a + P''_{ad} t_d}{t_c + t_a + t_d}, \text{ Kw}$$

Onde:

t_c - tempo de separação da colher da frente;

t_a - tempo de ascensão da colher com rocha.

t_d - tempo durante a descida da colher na frente.

❖ Cálculo do esforço no cabo de tração e a potência do motor do mecanismo de tração no transcurso de um ciclo:

a) - Cálculo da resistência ao corte:

$$N_{01}^d = \frac{K_F E (1 + K_a)}{K_y L_c K_e}, \text{ N}$$

Onde:

K_F - Resistência da rocha ao corte,

E - Capacidade da balde da Dragline, m^3 ;

K_a - Relação do volume do prisma de arrasto com o volume do balde, para:

- Rochas de dureza branda; 0.4
- De dureza meia; 0.3
- De grande dureza; 0.2

K_e - Coeficiente de empolamento da rocha,

L_c – Comprimento do balde da Dragline, m;

K_e - Relação da via do cheio da colher com a longitude da colher. Para:

- Rochas de dureza branda; 3
- De dureza meia; 4
- De grande dureza; 6

a) - Esforço no cabo de tração durante o corte:

$$N_{ed} = N_{01}^d + G_{(c+r)} (\sin \alpha_T + \rho_T \cos \alpha_T) ; N$$

Onde:

α_T - Ângulo limite do talude; graus

ρ_T - Coeficiente de fricção da colher com a rocha corte, ($\rho_T = 0.4$)

b) - Potência do motor da Dragline durante o corte:

$$P_{ed} = \frac{N_{ed} V_{ed}}{\eta_{ed}} 10^{-3} ; Kw$$

❖ Esforço no cabo de tração durante a ascensão do balde carregada:

$$N'_{ed} = \frac{G_{(c+r)}}{2} + m_{(c+r)} \omega_a^2 R_c ; N$$

Onde:

$m_{(c+r)}$ - massa do balde com a rocha, N;

ω_a - frequência angular de giro da plataforma, rad/s: $\omega_a = 0.126 \text{ rad/s} = R_d = 85 \text{ m}$;

R_c - raio de descarga.

a) - Potência durante giro da plataforma com o balde carregado no lugar de descarga:

$$P'_{ed} = 1.2 \frac{N'_{ed} V_{ed}}{\eta_{ed}} 10^{-3} \text{ Kw}$$

b) - Potência média ponderada do mecanismo de tracção:

$$P_{edm} = \frac{0.3P_{ed}T_c + 0.35P'_{ed}T_c}{0.3T_c + 0.35T_c} ; \text{ Kw}$$

Onde:

T_c: tempo de ciclo, s

Tabela 2. 1:Características técnico-económico das Dragline

Fonte: (BUCYRUS, 1ª edição)

Firma	Modelo	Capacidade da caçamba, m³	Potência, KW	Peso, t	Comprimento da pluma, m	Pressão, Kg/cm²
Bucyrus-Erie	FNV BUCYRUS 22- B	6.9 - 12	736	414	61 - 43	1.2
Bucyrus-Erie	FNV BUCYRUS 23 – B	95 - 134	13255	7883	100.6	2.7
Marion	FNV BUCYRUS 24 – B	9.9 - 17	1105	714.4	73 - 49	1.3
Marion	FNV BUCYRUS 25 – A	76 - 137	13235	6601	122 - 91	2.7

Page	FNV BUCYRUS 26 – A	8.4 - 15	13255	874	73 - 53	1.58
Page	FNV BUCYRUS 27 – A	37 - 53	4418	3401	107 - 95	2.16

Tabela 2. 2:Características técnico-económico das escavadeiras Dragline

Fonte: (BUCYRUS, 1ª edição)

Parâmetros	Tipo de escavadeira Drigline						
	FNV	FNV	FNV	FNV	FNV	FNV	FNV
	BUCYR US 22 - B	BUCYRU S 23 - B	BUCYRU S 24 – B	BUCYRU S 22 - B	BUCYR US 24 – A	BUCYR US 27- A	BUCYR US 28 - A
Productividade, m³/h	360	480	720	600	840	750	1100
Capacidade caçamba, m³	6.9 – 12	95 - 134	9.9 – 17	76 - 137	8.4 – 15	7.6 -13	37 – 53
Profundidade de excavação , m	8 – 9	10	18	10	22	28	20 – 23

A escavadeira com Dragline é usada para o desmonte de capas de jazidas, em pedreiras com rocha de dureza branda; abertura de valas e canais; desobstrução de rios; extracção de areia e pedregulho de cavas.

As vantagens escavadeira com caçamba de arrasto (Dragline):

- Escava em níveis bem inferiores em relação ao plano de apoio de sua base;
- Escava e deposita o material a uma distância longa (30 a 75 metros) em função do comprimento da lança;
- Deposita, caso se queira, em montes de altura elevada.

As desvantagens escavadeira com caçamba de arrasto (Dragline):

- A superfície escavada não fica com bom acabamento;
- Apresenta dificuldades de descarga em unidades de transporte;
- Tem risco de tombar, se for mal posicionada;
- Apresenta dificuldade de locomoção.

2.6 Unidades de Transporte

O transporte mineiro constitui um dos ramos fundamentais do processo produtivo de qualquer empresa mineira, na qual o objectivo fundamental do transporte nas Minas, é o traslado da massa mineira desde a frente de trabalho, até os diferentes pontos de recepção ou descarregamento. Assim sendo as Máquinas ou Equipamentos servem como base para a execução deste serviço, e não só. São equipamentos destinados ao transporte de material provenientes de cortes ou pedreiras destinadas aos aterros, bota-fora ou à pavimentação. São equipamentos utilizados quando as distâncias para uso do motoscraper ou scraper se tornam anti-econômicos. São divididos em: caminhão basculante; Dumpers; Vagões; e Caminhões fora de estrada.

2.7 Cálculo dos parâmetros técnicos e económicos dos equipamentos de carga e transporte.

Para o cálculo dos principais índices técnicos-económicos da escavadeira que a pedreira utiliza e a proposta a aplicar para o carregamento e o transporte de calcário, da frente de arranque até a central de tratamento, temos como metodologia a que foi proposta por Pereda S. y Polanco R. (1999), cujo os passos são:

Passo nº 1: Análise dos parâmetros técnicos e económicos dos equipamentos de carga.

Nesta etapa teve-se em conta o seguinte:

- Factor de enchimento.
- Tempo de ciclo do equipamento de carga
- Produtividade teórica.

- Produtividade técnica
- Produtividade de exploração.
- Produtividade de exploração por turno.
- Quantidade de baldes da escavadeira necessária para carregar o caminhão.
- Quantidade de escavadoras necessárias para a produtividade anual da pedreira.

Passo nº 2: Análise dos parâmetros técnicos e económicos dos equipamentos de transporte.

Nesta etapa teve-se em conta o seguinte:

- Cálculo do tempo de ciclo do caminhão
- Cálculo da quantidade de viagens do caminhão por turno
- Cálculo do volume da rocha que cabe num caminhão
- Cálculo da produtividade do caminhão por turno
- Cálculo da quantidade de camiões trabalhando num turno
- Cálculo da produtividade mensal dos camiões
- Determinação da eficiência da combinação escavadeira-caminhão

No capítulo em curso, desenvolve-se cada uma das etapas antes citadas.

2.7.1 Parâmetros técnicos e económicos dos equipamentos de carga

Para que um equipamento de carga atenda as condições específicas do trabalho é necessário compatibilizar o tipo de máquina e balde (caçamba) com os requisitos de produção, o tipo de material e o equipamento de transporte. A compatibilização depende dos parâmetros técnicos e económicos do mesmo equipamento.

❖ Factor de enchimento

O factor de enchimento é um parâmetro determinado em função do tipo de material escavado .

Tabela 2. 3:Factores de enchimento do balde do equipamento de carregamento

Fonte: (Manual Cat, 2009)

Tipo	Material (Rocha)	Factor de enchimento
A	Barro ,calcário ou argila arenosa	75% - 100%
B	Areia e cascalho	95% - 100%
C	Argila dura, resistente	80% - 90%

❖ Tempo de ciclo do equipamento de carga

O tempo de ciclo é medido a partir do instante em que o equipamento inicia a escavação até o momento em que retoma à essa posição inicial. O ciclo de escavação da escavadeira/carregadora compõe-se de quatro fases:

1º Carregar o balde (caçamba),

2º Oscilar o balde carregado,

3º Despejar o balde,

4º Oscilar o balde vazio.

O tempo total do ciclo da escavadeira depende do tamanho da máquina e das condições operacionais.

À medida que as condições de trabalho se tornam mais severas (escavação mais dura, vala mais profunda, mais obstáculos, etc.) a escavadeira diminui a velocidade.

O tempo para o enchimento do balde aumenta a medida que a escavação torna-se difícil em função da consistência do solo.

À medida que a vala se torna mais profunda, e o monte de despejo maior, o balde tem que percorrer um percurso mais longo e a estrutura superior tem que oscilar a uma distância maior a cada ciclo de escavação¹

❖ Cálculo da produtividade teórica.

$$Q_{teo} = \frac{3600 \times V_b}{t_c} ; \text{ m}^3/\text{s}$$

Onde

t_c : Tempo de ciclo da retro-escavadeira, s.

