

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR**

**CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ELISON BATISTA LOPES**

**PROPOSTA DE ARRANJO FÍSICO PARA REDUÇÃO DE DISTÂNCIA MÉDIA DE  
TRANSPORTE (DMT): UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA PRODUTORA  
DE CALCÁRIO NA REGIÃO CENTRO-OESTE DE MINAS**

**FORMIGA – MG**

**2014**

ELISON BATISTA LOPES

PROPOSTA DE ARRANJO FÍSICO PARA REDUÇÃO DE DISTÂNCIA MÉDIA DE  
TRANSPORTE (DMT): UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA PRODUTORA DE  
CALCÁRIO NA REGIÃO CENTRO-OESTE DE MINAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Engenharia de Produção do UNIFOR,  
como requisito parcial para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. José Antônio Moreira de  
Rezende.

FORMIGA – MG

2014.

Elison Batista Lopes

PROPOSTA DE ARRANJO FÍSICO PARA REDUÇÃO DE DISTÂNCIA MÉDIA DE  
TRANSPORTE (DMT): UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA PRODUTORA DE  
CALCÁRIO NA REGIÃO CENTRO-OESTE DE MINAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Engenharia de Produção do UNIFOR,  
como requisito parcial para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia de Produção.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Me. José Antônio Moreira de Rezende  
Orientador

---

Prof. Carlyle Garcia Ribeiro  
Examinador

Formiga, 18 de novembro de 2014.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho as pessoas que indiretamente contribuíram para a realização desse sonho.

Dedico aos meus pais, Antônio e Olga, pelo apoio incondicional;

Dedico a minha esposa, Érica, pela compreensão e colaboração durante todo o período de faculdade;

Dedico ao meu filho, Eric, pois me dá forças todo dia para continuar em frente para conquistar nossos sonhos e garantir um futuro melhor para nosso bem mais precioso, a nossa família.

## **AGRADECIMENTOS**

São tantos os agradecimentos e gratidão que não fica difícil começar;

A Deus, pelo dom da sabedoria e inteligência e acima de tudo pela vida;

Ao meu amigo Fernando Viana, pelo apoio e que Deus te recompense pela grande bondade de seu coração;

Ao meu grupo de trabalhos, amigos, colegas, pessoas especiais que levarei sempre no coração;

Aos meus amigos do carro, pois compartilhamos momentos de muita descontração nos trajetos até a faculdade;

Ao Mestre e Amigo José Antônio pela paciência e colaboração na realização do TCC;

Aos professores em geral, pelos ensinamentos compartilhados;

A empresa que cedeu informações para a elaboração do TCC;

A todos meus sinceros agradecimentos e que Deus esteja sempre com vocês, trilhando um caminho de sucesso, paz e luz.

## RESUMO

A Distância Média de Transporte (DMT) é uma variável muito importante na mineração e em qualquer lugar onde tenha transporte de materiais ou pessoas. Com o alto preço dos combustíveis, a cada dia buscam-se alternativas para redução de custos de transporte para tornar as operações e produção cada dia mais econômicas e lucrativas. A construção de novas estradas, rampas, acessos secundários, são formas de melhorar o desempenho funcional e também de garantir uma operação mais dinâmica que possa atender todo o processo produtivo. Ao criar novas opções de rotas para o transporte, com menores distâncias, todo o processo produtivo da empresa ganha. Pois o fluxo de caminhões aumenta, mantendo a britagem operando com a capacidade nominal normalmente, consumindo a energia liberada por inteiro e não desperdiçando com as linhas de produção operando vazias. Criando novas rotas de transporte, também há um aproveitamento do minério onde estava localizada a estrada antiga, garantindo assim um aproveitamento de todo o minério liberado.

**Palavras-chave:** Distância Média de Transportes (DMT), Transporte, Equipamentos.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma geral de processo de lavra.....	15
Figura 2 – Carregadeira Caterpillar® 990 H.....	16
Figura 3 – Escavadeira Caterpillar® 385C L.....	16
Figura 4 – Motoniveladora Case® 845B.....	17
Figura 5 – Caminhão “fora-de-estrada” Caterpillar® 772.....	17
Figura 6 – Perfuratriz Atlas Copco® FlexiROC T45 A.....	18
Figura 7 – Tratores com lâmina.....	18
Figura 8 – Retroescavadeira CASE® 580M.....	19
Figura 9 – Arranjo físico posicional.....	21
Figura 10 – Arranjo físico por processo.....	22
Figura 11 – Arranjo físico celular.....	22
Figura 12 – Arranjo físico por produto ou em linha.....	23
Figura 13 – Layout e gráfico volume-variedade.....	23
Figura 14 – Procedimento de sondagem.....	26
Figura 15 – Procedimento de perfuração.....	27
Figura 16 – Desmonte.....	28
Figura 17 – Equipamentos de carga e transporte.....	28
Figura 18 – Fluxograma processo produtivo de fundentes.....	29
Figura 19 – <i>Layout</i> atual da mina.....	30
Figura 20 – Proposta de arranjo físico.....	34

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela1 – Dados coletados por turno de trabalho (período de 8 horas).....	32
Tabela 2 – Distâncias percorridas com o novo arranjo por turno de 8 horas. ....	35



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Problema .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Justificativa .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 Hipótese .....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>12</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Processos de mina .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1.1 Equipamentos móveis dentro da mina .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Arranjo físico .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2.1 Definição de arranjo físico ou <i>Layout</i> .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2.2Tipos de arranjo físico.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3 Distância Média de Transporte (DMT) .....</b>	<b>24</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
<b>4.1 Descrição da empresa.....</b>	<b>25</b>
<b>4.2 Descrição do processo produtivo.....</b>	<b>26</b>
<b>4.3 Apresentação do caso .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4 Procedimentos para a coleta de dados.....</b>	<b>31</b>
<b>4.5 Dados utilizados .....</b>	<b>31</b>
<b>4.6 Tratamento de dados.....</b>	<b>32</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Slacket *al.*(1996), “a administração da produção é, acima de tudo um assunto prático que trata de problemas reais”. A administração da produção trata da maneira pela qual as organizações produzem bens e serviços. Tudo que se veste, come, usa ou lê chega às pessoas graças aos gerentes de produção que organizam sua produção. A função da produção, desta forma, é central para a organização porque produz os bens e serviços que são a razão de sua existência, mas não é a única nem, necessariamente, a mais importante.

Todas as organizações possuem outras funções com suas responsabilidades específicas. Embora essas funções tenham sua parte a executar nas atividades da organização são, ou devem ser, ligadas com a função produção, por objetivos organizacionais comuns.

Segundo Peinado e Graeml (2007), o projeto de arranjo físico busca minimizar custos de movimentação, reduzir o congestionamento de materiais e pessoas, incrementar a segurança, o moral e a comunicação, aumentar a eficiência de máquinas e mão-de-obra e apoiar a flexibilidade.

A concepção ou planejamento do sistema de produção segue, então, influenciado essencialmente pelo fluxo do trabalho, o qual deve ser racional evitando-se que os deslocamentos, sejam de pessoas ou materiais, quando necessários ocorram por distâncias reduzidas, outro aspecto a ser considerado quando da elaboração do arranjo físico, trata-se do conforto e da segurança que deve ser proporcionada aos trabalhadores.

