



UNIVERSIDADE AGOSTINHO NETO
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE MINAS



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

**TEMA: INFLUÊNCIA DOS TEMPOS FIXOS NA PRODUTIVIDADE DA
FROTA DE TRANSPORTE.**

CASO DE ESTUDO: MINA DE CATOCA

Autor : Bilengo Neves Joaquim

Estudante nº:129595

Luanda / 2024



UNIVERSIDADE AGOSTINHO NETO
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE MINAS



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

**TEMA : INFLUÊNCIA DOS TEMPOS FIXOS NA PRODUTIVIDADE DA
FROTA DE TRANSPORTE.**

CASO DE ESTUDO : MINA DE CATOCA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao departamento de engenharia de Minas da Universidade Agostinho Neto, como parte de requisitos para obtenção do grau de licenciatura.

Autor : Bilengo Neves Joaquim

Orientado por: Prof.Msc. João Cláudio Cabeia

Luanda / 2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, irmãos e irmãs, a família no geral e toda a comunidade estudantil.

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar agradeço a Deus pais , pela saúde que me proporciona em cada dia vivido e pela força para lutar pelo meus objectivos, por todas bênçãos concedidas em minha vida e por ter me guiado e amparado em todos os momentos.

Ao meus pais Sérgio Joaquim e Jorgita Neves Quiala, e a todos os irmãos que sempre me apoiaram e torceram pelo meu sucesso por serem parte essencial de tudo isso, proporcionando tudo que era necessário para meu crescimento.

Aos meus colegas e todas as amizades construídas durante essa vida académica que me ajudaram e me acompanharam diariamente proporcionando momentos que jamais serão esquecidos.

Ao meu orientador prof. Msc. João Cláudio Cabeia pela paciência e apoio na realização deste trabalho e a todos os professores do Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Agostinho Neto e agradeço em especial a turma do 5º ano de 2022.

RESUMO

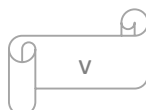
Este trabalho visa estudar a influência dos tempos fixos na produtividade da frota de transporte na mina de Catoca, para atender e viabilizar a produção nas diferentes frentes de lavra em uma mina, é necessário e fundamental que as frotas de equipamentos de carga e transporte sejam alocadas ao longo da extensão da mina, estando dependente de sua disponibilidade e utilização física, produtividade horária, número de equipamentos e da compatibilidade entre os equipamentos de carga e de transporte. De uma forma geral, os caminhões realizam ciclos de carregamento e basculamento, partindo do ponto de carga até o ponto de descarga e retorno ao ponto de carregamento. Os demais elementos que compõem o ciclo do transporte (fila no carregamento, tempo de manobra, tempo de carregamento, fila no basculamento e tempo de basculamento) são chamados de tempos fixos. O objetivo principal desse trabalho é introduzir uma metodologia que permita diminuição dos tempos fixos alocados ao ciclo de carga e transporte, melhorando dessa forma o ciclo operacional e a produtividade horária da frota de transporte. O trabalho foi desenvolvido a partir da análise dos tempos fixos bem como sua influência na produtividade da frota de transporte, pautando os principais fatores que impactam esta operação, estudou-se também o grau de influência que cada parcela dos tempos fixos contribui para o aumento da performance e redução de tempo e custo operacional.

Palavras-chaves: velocidade média, tempos variáveis, tempos fixos, fila no carregamento, tempo de manobra, tempo de carregamento, fila no basculamento e tempo de basculamento

ABSTRACT

This dissertation aims to study the influence of the fixed times on the productivity of the transport fleet in the Catoca mine. In order to meet and make feasible the production in the different mining fronts in a mine, it is necessary and fundamental that the equipment fleets of load and haulage be allocated along the extension of the mine. Being dependent on their availability and physical use, hourly productivity, number of equipment and compatibility between the load and haulage equipment. In general, the trucks have loading and tipping cycles, starting from the loading point to the point of unloading and returning to the loading point. The cycle time of the transport units is formed by the fixed and variable times. The cycle time of the truck, both full and empty, depends basically on the speed of the truck (variable time). The other elements that compose the transport cycle (queue at loading, maneuver time, loading time, queue at tipping and tipping time) are called fixed times. The main objective of this dissertation is to introduce a methodology that allows the reduction of the fixed times allocated to the load and haulage cycle, thus improving the operational cycle and the hourly productivity of the transport fleet. The work was developed from the analysis of the fixed times in the mine as well as its influence on the productivity of the transport fleet indicating the main factors that impact this operation.

Keywords: average speed, variable times, fixed times, queue at loading, maneuver time, loading time, queue at tipping and tipping time.



ÍNDICE

DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTO	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
INDÍCE DAS FIGURAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
CAPÍTULO I-GENERALIDADE	12
1.1 INTRODUÇÃO	12
1.2-PROBLEMÁTICA.....	13
1.6-OBJECTIVOS.....	14
1.6.1-Objectivos geral.....	14
1.6.2- Objectivos específicos	14
1.7-HIPÓTESE.....	14
1.8-METODOLOGIA	15
1.9-JUSTIFICATIVA	16
1.10-DELIMITAÇÃO.....	17
1.11-LIMITAÇÃO	17
1.12-ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	18
CAPÍTULO II:FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1-Definição de termos e Conceitos	19
2.2-OPERAÇÕES UNITÁRIAS	20
2.2.1-Perfuração.....	21
2.2.2-Desmonte.....	22
2.2.3-Carregamento.....	23
2.2.4-Transporte	24
2.3-OPERAÇÕES AUXILIÁRES	26
2.3.1-Escavadeiras.....	27
2.3.2-Pás Carregadeiras.....	28
2.4-PRINCIPAIS VARIÁVEIS DO CÁLCULO DA PRODUTIVIDADE HORÁRIA.....	30
2.4.1-Influência da carga média na produtividade de transporte.....	31
2.4.2-Influência da DMT na Produtividade de Transporte.....	33

2.4.3-Influência da Velocidade Média na Produtividade de Transporte	33
2.4.4-Raio de curvatura	35
2.4.5-Inclinação de Rampa	36
2.4.6-Distância de visibilidade	37
2.4.7-Fator de rolamento	37
2.4.8-Drenagem dos acessos	37
2.5-TEMPOS FIXOS E PRODUTIVIDADE	38
2.5.1-Tempo de Carregamento	39
2.5.2-Tempo de Fila no Carregamento	39
2.5.3-Tempo de Manobra	40
2.5.4-Tempo Fila no Basculamento	41
2.5.5-Tempo de Basculamento	41
2.6-CÁLCULO DA PRODUTIVIDADE:EQUIPAMENTO DE CARGA	41
2.7-SISTEMA DE DESPACHO	44
2.8-TIPOS DE ALOCAÇÃO EM MINAS A CÉU ABERTO	45
2.8.1-Alocação sem o sistema de otimização (estático)	45
2.8.2-Alocação Otimizada (dinâmico)	46
CAPITULO III - CASO DE ESTUDO	47
3.1-Aspetos Histórico	47
3.2-Localização Geográfica e Vias de Acesso	47
3.3-O Clima e o Solo	49
3.4-A Fauna e a Flora	50
3.5-População	51
3.6-A Hidrologia	51
3.7-Geologia da região	52
3.8-Characterização das rochas da região	53
3.9-Lavra	54
CAPÍTULO IV-ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	55
4.1 Tempo De Carregamento	55
4.2-Tempo De Basculamento	58
4.3-Tempo De Fila	59
4.4-Velocidade Média Das frente de lavras	Erro! Indicador não definido.
5.1-Conclusões	62

5.2-Recomendações	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXO I	64
EQUIPAMENTOS DE DESMONTE E TRANSPORTES	64
ANEXO II	Erro! Indicador não definido.
EQUIPAMENTOS AUXILIÁRES	65

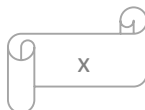
ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura 1-Operações Unitárias Lavra	18
Figura 2-Perfuratriz Rotopercussiva Sandivk	20
Figura 3-Fluxo no processo de carregamento	21
Figura4-Fluxo no processo de carregamento e transporte	22
Figura5-Shovel hidráulica (Liebherr R 9100B).	24
Figura 6-Modelo de “ <i>Drag-line</i> ” em operação	24
Figura7-Modelo de pá-carregadeira sobre pneus	25
Figura8-Modelo de pá-carregadeira sobre esteira	26
Figura9-Distribuição da carga frontal	27
Figura10-Distribuição da carga lateral	27
Figura 11-Inclinação de rampa	31
Figura 12-Fluxo do ciclo de produção	33
Figura 13-Localização geográfica de Catoca	40
Figura 14-Aeródromo da Sociedade Mineira de Catoca	41
Figura 15-Estrada da vila residencial na mina de Catoca	42
Figura 17 e 18-Área de savana arborizada	43
Figura 19-Quedas do rio Chicapa	44
Figura 20-Corte geológico da chaminé	45
Figura 21 e 22-Rocha kimberlítica e encaixante da mina de catoca	46
Figura 23-Sistema de transporte e carregamento de estéril	46
Figura 24 -Tempo de carregamento dos pares de equipamentos	47
Figura 25- Números de ciclos de carregamento	48
Figura 26 -Tempo de Basculamento	49
Figura 27-Ciclos por condição de carregamento	50

LISTA DAS TABELAS

Tabela 1 -Coordenadas Geográficas da Zona em Estudo_____	41
Tabela 2 -Tempo de carregamento dos pares de equipamentos_____	47
Tabela 3 -Tempo de basculamento dos equipamentos de transporte_____	49
Tabela 4 -Cenário de produção_____	51

-



LISTA DE ABREVIATURAS

DMT – distância média de transporte

Prod - Produtividade

Distcheio – distância cheio

Distvazio – distância vazio

C. Média – Carga Média

PH – Produtividade Horária

TKPH- tonelada quilômetro por hora

NRM-Norma Reguladora de Mineração

Km-Quilômetro

m-Metro

m³- Metros Cúbicos

s-Segundos

T-Toneladas

CAPÍTULO I-GENERALIDADE

1.1 INTRODUÇÃO

Diversos aspectos inseridos nas actividades operacionais de mineração influenciam na produtividade dos equipamentos de perfuração, carregamento, transporte e terraplenagem. Na mineração, assim como nas mais diversas atividades industriais, o custo operacional final está associado ao conjunto de atividades necessárias para o desenvolvimento do produto que será vendido. Os custos, em sua grande maioria, são gerados pela execução dos processos dentro do empreendimento, e suas vantagens surgem na execução desses processos de forma mais eficiente, seguindo os padrões estatísticos internacionais.

Hoje, a regra de sobrevivência para as empresas de mineração é a redução dos custos operacionais associada ao aumento da produtividade das atividades. Desta forma, o detalhamento e controle do desempenho de atividade por atividade, ficaram mais evidentes na gestão das rotinas. Não menos importante, os tempos fixos merecem atenção daqueles que trabalham na gestão dos processos de carregamento e transporte na operação de mina.

Dentro da perspectiva de redução de desperdícios e melhora na gestão dos processos, os quais podem aumentar a produtividade das atividades ou reduz os custos, os tempos fixos são o foco deste estudo. Assim, para que se possa determinar a real influência dos tempos fixos na produtividade horária da frota de transporte, é fundamental analisar perdas nos tempos e ciclos realizados pelos equipamentos de carga e transporte, melhorar e otimizar processos e atividades, bem como reciclar, treinar, controlar os operadores e suas respectivas atividades.

1.2-PROBLEMÁTICA:

1.2.1-Problema

- O presente trabalho tem como problema as alterações dos tempos que influenciam as actividades de carregamento e transporte.

1.2.2-Causas

- Falta de verificação dos tempos fixos na melhoria dos métodos e nos processos operacionais;

1.2.3-Consequências

- Aumento nos custos de produção e nos tempos de ciclo da frota;
- Baixa produtividade da mina.

1.2.4-Solução

- Controlar os tempos fixos e a influência nos resultados de aumento de produtividade da frota de transporte, mensurar e controlar as variáveis que interferem nos tempos fixos.

1.6-OBJECTIVOS

1.6.1-Objectivo Geral

- Acompanhar as atividades do sistema de carregamento e transporte diminuindo os tempos fixos alocados ao ciclo de carga e transporte.

1.6.2- Objectivos específicos

- Identificar os principais fatores que influenciam os tempos fixos e seus impactos na produtividade de transporte;
- Estudar o grau de influência que cada parcela dos tempos fixos contribui para o aumento da performance e redução de tempo e custo operacional.
- Melhorar o ciclo operacional e a produtividade horária da frota de transporte.
- Indicar a partir do sistema de despacho a melhor alocação para a mina a céu aberto.

1.7-HIPÓTESE

- Se a utilização de sistemas de despacho não poder maximizar a produtividade nem reduzir o custo operacional de operação em uma mina.