V_b : capacidade geométrica da retro-escavadeira, m^3 .

❖ Cálculo da produtividade técnica

$$Q_{tec} = Q_{teo} \times \frac{K_e}{F_e}$$

Onde:

K_e : Factor de enchimento da escavadora

F_e : Coeficiente de empolamento da rocha

❖ Cálculo da produtividade de exploração

$$Q_{exp} = Q_{tec} \times C_U;$$

Onde:

C_U : Coeficiente de utilização

❖ Cálculo da produtividade de exploração por turno

$$Q_{expT} = Q_{exp} \times T_t;$$

Onde:

T_t : tempo de trabalho por turno (8 h/turno)

❖ Cálculo da quantidade de baldes da escavadeira necessário para carregar o camião

$$N_b = \frac{C_{cam} \times F_e}{\gamma \times C_u \times V_b};$$

Onde:

C_{cam} : Capacidade do equipamento de transporte;

γ : Peso volumétrico; t/m³.

❖ Cálculo da quantidade de escavadeiras necessárias para a produtividade anual da pedreira

$$N_{excav} = \frac{K_{irr} \times Pa}{Q_{expT} \times N_t \times N_d};$$

Onde:

K_{ir} : Coeficiente de irregularidade de trabalho;

P_a : Produtividade anual prevista da pedreira;

N_t : número de turnos de trabalho da escavadeira;

N_d : número de dias efectivos de trabalho por ano;

2.7.2 Parâmetros técnicos e económicos dos equipamentos de transporte

Em cada frente de trabalho é importante que se conheça com boa aproximação o tempo de ciclo de cada unidade de transporte, as rampas máximas que estas são capazes de vencer e as pressões que

executam contra o terreno quando carregadas. Quando há uma má distribuição dos caminhões, resultará em prejuízo da produção, pela paralisação de caminhões aguardando a descarga no britador primário. Quanto ao transporte do minério ou de estéril, as maiores produções são obtidos quando há uma perfeita sincronia entre a frota transportadora e os equipamentos de carga.

❖ Cálculo do tempo de ciclo do caminhão

Ciclo é a variável mais administrável importante na determinação da capacidade de produção dos equipamentos de transporte. O tempo de ciclo dos caminhões é formado pelos seguintes tempos elementares:

Tempo de carga (t_v);

Tempo de viagem com carga (t_v);

Tempo de manobra e descarga (t_f);

Tempo de retorno vazio (t_v);

Tempo de posicionamento para a carga (t_f).

Os tempos de carga, manobras, descarga e posicionamento são considerados tempos fixos, enquanto os de transporte vazio e carregado são considerados tempos variáveis, pois dependem das distâncias percorrida. ^[18]

O carregamento da unidade de transporte depende do equipamento de carga utilizado. Por exemplo, uma escavadeira muito pequena precisaria de um número elevado do balde para carregar o caminhão, prolongando assim o tempo de carga, o mesmo acontece no caso em questão.

Determinou-se o tempo de carga dependendo do número de baldes da escavadeira necessário para encher o equipamento de transporte como mostra a expressão a seguir:

$$T_{carg} = \frac{N_b}{N_{cicl}}$$

$$N_{cicl} = \frac{60}{t_c};$$

Onde:

N_{cicl} : ciclos de escavadeira por minutos

❖ Viagem dos camiões com ou sem carga

Os tempos de viagem dos camiões dependem das velocidades dos camiões nos diversos trechos do percurso. Pois, residem as maiores chances de optimização, quer a nível do projecto das estradas e selecção dos equipamentos, quer a nível da administração de produção. As velocidades dos camiões dependem de: relação peso/potencia; rampas das estradas; resistência ao rolamento das estradas; largura das estradas; localização e raios das curvas; interferências, como cruzamentos; condições de visibilidade; qualidade da manutenção dos veículos; qualidade da manutenção das estradas. Para estimar o tempo de viagem do camião com/sem carga é necessário fazer um acompanhamento dos diferentes ciclos do camião com um cronometro e assim estimar um tempo de ciclo médio. O tempo de viagem com ou sem carga determina-se pela expressão a seguir:

$$T_c + T_v = \frac{60 \times L_c}{V_c} + \frac{60 \times L_v}{V_v} \times K, \text{ min}$$

Onde:

L_v e L_c : é a distância percorrida pelo camião

V_c : velocidade média do camião com carga

V_v : velocidade média do camião sem carga,

$K = 1,1$: coeficiente de aceleração e desaceleração durante o movimento

❖ Cálculo da quantidade de viagens do camião por turno

$$N_v = \frac{T_t - (T_{op} + T_d)}{T_{rt}} ;$$

Onde:

T_t : duração do turno de trabalho

T_{op} : tempo de realização das operações preparatórias e finais

T_d : tempo de descanso no turno de trabalho, min

O tempo de descanso e a soma de tempos relacionados com o pequeno almoço e almoço

❖ Cálculo do volume de calcário que cabe por camião

$$V_r = Q_K \times N_b = V_b \times C_u \times N_b; \text{ m}^3$$

Onde:

Q_K : Volume de massa rochosa no balde da escavadeira; m^3

❖ Cálculo da produtividade do camião por turno

$$P_{cam} = V_r \times N_V; \text{ m}^3/\text{turno}$$

❖ Cálculo da quantidade de camiões trabalhando por turno

$$N_{trab} = \frac{Q_{exp}}{N_t \times C_{U1}} \times K_{irr}$$

Onde:

Q_{exp} : Produtividade por turno da pedreira; m^3/turno

C_{U1} : Coeficiente de utilização dos camiões

K_{irr} : Coeficiente de irregularidade do camião durante um ciclo de trabalho,

❖ Cálculo da produtividade mensal dos camiões

$$P_{mes} = N_t \times P \times N_d \times N_{cam}$$

Onde:

N_d : número de dias por mês

CAPITULO 3 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA EM ESTUDO

3.1 Localização geográfica da Pedreira Construlíder Lda

A concessão da rocha calcária, atribuída a empresa Construlíder Lda, encontra-se localizada no município de Cacuaco, província de Luanda, faz fronteira com a comuna de Cabiri, município de Icolo e Bengo, a sensivelmente 15 Km do trajecto Funda-Kiminha, estando conforme os croquis de localização e tem marcos geodésicos com as seguintes coordenadas, (ver tabela 3.1).

Tabela 3. 1:Coordenadas geográficas da concessão da pedreira Construlíder

Fonte: (Construlíder, 2005)

ID	Vértice	Latitude	Longitude
1	A	8°54'08''	13°33'03''
2	B	8°53'16''	13°33'03''
3	C	8°52'59''	13°33'47''
4	D	8°54'08''	13°33'50''

3.1.1 Vias de acesso, vegetação e fauna

A localidade tem como via de acesso principal a estrada nacional que liga as províncias de Luanda, Bengo, Desviando da via principal encontram-se a estrada directa da comuna da Funda ao Município do Icolo e Bengo.e Catete.

Quase muito profundas e vertentes com pendentes elevadas, onde maior parte destas vertentes estão cobertas por vegetações dificultando muitas das vezes o acesso).



Figura 3.1:Vias de acesso a área de concessão da pedreira Construlíder

Fonte:(Autor, 2023).

Quanto a vegetação o Município de Cacuaco está constituído por capim e árvores compostas por plantas características das savanas africanas, de regiões onde a densidade pluviométrica não é tão intensa, entre as quais capim fraco, arbustos de médio porte bem como árvore de grande porte como o embondeiro. (ver Figura 3.2).



Figura 3. 2:Vegetação da área de Cacuaco

Fonte:(Autor, 2023).

Quanto a fauna, na área da pedreira Construlíder é notória a presença de animais terrestres e não só, mas devido a proximidade com o rio e lagoa.

3.1.2 Hidrologia

A caracterização hidrológica, da zona foi feita com apoio dos trabalhos de campo e observação de cartas geológicas, por formas a ligar a localização geodésicas da concessão e a sua relação com as estruturas que caracterizam o universo hidrológico.

A NW da concessão, é bem visíveis lagos e lagoas, aglomerados aquáticos que derivam da presença do rio Bengo. A lagoa mais importante é a Quilunda, que dista da concessão pouco mais de 1Km.

3.1.3 Relevo

A área do Construlíder encontra-se sobre uma superfície aplanada, com cotas em torno dos 100 m snm. O contacto entre a parte alta e a parte baixa é feito através de vertentes brutas entalhadas em margas e calcários do Cretácico, e de vertentes suaves entalhadas em argilas das formações terciárias com conglomerados e areias da formação quaternária.

Esses sectores geográficos apresentam sinais da actividade de processos erosivos e/ou deposicionais típicos da morfodinâmica continental (acção erosiva- mecânica e/ou química - das águas superficiais, deslizamentos e outros processos de vertente).



Figura 3. 3:Relevo predominante no município de Cacuaco

Fonte:(Autor, 2023).

3.1.4 Clima

O município de Cacuaco administrativamente pertence a província de Luanda, estando sob influência do clima que nesta predomina, caracterizado por ser uma região árida à semi-árida, quente e seca. As médias da humidade relativa do ar são elevadas ao longo do ano, atingindo valores máximos na época seca. A estação chuvosa é variável, as precipitações atingem valores entre 350mm no litoral e 700mm no interior. A temperatura média anual oscila entre 25° e 26°C.