A partir de modificações no *layout* da mina, que é por produto, pode-se criar novas rotas para a operação de transporte, com a finalidade de diminuir as Distâncias Médias de Transporte (DMT), que nada mais são que a redução da redução das distâncias percorridas pelos equipamentos durante o turno de trabalho, a partir do estudo do ambiente de trabalho na mineração. Com a redução das DMT's pode-se melhorar o desempenho operacional e gerar economia de combustível e insumos.

### 1.1 Problema

No mundo competitivo, todas as melhorias que possam ajudar na redução de custos operacionais sempre serão bem vindas. Assim, as empresas tornam-se mais competitivas e

preocupadas com a sustentabilidade. Um dos maiores problemas encontrados na empresa a ser estudada se trata do alto consumo de combustível, devido ao grande volume de distâncias percorridas pelos veículos de transporte e equipamentos nos ciclos de trabalho e no deslocamento a outras frentes de trabalho. No caso dos veículos, favorece maior desgaste dos componentes do mesmo como, diferencial, feixe de molas, pneus, lubrificantes. Já pelo lado operacional, maior emissão de poluentes na atmosfera, maior período de paralisação dos equipamentos para abastecimento e com isso paralisação também no fluxo de produção.

## 1.2 Justificativa

O Brasil destaca-se pela grande quantidade de mineradoras, sendo de grande, médio e pequeno porte, em que todas desenvolvem um papel de muita importância no cenário nacional e internacional. Em função deste alto número de mineradoras, ocorre um grande consumo de combustível por parte das unidades transportadoras, que são utilizados para movimentar grandes quantidades de minério ou qualquer outro tipo de material, elevando os custos operacionais da empresa.

A técnica utilizada para minimizar esse custo é o de estabelecer diretrizes para estipular uma quantidade mínima de combustível consumida, através de modelagem e utilização de métodos quantitativos, deve ser conduzida para se alcançar números satisfatórios para adequação das quantidades consumidas de combustível em relação à quantidade de materiais a serem transportadas.

## 1.3 Hipótese

Baseando-se no problema apresentado, a hipótese a ser testada é se há a diminuição dos deslocamentos e transporte de materiais nas unidades de transporte a partir da redução das Distâncias Médias de Transporte (DMT). Mudanças no *layout* podem diminuir as distâncias percorridas pelas unidades transportadoras. E qual as alterações no arranjo físico (*layout*) devem ser realizadas para diminuir esse alto consumo combustível sem afetar nos resultados da produção?

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

A partir da coleta dos dados das distancias, atual e prevista, com utilização de técnicas de topografia, estação total e GPS, esse estudo tem como objetivo viabilizar o consumo de combustível em veículos e equipamentos destinados aos transportes de cargas durante as atividades produtivas dentro da realidade da empresa.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Propor modificações no layout da mina;
- Buscar uma economia no consumo de combustível;
- Diminuir o desgaste dos equipamentos durante o transporte.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Processos de mina

A mineração é uma das atividades mais antigas no mundo, sendo considerada como referência de desenvolvimento econômico (LEITE et al.,2003). O Homem desde sua aparição na Terra precisou se aproveitar dos recursos minerais para os mais diversos fins. A importância dos minerais é tão grande que a história humana é dividida de acordo com o tipo de mineral utilizado em determinadas épocas.

Inicialmente o homem utilizava os recursos que estavam à superfície, porém com o passar do tempo precisou buscar o que estava em camadas mais profundas. De acordo com Couto (1990), os principais métodos de exploração desenvolvidos foram à exploração a céu aberto, a exploração subterrânea e explorações subterrâneas orientadas para exploração a céu aberto.

A exploração de recursos minerais, ou mineração como é comumente chamada, está dividida em fases que envolve um conjunto de aspectos que visam à descoberta de minerais no solo, a avaliação dos minerais, a criação de condições para exploração e a extração propriamente dita.

Brum (2000) define as fases da mineração como sendo:

- Prospecção e exploração – objetivam a descoberta, caracterização e avaliação de uma ocorrência geológica. Compreende a realização de estudos e análises imprescindíveis às decisões sobre porte de projetos, fluxogramas, planos de extração de minérios, processamento mineral, remoção de estéril e reabilitação ambiental;
- Desenvolvimento – envolve os serviços necessários à preparação da jazida para a lavra, com preparação de vias de acesso, sondagens, ventilação (no caso de lavra subterrânea), transporte, obras civis (escritórios, oficinas, refeitórios, vilas residenciais, área de lazer, etc.), estações de tratamento de água e esgoto, rede de captação de águas, preparação de barragens, etc.

- Lavra – é o conjunto de operações para o desenvolvimento econômico de uma jazida. É também a fase dos bens minerais (minério) de seus locais de origem. Compreende operações de grande, média ou pequena escala realizadas na superfície e/ou no subsolo.

A fase de prospecção é a mais importante para analisar a viabilidade de exploração da jazida, já que nessa fase são realizados os cálculos das reservas minerais, segundo a empresa MGA (2014), o potencial da mina deve ser determinado com base na probabilidade de ocorrência de jazimento mineral, na existência de mercado consumidor, e na logística de transporte do bem mineral.

Aos processos de exploração mineral se deu o nome lavras, conforme Girodo (2005), lavra corresponde ao processo de retirada de minério do local onde se formou e se encontra a jazida. As operações de lavra, conforme Pinto e Dutra (2008), “consistem normalmente na perfuração, desmonte, escavação carregamento e transporte.

Quevedo (2009 *apud* Ferreira, 2013, p. 105) afirma que:

As operações em minas a céu aberto envolvem principalmente as operações básicas de escavação ou desmonte, carga, transporte e descarga. O processo de lavra se inicia com a preparação da área a ser lavrada, chamada frente de lavra. Após o material ser desmontado, os equipamentos de carga são deslocados até as frentes de lavra para que possam ser carregados e posteriormente transportarem o material minério ou estéril, carregando-os até um determinado ponto de descarga (beneficiamento ou aterro de estéril) (QUEVEDO, 2009).

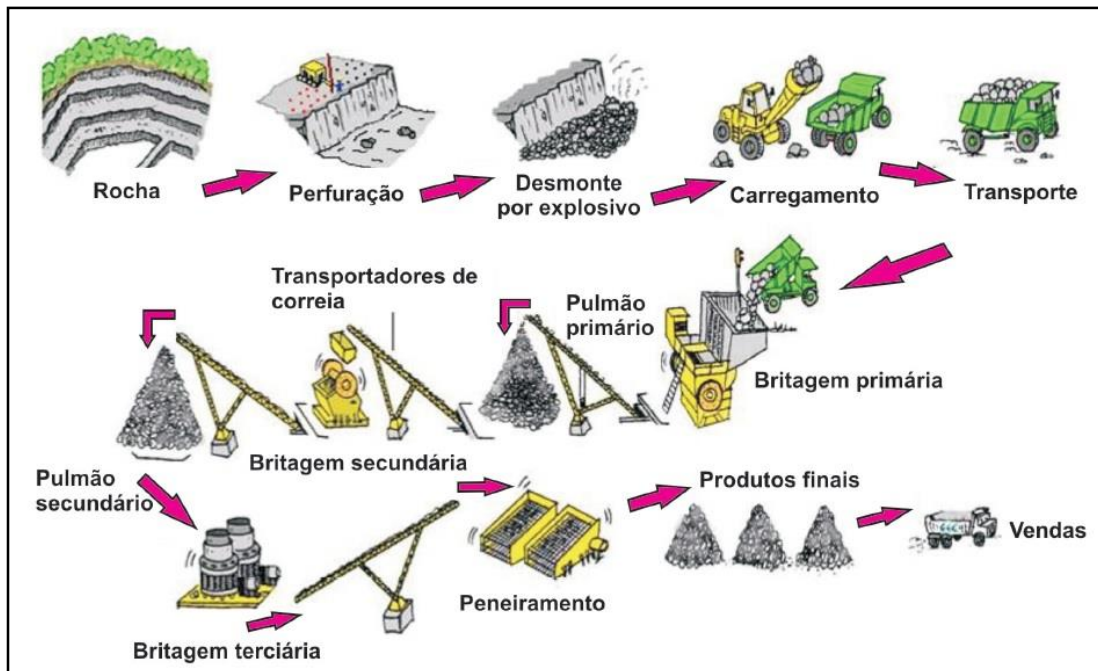
Ferreira (2009) define as escavações como sendo o processo empregado para romper a capacidade do solo ou rocha, por meio de ferramentas e processos convenientes, tornando possível a sua remoção. Os processos para escavação ou desmonte podem ser realizados de três formas: comum, por desagregação, por explosivos.