1.8-METODOLOGIA

Como metodologia utilizada para a realização deste trabalho baseou-se em busca de informações por meio de algumas pesquisa bibliográfica ,arquivos publicados na internet, livros de mineração e estudos dos dados operacionais da mina de Catoca que ajudaram no desenvolvimento do mesmo.

1.9-JUSTIFICATIVA

O estudo dos tempos fixos pode ter influência na melhoria dos métodos e processos operacionais e condições de trabalho, permitindo análises das atividades, relação homem-máquina e operações em geral. O controle da produção e custos operacionais é essencial na organização de um empreendimento, influenciando os rendimentos, condições de trabalho, e aperfeiçoamento da mão de obra.

O transporte por caminhões é amplamente utilizado na mineração a céu aberto e representa uma grande parcela no custo de operação das empresas. O aumento da profundidade e distância média de transporte nas minas, alto custo de energia/combustível e mão de obra cada vez mais cara, contribuem para o aumento dos custos na operação da frota de caminhões.

Assim, os tempos fixos têm forte influência nos resultados de aumento de produtividade da frota de transporte, bem como a redução dos custos operacionais, o que torna necessária a medição e verificação dos impactos causados nas outras operações, principalmente aquelas que têm influência direta no carregamento e transporte. Portanto, para uma correta aferição dos ganhos, em termos de produtividade, e das reduções de gastos em relação as alterações nas estruturas e atividades, há necessidade de se mensurar e controlar as variáveis que interferem nos tempos fixos.

1.10-DELIMITAÇÃO

- O presente trabalho delimitou-se em estudar a influência dos tempos fixos na frota de transporte.

1.11-LIMITAÇÃO

- Quanto a limitação do nosso estudo, foi baseada em busca de informações em alguns trabalhos científicos e livros que falam a respeito do tema em causa e não só, tendo em conta que não se fez contacto direto com a mina.

1.12-ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em 5 capítulos, incluindo este capítulo preliminar, no qual é feita a introdução, apresentação dos objetivos do trabalho, o problema, a metodologia a delimitação e a organização do trabalho;

No Capítulo 2 a fundamentação teórica a definição de termos e conceitos uma breve descrição das operações unitárias (perfuração e desmonte, carregamento e transporte, como também as operações auxiliares) e as principais variáveis de cálculo da produtividade horária;

No Capítulo 3 trata do caso de estudo do trabalho; no Capítulo 4 são feitas as análises e discussões dos resultados dos tempos de manobras, tempo de carregamento, tempo de basculamento e tempo de fila e a velocidade média da frente de lavra;

Nos Capítulos 5º contem as conclusões e recomendações e as bibliografias usadas para a realização do trabalho .

CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1- Definição de termos e Conceitos

Lavra, método de lavra, jazida, tempos de ciclo, tempos variáveis, tempos fixos, tempo de manobra, tempo de carregamento, produtividade, carregamento e transporte .

Lavra: é o conjunto de operações de aproveitamento industrial de uma jazida.

Método de lavra: entende-se como a conjugação de todos os serviços de aproveitamento económico de uma jazida.

Jazida: designação genérica que engloba a acumulação natural de recursos minerais ,cuja utilidade e valor económico ainda está por determinar.

Tempo de ciclo : é o tempo necessário para uma repetição completa de um conjunto de operações.

Tempos variáveis : é o somatório do tempo de deslocamento (cheio e vazio) .

Tempos fixos : são os tempos médio em fila para carga ,tempo de carga, tempo médio de manobra para carga ,tempo médio em fila para basculamento e tempo de basculamento

Tempo de manobra: é o tempo necessário para que o caminhão manobre para a posição de carregamento.

Tempo de carregamento : é o tempo necessário para que o equipamento de carregamento faça o número necessário de passes para carregar o caminhão na sua carga nominal.

Distância média de transporte (DMT): é a distância percorrida pelos caminhões da origem ao destino (frente de lavra para britagem primária ou depósito de disposição de estéril).

Velocidade média : A velocidade média de um caminhão ao longo da mina é a relação entre seu deslocamento em determinado tempo.

Produtividade : capacidade de produzir mais em menos tempo, utilizando eficientemente os recursos disponíveis . É também um indicador eficiente importante para medir a eficiência e a compatibilidade de uma empresa.

Carregamentos e transportes : é o processo que envolve as atividades que visam retirar os minerais do minérios do local de extração e transportá-los para as áreas de processamento.

2.2-OPERAÇÕES UNITÁRIAS

Para uma organização se sobrepôr em relação às concorrentes, ela deve possuir uma ou mais características que a diferencie das demais, tornando-a um referencial para outras. Para alcançar este objetivo, é necessário um esforço contínuo no que se refere a uma análise constante da eficiência operacional, com o objetivo de obter uma maior produtividade e, consequentemente, um custo menor e uma maior competitividade no mercado.

É importante ressaltar que a seleção e escolha dos equipamentos de lavra, das diferentes operações unitárias, devem respeitar regras que atendam a capacidade necessária de produção ao menor custo, mantendo o valor de investimento compatível com a rentabilidade do dinheiro investido no empreendimento mineiro.

A mineração, atividade de extração e processamento mineral, é composta por diversas etapas interligadas entre si. São elas: as operações unitárias de extração (lavra) que consistem em operações de perfuração e desmonte e, por fim, carregamento e transporte.

A lavra tem por objetivo final atender às necessidades da planta de beneficiamento, de acordo com as exigências dessa, de modo a aperfeiçoar o processo. No entanto, todas as operações, por serem dependentes, devem fornecer “produto” adequado à etapa posterior, de modo que toda a cadeia produtiva seja otimizada, desperdícios sejam reduzidos e, portanto, obtenha-se o menor custo de produção. O sistema mais econômico seria aquele que utilizasse o menor número de equipamentos de perfuração, carregamento, transporte e auxiliares, mantendo a escala de produção planejada.

Para obtenção de melhores e eficientes resultados na cadeia produtiva, é essencial realizar uma discriminação e separação entre as operações, focando recursos e técnicas às atividades específicas. Desta forma, a partir da otimização e execução de cada operação individual no processo de mineração, pode-se tornar o sistema global mais eficiente tendo como consequência menor custo de produção e aumento de produtividade

Seguindo este raciocínio, deve-se avaliar as operações unitárias de lavra (Figura 1) buscando relacionar as operações de modo que a otimização de uma resulte em melhoria do processo de extração como um todo.



Figura 1– Operações Unitárias Lavra Fonte: Google

2.2.1-Perfuração

É o ato de realizar furos em uma determinada área, de acordo com uma malha pré-estabelecida, em função de diversas variáveis de campo esses furos serão carregados com material explosivo, para posterior detonação. A detonação é necessária para converter a rocha em fragmentos menores, para serem transportados ou escavados pelo equipamento disponível.

A perfuração das rochas pode ser feita de diversas maneiras mas, na maioria das minerações, é usada a perfuração mecânica executada pelas perfuratrizes (Figuras2). Estas perfuratrizes são classificadas em função da maneira como perfuram o material, podendo ser:

- a) Método rotativo: a penetração na rocha é promovida pelo movimento de rotação contínua da broca, que trabalha sob a ação de uma pressão constante.
- b) Método percussivo: a penetração na rocha é promovida pelo movimento de percussão (impacto) da broca. No intervalo entre duas percussões sucessivas, ocorre também a rotação da broca em um pequeno arco de círculo.

c) Método roto-percussivo: a penetração na rocha é promovida pelos movimentos de percussão (impacto) e rotação contínua da broca.



Figura 2- Perfuratriz Rotopercussiva Sandvik Fonte:Google

2.2.2-Desmonte

A fragmentação do minério e estéril é o principal objetivo do processo de desmonte, não podendo influenciar na performance das atividades de carregamento e transporte e nas operações de cominuição. Desta forma, é desejável obter uma fragmentação onde não haja excesso de material fino ou de matacões (blocos de grande diâmetro), bem como é importante que o plano de fogo seja avaliado antes de cada desmonte, de acordo com as características geológicas do material a ser desmontado .

A operação de carregamento é muito influenciada pela eficiência e eficácia das atividades de perfuração e desmonte. Ou seja, um plano de fogo bem elaborado que considere todos os aspectos práticos e teóricos, aumenta a probabilidade de fragmentação coerente e compatível com os equipamentos de carga, bem como no processo de cominuição.

As variáveis que devem ser consideradas na elaboração de um plano de fogo dependem do método de lavra e capacidade da britagem e dos equipamentos utilizados, das condições geológicas (tipo de rocha, fraturas, descontinuidades, etc), condições ambientais (áreas urbanas, presença de grutas e cavernas, áreas de preservação, etc.), explosivos e acessórios disponíveis.

O plano de fogo define os parâmetros para realizar o desmonte de uma determinada massa de material com utilização de explosivos, considerando a qualidade e o custo do desmonte, bem como os aspectos sociais e ambientais na área de influência.

Tais parâmetros são :

Diâmetro do furo

Malha de perfuração

Profundidade dos furos

2.2.3-Carregamento

O processo de carregamento consiste no enchimento da caçamba do material de desagregação ou seja, que já sofreu o processo de desmonte, esse processo de carregamento deve ser efetuado pela lateral ou traseira do equipamento de transporte, sendo carregado um equipamento por vez (RICARDO e CATALANI, 2007).

Os equipamentos mais utilizados para as operações de carregamento são: escavadeiras a cabo, escavadeiras hidráulicas, retroescavadeiras hidráulicas, carregadeiras sobre pneus ou esteira, motoscrapers, dragas (BORGES, 2013). De acordo com Silva (2011): o processo de carregamento de alguns equipamentos funciona da seguinte maneira conforme demonstra na figura 3.

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 ultimo o retorno vazio.

escavadeiras: enchimento da caçamba, giro carregado, descarga no equipamento de transporte e giro vazio.

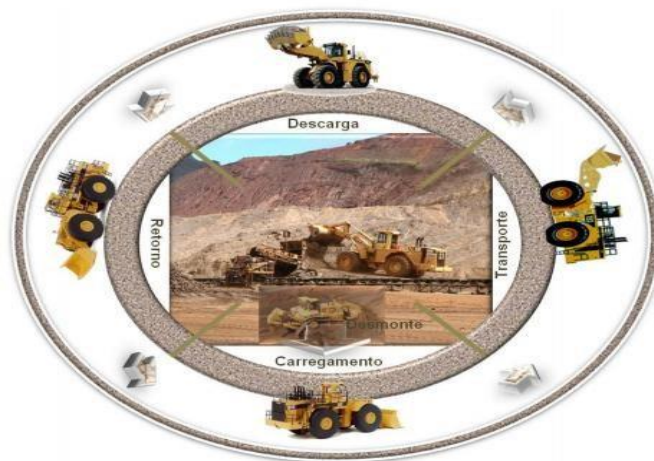


Figura 3: Fluxo no processo de carregamento Fonte: Lopes (2010)

Ainda segundo Silva (2011), é importante tomar alguns cuidados para otimizar os equipamentos de carregamento como:

Dimensionamento correto da caçamba;

Condições das bancadas, incluindo a altura correta para o equipamento de carregamento;

Boa fragmentação: possibilidade de trabalhar com ciclos e cargas constantes; Praça em boas condições de trabalho.

2.2.4-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 correia. 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 fase de transporte inicia quando os caminhões são direcionados até uma determinada frente de lavra, de forma que, os equipamentos de carga, que estão ali operando, retiram o material e posteriormente carregam os caminhões (QUEVEDO, 2009). A figura 4 caracteriza o movimento de caminhões nas operações de carregamento e transporte.

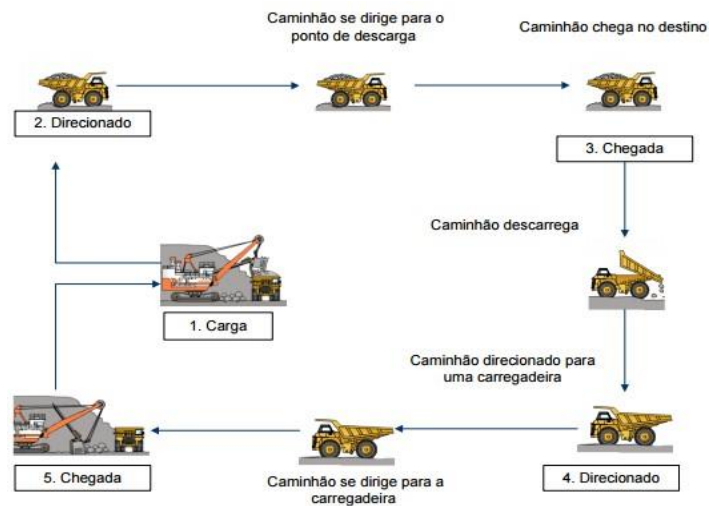


Figura 4: Fluxo do processo de carregamento e transporte Fonte: Quevedo (2009).