3.1.5 Caracterização geológica

3.1.5.1 Geologia regional

A geologia desta região está representada pelas seguintes formações:

- Margas e calcários margosos - Cretácio superior
- Gres-conglomeráticos - Cretácio inferior
- Calcários silicificados - Eonénico.

Principais solos existentes na região:

Calcário pardo: são de coloração normalmente pardo-olivácea, têm boa representação entre o Dande e o Kwanza, em geral correlacionados com as matérias calcários, gresso-calcáricos ou calcários margosos do Cretácio e do Eocénico.

Quanto as suas características, trata-se de solos de textura fina, ou mais raramente médias, com estruturas bem desenvolvidas, de agregados grânulos, mediante ou pouco e em geral disseminados de materiais concrecionários e nódulos de calcários e cristais de gesso. A fracção argilosa do solo é sialítica, quase constituída por minerais do tipo 2:1.

O conteúdo em bases de troca e o grau de saturação são muito elevados. Quando bem conservados são terras de satisfatória ou mesmo boa capacidade produtiva.

3.1.5.2 Fercialíticos tropicais

Correlacionam-se com as formações de rochas cristalafílicas gnaissicas ou granito-gnaissicas do maciço antigo. Solos de texturas médias ou finas, de regular espessura, quase sempre com horizontes B, são providos de reservas minerais meteorizável, sobretudo de natureza feldspática e micácea. Possuem frequentemente níveis de material grosseiro quartzo ou próximo da superfície constituindo 'linhas de pedras'. A fracção de argilas do solo, constituída fundamentalmente por minerais

caulínicos e sexquióxidos de ferro e alumínio, mas ainda mantendo certo conteúdo do tipo 2:1, designa-se por argila fersialítica.

3.1.5.3. População

Dada a natureza deste trabalho, achou-se por bem estabelecer um perímetro de 5Km da concessão, e estudar os prováveis efeitos que afectariam de forma negativa e/ou positiva a população desta área. Não forma assinalados aglomerados populacionais ao redor da área concessionada. Isto compreende-se pelo facto de ser uma zona com algum interesse agrícola. Denota-se que esta actividade é caracterizada por explorações do tipo ‘Quintas’. O povoamento ao longo da estrada principal, vai-se tornando denso á medida que nos aproximamos da localidade de Kifangondo. No entanto, das localidades citam-se: comuna do Denga, da Funda, Kifangondo e do Banza Quitete, no trajecto para o município de Cacuaco.

3.1.6 Regime de trabalho e características do material a produzir

O desmonte do maciço mineralizado em calcário, foi e está a ser feito em flanco de encosta e pelo método de desmonte em degraus direitos, fazendo recurso ao uso de meios mecânicos e podendo fazer-se recurso da massa mineralizada, poderá atingir 12 à 15 metros. A produção da brita envolverá as operações de desmonte, fragmentação e separação granulométrica em lotes, prevendo-se obter cinco (5) tipos de produtos expressos na tabela seguinte;

Tabela 3. 2:Produtos da fragmentação e da separação granulométrica

Fonte: (Construlíder, 2005)

ID	Produtos	Diâmetro da fracção, mm	Volume Anual Estimado, m ³
1	Brita 1	2/5	9500
2	Brita 2	5/12	9900
3	Brita 3	12/19	9200
4	Tout-venan		5300
5	Pó		4500
6	Total		38400

O regime de trabalho é de 9horas diárias, durante 6 dias úteis trabalhando por semana. Área vegetal a limpar por cada desmontada com frente de 6 a 11m de altura, será 3490m² considerando que se pode produzir anualmente em média 38400m³ de calcário

3.1.7 Aplicação do calcário

Os calcários são usados na produção de cimento portland, Produção de cal (CaO), correção de Correção do pH do solo para a agricultura do solo, n produção do giz, fundente de metalurgia, fabricação de vidro, Adubação química, etc.

O calcário também é utilizado na produção de revestimentos cerâmicos esmaltados para aplicação em paredes de cozinhas e banheiros, denominados, comercialmente por mono-porosa e na avicultura para aumentar a resistência das cascas dos ovos.

O calcário para fins agrícola é utilizado para corrigir a acidez do solo, ao mesmo tempo em que faz essa correção. A aplicação do calcário, aumenta a disponibilidade de elementos nutrientes para as plantas e maximiza os efeitos dos fertilizantes, e o aumento substancial da capacidade produtiva da terra. A incorporação de calcário no solo chama-se calagem. Além de corrigir a acidez do solo, a calagem fornece os macronutrientes cálcio (CaO) e magnésio (MgO), neutraliza o efeito fitotóxico do alumínio e do manganês e potencializa o efeito dos fertilizantes. A calagem resulta em maior produtividade e competitividade.

Calcário Calcítico é o calcário com maior concentração de óxido de cálcio (CaO) e baixo teor de óxido de magnésio (MgO) (abaixo de 5%). É aplicado para a correção do solo com alta deficiência de cálcio, e a sua natureza física é pó. O calcário Dolomítico é o Calcário que contém maior concentração de óxido de cálcio e magnésio, é aplicado para a correção de solo com deficiência de Óxido de Cálcio (CaO) e Óxido de Magnésio (MgO). A sua natureza física é Pó.

O Calcário para uso cerâmico (filler) é o produto proveniente do calcário, através do processo de moagem da rocha, é utilizado principalmente nos processos de fabricação de cerâmica. a sua natureza física é Pó super fino.

3.1.8 Reservas geológicas do corpo mineiro

O conhecimento das reservas associadas ao corpo mineralizado é muito importante, pois que a geometria da escavação e os limites finais da escavação depende dela. O plano de lavra da pedreira Construlíder considerou uma reserva medida de 4 milhões de m³ in situ e será explorado numa lavra de 4 ha de área.

3.2 Caracterização técnico-mineira da pedreira

3.2.1 Sistema de exploração da pedreira Construlíder

A pedreira Construlíder ocupa uma área de concessão de 180 ha sendo 35 ha a área da lavra. O sistema de exploração da pedreira é feito a céu aberto com avanço em um flanco. A exploração mineira é todo conjunto de postos de trabalho aberto para o céu, feita a partir da superfície da crosta para extrair minerais diferentes. (ver Figura 3.4).



Figura 3. 4:Esboço da área da pedreira Construlíder

Fonte:(Autor, 2023).

A remoção de grandes massas de revestimento da pedra é a característica fundamental da mina a céu aberto. A extracção de minerais é feita em camadas, com uma prévia parte superior sobre a inferior, onde o resultado das rochas sólidas trabalhadas assumem a forma de bancos.

As superfícies que limitam a altura do banco, são chamadas quadrado inferior e quadrado superior.

A parte do banco preparada para o cumprimento de trabalho é chamado por banco da frente de trabalho. A superfície das rochas na borda do banco onde a extracção é realizada é chamada de frente. As operações mineiras na pedreira consistem em escavação.

3.2.2 Os Principais parâmetros da pedreira Construlíder

Os principais parâmetros da pedreira que caracterizou a escala das obras para abertura da mesma são:

1. A profundidade final.
2. Resignação da pedreira como a direcção perpendicular à direcção da superfície do corpo mineralizado.
3. Dimensões do fundo da pedreira.
4. Ângulos das arestas da pedreira.
5. Volume total de contornos de massa de mineração da pedreira.
6. Reservas de minério na pedreira.

O avanço de frente de lavra principal é NE, de modo que a direcção principal de lançamento de rocha se dá para o lado oposto que está a SW. Reduz-se a possibilidade de lançamentos de fragmentos de rocha em direcção a rodovia funda-Catete.

A escolha das direcções de avanço das frentes de desenvolvimento e de produção foi realizada considerando aspectos de segurança, tendo por objectivo aperfeiçoar a eficiência do desmonte da rocha.

Para a elaboração do plano de lavra da pedreira foram dotadas seguintes premissas sobre o desmonte de rocha:

- Bancadas de 7 m
- Inclinação das bancadas de 10°.
- Frente de lavra com extensão variável.
- Abertura inicial com 30 m de largura e avanço dessa frente na direcção SE a fim de formar uma frente de produção na direcção NE
- Frente inicial de desenvolvimento com 30m de extensão
- Frente de produção com 230 m de extensão

3.2.3 Abertura inicial da lavra

Partiu-se da premissa que, aproximadamente, 55 % da área removida nos primeiros quatro anos, e o restante foi desenvolvido conforme a necessidade de avanços nos anos seguintes. A remoção da área foi de aproximadamente 2 m de espessura, sendo 1,60 m estéril e 0,4 m solo orgânico. Abriu-se uma

rampa de 50 m de largura de modo a se ter espaço suficiente para a movimentação dos equipamentos para a retomada do material desmontado.

3.2.4 Profundidade final da Pedreira

Em função da topografia da área e da direcção de avanço escolhida, foram definidas bancadas com altura de 8 m, com piso nos níveis N_1 a N_6 . O plano da lavra considerou o nível final (N_6) na cota 25. Nessa condição os volumes in situ calculados são:

- Volume de rocha removido: **210000 m³**
- Volume de estéril: **9843m³**

Mas actualmente a exploração da pedreira encontra-se no N_3 . No entanto, o volume de rocha in situ varia por nível.