A próxima operação que é o carregamento, que é definida por Ricardo e Catalani (2010), como sendo o processo de enchimento da caçamba, ou no acúmulo diante da lâmina, do material que já sofreu desagregação, ou seja, que já foi escavado e o transporte na movimentação do material que é escavado para onde será colocado em definitivo.

A operação de transporte, de acordo com Ferreira (2009), consiste em transportar o material extraído da jazida até diferentes pontos de descarga. Assim, os veículos vão até uma frente de lavra onde são carregados e transportam o material até determinado ponto de descarga, repetem este ciclo constantemente.

A FIG. 1 a seguir demonstra de forma geral o funcionamento de uma mina a céu aberto, com base em seus processo operacionais.

Figura 1 – Fluxograma geral de processo de lavra.



Fonte: Iramina (2009).

### 3.1.1 Equipamentos móveis dentro da mina

No processo de extração existem equipamentos que são fixos em determinado local da planta, como britadores, peneiras entre outros, e há equipamentos que se movimentam dentro da mina para realização das atividades de detonação, de desmonte, de transporte materiais, tanto estéreis quanto para o processo. Basicamente esses equipamentos são veículos e máquinas de grande porte. Ricardo e Catalani (2010), definem como sendo os principais equipamentos de mina:

- Carregadeiras: São também denominadas pás-carregadeiras e podem ser montadas sobre esteiras ou sobre rodas com pneumáticos. Quanto ao carregamento das unidades de transporte, as carregadeiras é que se deslocam até o veículo, sendo que num ciclo de carga haverá dois movimentos à frente e dois à ré. A FIG. 2 mostra um modelo de carregadeira Caterpillar® 990 H.

Figura 2 – Carregadeira Caterpillar® 990 H.



Fonte: Caterpillar (2014).

- Escavadeiras: A escavadeira, também chamada de pá-mecânica, é um equipamento que trabalha estacionado, isto é, a sua estrutura se destina apenas a lhe permitir o deslocamento, sem contudo participar do ciclo de trabalho. Com o aparecimento do motor a Diesel elas se tornaram mais compactas, mais potentes e com maior mobilidade, passando a desempenhar um papel primordial nas grandes escavações. A FIG. 3 apresenta uma escavadeira Caterpillar® modelo 385C L;

Figura 3 – Escavadeira Caterpillar® 385C L.



Fonte: Caterpillar (2014).

- Unidades aplainadoras (motoniveladoras): Greco (2012, p. 22) descreve: “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.



Destinam-se especialmente ao acabamento final da terraplanagem”. A FIG. 4 mostra um modelo de motoniveladora Case® 845B.

Figura 4 – Motoniveladora Case® 845B.



Fonte: Case (2014).

- Unidades de transporte: São utilizadas na movimentação de material da mina até o britador primário. Oferecem rapidez e maior produtividade. As unidades de transporte mais utilizadas são os caminhões basculantes comuns e os caminhões “fora-de-estrada”. A FIG. 5 apresenta um caminhão “fora-de-estrada” Caterpillar® modelo 772.

Figura 5 – Caminhão “fora-de-estrada” Caterpillar® 772.



Fonte: Caterpillar (2014).

- Perfuratriz: Utilizada na confecção de furos, feitos a distâncias pré-determinadas, em diâmetros que variam de 22 mm a 100 mm geralmente, no Brasil. Na perfuratriz é introduzida a broca, isto é, uma haste metálica que possui na extremidade um material

muito duro, chamado pastilha, que escava a rocha, perfurando-a. A FIG. 8 apresenta uma perfuratriz Atlas Copco® modelo FlexiROC T45 A.

Figura 6 – Perfuratriz Atlas Copco® FlexiROC T45 A.



Fonte: Atlas Copco(2014).

- Tratores com lâmina: Os trabalhos de lâmina são apropriados aos tratores de esteira, graças às boas condições de aderência e flutuação. Entretanto, quando se deseja maior velocidade e mobilidade nas operações, utilizam-se tratores de lâmina sobre pneus.

Figura7 – Tratores com lâmina.



Fonte: Case (2014).

- Retroescavadeira: De acordo com XCMG (2014), “É um tipo de máquina eletrônica multifuncional que incorpora escavação e carregamento de diversos tipos de carga.” (FIG.8).

Figura 8 – Retroescavadeira CASE® 580M.



Fonte: Case (2014).

## 3.2 Arranjo físico

### 3.2.1 Definição de arranjo físico ou *Layout*

*Layout* é uma palavra da língua inglesa que faz parte da terminologia de diversas áreas profissionais: em editoração e diagramação significa a forma de organização de elementos textuais e gráficos nas páginas de um documento. Já, no projeto de circuitos eletrônicos, significa a disposição dos componentes na placa de circuito impresso; em manufatura este termo está relacionado com a disposição dos recursos de produção na instalação industrial. Esta palavra, a rigor, consta nos dicionários brasileiros com a grafia *leiaute*. A forma portuguesa *leiaute* é pouco conhecida e utilizada no meio empresarial. Na linguagem corporativa brasileira a expressão original *layout* é largamente utilizada (PEINADO; GRAEML, 2007).

Conforme Slack *et al.* (1996) definido de forma simples arranjo físico é a decisão de como alocar dentro do espaço produtivo todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção.

### 3.2.2 Tipos de arranjo físico

As implicações das decisões tomadas para arranjo físico devem ser bastante estudadas e compreendidas, considerando as dimensões físicas dos equipamentos e recursos a serem realocados ou mesmo alterações nos fluxos, que podem alterar as características do processo. Entre os impactos possíveis estão aumentos ou desornamento dos padrões de fluxo, estoques de material ou a falta do mesmo, aumento dos tempos de processamento, imprevisibilidade dos fluxos e aumento dos custos.

Há diferentes maneiras de se arranjar os recursos produtivos de transformação, por isso, segundo Slack *et al.* (1996) os objetivos estratégicos da produção devem ser bem compreendidos. Os recursos individuais de transformação são muito diferentes, por isso a variedade de arranjos parece ainda mais ampla do que realmente é (SLACK; CHAMBERS; JOHNSON, 2002). Corrêa e Corrêa (2008) afirmam que o tipo básico de arranjo físico é a forma geral do arranjo de recursos produtivos da operação.

