



Universidade Federal de Ouro Preto

Escola de Minas

DEMIN – Departamento de Engenharia de Minas



MATHEUS FERREIRA MANDARINO

ANÁLISE DE MÉTODOS PARA PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO:  
UMA ABORDAGEM PARA O *LINE UP*

OURO PRETO

2018

MATHEUS FERREIRA MANDARINO

ANÁLISE DE MÉTODOS PARA PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO:  
UMA ABORDAGEM PARA O *LINE UP*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Minas.

Área de concentração: Planejamento de Lavra de Mina

Orientador: Prof. MSc. Flávia Gomes Pinto

OURO PRETO

2018

M271a      Mandarinino, Matheus Ferreira.  
Análise de métodos para planejamento de curto prazo [manuscrito]: uma abordagem para o line up / Matheus Ferreira Mandarinino. - 2018.

43f.: il.: color.

Orientador: Profa. MSc. Flávia Gomes Pinto.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Minas.

1. Minas e mineração - Planejamento. 2. Lavra de minas. I. Pinto, Flávia Gomes . II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 622.014

Catálogo: [ficha@sisbin.ufop.br](mailto:ficha@sisbin.ufop.br)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
Universidade Federal de Ouro Preto  
Escola de Minas - Departamento de Engenharia de Minas

## ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

Aos 23 dias do mês de janeiro de 2018, às 11h35min, no auditório do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas - DEMIN/EM, foi realizada a defesa da monografia de final de curso de Engenharia de Minas requisito da disciplina MIN-491 – Trabalho de Conclusão de Curso II, pelo aluno **Matheus Ferreira Mandarinino**, intitulado: "**ANÁLISE DE MÉTODOS PARA PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO: UMA ABORDAGEM PARA O LINE UP**", sendo a comissão avaliadora formada pela **Profª. M.Sc. Flávia Gomes Pinto** (orientadora), **Prof. Dr. Adilson Curi**, e **Engº de Minas Pedro Lopes Bretas**.

Após arguição sobre o trabalho, a comissão avaliadora deliberou por unanimidade pela aprovação do candidato, com a nota 7,0 concedendo-lhe o prazo de 15 dias para incorporar no texto final da monografia as alterações determinadas/sugeridas pela banca.

O aluno fará jus aos créditos e conceito de aprovação na disciplina MIN-491 – Trabalho de Conclusão de Curso II após a entrega dos exemplares definitivos (Cd e cópia impressa) da versão final da monografia defendida, conforme modelo do CEMIN-2009, no Colegiado do Curso de Engenharia de Minas – CEMIN.

Para fins de registro, foi lavrada a presente ata que, depois de lida e aprovada é assinada pelos membros da comissão avaliadora e pela discente.

Ouro Preto, 23 de janeiro de 2018.

Profª. M.Sc. Flávia Gomes Pinto

Presidente da Comissão Avaliadora e Professora Orientadora

Prof. Dr. Adilson Curi

Membro da Comissão Avaliadora

Engº de Minas Pedro Lopes Bretas  
Membro da Comissão Avaliadora

Matheus Ferreira Mandarinino

Prof. Ms.C. José Fernando Miranda

Professor responsável pela Disciplina Min 491 – Trabalho de Conclusão de Curso

*“Eu gosto do impossível, tenho medo do provável, dou risada do ridículo e choro porque tenho vontade, mas nem sempre tenho motivo. Tenho um sorriso confiante que às vezes não demonstra o tanto de insegurança por trás dele. Sou inconstante e talvez imprevisível. Não gosto de rotina. Eu amo de verdade aqueles para quem eu digo isso, e me irrita de forma inexplicável quando não botam fé nas minhas palavras. Nem sempre coloco em prática aquilo que eu julgo certo.”*

*(Bob Marley)*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por abrir as portas de um ensino de qualidade;

A minha mãe;

A memória do meu Pai;

A todos meus familiares;

A todos meus amigos;

A Republica Sem Norte, por todo companheirismo e irmandade;

A minha futura esposa Laís;

A VALE S.A. que me proporcionou experiência e dados para a realização desses estudos;

A todos os professores que me acompanharam e se dedicaram ao máximo para abrir as portas para as minhas conquistas;

## RESUMO

Em praticamente todas as empresas de mineração há a necessidade de se fazer um planejamento estratégico da lavra para atender às necessidades do mercado. A equipe de planejamento de uma mineradora é responsável por organizar os processos da operação da mina, determinando a melhor forma de realizar a lavra de forma mais econômica e segura. Esse trabalho é dividido três fases, que são os planos de longo, médio e curto prazo, sendo este último ligado diretamente à operação da mina. Para isso utilizam-se metodologias específicas, onde cada mineradora pode realizar a criação ou adaptar os procedimentos já existentes para os padrões da mina onde será utilizada. Na mina de Alegria a equipe de planejamento de curto prazo utiliza diretrizes diárias que geram as ordens de serviços que serão executadas na mina. Porém, a falta de padrão nos documentos gerados prejudica o funcionamento desta metodologia. A fim de se determinar uma possível solução para esses problemas, existe um novo sistema denominado de *Line Up*, que até o momento não é um método consolidado na bibliografia. O sistema *Line Up* utiliza uma metodologia organizacional específica, que pode se tornar uma excelente ferramenta de gestão, diminuindo a lacuna criada entre a gerência de planejamento e o setor de operação da mina. A partir disso, o presente trabalho apresenta como objetivo principal compreender o funcionamento do planejamento de curto prazo, demonstrando como se pode realizar a programação diária em uma mina.