3.2.5 Desmorte da rocha

O desmorte de rocha na pedreira é efectuado por meio mecânico e hidráulico. As características do desmorte mecânico são: limitação à remoção do solo vegetal, cobertura de rochas não consolidadas e de dureza intermédia. O sucesso da escavação de rocha depende do estudo que se fez antes do início dos trabalhos.

3.2.6 Ritmo de produção e vida útil da pedreira

O ritmo de produção ou capacidade produtiva é um parâmetro que influi um estudo económico de viabilidade, isto é, metros cúbicos da rocha produzida por ano.

Foi prevista, que a pedreira deverá operar por um período de 15 a 30 anos, e que depois esta área será preparada para uma nova utilização, e quanto a capacidade produtiva anual depende da demanda dos projectos de construção civil, agricultura e avicultura que a pedreira recebe.

Na tabela a seguir mostra-se os valores estimados para a capacidade produtiva anual desde o ano 2010 a 2015 e a produção feita neste período, (ver tabela 3.3)

Tabela 3. 3: Capacidade produtiva anual prevista e realizada de pedreira Construlíder

Fonte: (Construlíder, 2015)

ANO	Previsão (m³)	Produção real das bancadas		
		N ₁ , (m³)	N ₂ , (m³)	N ₃ , (m³)
2010	210000	141100		
2011	209190	149000	166080	
2012	210000	152200	157960	
2013	210000	161112	162480	
2014	209889		179960	165870
2015 (até Outubro)	210000			159190
Produção Total	1259079	603412	666480	325060

3.2.7 Regime de trabalho na Pedreira Construlíder

A pedreira Construlíder produz num regime de trabalho de 264 dias/ano, 6 dias por semana (de segunda a sábado) com 1 turnos de 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho: 264 dias/ano

(com 1 turnos/dia de 8 horas cada)

Horas trabalhadas/dia: 8h/d

Horas/ano: $8 \times 264 = 2112$ h/ano

Porém, do regime de trabalho resultam 2112 horas totais por ano. Mas deve-se levar em consideração de que o funcionamento de uma máquina não é durante o tempo do regime de trabalho da pedreira.

3.2.8 Sistema de drenagem da pedreira

Não existe perigo de inundação da pedreira com as águas pluviais, porque em torno da área desmatada foi escavada uma valeta de drenagem, evitando-se que as águas pluviais entrem na extracção.

3.3 Caracterização dos equipamentos de carregamento e transporte da pedreira

Os camiões são os equipamentos de transporte mais usados nas pedreiras devido as suas grandes vantagens, que são: Flexibilidade do sistema quanto a distâncias; Capacidade de adaptação a todo tipo de materiais a transportar; Facilidade para variar o ritmo de produção, aumentando a frota de camiões; A Pedreira Construlíder seleccionou para o transporte do calcário escavado o camião basculante Volkswagen 31330 com características apresentadas abaixo, (ver **Tabela 3.4**)

Tabela 3. 4:Características do camião VW 31 330

Fonte: (Autor,2023)

Características	Unidades	Valor
<i>Capacidad de carga</i>	m ³	13
<i>Peso bruto total</i>	Kg	57000
<i>Comprimento</i>	Mm	9824
<i>Largura</i>	Mm	2517
<i>Altura</i>	Mm	3008
<i>Velocidade máxima</i>	Km/h	98-108
<i>Potencia do motor</i>	Kw	246

Os caminhões VW 31 330 são rápidos, de baixo custo e apresentam elevada produtividade. E para o processo de carregamento são usadas escavadeiras.

As escavadeiras Dragline são movidas á cabos porque não é possível a sua adaptação ao comando hidráulico. ^[18] A operação de carga na pedreira e feita com a retroescavadora (hidráulica) Cat 330D com as seguintes características, (ver **tabela 3.5**).

Tabela 3. 5:Características da escavadeira Cat 330D

Fonte: (Autor,2023)

Característica	Unidades	Valor
<i>Capacidade</i>	m ³ .	1.50
<i>Comprimento da lança</i>	mm	2150
<i>Alcance máximo</i>	mm	11298

3.3.1 Distâncias médias de transporte desde a frente até a britadeira

Na pedreira Construlíder, as distâncias médias de transporte da a frente de lavra ate ao britador primário é de 2 Km, e a mina tem seguintes componentes: uma fixa e outra variável. A fixa corresponde a distância entre a entrada da rampa e o britador primário, e a variável corresponde a distância entre a frente de lavra e a entrada da rampa.

3.3.2 Equipamentos secundários da pedreira

O dimensionamento dos equipamentos da pedreira totaliza 18 equipamentos,

Tabela 3. 6:Equipamentos usados na Pedreira

Fonte: (Construlíder, 2023).

ID	Equipamentos	Total existente
1	Carregadeira Cat. 962	2
2	Maniton-telescópico	1
3	Camião basculante VW 31 330	2
4	Britadores	1
5	Escavadora Cat 330	3
6	Grupo gerador 1500 KVA, 400 KVA, 60 KVA	3
7	Moinho	1
8	Compressors XA120	2
9	Crivos / alimentador / misturador	2
10	Martelo	1
11	Total	18

Para que um equipamento de carga atenda as condições específicas do trabalho é necessário compatibilizar o tipo de máquina e balde (caçamba) com os requisitos de produção, o tipo de material e o equipamento de transporte. A compatibilização depende dos parâmetros técnicos e económicos do mesmo equipamento.

❖ **Factor de enchimento**

O factor de enchimento é um parâmetro determinado em função do tipo de material escavado.

Tabela 3. 7:Factores de enchimento do balde do equipamento de carregamento

Fonte: (Manual Cat, 2009)

Tipo	Material (Rocha)	Factor de enchimento
A	Barro ou argila arenosa	75% - 100%
B	Areia e cascalho	95% - 100%
C	Argila dura, resistente	80% - 90%

Porém, considerou-se um factor de empolamento de 0,75 em função dos resultados obtidos no desmonte da rocha.

❖ Tempo de ciclo do equipamento de carga

O tempo de ciclo é medido a partir do instante em que o equipamento inicia a escavação até o momento em que retoma à essa posição inicial. O ciclo de escavação da escavadeira/carregadora compõe-se de quatro fases:

1º Carregar o balde (caçamba),

2º Oscilar o balde carregado,

3º Despejar o balde,

4º Oscilar o balde vazio.

O tempo total do ciclo da escavadeira depende do tamanho da máquina e das condições operacionais.

À medida que as condições de trabalho se tornam mais severas (escavação mais dura, vala mais profunda, mais obstáculos, etc) a escavadeira diminui a velocidade.

O tempo para o enchimento do balde aumenta a medida que a escavação torna-se difícil em função da consistência do solo.

À medida que a vala torna-se mais profunda, e o monte de despejo maior, o balde tem que percorrer um percurso mais longo e a estrutura superior tem que oscilar a uma distância maior a cada ciclo de escavação¹

A localização do caminhão também afecta o tempo de ciclo. Já no caso em questão, as escavadeiras Cat 330D levam 20 a 30 segundos para completar o ciclo. Porém, fixou-se o tempo de ciclo de 30 segundos (0,5 min).

❖ Cálculo da produtividade teórica.

$$Q_{teo} = \frac{3600 \times V_b}{t_c} ; \text{m}^3/\text{s}$$

Onde

t_c : Tempo de ciclo da retro-escavadeira, s.

V_b : capacidade geométrica da retro-escavadeira, m^3 .

CAPITULO 4 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Cálculo dos parâmetros técnicos dos equipamentos de carga

Uma vez, que a retro-escavadeira possui uma capacidade geométrica da caçamba 1.5 m^3 e com um tempo de ciclo de 30 s, calcula-se a capacidade teórica, técnica e de exploração que esta escavadeira utilizada na pedreira Construlíder.

❖ Cálculo da produtividade teórica

Dados

$$V_b = 1.50 \text{ m}^3$$

$$t_c = 30 \text{ s}$$

$$Q_{teo}=?$$

Resolução

$$Q_{teo} = \frac{3600 \times V_b}{t_c}$$

$$Q_{teo} = \frac{3600 \times 1,50}{30} = 180 \text{ m}^3 / h$$

❖ Cálculo da produtividade técnica

$$Q_{tec} = Q_{teo} \times \frac{K_e}{F_e}$$

Onde:

K_e : Factor de enchimento da escavadora ($K_e = 0.75$)

F_e : Coeficiente de empolamento da rocha ($F_e = 1.6$)

Dados

$$K_e = 0.75$$

$$F_e = 1.6$$

$$Q_{teo} = 198 \text{ m}^3/h$$

$$Q_{tec}=?$$

Resolução

$$Q_{tec} = Q_{teo} \times \frac{K_e}{F_e};$$

$$Q_{tec} = 180 \times \frac{0.75}{1,6} = 84.375 \text{ m}^3 / \text{h} \approx 84.4 \text{ m}^3 / \text{h}$$

❖ Cálculo da produtividade de exploração

$$Q_{exp} = Q_{tec} \times C_U;$$

Onde:

C_u : coeficiente de utilização

D: Tempo de utilização.