A escolha do tipo de arranjo físico depende em grande parte da escolha do processo, e são classificadas em:

- Arranjo físico por processo ou funcional;
- Arranjo físico em linha ou por produto;
- Arranjo físico posicional ou por posição fixa;
- Arranjo físico celular.

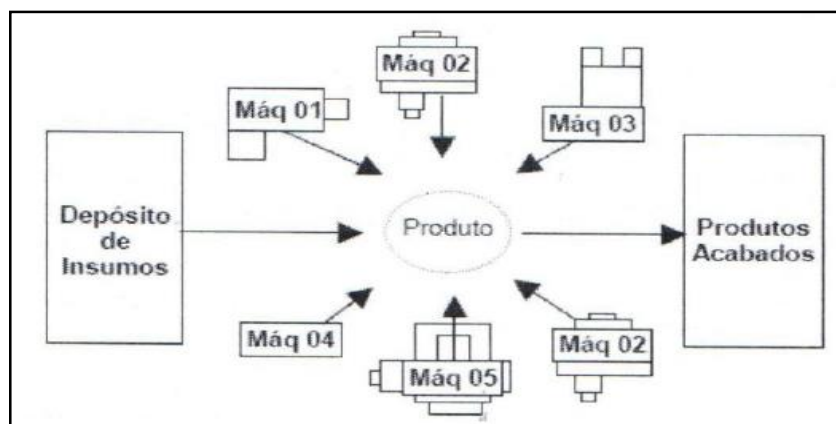
Para definição do processo preferencial para o planejamento do layout, é preciso identificar a melhor situação para casos de processos puros ou em trabalho de sistemas híbridos. Deve se definir um tipo preferencial, que apresente maior afinidade com o processo para montar como base e com o decorrer dos estudos, aplicando os demais processos para avaliar suas melhorias e divergências. Em um estudo de manufatura, a característica de volume-variedade ditará o processo mais adequado para o planejamento.

É válido que se conhece as características do processo, bem como, segundo Rocha (2011), para se realizar um estudo de arranjo físico e obter um melhor aproveitamento, é preciso conhecer as características de cada um dos tipos de arranjo físico. Segundo ele:

Segundo Corrêa e Corrêa (2008) há muitas maneiras de se arranjam recursos produtivos de transformação e possui quatro tipos básicos de arranjos físicos:

- **Arranjo Fixo**, Posicional, por Posição Fixa, ou *Project Shop*: é aquele em que o produto, ou seja, o material a ser transformado, permanece estacionário em uma determinada posição, e os recursos de transformação se deslocam ao seu redor, executando as operações necessárias. (FIG. 9).

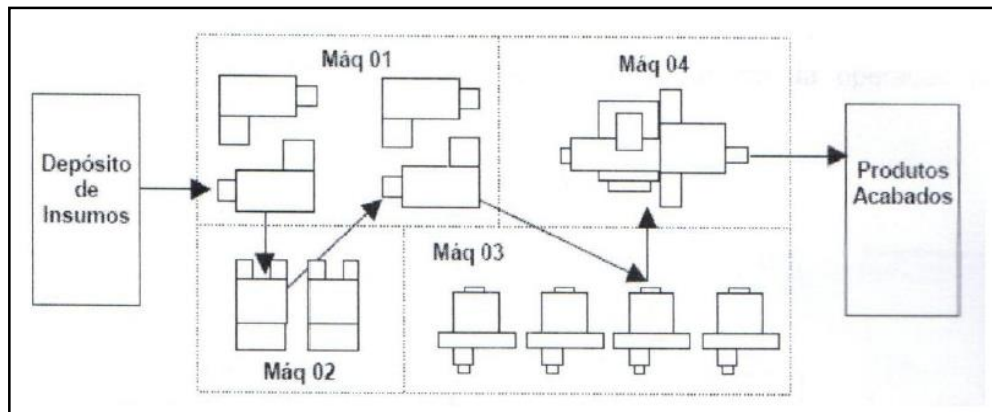
Figura 9 – Arranjo físico posicional.



Fonte: Oliveira, 2009, p. 4.

- **Arranjo Funcional**, ou por processo: é o arranjo onde todos os processos e equipamentos do mesmo tipo e função são colocados juntos, constituindo um arranjo típico de especialização por processo, onde as máquinas que realizam um mesmo tipo de operação ficam agrupadas (próximas). Este arranjo também pode agrupar em uma mesma área operações ou montagens semelhantes. É um tipo de arranjo flexível, que atende as mudanças de mercado e produtos diversificados em diversas quantidades, apresentando um fluxo longo dentro da fábrica. (FIG. 10).

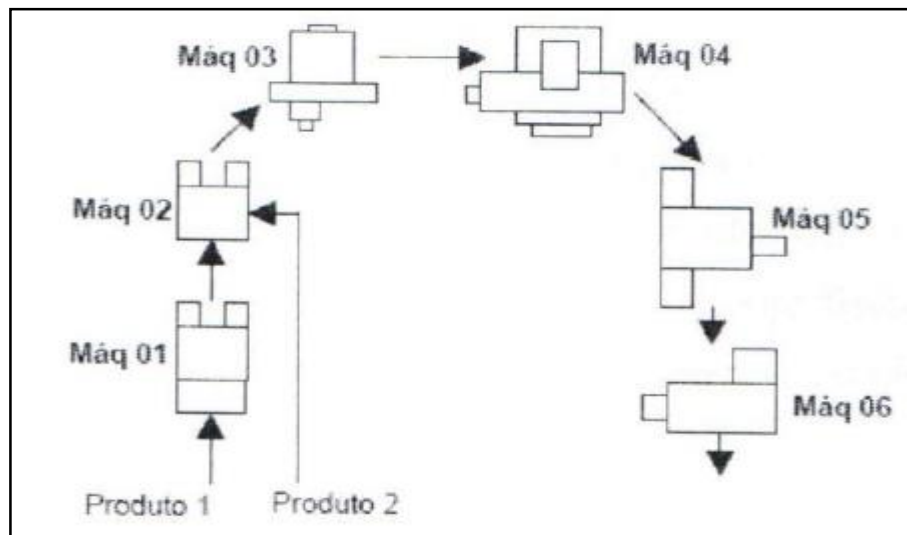
Figura 10 – Arranjo físico por processo.



Fonte: Oliveira, 2009, p. 4.

- **Arranjo Celular:** consiste em arranjar em um só local, conhecido como célula, máquinas diferentes que possam fabricar o produto inteiro. O material se desloca dentro da célula buscando os processos necessários, porém o deslocamento ocorre em linha. (FIG. 11).

Figura 11 – Arranjo físico celular.

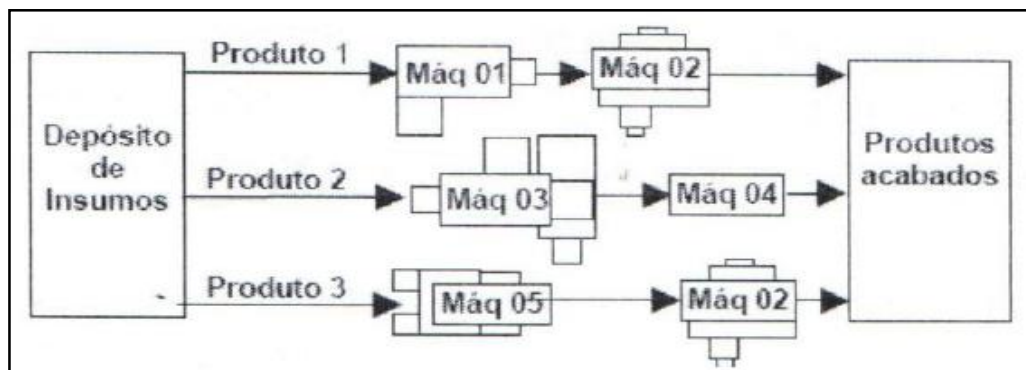


Fonte: Oliveira, 2009, p. 4.