Deve-se considerar que para garantir a produtividade dos equipamentos de transporte, é necessário mantê-los sempre em produção, evitando filas e ociosidade. Para evitar a ocorrência desses fatos, torna-se importante que se tenha um bom dimensionamento das frotas dos caminhões e da capacidade de transporte, assim podendo otimizar o processo (FERREIRA, 2013).

Na mina de Catoca, o método de transporte de minério geralmente envolve o uso de caminhões basculantes. Esses caminhões, também conhecidos como haul trucks, são veículos pesados especialmente projetados para transportar grandes quantidades de minério a granel.

Esses caminhões operam em uma rede de estradas e vias dentro da mina, conectando as áreas de extração com os pontos de processamento ou armazenamento.

Eles são carregados com o minério extraído nas frentes de lavra, por meio de escavadeiras ou pás-carregadeiras, e então transportam o material até os pontos de destino. O processo de transporte de minério na mina de Catoca é monitorado e controlado de perto para garantir a eficiência e segurança. Os operadores dos caminhões seguem rotas predefinidas e podem receber instruções por meio de sistemas de comunicação e monitoramento. Além disso, a manutenção regular dos caminhões é realizada para garantir seu bom funcionamento.

É importante ressaltar que a metodologia de transporte de minério pode variar dependendo das características específicas da mina e dos equipamentos disponíveis. No entanto, o uso de

caminhões basculantes é comumente adotado para o transporte de minério em grandes quantidades em minas a céu aberto como a de Catoca.



Figura 5- Caminhão fora-de-estrada, CAT 793F Fonte: GAOMP – MBP 2012.

2.3-OPERAÇÕES AUXILIÁRES

As operações auxiliares são realizado pelos equipamentos auxiliares que têm a principal função de fornecer as melhores condições operacionais aos outros equipamentos de lavra. Não significa que são menos importantes, a atuação de cada um é fundamental e acabam sendo responsáveis também, não pela produção em si, mas pela busca das melhores condições e mais adequadas para se produzir.

São equipamentos destinados a darem suporte nas operações da mina especialmente a serviços de acabamento, isto é, executam as operações para conformar o terreno às inclinações finais do projeto. Estes equipamentos são: moto-niveladora, carregadeira/retroescavadeira de pequeno porte, caminhão pipa, trator de esteira, entre outros (JESUS, 2013). Para a mina de Catoca os trabalho auxiliares são realizados por diversos equipamentos de entre os quais os tractores CAT-D11, CAT-D10, motoniveladoras CAT.

As principais características destes equipamentos são a grande mobilidade da lâmina de corte e a sua precisão de movimentos, permitindo o seu posicionamento nas situações mais diversas, também, são capazes de executar tração no corte de terrenos e empurrar grandes quantidades de material.

Dimensionamento dos outros equipamentos os auxiliares não tem muitos parâmetros a serem seguidos, podendo, portanto, variar muito de mina para mina, cabe ao dimensionador

observar o actual cenário financeiro da empresa e do mundo, para escolher quais equipamentos são ideais para a empresa buscando sempre o menor custo possível (JESUS, 2013)

2.3.1-Escavadeiras

A escavadeira é um equipamento que trabalha praticamente estacionado mais fixo na frente de lavra. Estes equipamentos são utilizados nas minerações na escavação do material “in situ” e posterior carregamento de unidades de transportes. São montadas sobre esteiras ou sapatas hidráulicas e possuem acionamento elétrico e ou diesel. São equipamentos de estrutura robusta e muito adequada para escavações de material duro e resistente, possuem baixo custo operacional considerando sua longa vida de trabalho.

A escavação é feita diretamente pela caçamba frontal que é acionada pelos cabos de aço e ou cilindros hidráulicos, tendo na extremidade da caçamba um fundo móvel para descarga do material. Dependendo do tipo de caçamba e de escavação, as escavadeiras (Figuras 6 e 7) recebem as seguintes denominações:

- a) Escavadeira "shovel" ou de caçamba frontal (hidráulica ou a cabo);
- b) Escavadeira "drag-line" ou de arrasto;
- c) Escavadeira "backhoe";
- d) Escavadeira retro ou retroescavadeira.

A escavadeira possui pouca flexibilidade em sua operação, ou seja, é um equipamento que trabalha de forma mais fixa na frente de lavra, fazendo a escavação e carregamento dos caminhões.

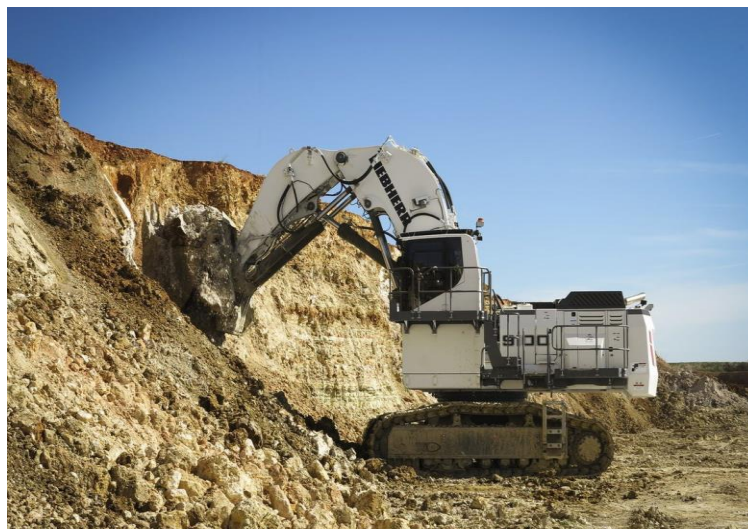


Figura 6 – Shovel hidráulica (Liebherr R 9100B) Fonte: Liebherr



Figura 7: Modelo de “Drag-line” em operação Fonte: Caterpillar, (2015)

2.3.2- Pás Carregadeiras

São equipamentos que também podem ser chamados de carregadeiras, podendo ser montadas sobre rodas pneumáticas ou esteiras. As mais utilizadas são as carregadeiras com caçamba frontal, a qual é acionada através de um sistema de braços articulados, instaladas na parte dianteira do equipamento.

A pá carregadeira sobre rodas é utilizada para serviços onde o local deve estar seco, firme nivelado e sem intempéries para que a máquina possa trafegar tranquilamente.

Já a pá carregadeira sobre esteiras não necessita da mesma preocupação onde será utilizada, pois possui maior aderência ao solo e estabilidade.

A principal razão para escolha e seleção de pás carregadeiras (Figura 8) sobre pneus ou esteiras, é baseada na mobilidade e flexibilidade nas operações em diversos bancos e onde é necessário blindagem do material. Porém, é importante ressaltar que os custos operacionais destes equipamentos são mais elevados se comparando com as escavadeiras hidráulicas e a cabo, sendo assim, sua otimização dentro dos cenários de lavra é fundamental.

No momento do carregamento dos equipamentos de transporte, as carregadeiras que se deslocam entre o talude de material desejado a ser carregado e o veículo de transporte, sendo que para formar um ciclo completo será necessário empregar dois movimentos à frente e dois a ré (RICARDO e CATALANI, 2007).

As carregadeiras montadas sobre pneus apresentam certas vantagens, uma das principais vantagens é a velocidade de deslocamento, resultando em grande mobilidade e dispensando a utilização de carretas para fazer o transporte ao contrário das máquinas de esteiras. Em contrapartida, a tração sobre pneus revela se deficiente, em especial na fase de escavação, contendo ainda baixa capacidade de suporte (RICARDO e CATALANI, 2007).



Figura 8: Modelo de pá-carregadeira sobre pneus Fonte: Caterpillar (2015)

As carregadeiras de pneus são destinadas a trabalho em terrenos mais firmes, de baixa umidade, limitando sua aplicação ao corte e carga de materiais de fácil desagregação ou já desagregado, ao contrário das carregadeiras sobre esteiras (RICARDO e CATALANI, 2007).



Figura 9: Modelo de pá-carregadeira sobre esteira Fonte: Caterpillar (2015)

2.4-PRINCIPAIS VARIÁVEIS DO CÁLCULO DA PRODUTIVIDADE HORÁRIA

Existem vários parâmetros que afetam a produtividade da frota de transporte nas minerações a céu aberto, tais como: velocidade, carga média e tempo de ciclo dos equipamentos; planejamento e layout de mina (DMT); condição das praças de carregamento e basculamento; tipo de pneu utilizado e resistência ao rolamento; idade e tipos de manutenção dos equipamentos.

A produtividade é um indicador utilizado para medir a eficiência na utilização do fator trabalho. No caso dos equipamentos de transporte, o valor da produtividade é medido pela tonelagem transportada para cada hora efetiva de operação.

As melhores e mais produtivas decisões são realizadas com auxílio do sistema de despacho eletrônico, levando em consideração diferentes critérios como maximizar a produção da frota de transporte, minimizar as filas nos pontos de carga e descarga, reduzir os custos operacionais e respeitar o melhor blendagem entre frentes de lavra para determinada qualidade de formação de produto.

2.4.1-Influência da carga média na produtividade do transporte

Se a carga é aumentada, o caminhão fica mais pesado consumindo mais combustível, diminuindo a velocidade média e vida mais curta dos componentes e pneus. Para mover um 43

veículo mais pesado, é necessário mais torque, resultando em menor vida útil no conversor de torque e transmissão.

A política da Caterpillar utilizada na maioria das minerações, permite que não mais de 10% das cargas estejam entre 110% a 120%. A média da distribuição da carga não deve exceder a carga meta. Não mais de 10% das cargas pode exceder 110% da carga nominal (*payload*). Nenhuma carga pode exceder 120% da carga nominal e 50% das cargas não pode exceder a carga nominal.

Não é só o excesso de carga que influencia negativamente na performance operacional dos caminhões e sua vida útil, mas também o impacto pela colocação inadequada da carga. Especificamente, existem três tipos de colocação imprópria da carga, sendo elas: a carga deslocada para a frente, a carga deslocada para a retaguarda e carga deslocada para o lado.

Se a carga é deslocada para a frente, os freios dianteiros, rolamentos, pneus dianteiros, direção, guincho hidráulico, almofadas de descanso do corpo serão afetados negativamente. Se a carga é transferida para a parte traseira, a unidade final e pneus traseiros serão impactados negativamente. Além disso, a carga útil torna-se instável e começa a escorrer para fora da parte de trás da balsa.



Figura 10- Distribuição da carga frontal Fonte: Manual Caterpillar Field Guide (2013).

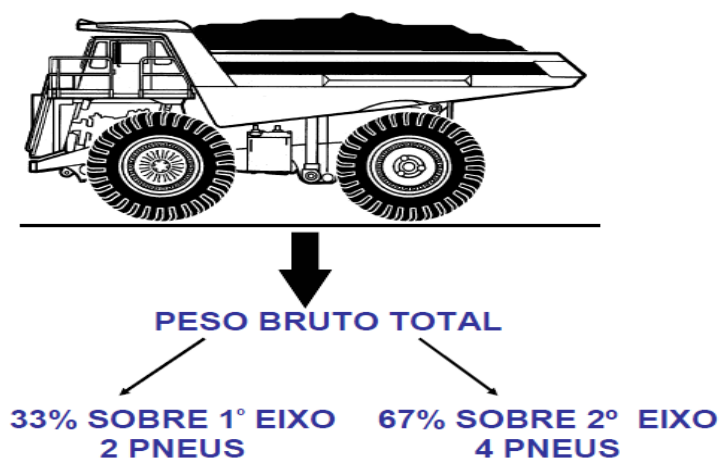
Se a carga é deslocada para o lado, a unidade final, rolamentos, cilindros de elevação e as áreas de furo de articulação serão afetados negativamente como pode ser visto na figura abaixo.



Figura 11 - Distribuição da carga lateral Fonte: Manual Caterpillar Field Guide (2013).

Tanto as cargas deslocadas para frente, para a traseira e para o lado da caçamba dos caminhões, além de prejudicar a precisão da pesagem dos caminhões, afetam negativamente a vida útil dos componentes e a produtividade e performance operacional da frota de caminhão.

No ato do carregamento dos caminhões, a carga precisa estar centralizada sobre os cilindros de elevação e ou centrado na linha central do corpo da caçamba, evitando a carga no “chapéu” da báscula de forma a minimizar derrames laterais e traseiros. A melhor distribuição e divisão da carga entre o eixo dianteiro e traseiro é de 33% /67% da carga útil.



A Carga Média dos caminhões depende de:

- Funcionamento das balanças;
- Condições de praças e acessos;
- Habilidade e conhecimento dos operadores.

A Carga dos caminhões deve ser:

- Bem distribuída;
- Centralizadas;

2.4.2-Influência da DMT na Produtividade do Transporte.

A DMT é a distância percorrida pelos caminhões da origem ao destino (frente de lavra para britagem primária ou depósito de disposição de estéril), quando estes executam o transporte dos materiais de uma mina (minério, estéril ou remanejamento interno) distribuídas pelas respectivas massas de cada frente de lavra.