Onde, $C_u = 0,66 \times 100\% = 66 \%$

($C_U = 0.66$)

Dados

$$Q_{tec} = 84.4 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$C_U = 0.66$$

Resolução

$$Q_{exp} = Q_{tec} \times C_U$$

$$Q_{exp} = 84.4 \times 0.66 = 55.6875 \text{ m}^3 / \text{h} \approx 56 \text{ m}^3 / \text{h}$$

❖ Cálculo da produtividade de exploração por turno

$$Q_{expT} = Q_{exp} \times T_t;$$

Onde:

T_t : tempo de trabalho por turno (8 h/turno)

Dados

$$T_t = 8 \text{ h/turno}$$

$$Q_{exp} = 56 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$Q_{\text{exp},T}=?$$

Resolução

$$Q_{\text{exp}T} = Q_{\text{exp}} \times T_t$$

$$Q_{\text{exp}T} = 56 \times 8 = 448 \text{ m}^3 / \text{turno}$$

❖ Cálculo da quantidade de baldes da escavadeira necessário para carregar o caminhão

$$N_b = \frac{C_{\text{cam}} \times F_e}{\gamma \times C_u \times V_b} ;$$

Onde:

C_{cam} : Capacidade do equipamento de transporte; ($C_{\text{cam}} = 13 \text{ m}^3$)

γ : Peso volumétrico; $1,8 \text{ t/m}^3$.

Dados

$$\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$$

$$C_{\text{cam}} = 13 \text{ m}^3$$

$$N_b = ?$$

Resolução

$$N_b = \frac{C_{\text{cam}} \times F_e}{\gamma \times C_u \times V_b}$$

$$N_b = \frac{13 \times 1,6}{1,8 \times 0,66 \times 1,50} = \frac{10400}{891} \approx 11,67 \text{ baldes}$$

$$N_b = 11,7 \approx 12 \text{ baldes}$$

❖ Cálculo da quantidade de escavadeiras necessárias para a produtividade anual da pedreira

$$N_{\text{excav}} = \frac{K_{\text{irr}} \times Pa}{Q_{\text{exp}T} \times N_t \times N_d} ;$$

Onde:

K_{ir} : Coeficiente de irregularidade de trabalho; ($K_{ir} = 1.1$).

P_a : Produtividade anual prevista da pedreira; ($P_a = 210.000 \text{ m}^3/\text{ano}$).

N_t : número de turnos de trabalho da escavadeira; ($N_t = 1 \text{ turno/dia}$)

N_d : número de dias efectivos de trabalho por ano; ($N_d = 264 \text{ dias/ano}$)

$$N_{excav} = \frac{1.1 \times 210000}{448 \times 1 \times 264}$$

$$N_{excav} = 1.95 \approx 2 \text{ escavadeiras}$$

Com quatro escavadoras Cat 330D não se atinge a produtividade anual desejada da pedreira.

Tabela 4. 1: Parâmetros técnicos e económicos do equipamento de carga da pedreira

Fonte: (Autor, 2023)

Parâmetros	Unidade	Valores
Produtividade de exploração por turno	m ³ /turno	448
Quantidade de baldes para carregar um camião	Baldes	12
Quantidade de escavadeiras trabalhando	Un	2
Quantidade de escavadeiras de reserva	Un	1

4.2 Cálculo dos parâmetros técnicos dos equipamentos de transporte

❖ Cálculo do tempo de ciclo do camião

Tempo de carga (t_v);

Tempo de viagem com carga (t_v);

Tempo de manobra e descarga (t_f);

Tempo de retorno vazio (t_v);

Tempo de posicionamento para a carga (t_f).

Os tempos de carga, manobras, descarga e posicionamento são considerados tempos fixos, enquanto os de transporte vazio e carregado são considerados tempos variáveis, pois dependem das distâncias percorrida. ^[18]

O carregamento da unidade de transporte depende do equipamento de carga utilizado. Por exemplo, uma escavadeira muito pequena precisaria de um número elevado do balde para carregar o caminhão, prolongando assim o tempo de carga, o mesmo acontece no caso em questão.

Determinou-se o tempo de carga dependendo do número de baldes da escavadeira necessário para encher o equipamento de transporte como mostra a expressão a seguir:

$$T_{carg} = \frac{N_b}{N_{cicl}}$$

$$N_{cicl} = \frac{60}{t_c};$$

Onde:

N_{cicl} : ciclos de escavadeira por minutos

$$N_{cicl} = \frac{60}{t_C} = \frac{60}{30} = 2 \text{ ciclos / min}$$

Logo o tempo de carregamento do caminhão será:

$$T_{carg} = \frac{N_b}{N_{cicl}} = \frac{10}{2} = 5 \text{ min}$$

As manobras e posicionamento do caminhão junto a escavadeira e no ponto da descarga dependem do espaço disponível no local. Frentes muito estreitas dificultam o posicionamento e aumentando assim o tempo necessário. ^[18] O tempo de posicionamento ou manobra do caminhão na área de posicionamento varia de 0,6 - 0,8 min. E os tempos de manobra e descarga em condições normais variam de 1.0 – 1.2 min. Para este caso, assume-se 0.7 min como o tempo de posicionamento e manobra do caminhão para a carga, e 1.1 min para tempos de manobras e descarga.

❖ Viagem dos caminhões com ou sem carga

Os tempos de viagem dos caminhões dependem das velocidades dos caminhões nos diversos trechos do percurso. Pois, residem as maiores chances de otimização, quer a nível do projecto das estradas e selecção dos equipamentos, quer a nível da administração de produção. As velocidades dos caminhões dependem de: relação peso/potencia; rampas das estradas; resistência ao rolamento das estradas;

largura das estradas; localização e raios das curvas; interferências, como cruzamentos; condições de visibilidade; qualidade da manutenção dos veículos; qualidade da manutenção das estradas. Para estimar o tempo de viagem do caminhão com/sem carga é necessário fazer um acompanhamento dos diferentes ciclos do caminhão com um cronometro e assim estimar um tempo de ciclo médio. O tempo de viagem com ou sem carga determina-se pela expressão a seguir:

$$T_c + T_v = \left(\frac{60 \times L_c}{V_c} + \frac{60 \times L_v}{V_v} \right) \times K, \text{min}$$

Onde:

L_v e L_c : é a distância percorrida pelo caminhão, 1219m (1.219Km)

V_c : velocidade média do caminhão com carga, varia de 20 a 25 Km/h

V_v : velocidade média do caminhão sem carga, 40 Km/h

$K= 1,1$: coeficiente de aceleração e desaceleração durante o movimento

Então tem-se:

$$T_c + T_v = \left(\frac{60 \times 1.219}{20} + \frac{60 \times 1.219}{40} \right) \times 1.1 = 6.03 \text{min}$$

Após a determinação dos elementos do tempo de ciclo de transporte, calculou-se então o tempo de ciclo do caminhão, com os somatórios de todos elementos.

$$T_{CC} = 0.7 + 5 + 6.03 + 1.1 = 12.83 \text{min}$$

Cálculo da quantidade de viagens do caminhão por turno

$$N_v = \frac{T_t - (T_{op} + T_d)}{T_{rt}} ;$$

Onde:

T_t : duração do turno de trabalho, 480 min/turno

T_{op} : tempo de realização das operações preparatórias e finais (15-20 min)

T_d : tempo de descanso no turno de trabalho, min

O tempo de descanso e a soma de tempos relacionados com o pequeno almoço (10-15 min)e almoço (45-60 min).

$$N_v = \frac{480 - (20 + 75)}{12.83} = 30 \text{ viagens/turno}$$

❖ Cálculo do volume de calcário que cabe por caminhão

$$V_r = Q_K \times N_b = V_b \times C_u \times N_b; \text{ m}^3$$

Onde:

Q_K : Volume de massa rochosa no balde da escavadeira; m^3

Logo o volume da rocha no caminhão será:

$$V_r = 1.5 \times 0.66 \times 12 \text{ m}^3$$

$$V_r = 11.88 \text{ m}^3 = 12 \text{ m}^3$$

❖ Cálculo da produtividade do caminhão por turno

$$P_{cam} = V_r \times N_v; \text{ m}^3/\text{turno}$$

$$P_{cam} = 12 \times 30 = 346.5 \text{ m}^3/\text{turno}$$

❖ Cálculo da quantidade de caminhões trabalhando por turno

$$N_{trab} = \frac{Q_{exp}}{N_t \times C_{U1}} \times K_{irr}$$

Onde:

Q_{exp} : Produtividade por turno da pedreira; m^3/turno

C_{U1} : Coeficiente de utilização dos caminhões 0,66

K_{irr} : Coeficiente de irregularidade do caminhão durante um ciclo de trabalho, 1.1

$$N_{cam} = \frac{448}{346.5 \times 0.66} \times 1.1$$

$$N_{cam} = 2,15 \approx 2 \text{ camioes / turno}$$

❖ Cálculo da produtividade mensal dos camiões

$$P_{\text{mes}} = N_t \times P \times N_d \times N_{\text{cam}}$$

Onde:

N_d : número de dias por mês (20-22 dias)

$$P_{\text{mes}} = 1 \times 346.5 \times 21 \times 2$$

$$P_{\text{mes}} = 41.580 \text{ m}^3/\text{mês}$$

4.3 Avaliação dos custos dos equipamentos

Os custos dos equipamentos são calculados, em função do (hora) de utilização do equipamento, pois permite a apropriação do tempo em que a máquina é usada nas diferentes operações. Para se atingir o objectivo é necessário conhecer as diferentes despesas dos equipamentos e a sua operação.