- **Arranjo físico por produto ou em linha:** Esse tipo de arranjo é caracterizado pela posição relativa dos recursos que são a sequência de etapas do processo de agregação de valor. Esse tipo de arranjo é mais adequado a operações que processam grandes volumes de fluxo que percorrem uma sequência muito

similar: empresas que produzem um ou poucos produtos em altos volumes, ou que atendam a grandes volumes de clientes que passam por uma sequência comum de etapas no processo de atendimento como mostra a figura 10. Como por exemplo, linhas de montagem de veículos, aparelhos eletrônicos, como impressoras, televisores, indústrias de processo, como as indústrias químicas e petroquímicas. (FIG. 12).

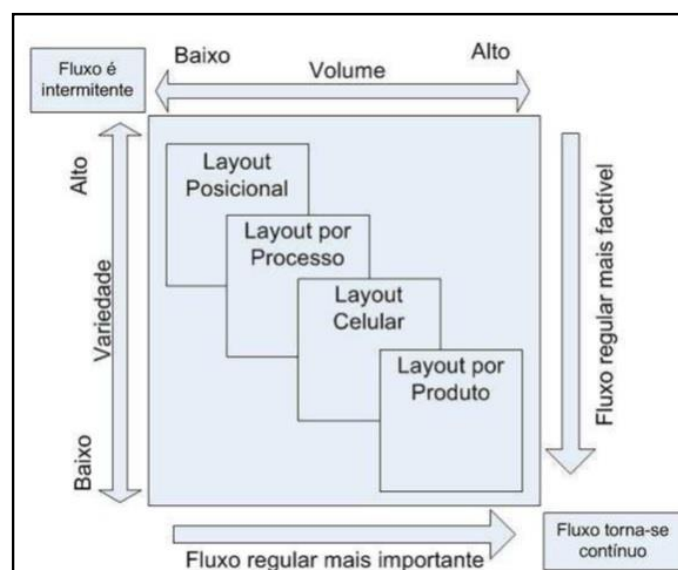
Figura 12 – Arranjo físico por produto ou em linha.



Fonte: Oliveira, 2009, p. 4.

A FIG. 13 apresenta a relação que existe entre o volume e a variedade do produto resultante do processo e o fluxo de produtos em processo. No caso do *Layout Posicional* o fluxo de produtos é baixo haja vista que o volume do produto, geralmente navios, aviões, construção civil entre outros, e o tempo demandado para a finalização de uma unidade é longo.

Figura 13 – Layout e gráfico volume-variedade.



Fonte: Slack *et al.* (2002).

### 3.3 Distância Média de Transporte (DMT)

Quando se fala em mineração, não se pode deixar de mencionar sobre as grandes quantidades de materiais que são transportados para as britagens e também para outros depósitos e para viabilizar essas atividades minerárias e torná-lo cada vez mais barato, deve-se levar em consideração as distâncias entre os pontos de carga até os pontos de descarga, que podem ser uma britagem ou um depósito de estéril, deve-se possuir Distâncias Médias de Transporte (DMT) razoáveis. O DMT faz parte do estudo do ambiente de trabalho na mineração, exclusividade no setor de transporte, com a finalidade de diminuir a distância entre dois pontos.

Ricardo e Catalani (2010, p. 164) afirmam que as distâncias de transporte são essenciais para selecionar os equipamentos utilizados na mina. Segundo os mesmos autores ainda deve-se considerar que os tempos operacionais de carga, descarga e transporte são relativamente pequenos. Por isso, os tempos no processo dependem diretamente das distâncias percorridas. Assim sendo, com maiores tempos operacionais maiores serão os tempos de ciclo e, com maiores tempos de ciclo menor será a produtividade.

De acordo com Valadares *et al.* (2012) a conceituação de produtividade depende da definição de ciclo. Para eles, ciclo é o conjunto de operações executadas em um período de tempo por um equipamento, retornando logo após, a sua condição inicial. “A produtividade (t/h) dos equipamentos de transporte (caminhões) é função, basicamente, dos chamados tempos fixos (minutos), distância média de transporte (km), velocidade média (km/h) e carga média executada (t).” (VALADARES; AMORIM; FRANÇA, 2012).

Como exemplo da redução de custos a partir da redução das distâncias médias de transporte, pode-se citar, o trabalho de Valadares *et al.*, que otimizaram o transporte dentro de uma mina de ferro. Lopes (2010), realizou um estudo para viabilização técnica e econômica da lavra de minério de ferro, entre as melhorias estudadas está a redução das distâncias médias de transporte.

O topógrafo é o responsável pelas atividades de levantamento da área para a construção de novos recursos, respeitando sempre as dimensões de largura, inclinação e comprimento, para que seja possível obter bons resultados e gerar as economias previstas.



## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Descrição da empresa

A empresa estuda é uma companhia aberta cujas ações são listadas nas Bolsas de São Paulo (Bovespa) e de Nova York (NYSE). É um dos complexos siderúrgicos integrados mais eficientes do mundo, atuando em cinco pilares de negócios: siderurgia, mineração, logística, cimento e energia.

Na siderurgia sua principal planta, opera dois altos-fornos com capacidade de produção de 5,6 milhões de toneladas de aço bruto por ano. É líder na produção de aço para segmentos importantes da economia brasileira, como construção civil, embalagens, linha branca e fabricantes de motores e compressores. Nos últimos anos vem ampliando sua participação no segmento automotivo e desenvolvendo soluções sob medida para atender clientes em sistema *just-in-time*.

Também mantém linhas de laminação e galvanização no Brasil e no exterior. Uma de suas unidades no país produz três tipos de aços revestidos de alto valor agregado: aço galvanizado com uma liga de zinco e alumínio, aço pré-pintado e aço galvanizado com revestimento de zinco puro, que atende principalmente as indústrias de eletrodomésticos e construção civil. Outra unidade no Brasil, é especializada em aços galvanizados revestidos e prioriza o setor automotivo. No exterior, a unidade, produz aços galvanizados e folha-de-flandres, e a outra unidade, atende o mercado local oferecendo aços laminados a frio e galvanizados.

No setor de mineração a empresa detém reservas de minério de ferro de alta qualidade. Entre seus ativos em mineração estão ainda a Mineração Bocaina, situada em Arcos, (MG), que produz dolomito e calcário, e a Estanho de Rondônia S.A. (ERSA), empresa com unidades de mineração e fundição de estanho.

Na área de logística, a empresa atenta à expansão da mineração, os investimentos em logística são concentrados na infraestrutura portuária e ferroviária. A empresa administra no Porto de Itaguaí, no Rio de Janeiro, dois terminais um de granéis sólidos e um de contêineres.

#### 4.2 Descrição do processo produtivo

O processo produtivo na lavra da empresa estudada constitui-se das seguintes etapas:

- Sondagem - A sondagem é realizada para obter informações dos teores químicos do minério a ser extraído e de suas quantidades aproximadamente. Só com esses resultados será possível constatar se é viável ou não a instalação de uma mineração. (FIG. 14).