A influência das DMT's na produtividade horária da frota de transporte é muito significativa, desta forma, é fundamental que diferentes frentes de lavra com diferentes distâncias sejam planejadas, otimizando o processo, reduzindo o gasto com diesel e pneus, atendendo ao programa qualitativo e quantitativo de produção e maximizando a produtividade da frota.

Outra razão da definição de diversas frentes de lavra, é melhorar o controle do TKPH dos equipamentos (tonelada quilômetro por hora), permutando e designando os caminhões entre frentes de lavra, com distâncias também diferentes de tal forma que a temperatura e pressão dos pneus não ultrapassem seus limites de segurança.

Caso o TKPH indique perigo e emita alarme de segurança, existem locais específicos na mina para os caminhões aguardarem enquanto a temperatura dos pneus volte às condições normais. A produtividade horária da frota de transporte é inversamente proporcional à DMT: menor DMT, menor ciclo, maior produtividade horária.

2.4.3-Influência da Velocidade Média na Produtividade de Transporte

Para que a velocidade média dos caminhões tenha bons resultados, é necessário que os acessos possuam leito cuidadosamente trabalhados, raios de curvaturas compatíveis com o tipo de veículo utilizado para o transporte, largura suficientemente ampla para tráfego simultâneo de dois veículos, boa visibilidade, inclinações dos acessos compatível, drenagem dos acessos e operadores bem treinados.

Manter as vias em boas condições é fundamental para a integridade física dos operadores e consequentemente aumentar a produtividade da frota de transporte. Para mantê-las em condições adequadas, se faz necessário considerar parâmetros técnicos desde a fase de criação da estrada (design) até a manutenção diária da mesma.

A velocidade média de um caminhão ao longo da mina é dada pela relação entre seu deslocamento em determinado tempo. Pode ser considerada a grandeza que mede o quão rápido este caminhão percorre uma distância em um intervalo de tempo.

A velocidade média de um caminhão é dada pela divisão entre o espaço total percorrido (Δs) e o tempo gasto no percurso (Δt), de modo que

Onde:

v_m = Velocidade

Δs = Intervalo do deslocamento [posição final – posição inicial]
= Intervalo de tempo [tempo final – tempo inicial].

É preciso considerar espaço para a construção de “leiras” com o objetivo de obstruir a crista do banco para efeito de proteção, as valetas de drenagem no pé do banco para direcionar a água, evitando-se alagamento das praças e locais de manobras e sinalização em pontos perigosos.

Manter as vias em boas condições é fundamental para a integridade física dos operadores e consequentemente aumentar a produtividade da frota de transporte. Para mantê-las em condições adequadas, se faz necessário considerar parâmetros técnicos desde a fase de criação da estrada (design) até a manutenção diária da mesma.

A Norma Regulamentadora NR-22 do Ministério do Trabalho, que trata dos requisitos de saúde e segurança ocupacional na mineração, define que a largura mínima das vias de trânsito em minas a céu aberto deve ser:

- Duas vezes maior que a largura do maior veículo utilizado em pistas simples
- Três vezes maior que a largura do maior veículo utilizado em pistas duplas

Em termos operacionais, estradas muito estreitas podem reduzir drasticamente a vida dos pneus, pois forçam o equipamento a subir nas leiras, provocando desgastes laterais dos pneus. Consequentemente, obriga uma redução na velocidade nos trechos estreitos, prejudicando a produtividade horária da frota de transporte.

Tannant (2001) definiu a largura mínima que uma estrada deve ter, em função da largura do equipamento de transporte e do número de vias, conforme pode ser visto na Equação.

$$L = (1,5 V + 0,5) * X \quad (8)$$

Onde:

L = largura da estrada (m)

V = número de vias

X = Largura do veículo (m)

Usando como exemplo um caminhão Caterpillar 789 C, cuja largura é 7,67 metros, transitando em via dupla, a largura mínima da estrada deve ser:

$$L = (1,5 * 2 + 0,5) * 7,67 = 27 \text{ m.}$$

2.4.4-Raio de curvatura

Raio da Curva é o raio do arco do círculo empregado na concordância entre dois acessos, normalmente expresso em metros. É um elemento selecionado por ocasião do projeto, de acordo com as características técnicas do acesso e a topografia da região. As curvas devem ser projetadas com o máximo raio possível e mantendo-se suavidade (curvas pouco pronunciadas e evitando-se mudanças abruptas no raio), o que permite maior segurança e redução de congestão de tráfego.

A projeção de curvas deve levar em consideração a performance dos caminhões, de tal forma a permitir velocidade constante, sem redução de marchas ao longo do trajeto, levando à

performance otimizada dos caminhões, não provocando o aumento do tempo de ciclo, o que influencia diretamente na produtividade e custos de transporte.

2.4.5-Inclinação de Rampa

A inclinação de uma rampa (Figura 12), também chamada gradiente ou grade, é definida como a sua inclinação vertical em relação à horizontal, geralmente expressa em percentual.

A inclinação deve ser o mais regular e constante possível, evitando-se que se mude de marcha em intervalos curtos. Inclinações irregulares provocam altos esforços no câmbio de transmissão e diminuição da velocidade dos equipamentos de transporte. É muito comum e usual considerar os grades das rampas de acesso que variam entre 8 e 10%, mas devem-se observar as especificações dos manuais dos equipamentos de transporte e as limitações geométricas das rampas.

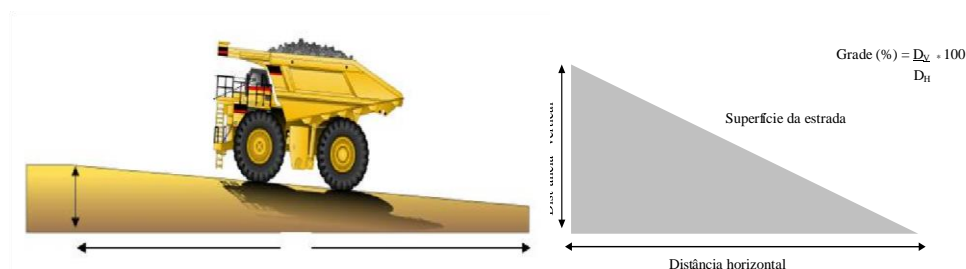


Figura 12-inclinação de rampa

Fonte: Manual Caterpillar Field Guide (2013).

A definição da inclinação ideal requer a análise das características topográficas e geométricas da estrada, assim como da performance do caminhão. Deve-se, também, considerar as distâncias de parada.

Fortes inclinações geralmente exigem a redução de velocidade dos caminhões nas descidas para garantir distâncias de parada seguras e frequente redução de marcha também nas subidas, provocando perda de velocidade.

Tais mudanças de velocidade resultam em perda de produtividade, consumo adicional de combustível, aumento de desgaste mecânico e de custos de manutenção

2.4.6-Distância de visibilidade

Distância de visibilidade é a extensão da área periférica visível ao operador, quanto melhores as condições gerais de visibilidade, mais seguro será o acesso. Portanto, o projeto de uma estrada deve contemplar soluções de percurso que gerem espaços com boa visibilidade.

Extrapolando a importância do fator visibilidade para a questão produtiva, quanto melhores as condições gerais de visibilidade ao longo dos acessos operacionais, melhor a performance da frota de transporte no que se refere à velocidade média e instantânea.

O reflexo e rapidez na decisão do melhor ponto de frenagem, também é uma consequência do amplo campo de visão do operador dentro da cabine do equipamento com o cenário do ambiente.

2.4.7- Fator de rolamento

A resistência ao rolamento é a força necessária para superar o atrito interno dos rolamentos e, em unidades montadas sobre rodas pneumáticas, para superar o efeito de retardamento entre os pneus e o solo. Pavimento deve ser flexível e resistente ao cisalhamento, isto inclui a resistência causada pela penetração dos pneus no chão e pelo flexionamento do pneu sob carga. O tempo de ciclo depende das velocidades dos caminhões nos diversos trechos do percurso. A capacidade de sustentação da superfície de rolamento é essencial. A cada 1 cm de afundamento do pneu na pista corresponde uma resistência ao rolamento igual a 0,6% do peso total sobre a roda. Quando o material local não tem resistência adequada, pode ser necessária a substituição da sub-base e geralmente é necessário revestir a superfície da estrada com material resistente ao uso como cascalho, brita, laterite, canga, etc.

A manutenção da superfície das estradas é muito importante para garantir a velocidade de transporte e reduzir o custo com pneus. Periodicamente, é preciso acrescentar ou substituir o material de revestimento da pista e, para isso, são necessários um trator, uma motoniveladora e um caminhão irrigador. À medida que o fator de rolamento aumenta, a produtividade da frota de transporte diminui (perda de velocidade).

2.4.8- Drenagem dos acessos

Entende-se como drenagem superficial de mina o conjunto de operações que visam garantir o correto escoamento dos fluxos de águas pluviométricas em sentido e direção pré-

estabelecidos, de tal sorte que os efeitos da incidência de chuvas nas condições operacionais dos acessos de mina, praças de carga, taludes e demais estruturas sejam mitigados.

O correto direcionamento da drenagem faz com que águas não sejam acumuladas nos acessos e não cruzem de forma transversal o seu leito, sendo controladas ao longo de seu percurso.

Criar um caimento central da pista para ambas as extremidades (abaulamento transversal) ou propiciar uma inclinação na pista a partir do canto para a extremidade ou vice-versa são opções básicas para uma drenagem eficiente.

Drenagem ineficiente pode provocar a diminuição da resistência ao cisalhamento da estrutura, aumento da resistência ao rolamento do acesso, diminuindo o rendimento dos equipamentos devido à insegurança gerada ao operar em estradas molhadas.

2.5-TEMPOS FIXOS E PRODUTIVIDADE

Na definição do sistema eletrônico em questão, a produtividade (t/h) dos equipamentos de transporte é função, basicamente, dos chamados tempos fixos, distância média de transporte (km), velocidade média (km/h) e carga média executada (t).

São considerados tempos fixos:

- tempo médio em fila para carga;
- tempo médio de manobras para carga;
- tempo de carga;
- tempo médio em fila para basculamento
- tempo de basculamento.

Os tempos fixos estão inseridos dentro da operação conforme mapa de processo da Fig 13, que mostra o passo a passo do ciclo dos caminhões, começando pelo basculamento de uma carga quando o caminhão recebe a informação de qual é o seu destino, o deslocamento até esse destino é o tempo de deslocamento vazio, chegando ao destino ele realiza a manobra de posicionamento para o equipamento de carga, onde inicia o carregamento, após sua conclusão o caminhão é liberado para seu destino de báscula, deslocamento cheio, chegando em seu destino final, o mesmo manobra e realiza a báscula encerrando assim o ciclo.

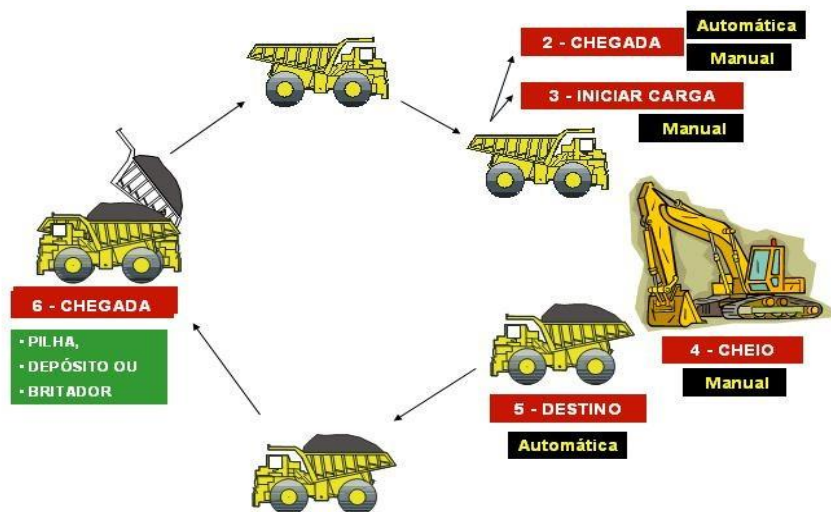


Figura 13 – Fluxo do ciclo de produção Fonte : Manual de Otimização e operação do sistema .

O sistema faz todo o monitoramento das atividades dos equipamentos e separa estas atividades em tempos. Desta forma é possível atuar nos pontos em que a operação estiver com os tempos acima do estabelecido como meta para determinada atividade.

O tempo em fila dos caminhões é definido como a diferença entre o tempo que a escavadeira libera o caminhão previamente carregado menos o tempo em que o caminhão atual chega à escavadeira. Se nenhum caminhão estiver carregando na escavadeira o tempo médio será contado pelo sistema como zero segundo.