A determinação do custo horário é uma das tarefas difíceis, pela diversidade de factores que nele incidem. Além disso as condições específicas do uso da máquina, provenientes de circunstâncias locais como topografia, tipo de solo, características específicas dos serviços, podem influir no aumento ou diminuição dos custos. A determinação dos custos só pode ser feita sob forma de estimativas baseadas em suposições que podem se aproximar ou fugir dos custos reais apropriados, dependendo dos parâmetros adoptados e da experiência do orçamentista. Os indicadores de produção estão entre os principais índices de controlo de um sistema de produção:

O factor de disponibilidade física: mede a percentagem de horas que a escavadeira estava disponível para operação, com relação às horas totais.

O factor de utilização: mede a percentagem das horas disponíveis as quais o equipamento fora utilizado.

O Rendimento: é a relação entre as horas efectivamente trabalhadas e as horas programadas,

Os custos que ocorrem na utilização de um equipamento são classificados em três (3) grupos, nomeadamente: ^[18]

- Custo de propriedade;
- Custo operacional;
- Custo de manutenção.

4.3.1 Custo de propriedade

São despesas decorrentes do simples facto de possuir a máquina, ainda que ela não seja utilizada. São também chamados fixos porque são mais ou menos invariáveis, independente da actividade do equipamento.

O custo de propriedade varia para cada equipamento e depende não só do valor inicial da máquina, mas também do prazo em que se pretende reaver o valor investido. O custo de propriedade é determinado pelas fórmulas:

$$C_p = D_h + J_h; \$/h$$

Onde:

C_p : Custo de propriedade; (\$/h)

D_h : Depreciação horária; (\$/h)

J_h : Juro horário; (\$/h)

Os equipamentos de transporte perdem o seu valor no decorrer do tempo. Contudo, o valor do equipamento começa a se desvalorizar desde o momento que é entregue ao comprador, essa diminuição do valor provém da acção da idade, do tempo de uso, e do desgaste físico. Essa diminuição de valor é denominada depreciação. A depreciação é vista como uma das parcelas dos custos ou como a remuneração de vida para a formação de um fundo destinado a substituição oportuna da máquina irrecuperável, e pode ser dada pela expressão:

$$D_h = (V_i - V_{res})/V_{util}$$

Onde:

D_h : é a depreciação horária

V_i : o valor inicial, valor constituído pela soma de todas despesas concernentes a aquisição da máquina.

V_{res} : é o valor residual, valor que a máquina possui depois de ter sido utilizada até ao fim da vida útil, normalmente 10 a 20%.

4.3.2 Custos operacionais

São custos que ocorrem, quando o equipamento é operado para realizar algum trabalho e guardam certa proporcionalidade com as horas do uso do equipamento. Por esta razão são também denominadas de custos variáveis. As principais despesas operacionais são: consumo de combustível, consumo de lubrificantes e filtros, pneus, operador, manutenção.

4.3.2.1. Custo do consumo de combustível

Devido ao alto custo dos combustíveis, motivado também pela sua transportação via terrestre, este é um dos parâmetros que mais oneram o custo de utilização de um equipamento.

O consumo de combustível pode ser avaliado com precisão no campo. Contudo, se não existir essa oportunidade o consumo pode ser previsto desde que a aplicação da máquina seja conhecida. A aplicação determina o factor de carga do motor que por sua vez, controla o consumo de combustível do motor. Um motor que desenvolva potência nominal total, em regime contínuo, estará operando sob um factor de carga de 1.0. ^[13] trabalhando em condições ideais, um motor de combustão interna a gasolina consome em média 0,23 litros por horsepower-hora (HP*h) desenvolvido.

Mas para um motor a diesel, o consumo é aproximadamente 0,15 litros por HP*h desenvolvido. Sabendo que todo equipamento tem uma utilização descontínua é necessário aplicar um factor de potência (f) sobre a potência nominal do equipamento, e este factor varia para situações de uso baixo (40%), médio (55%) e alto (75%).

O consumo de combustível depende em grande parte da potência do motor e das condições de uso. ^[14]

$$C_c = 0.15 * f * HP ;$$

Onde:

C_c : consumo de combustível, (l/h)

f : factor de potência

HP : potência do motor, (Kw)

Para as máquinas caterpillar existem tabelas que fornecem os índices de consumo de combustível sob diferentes factores de carga, ver tabela em anexo. Ao usar as tabelas do consumo horário de combustível é necessário não esquecer as numerosas variáveis que podem afectar o consumo de combustível. Dois operadores com diferentes temperamentos ou atitudes, trabalhando em máquinas idênticas, lado a lado, com o mesmo material, podem produzir diferenças atemos 10%-12% no respectivo consumo de combustível. ^[13]

4.3.2.2. Custos de lubrificantes e filtro

Os lubrificantes utilizados são: óleo do cárter, de transmissão, do comando final e do sistema hidráulico.

$$Q = \frac{H * 0.6 * \frac{0.0027 kg}{HP * h}}{0.893 kg/l} + \frac{C}{t}$$

Onde:

Q: consumo (l/h)

HP: potência do motor (HP)

C: capacidade do carter (l)

T: intervalo de trocas (h)

Para os demais lubrificantes – transmissão, comando final e sistema hidráulico – a regra é adicionar 50% ao custo obtido acima.

4.3.2.3 Custo da mão-de-obra

A determinação dos custos da mão-de-obra do operador depende do número de camiões a serem usados e também da oferta salarial de cada operador. O custo da mão-de-obra de operação corresponde aos custos do operador por hora de trabalho

4.3.2.4 Custos com os pneus

Os custos dos pneus representam uma parte importante do custo horário dos camiões. E estes custos são avaliados através da estimativa da vida útil, baseado na experiência e com os preços que o proprietário paga pela reposição. No caso de não haver experiência com os pneus usa-se as curvas de cálculo da vida útil dos pneus. Nestas curvas existem três zonas de aplicação que são:

Zona A: geralmente todos os pneus apresentam desgaste em quase toda a banda de rodagem devido a abrasão.

Zona B: desgaste normal de alguns pneus, enquanto outros falha prematuramente devido a cortes e gastos causados por pedras e perfurações irreparáveis.

Zona C: poucos pneus com desgaste total da banda de rodagem, antes que os danos irreparáveis, causados pelos cortes, impactos e sobrecarga continua. ^[13]

4.3.3 Custos com a manutenção

A manutenção pode ser definida como a técnica de conservar os equipamentos e componentes em serviço durante o maior prazo possível e máximo rendimento.

De um modo geral a manutenção tem como objectivo: manter equipamentos e máquinas em condições de pleno funcionamento para garantir a produção normal, qualidade do equipamento prevenindo assim as falhas ou quebras dos elementos das máquinas e prevenir os acidentes. A busca pela qualidade do processo e do produto passa pela qualidade da manutenção.

A manutenção é feita em três formas, nomeadamente: manutenção correctiva (aquela que mantém em operação o equipamento), manutenção preventiva (apoia a preventiva, responsável pela intervenção que poderá interromper ou não a produção da maneira programada) e a manutenção preditiva (acompanha os parâmetros de funcionamento e prever suas falhas, para intervenção no momento adequado).

Quanto aos custos de manutenção preventiva o manual de produção Caterpillar 39 recomenda que os mesmos sejam feitos pelo revendedor através de informações fornecidas pelo cliente referente a sua aplicação. A manutenção é uma despesa operacional, que ocorre directamente em razão da utilização do equipamento, aquisição de peças de reposição e a mão-de-obra envolvida na troca das peças, etc.

Os custos da manutenção crescem segundo uma linha ascendente, enquanto a máquina é nova os defeitos mecânicos são muito pequenos, com o decorrer do tempo há um aumento de incidência de reparos mecânicos.

4.4 Determinação dos custos dos equipamentos de transporte

4.4.1 Custos de transporte

$$CT = CFT + CVT$$

Onde:

CFT: Custo fixo de transporte

CVT: Custo variável de transporte

O custo fixo de transporte pode ser determinado pela seguinte fórmula:

$$CFT = CM + CA + CDV$$

Onde:

CM: Custo com a manutenção

Na pedreira Construlíder Lda, os custos com a manutenção incluem de forma geral, os custos com filtros e óleos lubrificantes

$$Cf = \$ 14,4$$

$$Co = \$94$$

$$CM = \$ 14,4 + \$94$$

$$CM = \$108,4$$

CA: Custo de aquisição do equipamento

No caso da Construlíder o equipamento de transporte é o Caminhão Basculante VW 31.310, foi adquirido no valor de \$ 30000, tendo vida útil de 5 anos

CDV: Custo de depreciação do veículo

O custo de depreciação do veículo:

$$CDV = \frac{CA - Vr}{Vu}$$

Vr: Valor residual

$$Vr = 20\%CA$$

$$Vr=20\%\times\$30000$$

$$Vr=\$6000$$

Logo o custo de depreciação do veículo será:

$$CDV = \frac{\$30000 - \$6000}{5} = \$4800$$

Desta forma obtemos o custo fixo de transporte que será:

$$CFT = CM + CA + CDV = \$108,4 + \$30000 + \$4800 = \$34908,40$$

Tabela 4. 2:Custos fixos de transporte da pedreira Construlíder Lda

Fonte:O autor(2023)

Custo de manutenção	\$108,4
Custo de aquisição do equipamento	\$ 30000
Custo de depreciação do veículo	\$4800
Custo fixo de transporte	\$34908,40