Figura 14 – Procedimento de sondagem.



Fonte: Hidro Poços.

- Perfuração das rochas – A perfuração da rocha é realizada por equipamentos denominados perfuratrizes. As profundidades dos furos variam de 3m a 15 m de altura, dependendo do tipo de material que está sendo lavrado (calcário calcítico ou calcário dolomítico). Os distanciamentos entre os furos na malha de furação variam de acordo com o material. (FIG. 15).

Figura 15 – Procedimento de perfuração.



Fonte: Arquivos empresa estudada.

- Detonação e Desmonte – O minério é desmontado com a utilização de explosivos para facilitar a carga final, que é efetuado por carregadeiras. Os explosivos utilizados são do tipo gelatinoso (encartuchado) e ANFO. São utilizados acessórios do tipo espoletas, cordel e retardos. Estes materiais são armazenados em paiol de explosivos construídos de acordo com exigências do Ministério do Exército. Após todos os furos terem sido carregados com esses explosivos, os mesmos serão tamponados com brita ou pó de pedra e interligados um a um. Depois de todos os furos terem sido conectados com auxílio dos acessórios de explosivos, se dará a detonação. As detonações ocorrem conforme planejamento mensal de britagem. Em todas as detonações são elaborados Planos de Fogo pelo *blaster*, responsável da Mineração. Efetuado o desmonte primário com explosivos, nem todo o material fica dentro da faixa granulométrica permitido pela carregadeira ou dimensões de entrada do britador primário. (FIG. 16).

Figura 16 – Desmonte.



Fonte: CIMPOR.

- Carga e transporte – O carregamento do calcário calcítico e calcário dolomítico na mina é realizado por carregadeiras e transportado até a britagem primária por caminhões fora de estrada. (FIG. 17).

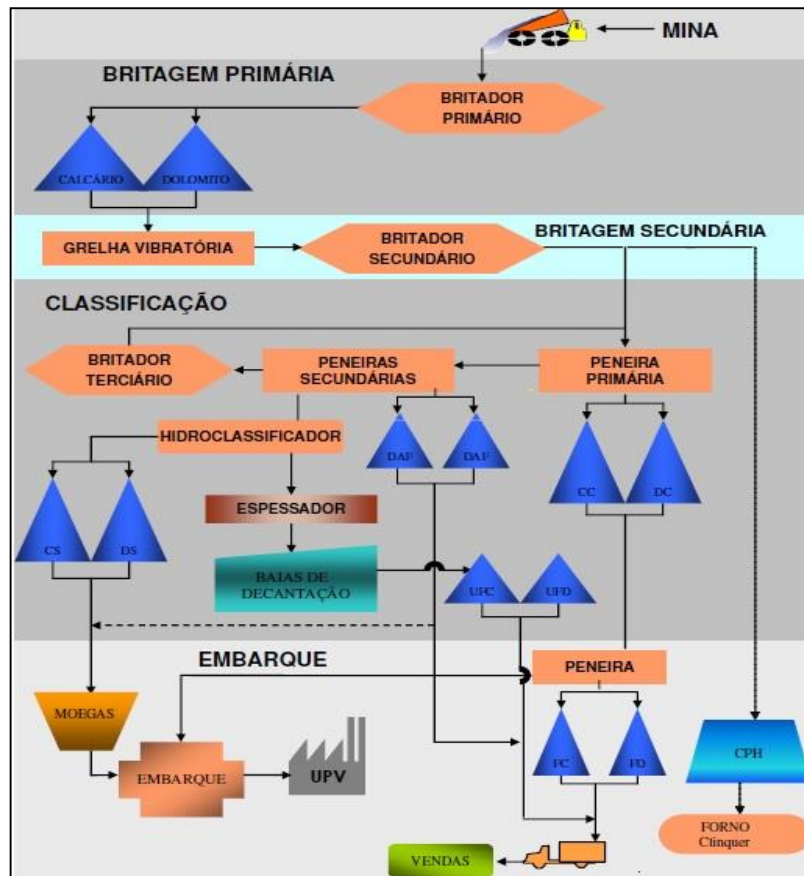
Figura 17 – Equipamentos de carga e transporte.



Fonte: Arquivos da empresa estudada.

Após as etapas dentro da mina começa o processo de moagem do material retirado da lavra. A primeira etapa é o britador primário que realiza a primeira fragmentação do material desmontado. A FIG. 18 ilustra o fluxograma de todo o processo.

Figura 18 – Fluxograma processo produtivo de fundentes.



Fonte: A empresa estudada (2014).

Em linhas gerais, a britagem primária é responsável pela primeira fragmentação do material proveniente do desmonte, esse processo realizará a fragmentação do minério a uma bitola de no máximo sete polegadas. Na classificação, separação do material de acordo com sua granulometria, e o material é transporta por correias até as pilhas no pátio de estocagem. A partir do pátio de estocagem o material é enviado para o embarque, no caso ferroviário, onde o minério será embarcado para entrega aos clientes.

### 4.3 Apresentação do caso

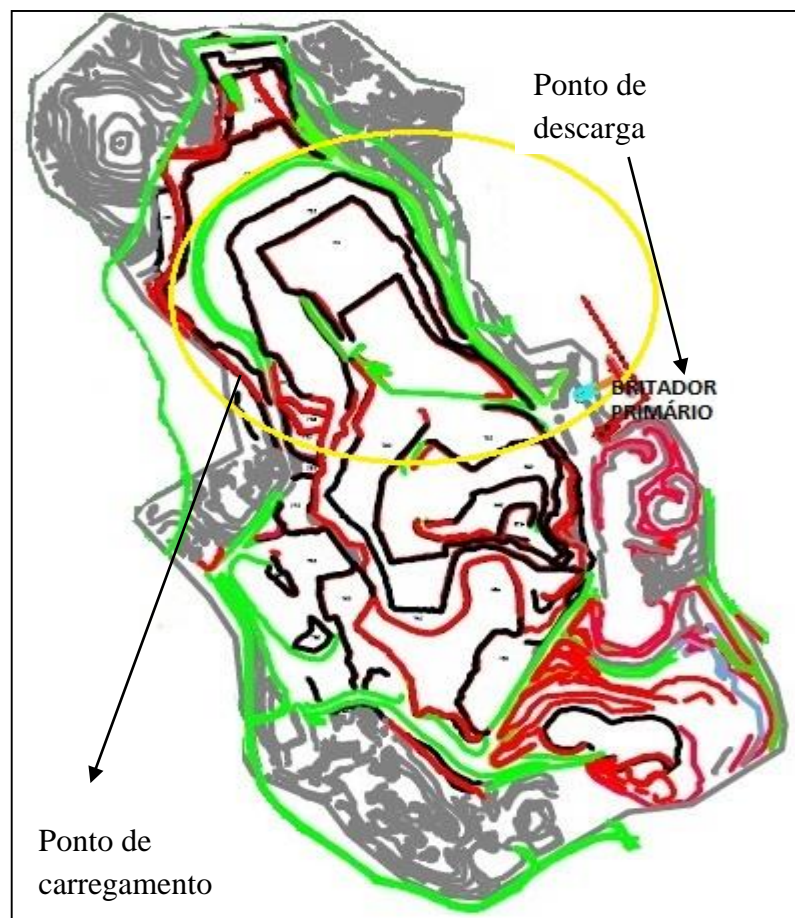
A partir de observações realizadas na mina, percebeu-se que se o fluxo dos equipamentos de trabalho na mina para as escavações, nivelamento de estradas e todas as demais operações, fosse modificado poderia haver a redução da distância percorrida por eles.