2.5.1-Tempo de Carregamento

O tempo de carregamento é medido a partir do fim da manobra do caminhão. Seu posicionamento é finalizado quando o mesmo atinge a sua capacidade de carga é liberada pelo operador do equipamento de carga para seu destino.

O tempo de carregamento é influenciado pela melhor “combinação” entre os equipamentos de carga e transporte, pelas condições da praça de carregamento (piso, largura), características e granulometria do material (friável ou rochoso), altura dos bancos, habilidade do operador e condição mecânica do equipamento.

2.5.2-Tempo de Fila no Carregamento

O tempo em fila é definido como o período no qual um caminhão, operando, espera numa fila junto ao equipamento de carga, no depósito de estéril ou no britador.

Em situações de excesso de caminhões, o tempo em fila é a diferença entre a ação “Chegada” do caminhão em fila e a ação “Cheio” do caminhão anteriormente carregado. Em situações de falta de caminhão o tempo em fila é zero.

Uma situação é considerada como excesso de caminhões “*over-trucked*” quando um caminhão precisa esperar que o anterior seja carregado para então iniciar seu carregamento. Mais especificamente, um equipamento de carga está com excesso de caminhões quando o próximo caminhão chega antes que a ação “Cheio” em seu antecessor aconteça.

Uma situação é considerada falta de caminhões “*under-trucked*”, quando um equipamento de carga tem que esperar por um caminhão após liberar o anterior carregado. Mais especificamente, uma escavadeira está com falta de caminhões quando o próximo caminhão chega depois que seu antecessor já tenha a ação “Cheio”.

É importante ressaltar que os fatores que influenciam o tempo de carregamento, também podem influenciar o tempo de fila no carregamento principalmente quando o sistema de otimização do sistema “*dispatch*” não trabalha totalmente aberto.

2.5.3-Tempo de Manobra

O tempo de manobra para o caso de não ter nenhum caminhão na escavadeira quando o caminhão chegar é definido como a diferença entre o tempo que o caminhão inicia carga menos o tempo em que o caminhão chega na escavadeira. E para o caso onde já tenha um caminhão carregando na escavadeira quando o caminhão chega é definido como a diferença entre o tempo que o caminhão inicia carga menos o tempo que a escavadeira libera o caminhão cheio que estava sendo previamente carregado.

O tempo é medido a partir da chegada do caminhão na praça de carregamento e é finalizado quando se inicia o processo de carregamento. Para minimizar o tempo de manobra das máquinas de carga, é importante um correto posicionamento do caminhão no carregamento, de forma que os operadores da carregadeira e do caminhão tenham contato visual dentro de ambas as cabines de operação, garantindo assim a segurança pessoal.

O cálculo do tempo da manobra do basculamento é uma média da diferença entre o momento da chegada do caminhão no ponto de descarga até o momento em que ele conclui o

basculamento, subtraído do tempo basculamento propriamente dito, (este é definido pelo usuário do sistema), e o pedido de um novo destino para uma máquina de carga.

É importante utilizar o marcador no braço ou no contrapeso para ajudar o operador do caminhão a se preparar para fazer a manobra e aproximação da escavadeira. Sempre posicionando o caminhão na faixa de tolerância.

2.5.4-Tempo de Fila no Basculamento

Assim que o caminhão chegar ao local de básculo, o operador deverá fazer a ação “chegada” para informar ao sistema DISPATCH que o seu tempo de trajeto foi finalizado. Esta ação ainda não indica que o caminhão estará basculando, apenas que o mesmo chegou ao local.

Caso os pontos de basculamento estejam ocupados, a fila de basculamento ocorre quando vários caminhões aguardam no britador, depósito de estéril e/ou estoques operacionais para bascular a carga.

2.5.5-Tempo de Basculamento

O tempo de basculamento é medido a partir da chegada do caminhão ao ponto de basculamento (britadores, pilhas de estéril, estoques), compreendendo a manobra realizada para melhor posicionamento do equipamento e o início do basculamento; o tempo que a báscula leva para levantar, descarregar o material e voltar à posição inicial; e finalizando com a solicitação de um destino para novo carregamento. Ao terminar de efetuar o basculamento e baixar a caçamba, o operador do caminhão requisita uma nova rota para reiniciar o ciclo. Esta ação irá finalizar o ciclo anterior e iniciar o próximo ciclo.

2.6-CÁLCULO DA PRODUTIVIDADE: EQUIPAMENTO DE CARGA

A produtividade de um equipamento é medida em função do número de ciclos realizados em um determinado tempo e em função da capacidade do equipamento. Deste modo, deve-se preocupar desde a granulometria do desmonte das frentes de lavra, a quantidade e o posicionamento de caminhões em relação ao equipamento de carga e a habilidade e performance dos operadores, fazendo com que tempo de ciclo dos equipamentos de carga seja minimizado

Segundo RICARDO & CATALANI (2007) uma expressão que indica a produção de um equipamento de carga é a descrita na equação 1:

$$PC = \frac{C \times FE}{TC_{min} \times E} \quad \text{eq. 1}$$

Onde:

PC = Produção efetiva do equipamento de carga;

C = Capacidade da caçamba, em volume solto;

FE = Fator de empolamento do material;

TCmin = Tempo de ciclo mínimo;

E = Coeficiente de rendimento da operação ou fator de eficiência (E = tempo de ciclo mínimo / tempo de ciclo efetivo).

Outra forma de calcular a produtividade seria pela equação 2 onde observa-se a relação entre a ociosidade do equipamento de carga e as horas de atraso operacional com a produtividade de carga.

$$PC = \frac{CM}{(TC + TM + HAO + OC) \times 60} \quad \text{eq. 2}$$

Onde:

PC = Produtividade horária dos equipamentos de carregamento (t/h);

CM = Carga média (t);

TC = Tempo de carregamento (min);

TM = Tempo de manobra (min);

HAO = Horas de atraso operacional de carga (min);

OC=Ociosidade (min).

Seguindo o mesmo raciocínio, tem-se a equação 3, usada para calcular a produtividade dos equipamentos de transporte. Observa-se que na parcela dos tempos variáveis (TV) tem-se a velocidade dos equipamentos de transporte e as distâncias percorridas, já nos tempos fixos (TF) tem-se os tempos de fila, manobra e carregamento.

$$PT = \frac{CM}{(TF+TV+HAO) \times 60} \quad \text{eq. 3}$$

Onde:

PT= Produtividade horária dos equipamentos de transporte (t/h);

CM = Carga média (t);

TV = Tempos variáveis (min);

TF = Tempo fixos (min);

HAO = Horas de atraso operacional de transporte (min).

Sendo que:

$$TF = FC + TM + TC + FB + TB \quad \text{eq. 4}$$

Onde:

FC = Tempo de fila para carregamento (min);

TM = Tempo de manobra do equipamento de transporte (min);

TC = Tempo de carregamento (min);

FB = Tempo de fila para basculamento (min);

TB = Tempo de basculamento (min).

$$TV = \left(\frac{DMT}{VelC} + \frac{DMT}{VelV} \right) \times \frac{KmC}{KmV} \times 60 \quad \text{eq. 5}$$

DMT = Distância média de transporte (km);

VelC = Média de velocidade do caminhão cheio (km/h);

VelV = Média de velocidade do caminhão vazio (km/h);

KmC = Quilômetros percorridos com caminhão cheio (km);

KmV = Quilômetros percorridos com caminhão vazio (km)

2.7-SISTEMA DE DESPACHO

Em uma mina a céu aberto, a alocação de equipamentos aos diferentes pontos de trabalho deve se dar da forma mais eficiente possível, a fim de se reduzir custos de produção e a atender as especificações de qualidade e demanda da planta.

Esse despacho de veículos sem a utilização de uma ferramenta computacional, principalmente quando se tem o envolvimento de grande quantidade de equipamentos, gera sobrecarga do operador de despacho, sem contar que a eficiência da alocação estará prejudicada. Tendo isso em conta, o sistema de despacho, aplicado a mineração, é um sistema de gerenciamento que permite controlar todos os equipamentos envolvidos nas operações unitárias de lavra (ALEXANDRE, 2010).

No início, o sistema de despacho era feito de forma manual, com um operador encarregado de alocar os caminhões aos pontos de carga disponíveis. Essa alocação ocorria com base na experiência e juízo do operador. Os métodos computacionais começam a surgir no início dos anos 70, com sistemas de despacho semi-automáticos que forneciam sugestões de alocação, em que o operador, com base em sua experiência, decidia entre as opções sugeridas.

Já no final da mesma década, surgiram os sistemas automáticos, capazes de fazer a alocação de caminhões com base na solicitação (SÁEZ MUÑOZ, 2014). A seguir é apresentado de modo resumido os três tipos básicos de sistema de despacho:

a)-Sistema de despacho manual: o operador toma as decisões de alocação dos veículos a partir de um ponto estratégico de onde tenha uma visão geral das operações da mina. As decisões são baseadas em sua experiência, enviando instruções através de rádios aos equipamentos de carregamento e transporte. Dependendo do tamanho da mina e da quantidade de equipamentos de transporte, torna-se inviável, por não ter o operador uma visão ampla ou não possuir tempo hábil de tomar as decisões de despacho com a eficiência necessária.

b)-Sistema de despacho semi-automático: neste caso, o computador auxilia o operador apresentando o status dos equipamentos e sua localização. O programa de despacho pode fornecer sugestões, cabendo ao operador acata-las ou não. Desta forma, o computador serve apenas como auxílio a tomada de decisão, que cabe ao operador.

c)-Sistema de despacho automático: Aqui todas as decisões referentes ao despacho são tomadas e enviadas aos caminhões de modo automático pelo computador, sem que seja necessária a intervenção humana (PINTO, 2007).

O principal objetivo dos sistemas de despacho está em reduzir custos de capital e operação, com a alocação de equipamento de carga e transporte em tempo real. Esse sistema é capaz de auxiliar na redução da frota de caminhões, do aumento de produtividade e em atender aos padrões de qualidade requeridos pela usina de processamento (RODRIGUES e PINTO, 2012).

2.8-TIPOS DE ALOCAÇÃO EM MINAS A CÉU ABERTO

Nas minas a céu aberto utilizam dois tipos de alocação de caminhões: alocação estática e alocação dinâmica. Na alocação estática, os caminhões são fixados a um ponto de carga e um ponto de descarga, ou seja, o deslocamento acontece apenas entre os dois pontos por um determinado período de tempo. Já na alocação dinâmica, a cada ciclo completo, o caminhão pode ser realocado para outras frentes de lavra, de acordo com os critérios já estabelecidos em um *software* de despacho (RODRIGUES, 2006).

2.8.1-Alocação sem o sistema de otimização (estático)

O despacho estático ocorre quando cada caminhão tem um ponto fixo para carga e outro para descarga, desse modo eles realizam sempre o mesmo trajeto durante determinado período de tempo (SOUZA et al., 2010). Neste caso, os equipamentos são despachados dinamicamente no tempo, de modo a procurar atender as necessidades de produção e qualidade do material. A alocação é definida por um algoritmo, que leva diversos fatores em consideração em seu cálculo (ALEXANDRE, 2010).

Segundo Rodrigues (2006), a alocação estática ainda é o método mais utilizado nas minerações, geralmente em minas de pequeno e médio porte, por não apresentar a necessidade de um software que opere com um sistema automático de alocação. Entretanto, esse método proporciona uma menor produtividade, devido a fila de caminhões, e também na ociosidade dos equipamentos de carga..

2.8.2-Alocação Otimizada (dinâmico)

No despacho dinâmico, por outro lado, o caminhão não possui um ponto fixo, podendo ser encaminhado para uma frente de lavra diferente da anterior ao término de cada viagem, conforme a conveniência relacionada à produtividade prevista pelo planejamento (RODRIGUES, 2006 COELHO, OLIVEIRA e PINTO, 2014).

A estratégia de otimização envolve a alocação ótima de recursos de transporte (caminhões) entre atividades competidoras (escavadeiras) com o objetivo de maximizar a produtividade global dos caminhões. Essa alocação de tonelada é limitada por restrições operacionais (como capacidade dos britadores, parâmetros de qualidade, capacidades de escavação etc.) e prioridades (prioridades de material, prioridades de escavadeiras etc.).

De acordo com Rodrigues (2006), os primeiros sistemas de despacho foram manuais. Nesses sistemas, o operador através de suas próprias observações e tomadas de decisões, a partir de um ponto estratégico da mina, fazia a alocação dos equipamentos através de comunicação via rádio. No início dos anos 70, esses sistemas já passaram a ser semi-automatizados, onde minicomputadores eram usados para registrar o estado dos equipamentos e sugeria a alocação, entretanto, o operador ainda fazia a orientação. Já no final dos anos 70, os sistemas de despacho automatizados foram desenvolvidos, sistemas que tem a habilidade de alocar diretamente o caminhão à tarefa.