O custo variável de transporte pode ser determinado pela seguinte fórmula:

$$CVT = Cc + Cp$$

Onde:

Cc: Custo de combustível

Para se determinar o custo combustível usamos a seguinte expressão:

$$Cc = C_m \times P_c$$

Onde: C_m é o custo mensal do litro de combustível

P_c : Preço do litro de combustível

$$P_c = \$0,36$$

O custo mensal do litro de combustível pode ser determinado em função do custo semanal(C_s), diário(C_d) e horário (C_h):

$C_d = C_h \times H_d$, o custo horário é determinado pela seguinte expressão:

$$C_h = 0,15 \times f \times H_p$$

Onde:

f : é o factor de potencia, $f=60\%$, $H_p=246 \text{ Kw}$

$$C_h = 0,15 \times f \times H_p = 0,15 \times 0,6 \times 246 = 22,4 \text{ l/h}$$

O custo diário será:

$C_d = C_h \times H_t$, onde, H_t são as horas trabalhadas por dia, $H_t=8$ horas

$$C_d = 22,4 \times 8 = 179,2 \text{ l/d}$$

O custo semanal será: $C_s = C_d \times d_s$, sendo d_s : dias de trabalho na semana, $d_s=6$

$$C_s = 179,2 \times 6 = 1075,2 \text{ l/s}$$

O custo mensal será : $C_m = C_s \times N_s$, onde N_s é o número de semanas

$$C_m = 1075,2 \times 4 = 4300,8 \text{ l/m}$$

Neste caso o custo combustível será: $C_c = C_m \times P_c = 4300,8 \times 0,36 = \$1548,288$

C_p : Custo com pneus

$$C_p = \$240,4$$

O custo variável de transporte:

$$CVT = Cc + Cp = \$1548,288 + \$240,4 = \$1788,7$$

Tabela 4. 3: Custos variáveis de transporte da pedreira Construlíder Lda

Fonte: O autor(2023)

Custo com combustível	\$1548,288
Custo com pneus	\$240,4
Custo variável	\$1788,7

O custo de transporte será:

$$CT = CFT + CVT = \$34908,40 + \$1788,7 = \$36697,10$$

O custo do transporte por tonelada:

$$CTT = \frac{CT}{Tt}$$

Onde:

Tt: Toneladas transportadas

$$Tt = \frac{Pmens}{\gamma}$$

γ : Peso volumétrico; 1,8 t/m³.

$$Pmens = 41580 \text{ m}^3$$

$$Tt = \frac{41580}{1,8} = 23100 \text{ toneladas}$$

$$CTT = \frac{36697,10}{23100} = 1,59 \$/t$$

Tabela 4. 4:Análise comparativa dos custos transportes

Fonte:O autor(2023)

Análise final dos custos transportes	Valores
Custos fixos de transporte	\$34 908,40
Custos variáveis de transporte	\$1 788,70
Custos de transporte por tonelada	1,59 \$/t

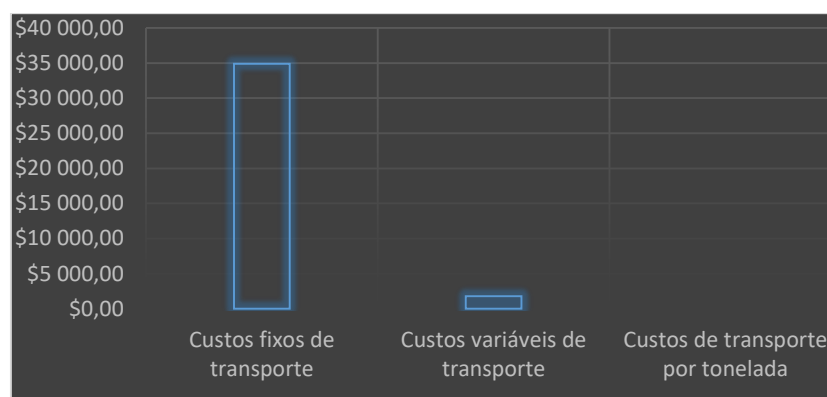


Gráfico 4. 1:Análise comparativa dos custos transportes

Fonte: O autor (2023)

Como se pode analisar no gráfico acima os custos fixos de transporte de minérios são superiores aos custos variáveis, isto quer dizer que proporciona vantagens técnicas e económicas para as operações mineiras, dentre eles destacamos as seguintes:

1. **Economia de escala:** com custos fixos mais altos, operar em larga escala pode ser mais vantajoso, pois dilui o custo fixo por unidade transportada, o que resultará em uma produção mais eficiente.
2. **Utilização máxima de capacidade:** Custos fixos mais altos podem motivar as operações a maximizar a utilização da capacidade de transporte disponível, otimizando assim o desempenho técnico dos equipamentos
3. **Eficiência logística:** O foco em otimização logística pode ser mais crucial. Reduzir tempos de espera, melhorar rotas e utilizar tecnologias para monitorar e aprimorar o transporte podem se tornar prioridades para otimizar custos.

4.5 Avaliação do impacto ambiental

4.5.1 Generalidades

As pedreiras de calcário para uso na construção civil e não só, são explorações de rochas com elevadíssima percentagem de aproveitamento. A tomada da consciência ambiental das empresas ligadas ao sector de construção civil, consumidoras de material de matérias mineira, torna-se por isto importante para o desenvolvimento sustentável, materializando assim as pretensões do Estado, relativamente ao conhecimento de uma correcta política ambiental. Avançando no sentido da preservação ambiental, dando o seu contributo, ao desenvolvimento do País, e cumprindo com o estabelecido no código Minério e da Lei do Ambiente de Angola, relativamente a preservação ambiental das áreas de concessão mineira, a Empresa Construlíder, Lda apresenta este estudo como suporte da sua actividade, procurando integrar de forma salutar com o meio tanto do ponto de vista económico, social e natural.

A empresa Construlíder, tem como objectivos ambientais:

- Reduzir os impactes ambientais decorrentes da actividade de extracção de calcário, na concessão atribuída a empresa Construlíder, através da identificação das causas da degradação da área.
- Recompôr a paisagem em consonância com a área adjacente através da reconformação do terreno e adopção de técnicas de revegetação.
- Valorizar o uso de espécies vegetais nativas se necessário, da região na recuperação de áreas degradadas, preservando a diversidade genética no local.
- E remover rapidamente a cobertura vegetal do terreno, aumentando a capacidade de retenção de humidade, favorecendo o desenvolvimento da microfauna do solo.

Par a realização do estudo de Impacte e Reconversão Ambiental, dadas as características da pedreira, achou-se por bem incidir nos seguintes parâmetros.

Tabela 4. 5:Parâmetros do Impacto Ambiental

Fonte: (pedreira Construlíder, 2023)

ID	Parâmetros
1	Impacte sobre o solo
2	Impacte sobre a atmosfera
3	Impacte sobre a Vegetação
4	Impacte sobre a água
5	Impacte provocada pelo ruído
6	Impacte sobre a Paisagem
7	Outros prováveis impactos: • Provocados pelos rejeitados, • Sobre as infraestruturas, • Socioeconómico da pedreira.

Os prováveis impactes negativos sobre o solo, traduz-se na perda de solo natural e alterações químicas na sua geomorfologia. Nas zonas de prováveis impacte e principais agentes poder-se-á considerar as zonas de impactes, aquelas cujas mineralizações em calcário, justifique a sua intervenção bem como outras adjacentes, que por razões operativas nelas são realizados trabalhos de perfuração ou escavação.

Os principais agentes potenciadores do impacte negativo sobre os solos são:

- Equipamentos e/ou material de desmonte,
- Pá carregadeira (frontal ou retro-escavadeira) ou giratória.

O desmonte da massa mineral e a implantação das infraestruturas necessárias para os trabalhos minérios, levam inevitavelmente ao ataque do solo, antevendo-se a formação de enormes vazios.

Estes vazios podem ser traduzidos pela quantidade de material (substância útil e estéril) a remover, (ver figura 4.1).



Figura 4. 1:Vazios criados durante o processo de extracção

Fonte: (Autor, 2023).

Os impactos positivos são o planeamento da área que poderá ser aproveitada para edificações urbanas (habitacional, prestação de serviços ou afins).

As medidas correctivas para os prováveis impactes negativos são:

- Cobertura de áreas escavadas, com estéril, considerando que a extracção do calcário poderia provocar depressões acentuadas no terreno (fundões),
- Construção de maciços de protecção, que visam sustentar muros ou paredes, após a fase extractiva,
- Abertura de valas de drenagem com vista a prevenir o assentamento das águas pluviais.
- Programa de plantação de árvores se necessário, com vista a impedir o processo de erosão.

As principais fontes susceptíveis de criarem problemas ambientais e seus impactes negativos, dentro dos meios tecnológicos e métodos de trabalho com que a Pedreira pretendeu empregar.

Tabela 4. 6: Principais fontes suscetíveis de criarem problemas ambientais e seus impactos negativos

Fonte: (Autor, 2023).