A modificação poderia ser realizada de forma que a parte da estrada principal, que fica alocada do lado leste da mina, que se dirige para a parte central da mesma.

Outro ponto a se considerar é o fato de que a realocação da estrada dentro da mina possibilitaria a liberação de material de boa qualidade para a fabricação de fundentes, haja vista o desmonte necessário em algumas partes das bancadas. Portanto, o material liberado no desmonte para a criação da nova rota, seria utilizado no processo.

A FIG. 19 ilustra o atual arranjo físico da mina, que é um arranjo físico por produto, pois o minério desmontado é transportado até a linha de produção, no caso o processo de britagem. Os traçados em vermelho representam as cristas dos bancos, sendo as cristas o final da bancada e bancos o volume de material a ser lavrado. Os traçados em verde são as estradas e os acessos existentes dentro da mina. O britador está representado em azul. As modificações propostas serão realizadas na área que está circulado de amarelo.

Figura 19 – *Layout* atual da mina.



Fonte: A empresa estudada.

Ainda na FIG. 19, as linhas vermelhas correspondem ao limite da lavra, as linhas verdes correspondem à estrada por onde vai passar a rocha desmontada, em direção ao britador primário e as linhas pretas são os locais em que se situa as cristas das bancadas.

Os dados referentes às distâncias de transporte levantados foram positivos para a construção da nova estrada. Se aprovado o projeto, a estrada construída transpassará as bancadas, 740, 725, 710 e 700 todos de norte a sul, liberando um grande volume de minério com qualidade também nos bancos 740, 725, 710 e 700 porém do lado leste. Para a construção da nova estrada serão necessários os equipamentos, perfuratriz, carregadeiras ou escavadeiras, caminhões, moto niveladoras, trator, além de contar com as equipes de detonação e topografia para dar orientação em relação a inclinação.

#### **4.4 Procedimentos para a coleta de dados**

A partir do conhecimento do tamanho da frota disponível e utilizada se obteve os dados para o estudo. Os números de ciclos de trabalho por turno foram obtidos a partir de histórico, alimentado por boletins diários de produção.

As distâncias percorridas pela frota foram obtidas através de medições realizadas por topografia, com a utilização de equipamento de topografia Estação Total e utilizando-se de GPS.

Os teores químicos das bancadas incluídas no estudo, aquelas que são exploradas atualmente e aquelas que deverão ser exploradas para a construção do novo acesso, foram obtidos a partir de dados de análises químicas realizadas periodicamente pela empresa estudada.

#### **4.5 Dados utilizados**

Os dados utilizados no estudo estão dispostos na TAB. 1.

Tabela 1 – Dados coletados por turno de trabalho (período de 8 horas).

Frota	Quant.	Ciclos por turno	Distância real	Metros percorridos	Total de metros percorridos
<b>Caminhão</b>	5	33	1354	44682	223410
<b>Carregadeira</b>	4	10	1354	13540	54160
<b>Motoniveladora</b>	1	4	1354	5416	5416
<b>Trator</b>	1	2	1354	2708	2708
<b>Perfuratriz</b>	4	2	1354	2708	10832
<b>Veículos</b>	5	6	1354	8124	40620
<b>Escavadeira</b>	1	2	1354	2708	2708
<b>Retro escavadeira</b>	1	3	1354	4062	4062
<b>Somatório dos metros percorridos</b>					<b>343916</b>

Fonte: Arquivos empresa estudada (2014).

A TAB. 1 relaciona o tipo de veículo presente na frota com sua quantidade disponível. Para cada tipo de veículo estão expressos a quantidade de ciclos por turno de trabalho de 8 horas diárias. Cada ciclo possui uma distância percorrida para cada veículo, conforme medições de topografia, presentes na coluna *Distância Real*. A multiplicação da quantidade de ciclos por veículo pela distância real de cada ciclo gera o total de metros percorridos por veículo em cada turno de trabalho. Portanto, a coluna *Total de metros percorridos* demonstra o total de metros percorridos para cada conjunto de veículos da frota, assim sendo, o total de metros percorridos pelos cinco caminhões em um turno é de 206.745 metros.

#### 4.6 Tratamento de dados

A partir da concepção da possibilidade de alteração da rota de transporte existente, realizou-se as medições para avaliar se haveria redução das distâncias percorridas. As medições obtidas foram lançadas em planilha do Microsoft® Excel e foram realizadas comparações quantitativas dos resultados percebidos para ambos os cenários, o atual e o da proposta de mudança. As medições das distâncias realizadas, foram feitas por métodos topográficos ao longo da estrada atual, logo após fez-se a simulação da nova estrada. O método para a análise dos dois cenários, atual e simulado, foi a realização de um comparativo entre as distâncias percorridas em cada ciclo por cada equipamento em cada um dos cenários.

Vale ressaltar que o método para o tratamento das distâncias coletadas pode ser descrito da seguinte forma: primeiro as medidas foram realizadas com equipamento de topografia Estação Total e Prisma, obtendo as cotas, metragens de todo o percurso da estrada. Com as



medidas coletadas projetou-se em *software* de desenho a estrada existente; com o desenho da estrada existente em mãos, realizou-se a simulação do novo cenário. Os dados coletados são armazenados na estação total, em seguida descarregados no computador. Com os dados armazenados e com o auxílio do programa *Topograph* ou AutoCAD, obtém-se o tamanho real da estrada do cenário atual e da mesma forma e com o mesmo processo simular o novo cenário. A interpretação dos resultados se dá pela comparação dos dois cenários e analisando se a diferença entre as distâncias é favorável para elaborar e executar o projeto e com as medidas dos dois cenários utilizou-se de planilhas do Microsoft® Excel para um comparativo entre ambos; com o comparativo dos dois cenários realizou-se as inferências plausíveis.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A proposta de mudança possui o arranjo físico conforme mostra a FIG. 20.

Figura 20 – Proposta de arranjo físico.



Fonte: A empresa estudada (2014).

A área que possuirá alterações está circulada. O novo caminho está na diagonal da esquerda para a direita, assinalado por uma seta. As rotas estão assinaladas em verde. A partir das modificações percebidas pela proposta as distâncias percorridas pela frota passariam a ser as apresentadas na TAB. 2.

Tabela 2 – Distâncias percorridas com o novo arranjo por turno de 8 horas.

Frota	Quant.	Ciclos por turno	Distância real	Metros percorridos	Total de metros percorridos
<b>Caminhão</b>	5	33	1253	41349	206745
<b>Carregadeira</b>	4	10	1253	13540	50120
<b>Motoniveladora</b>	1	4	1253	5012	5012
<b>Trator</b>	1	2	1253	2506	2506
<b>Perfuratriz</b>	4	2	1253	2506	10024
<b>Veículos</b>	5	6	1253	7518	37590
<b>Escavadeira</b>	1	2	1253	2506	2506
<b>Retro escavadeira</b>	1	3	1253	3759	3759
<b>Somatório dos metros percorridos</b>					<b>318262</b>

Fonte: Arquivos empresa estudada (2014).