Capítulo III - CASO DE ESTUDO:MINA DE CATOCA

3.1-Aspetos Histórico

A Sociedade Mineira de Catoca – SMC, é uma empresa, cujo objeto social é a prospeção, pesquisa, exploração e comercialização de diamante, na província da Lunda - Sul, assume o compromisso de garantir que as atividades de sua operação sejam desenvolvidas com a preservação do ambiente, a segurança, saúde de seus empregados e de seus prestadores de serviços.

O kimberlito de Catoca foi descoberto em 1968 pelos técnicos da Diamang, que prospectavam blocos aluviais nas margens do rio Lova, afluente do rio Chicapa. Em 1981 a Endiama substituiu a Diamang na gestão das reservas nacionais de kimberlito e nessa mesma época a Iakutalmaz, estatal soviética especializada em projetos de mineração de diamantes, manifestou interesse em participar na exploração, em Angola. A exploração comercial do kimberlito de Catoca começou em 31 de Julho de 1997, quando o primeiro carregamento de minério entrou na central de tratamento 1, dando início a uma produção em pequena escala, porém essencial para a capitalização da empresa. Em 1999 foi instalado o sistema de irrigação para o projeto agropecuário e implantado o sistema integrado privativo de telecomunicações com instalações terrestre e satélite. Já em 18 de Novembro de 2005 foi inaugurada pelo Presidente da República, o engenheiro José Eduardo dos Santos, a segunda central de tratamento de minérios. No entanto, a bacia de rejeitado em estudo, entrou em exploração às 14h30 do dia 06/06/2005, projetada para o tempo de vida útil da mina, com capacidade para receber um volume de 180000000 m³.

3.2-Localização Geográfica e Vias de Acesso

Em termos administrativo-geográficos, a sociedade mineira de Catoca situa-se no Nordeste da República de Angola, na parte noroeste da província da Lunda Sul, próximo da cidade de Saurimo, numa distância de 35 km e cerca de 800 km de Luanda (fig.14). O território da área de concessão da SMC encontra-se dentro da folha topográfica 121-SG34 (escala 1:1000000) do Cadastro Topográfico do Estado, numa região situada nos limites entre as Lundas Norte e Sul, e ocupa uma área de 340 km², delimitada por coordenadas geográficas.



Figura 14 - Localização geográfica de Catoca

Tabela 1 - Coordenadas Geográficas da Zona em Estudo

Coordenadas geográficas			
Pontos	Latitude Sul (X)	Longitude Este (Y)	Altitude (m)
A	9°18'00"	20°15'00"	937
B	9°29'20"	20°24'15"	1005

O acesso à região pode ser feito tanto por via aérea como terrestre. Por via aérea, utilizam-se aviões de grande e pequeno porte que aterram, respetivamente no aeroporto de Saurimo e aeroporto da mina de Catoca (figura 14),e por via terrestre, através das estradas nacionais nº 180 que liga as cidades de Saurimo ao Dundu, e estrada nacional 230 entre as cidades de Malange e Saurimo (Lunda Sul).

O local de estudo é acessado por uma via principal, asfaltada pela empresa - Catoca, a partir do desvio da estrada nacional nº 180, no bairro do Zorro, diversas vias secundárias, asfaltadas na vila residencial e terra batida que se encontram em constante aspersão de água manutenção nas frentes de trabalho, facilitando deste modo a deslocação das viaturas e eliminação de poeira no empreendimento.



Figura 15- Aeródromo da Sociedade Mineira de Catoca



Figura 16 - Estrada da vila residencial na mina de Catoca

3.3-O Clima e o Solo

O clima da região é tropical, favorável para atividade agrícola, pecuária e pesca. A região apresenta as duas principais estações típicas durante o ano: a época das chuvas que perdura do final de agosto até os primeiros dias de maio, e a estação seca (cacimbo) que se prolonga de maio a agosto. A temporada mais chuvosa ocorre nos meses de novembro a março, na qual a estimativa da média anual para a precipitação atmosférica é de 1366 mm. Em relação à temperatura, ao longo do ano esta varia entre os 12°C de mínima e os 34°C de máxima. E por último, a média anual da humidade relativa é de 63%, onde dependendo dos anos, as direções predominantes do vento podem variar de Norte a Nordeste e Sul para Sudoeste.

Muitas vezes os solos são desagregados pelo volume das quedas pluviais, as savanas existentes não os protegem, salvo em algumas modestas manchas que estão cobertas por uma vegetação rasteira. O solo predominante nesta região é o ferralítico, o paraferalítico e os solos fracamente lavados.



Figura 17: Zona leste de Angola Fonte:Relatório de estagio, macongo.

3.4-A Fauna e a Flora

Angola apresenta uma excepcional biodiversidade, devido à grande heterogeneidade de biomas nela representados. Inúmeros fatores contribuem para essa grande diversidade de ambientes representados no país, entre eles, a posição geográfica intertropical, a grande variação nas altitudes e a grande variabilidade geológica. A combinação entre as diferentes condições climáticas e pedológicas produziram cenários biológicos extremamente diversos, compreendendo desde a densa floresta tropical até áreas desérticas.

A região de Saurimo, onde se encontra inserido o empreendimento, caracteriza-se por ser uma zona de transição entre os domínios da savana, ao sul, e da floresta tropical que se estende ao norte, ganhando extensas áreas na República Democrática do Congo. Portanto, não apenas a cobertura vegetal da região, mas também sua fauna, se caracteriza pela grande diversidade de animais: o hipopótamo, a pacaça, o leão, o gato-bravo, o leopardo-caçador, a hiena-castanha, a galinha-do-mato as serpentes etc.

A vegetação inclui árvores como acácias, baobás, palmeiras e outras espécies típicas da região. Essas plantas fornecem habitat e alimento para uma variedade de animais que habitam a área.

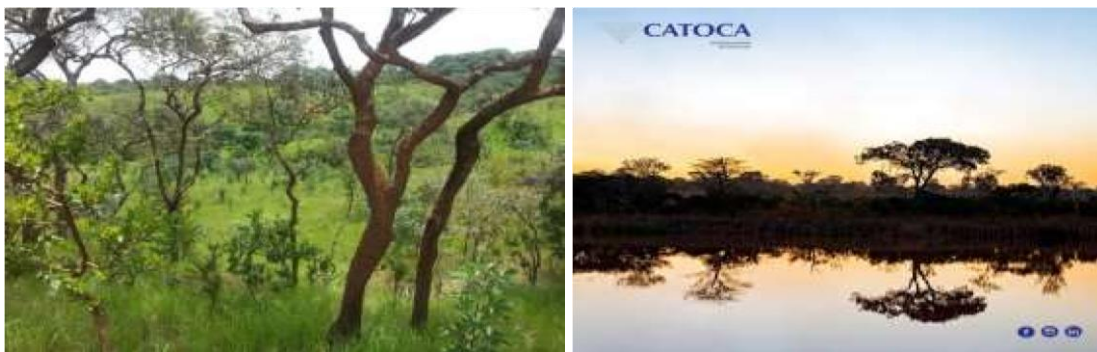


Figura 18 e 19: Área de savana arborizada Fonte: Relatório de estágio, macongo; www.google

É importante ressaltar que a conservação da fauna e da flora é uma preocupação fundamental para as operações da mina de Catoca. Empresas de mineração responsáveis geralmente implementam medidas de mitigação e conservação para proteger a biodiversidade e reduzir o impacto ambiental das suas atividades.

3.5-População

Segundo as projeções populacionais de 2018, elaboradas pelo Instituto Nacional de Estatística, conta com uma população de 501 904 habitantes e área territorial de 24 900 km², sendo o município mais populoso da província.

3.6-A Hidrologia

A rede hidrográfica da região está orientada na direção norte, drena as suas águas para o rio Zaire, por intermédio do rio Kassai, um dos seus maiores tributários e cujos afluentes, alimentados por inúmeros sub-afluentes, atravessam a região de sul para o norte. Os principais afluentes do rio Kassai são, de oeste para leste, o Kuango, Cuilo, Luangue, Luxico, Chicapa, Luachimo, Chihumbe e seu afluente Luembe.

Os vales dos rios são abertos e têm formas de U e V. São rios de médio comprimento, frequentemente com pedregais, por isso são impróprios para navegação. Os rios, presente na área de concessão da sociedade mineira de Catoca, possuem recursos hídricos interessantes, destacando-se o rio Lova, que é utilizado para abastecimento de água potável. O rio Luite, que fica localizado na zona adjacente a bacia de contenção de rejeitados. O mais atrativo é o rio Chicapa, que corre ao longo do limite leste da concessão, é utilizado para o aproveitamento hidroelétrico, com uma potência de 17-20 Mega Watt, suficiente para atender às necessidades de

Catoca e à cidade de Saurimo (capital da província de Lunda Sul), ilustração 20. O caudal destes rios varia segundo as estações do ano. No período seco (junho-agosto) apresentam um caudal mínimo, enquanto no tempo chuvoso (setembro-novembro), o caudal aumenta consideravelmente. chuvoso (setembro-novembro), o caudal aumenta consideravelmente.



Figura 20 - Quedas do rio Chicapa Fonte: Relatório catoca 2011

3.7-Geologia da região

Os diamantes em Catoca são originários de kimberlitos, que são tipos específicos de rochas ígneas que contêm diamantes. Os kimberlitos são formados a partir da ascensão de magma rico em carbono até a superfície da Terra. Esses magmas levam os diamantes de profundidades extremas até a superfície, onde podem ser erodidos e depositados nas áreas aluviais.

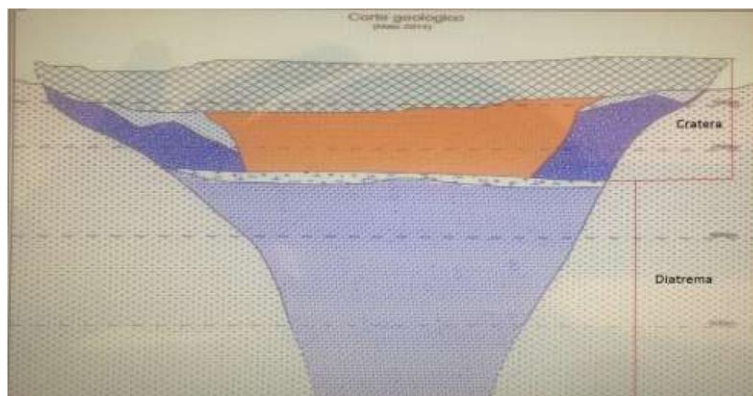


Figura 21 :Corte geológico da chaminé Fonte:relatorio wacono.

Além dos kimberlitos, a região de Catoca também possui formações de calcário, metassedimentos e outros tipos de rochas metamórficas. Essas rochas são parte integrante da

história geológica da região e podem fornecer informações valiosas sobre os processos geológicos que ocorreram ao longo de milhões de anos.

A compreensão da geologia da região de Catoca é fundamental para a exploração e extração eficiente dos diamantes. Os estudos geológicos são realizados para identificar as áreas de maior potencial diamantífero, localizar os kimberlitos fonte dos diamantes e determinar as melhores técnicas de extração.

É importante ressaltar que a geologia da região de Catoca pode ser complexa e variada em diferentes áreas. O conhecimento detalhado da geologia local é fundamental para garantir o sucesso das operações de mineração e para minimizar o impacto ambiental.

3.8- Caracterização das rochas da região

Na região da mina de Catoca, localizada na província de Lunda Sul, em Angola, predominam rochas do tipo kimberlito. O kimberlito é um tipo de rocha magmática vulcânica que se formou a partir de uma erupção violenta e rápida, trazendo consigo fragmentos do manto terrestre. Essa rocha é conhecida por ser a principal fonte de diamantes em todo o mundo.

Os kimberlitos de Catoca são caracterizados por uma matriz de rocha vulcânica porfirítica, geralmente de cor cinza a marrom, que contém diversos minerais como olivina, piroxênio, serpentina e flogopita.



Figura 22 e 23: Rocha kimberlítica e encaixante da mina de catoca Fonte: google, www.Catoca.com

Além dos kimberlitos, também podem ser encontradas na região da mina de Catoca outras formações rochosas associadas, como quartzitos, xistos e granitos. Essas rochas costumam ser menos exploradas do que os kimberlitos, porém, também podem conter depósitos minerais de interesse econômico.

3.9-Lavra

A chaminé kimberlítica de Catoca é explorada a céu aberto, utilizando o sistema de mineração com escavação por avanço. O esquema tecnológico inclui o desmonte direto do maciço de estéril, com a particularidade das rochas duras serem submetidas ao desmonte com explosivos e posteriormente carregado com escavadoras e transportado pelas correias para as pilhas de estéril ou escombreyras, Figura 24. A extracção do minério é feito mecanicamente com recurso a escavação direta precedida de escarificação com tratores de esteiras e buldózer.