ID	Agente produtor	Fonte	Equipamento	Impacte negativo	Consequência
1	Poeiras	Britagem, carga e transporte de minério, perfuração	Britadeira, pá carregadeira, perfuradora	Forte	Dificuldade de visibilidade na via de comunicação.
2	Fumos	Transporte e girador	Camiões, pá ou carregadeira giratória	Fraco	
3	Gases	Operações com rebentamento		Nulo	

O risco da projecção de partículas na atmosfera resulta de processo de rebentamento com explosivo. O impacte ambiental sobre a Atmosfera resulta da emissão de poeiras, gases e /ou fumos para a atmosfera que derivam das actividades de britagem, transporte e rebentamento. Quanto aos impactes sobre a vegetação, as operações de desmatção (limpeza da área), provocarão o derrube de arbustos e vegetação garante a manutenção e a estabilidade dos solos, além de ser o ‘habitat’ de aves e outros mamíferos de pequeno porte.



Figura 4. 2: Arbusto e Vegetação da pedreira Construíder

Fonte: (Autor, 2023)



Figura 4. 3:Embondeiro da pedreira Construlíder

Fonte:O autor(2023)

O ruído constitui uma causa de incomodo para o trabalho, um obstáculo às comunicações verbais e sonoras, podendo provocar fadigas geral e, em casos extremos traumas e alterações fisiológicas extra-auditivas. Sob o ponto de vista físico o ruído é toda a vibração mecânica estaticamente aleatória de um meio elástico. Do ponto de vista fisiológico, o ruído é todo o fenómeno acústico que produz uma sensação auditiva desagradável ou incómoda.

Os estudos apontam que existem três tipos de ruídos:

Ruído ambiente: são ruídos associado a determinado ambiente,

Ruído do fundo: são ruídos sem uma determinada fonte de poluição sonora em acção),

Ruído estacionário: apresentam uma flutuação inferior a 6bd.

O ruído mede-se em dB (decibel), por ter em conta o limite de audibilidade, isto é, a mais pequena variação sonora detectável. A denotação dB (A) significa que a medição foi efectuada segundo a curva de ponderação A, por ser a que melhor traduz a resposta fisiológica do ouvido. O valor limite da exposição pessoal diária de um trabalhador ao ruído, é de 87 dB (A). Existem ainda ruídos provocados pelos meios mecânicos de extracção, cuja os níveis sonoros de equipamentos ruidosos, medido e a ter em conta, para os principais componentes do sistema Britadeira.

Tabela 4. 7:Níveis sonoros de equipamentos ruidosos da pedreira

Fonte: (Autor, 2023)

ID	Ferramenta	Distância	Nível sonoro, dB (A)
1	Britadeira giratória	à 1 m	108 dB(A) Variada de 95 à 110 dB (A)
2	Britadeira de Maxila	à 2 m	105 dB (A) Variando de 94 à 110 dB (A)
3	Moinho de Barras	à 10 m	84 dB(A) Variando de 75 á 95 dB (A)
4	Crivos vibrantes	à 2 m	100 á 110 dB(A)

As medidas corretoras para ou sobre os ruídos são:

- Uso de auriculares permanentes par o pessoal exposto aos valores de nível sonoro acima dos 87 dB (A) e ter em conta atenção aos expressos na tabela acima...
- Respeitar a distância posicional dos trabalhadores das fontes de emissão tendo em conta os valores admissíveis de exposição do ruído.

Tendo em consideração a dureza do calcário, o ruído que será provocado pelos meios mecânicos, as britadeiras, os moinhos e os martelos picadores (no estagio primário de fragmentação) poderá ser considerado como um dos factores de riscos ambientais na concessão dada a proximidade dos trabalhadores das fontes emissoras. As infra-estruturas ou outras situadas a mais de 2 Km da pedreira, não serão afectadas, tendo em conta os baixíssimos valores das vibrações determinados.

Quanto ao Impacte sobre a paisagem, a exploração da pedreira em flanco de encosta, provocará ligeiro impacte paisagístico ou visual negativo, durante o período de vida da mina, na medida em que, a sua geometria permite que, as modificações fisiográficas não se dissimulam com a envolvente.

Uma das medidas correctoras, é a plantação de cortina arbórea, ao longo da encosta. Marcos C e D, ou futura arborização resultaria em que, as modificações fisiográficas, estariam nos corredores visuais que convergem da estrada principal. A reposição de solos, para acerto de cotas, na superfície do terreno, resultaria na atenuação do impacte deste negativo.

4.5.2 Requalificação Ambiental

- Transplante de espécies nativas, cortina verde e paisagismo nas áreas administrativas.
- Viveiro de mudas: Desenvolvimento de mudas para a cortina verde e reflorestamento da área explorada.

4.5.3 Redução da Poeira

- Aspersores de água na Britagem.
- Humidificação das vias internas de circulação.

4.5.4 Plano de Recuperação e Possibilidades de Reabilitação

Recuperação significa que o sítio degradado será retornado a uma forma de utilização de acordo com um plano preestabelecido para uso do solo. As medidas de recuperação podem assumir carácter de restauração ou de reabilitação. A elaboração de um plano de recuperação deve atender as peculiaridades de cada situação, envolvendo o manejo dos seguintes recursos naturais: água, solo, vegetação. A recuperação deve prever a minimização dos impactos sobre esses recursos durante a fase de exploração e buscar, ao término da extracção, a reabilitação do local.

Possibilidades de Reabilitação:

- a) Aterro de Inertes:
- b) Uso Colectivo para Lazer, Educação e Cultura

CONCLUSÕES

A análise aprofundada dos custos operacionais no transporte de minérios na pedreira Construlíder Lda. revela a importância de estratégias eficazes para enfrentar desafios económicos.

O processo de carregamento na pedreira Construlíder Lda é feito por escavadeiras e estas possuem a característica de executar a escavação com a máquina estacionada, isto é, sem se deslocarem na fase do carregamento do sua balde.

Já o processo de transporte é feito pelos camiões que são os equipamentos de transporte mais usados nas pedreiras devido as suas grandes vantagens, que são: Flexibilidade do sistema quanto a distâncias; Capacidade de adaptação a todo tipo de materiais a transportar; Facilidade para variar o ritmo de produção, aumentando a frota de camiões.

Portanto foram calculados os custos de operacionais no processo de transporte, pois estes são custos que ocorrem, quando o equipamento é operado para realizar algum trabalho e guardam certa proporcionalidade com as horas do uso do equipamento.

A compreensão dos custos fixos e variáveis proporciona insights valiosos para a tomada de decisões gerenciais. Para tal é aconselhável implementar-se estratégias identificadas para melhorar a eficiência operacional e garantir a sustentabilidade da pedreira.

As operações mineiras precisariam adoptar uma abordagem estratégica e focada na eficiência para compensar os custos fixos mais altos, aproveitando as oportunidades que surgem com a produção em larga escala e investindo em melhorias tecnológicas e logísticas.

RECOMENDAÇÕES

Após diversas análises e estudos feitos no desenvolvimento do trabalho recomenda-se:

1. Aos estudantes finalistas do departamento de minas da Faculdade de engenharia a dar sequencia na investigação desta linha de pesquisa aprofundando sobre o seguinte tópico:
 - ✓ Identificação sazonais ou variações que possam influenciar os custos operacionais.
2. Para a pedreira Construlíder Lda, recomenda-se o seguinte:
 - ✓ Adoptar sistemas de gestão integrados para monitorar em tempo real os custos operacionais, permitindo ajustes rápidos e tomada de decisões mais informadas.
 - ✓ Investir em treinamento para a equipa, focando em práticas eficientes de gestão de custos e na utilização adequada de tecnologias implementadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abram, Isaac; Rocha. Manual Prático de Terraplenagem. Salvador, Bahia [2000];
- Apostila do Prof. Luiz Cezar Duarte Pacheco, [2005];
- Apostila do Prof. Gil Carvalho Paulo de Almeida [2006].
- Bucyrus, Matthias, John (1ª Edição)
- Bruno Borges, dimensionamento de frota de uma mina a céu aberto [2013]
- Caterpillar – Manual de produção Caterpillar; 22ª edição; outubro [1983]
- Chaves, C. R. – Terraplenagem mecanizada; Editora Rodovia [1990];
- Caterpillar – Princípios básicos de terraplenagem; Edição maio de [1977]
- Diretrizes de Implementação: Delivery / Worker / Constellation, Edição Março de 2013
- Euclids – Cálculos para avaliar produção e custos [2000];
- Guimarães, N. Equipamentos de construção e conservação; Livro texto [1992];
- Herbert, J.H.: Métodos de minería a cielo abierto, edición actualizada y revisada para el curso académico, Octubre / 2006.
- Junior, Ivan S. Miranda: Diretrizes fundamentais para um estudo de avaliação económica de empreendimentos de mineração: um estudo bibliográfico, dezembro de 2011.
- Lopes, Terraplenagem e Escavação de Rocha. 3ªed. Editora PINI [2010]
- Manual de Caterpillar: Guia de Selección de Maquinaria CAT
- Manual Prático de Escavação [2007];
- Manual de Produção da Caterpillar [1995]. Edição 26;
- Pereira, A. L. – Equipamentos de compactação [2000];
- Quevedo, Manual de escavação e exploração de minas a céu aberto. [2009];
- Ricardo, Hélio de Souza e Catalani, Guilherme [2007];
- Senço, Wlastermiller. Terraplenagem. Universidade de São Paulo [2004];
- Silva, Marize Carvalho. Planejamento e controle de obras de terraplanagem [2011];
- Texaco do Brasil S. A. – Fundamentos de lubrificação [1991];
- Terra maquinaria S. A. Equipamentos de compactação - Seleção e Aplicação [1998]