Atualmente, a distância mais longa entre um dos pontos de carregamento na mina até o Britador Primário é de 1.354 m e com a mudança no *layout*, essa distância reduz 101 metros por ciclo chegando então a 1.253 m. Além dos resultados descritos acima, quando se reduz uma DMT, se ganha com a redução de desgaste de pneus, peças, indicadores de custos de manutenção. Há também um ganho efetivamente positivo no volume de minério a ser liberado para compor o processo produtivo. Com a alocação dessa rampa serão liberadas as bancadas: 705, 710, 725 e 740, tendo variação de altura de 5 a 15 metros e uma largura de 20 a 25 metros.

Após a conclusão da nova estrada, a redução da DMT promoverá uma redução de consumo de combustíveis, aumento no ritmo de produção, aumento da produtividade na britagem primária, disponibilização de minério com qualidade. Com a liberação de todo esse minério de teores ricos a produção terá um fluxo bem dinâmico e mais produtivo e o mais importante garantindo uma qualidade bem superior.

A modificação do arranjo físico proporciona ganhos consideráveis, se analisadas todas as situações favoráveis. O sucesso da modificação gera resultados econômicos favoráveis para a redução de custos, melhora o fluxo de produção e traz mais conforto aos operários. No estudo realizado, constatamos que a diferença de 101 m do percurso atual em relação ao previsto trará uma redução de 76.962 m por dia, equivalente a 3 turnos de 8 horas. Vale ressaltar que a redução da DMT vai favorecer todo o processo produtivo. Além do mais, o processo de construção da nova estrada não causará transtornos no transporte durante as operações de mina, pois se trata de uma estrada nova e em uma área de pouca atuação.

Esse projeto pode ser realizado num planejamento de longo prazo, para que os custos fiquem extremamente baixos, devido à utilização de equipamentos próprios. O retorno financeiro é certo, pois com a redução da Distância Média de Transporte será transportado a mesma quantidade porém com menores consumos de combustíveis. E quanto mais equipamentos

entrar no circuito menos consumo de combustível será consumido, e mais minérios transportados.

Outro ponto importante é que com a construção da nova estrada, será liberada uma área de lavra com minério de teor de ótima qualidade que poderá ser beneficiado com minérios de teores inferiores.

Baseado nas informações apresentadas justifica se a construção da nova estrada e da modificação do arranjo físico da mina.

## 6 CONCLUSÃO

O arranjo físico por produto, como é o caso da mineração citada, é uma experiência surpreendente. Todos os percursos são distantes e viabilizar é um projeto extremamente importante. Há muitos gastos agregados na produção, equipamentos, veículos, combustíveis, manutenção. Tornar esse processo cada vez mais dinâmico é uma necessidade. Em tempos que cada centavo é contabilizado e necessário reavaliar cada aspecto dentro de um determinado cenário. Tornando assim o Arranjo Físico uma ferramenta cada vez mais comum e importante nas organizações. A proposta apresentada é viável, pois o projeto será construído com recursos próprios, aproveitando situações em que os equipamentos estarão à disposição e sem atividades. A empresa citada no estudo será beneficiada com a alteração do layout da mina, pois com a diminuição da Distância Média de Transporte, tanto terá retorno com uso menor de combustível, com desgaste de unidades rodantes (esteiras), desgaste de pneus, desgaste de componentes, proporcionando um menor impacto ambiental e transportando a mesma quantidade tendendo a um aumento, devido a Distancia Media de Transporte entre os pontos estar menor. Apesar de ser um projeto a ser realizados em longo prazo, após a finalização os custos terão sido diluídos durante todo o período, pois os equipamentos serão utilizados quando estiverem à disposição, ou por uma intervenção mecânica ou elétrica na linha de produção a partir da britagem primaria. Pelo motivo do projeto ser realizado por equipamentos e operadores próprios e todos já serem treinados e conhecerem os procedimentos de segurança, não haverá grandes riscos de acidentes do trabalho se comparando se fosse contratar operadores e equipamentos terceirizados.

## REFERÊNCIAS

BRUM, I. A. S. de. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração**. Monografia (Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria) – Universidade de São Paulo, 2000.

CASE. Produtos. **Escolha um produto**. Disponível em: <  
[http://www.casece.com/pt\\_br/Pages/home.aspx](http://www.casece.com/pt_br/Pages/home.aspx) >. Acesso em: 30 out. 2014.

CATERPILLAR. Máquinas. **Novo equipamento**. Disponível em: <  
[http://www.cat.com/pt\\_BR.html](http://www.cat.com/pt_BR.html) >. Acesso em; 30 de out. 2014.

CORRÊA, H. L., CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços: uma abordagem estratégica**. 2.ed. 3. reimpr. São Paulo: Atlas, 2008.

COUTO, R. T. da S. **Lavras a céu aberto e equipamentos principais**. Universidade do Porto, Porto, Portugal, 1990.

FERREIRA, L. A. **Escavação e exploração de minas a céu aberto**. 134 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

GRECO, J. A. S. Terraplenagem (Notas de aula). Disponível em:  
<<http://etg.ufmg.br/~jisela/pagina/notas%20aula%20Terraplenagem.pdf>>. Acesso em 10 out. 2014.

GIRODO, A. C. **Estudo do meio físico: Texto explicativo**. 168 p. v. 2. Belo Horizonte: Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável: SEMAD, 2005.

IRAMINA, W. S. *et al.* Identificação e controle de riscos ocupacionais em pedreira da região metropolitana de São Paulo. **REM**. Ouro Preto, 62(4): 503-509, out. dez. 2009.

LEITE, A.L.S.; SILVA, C.M.G.; BARBOSA, R. **Análise ergonômica no processo da extração de calcário laminado: estudo de caso**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23, Ouro Preto, 2003, Anais .... Ouro Preto: SEP, 2003.

LOPES, G. F. **Transição da mina a céu aberto para subterrânea no morro da mina**. 2012. 97p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.

LOPES, J. R. **Viabilização técnica e econômica da lavra contínua de minério de ferro com o uso de sistema de britagem móvel “in pit” auto propelido**. Dissertação de Mestrado (Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

MGA. Áreas de atuação. **Cálculo de reservas**. Disponível em: <  
<http://www.mgamineracao.com.br/areas/mineracao/pesquisa/calculo/index.html> >. Acesso em: 30 out. 2014.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: Unincep, 2007.

PINTO, C. L. L.; DUTRA, J. I. G. **Introdução ao planejamento e operação de lavra (a céu aberto e subterrânea)**. 125 p. Departamento de Engenharia de Minas- UFMG: Belo Horizonte, 2008.

RICARO, H. de S.; CATALANI, G. **Manual prático de escavação: Terraplanagem e escavação de rocha**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 2010.

ROCHA, H. M. **Apostila da disciplina Arranjo Físico Industrial**. 84 p. Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UERJ, 2011.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SLACK, N.; *et al.* **Administração da produção**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

VALADARES, T. N.; AMORIM, A. C. de; FRANÇA, A. L. da. Aumento de produtividade da frota de transporte – Mina de Fábrica Nova (Vale Complexo Mariana). **Revista Minérios e Minerais**, Belo Horizonte, mai. 2012. Disponível em: <  
<http://www.mediafire.com/download/5ssc4msc8g9cl4o/14+%C2%BA+Pr%C3%AAmio+de+Excel%C3%AAncia.zip> >. Acesso em: 30 out. 2014.

XCMG. Máquinas para movimentação de terra » Retroescavadeira - XT 870. Disponível em: <  
<http://www.agitz.com.br/xcmg/produtos.php?idproduto=15>>. Acesso em 30 out. 2014.