Figura 24 - Sistema de transporte e carregamento de estéril

CAPÍTULO IV-ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Uma vez coletados e analisados, foi possível transformar os dados em informações, de modo a conhecer os principais indicadores de produção.

4.1 Tempo de Manobra

A Tabela 1 e a Figura 16 mostram os resultados provenientes do tempo de manobra dos equipamentos de transporte e Iveco e Caterpillar 775.

Tabela 1 – Tempo de manobra dos equipamentos de transporte

Variáveis	Iveco	775
Média (min)	0,588	0,475
Desvio padrão (min)	0,127	0,104
Número de dados	135	149
Intervalo de confiança (%)	95%	95%
Tempo de manobra (s)	35	29
Margem de erro (s)	1	1

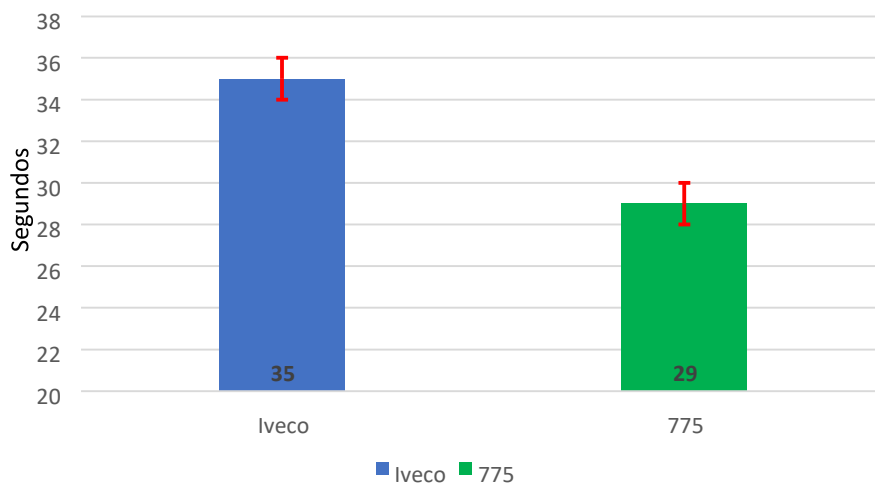


Figura 16 – Tempo de manobra dos equipamentos de transporte.

Com um intervalo de confiança de 95% foi encontrado um tempo de 35 ± 1 segundos para o caminhão rodoviário Iveco e 29 ± 1 segundos para o fora de estrada Caterpillar 775, com baixa margem de erro. Através das observações, notou-se que os caminhões rodoviários, por possuir um menor porte, foram destinados as praças que estavam confinadas, o que contribuiu para o aumento do tempo de manobra. Outro motivo do maior tempo de manobra dos caminhões rodoviários está relacionado ao maior tempo de troca de marcha e direção dificultada pelas características construtivas do equipamento.

4.2 Tempo De Carregamento

A Tabela 2 e a Figura 25 mostram os resultados provenientes do tempo de carregamento dos pares de equipamentos carregadeira - caminhão.

Tabela 2 – Tempo de carregamento dos pares de equipamentos.

Variáveis	980 – Iveco	990 – Iveco	990 – 775
Média (min)	2,943	1,395	2,319
Desvio padrão (min)	0,821	0,430	0,444
Número de dados	61	85	149
Intervalo de confiança (%)	95%	95%	95%
Tempo de carregamento (s)	176	84	139
Margem de erro (s)	12	5	4

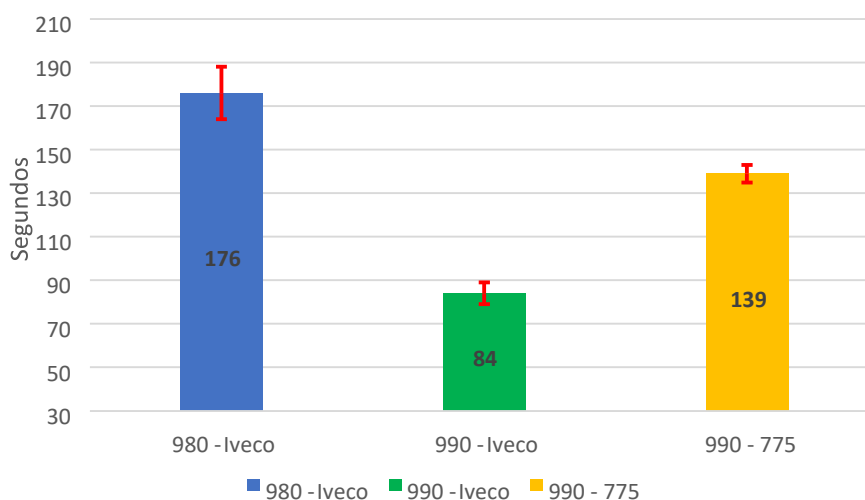


Figura 25 – Tempo de carregamento dos pares de equipamentos

Em relação ao tempo de carregamento, houve uma maior variabilidade dos dados, ou seja, uma maior margem de erro, em função de alguns fatores, como a qualidade do desmonte, a experiência dos operadores de carregamento e também pela condição de praça. Outro fato observado foi que os operadores com mais experiência conseguiam movimentar o material com uma maior facilidade do que outros operadores com menor experiência. Também, a condição de praça, ou seja, a largura da praça e o nivelamento do piso, foi um dos fatores que impactavam diretamente no carregamento. Praças com pouca largura de carregamento e pisos irregulares, aumentavam o tempo da operação.

A Figura 17 mostra que o par carregadeira-caminhão 980 – Iveco apresentou o maior tempo de carregamento, por volta de 3 minutos, tanto em função dos motivos já citados, quanto em relação a capacidade nominal dos equipamentos. Logo, para uma melhor análise, os tempos foram avaliados com seus respectivos números de ciclos, conforme apresentado na Figura 18.

O par 990 – 775 é mais utilizado na operação, pois dos 295 ciclos observados, 149 são deste par, ou seja, mais de 50%, com um tempo médio de 2 minutos e 19 ± 4 segundos. Segundo Peroni (2015), o número de ciclos ideal estaria entre 3 a 6 ciclos, e na Figura 18-a) podemos ver que em 100% do carregamento está entre esse intervalo (4 a 5 ciclos) e, além disso, segundo o manual de equipamentos da Caterpillar, o número de ciclos também encontra-se dentro do recomendado.

O par 990 – Iveco é o segundo par mais utilizado na operação, representando um tempo médio de 1 minuto e 24 ± 5 segundos, menor que o par 990 – 775, devido ao fator caçamba do Iveco ser aproximadamente a metade do fora de estrada 775, sendo 34 e 60 toneladas, respectivamente. Se tratando de números de ciclos, esse tipo de carregamento é considerado o de maior risco de danos pessoais e materiais, pois como trata-se de no máximo 3 ciclos para carregar o caminhão, a massa por ciclo é elevada e, se por ventura houver desvio operacional no içamento da carga, poderia resultar em um acidente com lesão humana e danos estruturais ao caminhão.

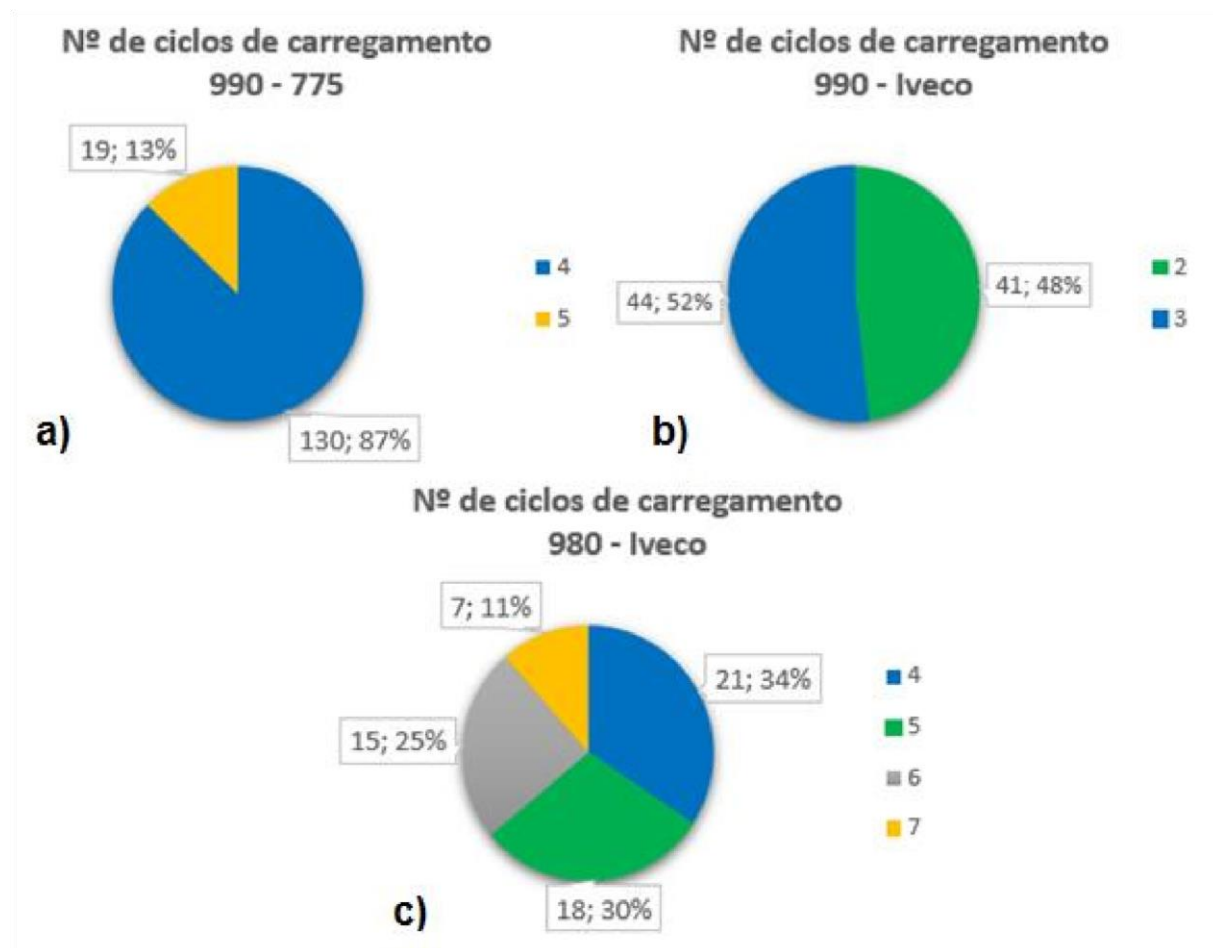


Figura 18 – Números de ciclos de carregamento a) 990 – 775; b) 990 – Iveco; c) 980 – Iveco.

Em relação ao par 980 – Iveco, pode-se dizer que é o par de carregamento mais diversificado em número de ciclos, de 4 a 7, e considerado o segundo par mais compatível da operação depois do 990 – 775, com um tempo médio de 2 minutos e 56 ± 12 segundos.

4.3- Tempo De Basculamento

A Tabela 3 e a Figura 20 mostram os resultados provenientes do tempo de basculamento dos equipamentos de transporte.

Tabela 3 - Tempo de basculamento dos equipamentos de transporte.

Variáveis	Iveco	775
Média (min)	1,585	0,950
Desvio padrão (min)	0,418	0,133
Número de dados	131	137
Intervalo de confiança (%)	95%	95%
Tempo de manobra (s)	95	57
Margem de erro (s)	5	1

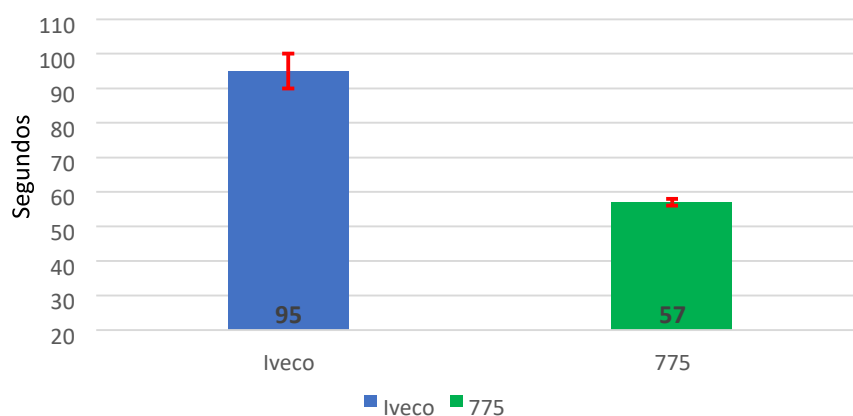


Figura 27 - Tempo de Basculamento

Na Figura 27 pode-se ver que o tempo de basculamento do caminhão rodoviário Iveco, de 95 ± 5 segundos, é maior que o tempo do fora de estrada 775, com 57 ± 1 segundos. Este resultado se deve ao fato de que o Iveco era um caminhão de maior dificuldade na troca de marcha e no acionamento da bascula. Além disso, o caminhão Iveco as vezes apresentava problemas de basculo, fato justificado pelo o mesmo ter sido adaptado para as atividades de mineração.

4.4-Velocidade Média Das Frentes De Lavra

A Figura 22 e a Figura 23 mostram um comparativo das velocidades médias dos equipamentos de transporte Caterpillar 775 rodoviário Iveco nas frentes de lavra.

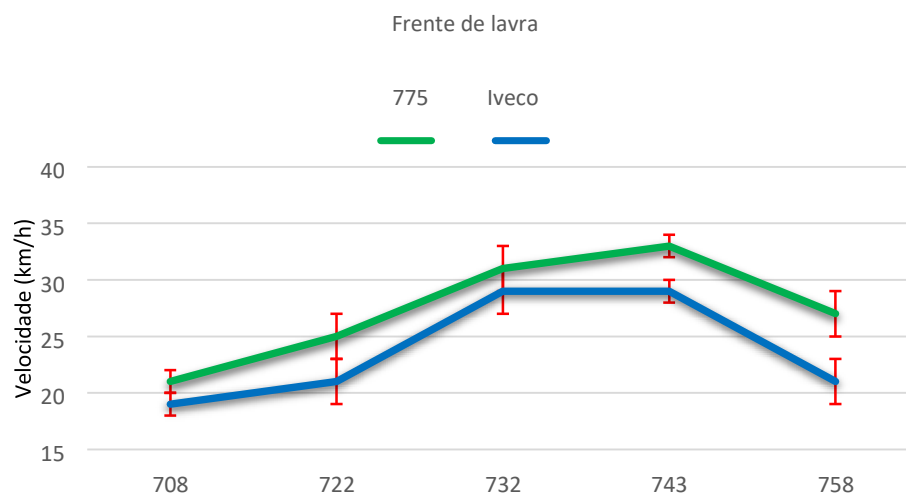


Figura 22 -Velocidade de deslocamento cheio por frente de lavra

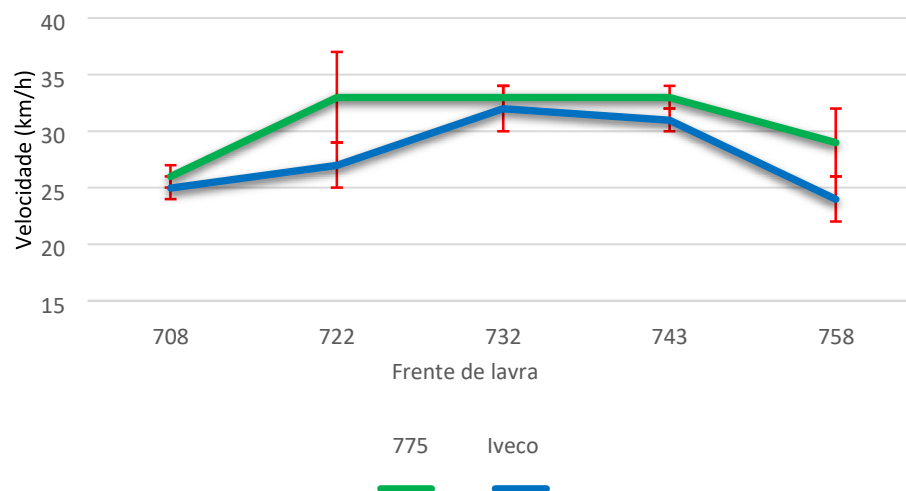


Figura 23 – Velocidades do deslocamento vazio por frente de lavra

Observa-se em geral que os caminhões fora de estrada 775 possuem velocidades médias superiores aos rodoviários Iveco. Também se observa, na Figura 22, que a velocidade média nas frentes 708, 722 e 758 apresenta-se abaixo das frentes 732 e 743. Isto ocorre porque as frentes 708 e 722 encontram-se numa elevação inferior à do britador, ou seja, os caminhões percorrem o trecho carregado em aclive para se deslocarem até a britagem primária. Já na frente de lavra 758 o caminhão descia carregado, porém percorria uma maior distância em um trajeto que a estrada se encontrava bastante irregular e com via de mão única em alguns pontos.

4.5 Tempo De Fila

Os próximos gráficos, representados pelas Figura 25 e Figura 26, dizem respeito ao tempo de fila analisado na operação.

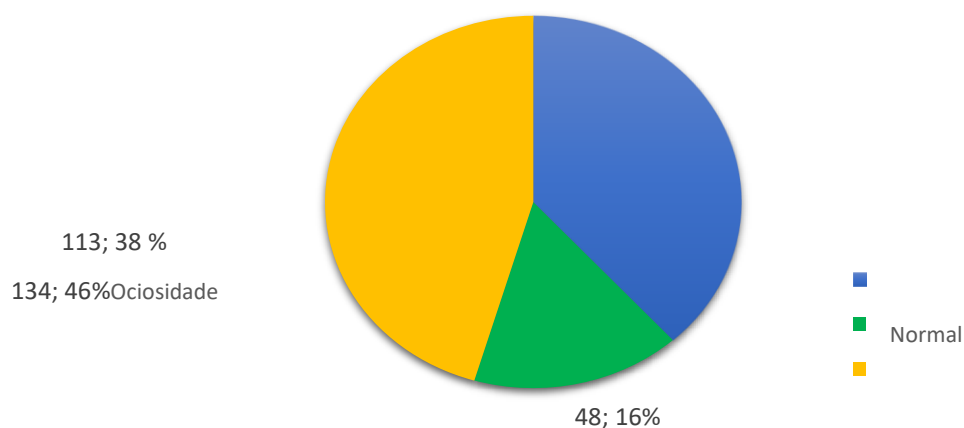


Figura 25 – Ciclos por condição de carregamento

Em relação aos tempos de fila, conforme mencionado anteriormente, não houve fila significativa na britagem e, por isso, foi realizada uma análise apenas no tempo de fila de carregamento. A Figura 25 mostra como os 295 ciclos se distribuíram em relação à condição de carregamento. Para isso, foi tomado como premissa que um tempo de fila para um carregamento de até 1 minuto de espera foi considerado como normal, ou seja, valores superiores a isso eram considerados como fila.

Em análise do gráfico da Figura 25, observa-se que apenas 16% dos ciclos estavam em condições normais, ou seja, não havia equipamentos ociosos e não havia tempo de espera para carregamento. Em relação à quantidade de tempo de fila, foi analisado, que no total de 62 horas da pesquisa, 8 horas se referiam ao tempo de fila, representando 13% do total de horas da operação. Porém, em termos percentuais, o número de ciclos com fila representa 46% do total.

A Figura 26 apresenta como foi distribuído o tempo de fila em relação ao tempo de operação em cada turma, expresso em percentual. Nota-se que o maior percentual de tempo de fila encontra-se na equipe B, aproximadamente 20%, ou seja, presume-se que haja uma falha na alocação de frota das frentes de lavras na referida equipe.

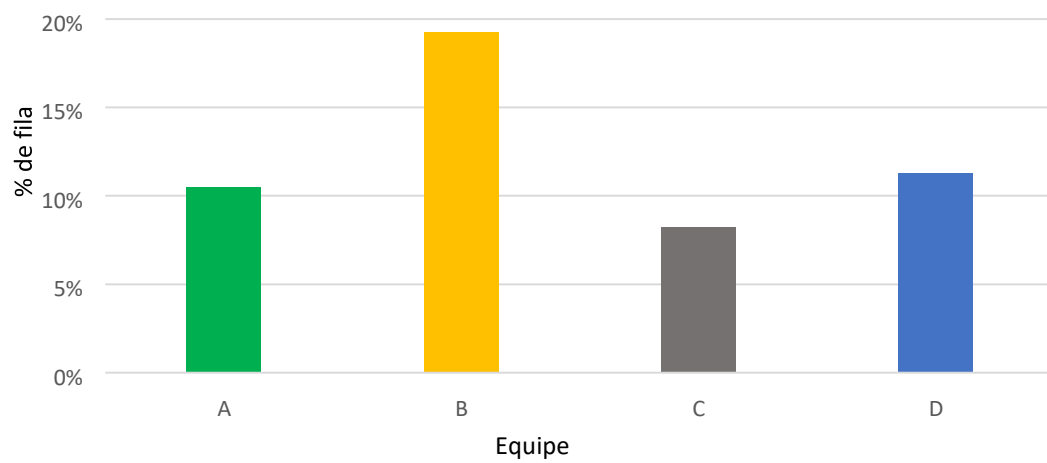


Figura 26 – Porcentagem de Tempo de fila por horas de operação de cada equipe

CAPÍTULO V : CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1-Conclusões

Ao termo do estudo realizado concluiu-se que os tempos fixos podem ter influência na melhoria dos métodos dos processos operacionais e condições de trabalho, permitindo análises das atividades, relação homem-máquina e operações em geral, observou-se que o tempo de fila e as manobras são os tempos que mais impactam no tempo de ciclo total, influenciando diretamente na produtividade.

É reconhecido que a operação de caminhões e equipamentos de carga é um dos itens mais importantes e impactantes no custo da operação como um todo. Assim, a utilização de sistemas de despacho pode maximizar a produtividade e reduzir o custo operacional de operação da mina. O transporte por caminhões é amplamente utilizado na mineração a céu aberto e representa uma grande parcela no custo de operação das empresas, o aumento da profundidade e distância média de transporte nas minas, alto custo de energia/combustível e mão de obra cada vez mais cara, contribuem para o aumento 15 dos custos na operação da frota de caminhões.

Assim, os tempos fixos têm forte influência nos resultados de aumento de produtividade da frota de transporte, bem como a redução dos custos operacionais, o que torna necessária a medição e verificação dos impactos causados nas outras operações, principalmente aquelas que têm influência direta no carregamento e transporte.

5.2-Recomendações

Como recomendações para trabalhos futuros, recomendo que prestam mais atenção nos tempos fixos nas operações de carregamento como de transporte devido as suas alterações que acabam de influenciar na produtividade. Também recomendo nos leitores em fazer uma análise nas variáveis que impactam positivamente e negativamente na produtividade nas etapas de carregamento e transporte.

Recomenda-se também a comunidade estudantil no sector mineiro a consultarem este trabalho para enriquecer os conhecimentos e aumentar a produtividade quando se trata de frota de transporte na mina a céu aberto

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTONIOELLI, P. D. Medidas de Desempenho em Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. Anais do XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, Minas Gerais. 2003.
- ÇETIN, N. Open pit truck/shovel haulage system simulation. Tese de doutorado, School of Natural and Applied Science of Middle East Technical University. 2004.
- HUSTRULID, W. Blasting Principles for Open Pit Mining: General Design Concepts, v. 2, Rotterdam: A.A. Balkema, 1999.
- MOSCOVICI, F. Desenvolvimento interpessoal: treinamento em grupo. Rio de Janeiro, Brasil. 2000.
- Manual Caterpillar. A Reference Guide to Surface Mining Application - Field Guide. 2013.
- Modular Mining System®. Fundamental Guia de Usuários. Itabira, Minas Gerais, Brasil. 2014.
- Modular Mining System®. Diagnóstico Pós Modificações do Sistema Dispatch. Itabira, Minas Gerais, Brasil. 2015.
- Modular Mining System®. Manual de treinamento - Roteiro de Operação Assistida. Itabira, Minas Gerais, Brasil. 2015.
- ÖZDEMİR, K. The Relation between Excavator Bucket Loading Time and Particle Size Distribution of Shot Rock. In: ANNUAL CONFERENCE ON EXPLOSIVE & BLASTING TECHNIQUE, 33. New Orleans, United States. Proceedings of the Thirth-Three Annual Conference on Explosives and Blasting Technique. Nashville: ISEE, 2007.
- OLIVEIRA, L. F. R., Leal Junior, I. C. Programa de Adoção de Empresas Terceirizadas na Cadeia de Suprimentos Fundamentado no Conceito de Ecoeficiência – O Caso do Transporte Rodoviário de Carga da CSN. XI Encontro Nacional de Gestão Empresarial e Meio Ambiente, Fortaleza, Ceará. 2009. 124

ANEXO I

EQUIPAMENTOS DE DESMONTE E TRANSPORTES

Figura : Modelo de perfuratriz MD5050



Fonte: Caterpillar(2015)

Figura : Perfuratriz Rotativa.



Fonte: Adaptado de Directindustry (2020)

Figura: Caminhão fora-de-estrada, CAT 793F



Fonte: Caterpillar.

Figura: caminhão articulado (Volvo)



Fonte-Volvo CE

EQUIPAMENTOS AUXILIARES

Figura :Trator de esteira “*bulldozer*”.



Figura:Modelo de escavadeira.



Fonte:Catepillar(2015

Figura -*Shovel* cabo (Caterpillar 7395)



Fonte: Caterpillar