Palavras-chave: Planejamento de Curto Prazo, *Line Up*, *Diretrizes*.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.2.2 Uso do modelo de blocos para representação do modelo geológico .....                                                                                   | 8  |
| Figura 2.4.1 Tela de trabalhos Maptek Vulcan 9.1.5 .....                                                                                                            | 12 |
| Figura 2.5.1 Tela de menu principal do PADS Line Up v 2.0 .....                                                                                                     | 13 |
| Figura 2.5.2 Fluxograma do planejamento de mina, .....                                                                                                              | 14 |
| Figura 2.5.3 Estrutura Line Up. ....                                                                                                                                | 15 |
| Figura 2.5.4 Tela de Login do sistema Line Up.....                                                                                                                  | 17 |
| Figura 2.5.5 Formulário da Operação do sistema Line Up .....                                                                                                        | 17 |
| Figura 2.5.6 Formulário da Infraestrutura do sistema Line Up .....                                                                                                  | 18 |
| Figura 2.5.7 Relatório gerado no sistema Line Up .....                                                                                                              | 18 |
| Figura 3.1.1 Modelo de Bloco da Mina de Alegria.....                                                                                                                | 21 |
| Figura 3.1.2 Cava ótima gerado a partir do software Datamine studio3                                                                                                | 22 |
| Figura 3.1.3 Topografia da mina de alegria com marcações dos avanços da lavra mensais .....                                                                         | 22 |
| Figura 3.1.4 Visualização de parte da mina de Alegria, onde o polígono definido em vermelho representa a área do desmonte determinado no plano de lavra mensal..... | 23 |
| Figura 3.1.5 Cronograma de serviços gerados pelo planejamento de curto prazo .....                                                                                  | 24 |
| Figura 3.1.6 Diretriz diária da Mina de Alegria .....                                                                                                               | 24 |

## SUMÁRIO

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....                                                       | 1  |
| 1.1. Objetivo Geral.....                                                 | 3  |
| 1.2. Justificativa .....                                                 | 3  |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....                                            | 5  |
| 2.1. Planejamento de Lavra de Longo Prazo .....                          | 5  |
| 2.2. Modelo de Blocos .....                                              | 7  |
| 2.3. Planejamento de Lavra de Curto Prazo .....                          | 8  |
| 2.3.1. Plano de Lavra Mensal .....                                       | 9  |
| 2.3.2. Plano de Lavra Semanal .....                                      | 10 |
| 2.4. <i>Softwares</i> na Mineração .....                                 | 10 |
| 2.5. Método de Planejamento de Curto Prazo .....                         | 12 |
| 2.5.1. Metodologia <i>Line Up</i> .....                                  | 12 |
| 2.6. Sequenciamento da Lavra .....                                       | 19 |
| 3. DESENVOLVIMENTO .....                                                 | 21 |
| 3.1. Planejamento da Mina de Alegria .....                               | 21 |
| 3.1.1. Planejamento diário com diretrizes .....                          | 25 |
| 3.2. Considerações Sobre o Método de diretrizes da Mina de Alegria ..... | 25 |
| 3.3. Aplicação da Metodologia <i>Line Up</i> .....                       | 26 |
| 3.4. Análise Comparativa.....                                            | 27 |
| 3.5. Problemas Encontrados por um Planejamento de Curto Prazo. ....      | 28 |
| 3.6. Possíveis Melhorias para o Planejamento a Curto Prazo.....          | 30 |
| 4. CONCLUSÕES.....                                                       | 32 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                         | 35 |

## 1. INTRODUÇÃO

Assim como em qualquer outro tipo de indústria, para que um empreendimento mineral tenha sucesso é necessário que ele seja economicamente rentável durante sua vida. Entretanto, as incertezas existentes, o alto investimento necessário e o aproveitamento econômico de um bem exaurível e não renovável são características únicas da indústria mineradora. Para superar esses desafios, mitigar os riscos e retornar um bom valor para seus investidores, deve-se haver um projeto ou planejamento de mina cuidadosamente desenvolvido e implementado (CAMPOS, 2017).

Em praticamente todas as empresas de mineração, principalmente as de médio e grande porte, há a necessidade de se fazer um planejamento estratégico da lavra do minério para atender às necessidades do mercado. Para executar essa tarefa, é necessário se conhecer com riqueza de detalhes a área a ser explorada (ARAÚJO, 2008).

O planejamento de lavra permite antecipar a ocorrência de problemas de forma a evitá-los no futuro, ou minimizar suas consequências. Por ser uma simulação antecipada do dia a dia da mina, é possível conhecer a priori a possibilidade de estacionarização das variáveis de qualidade, melhor aproveitamento dos equipamentos de desmonte, carga e transporte, cronograma de geração/disposição de estéril de mina e/ou rejeito do beneficiamento do minério, fornecendo subsídios para um melhor aproveitamento e buscando a minimização do impacto ambiental (CHIMUCO, 2010).

Segundo Curi (2014) o planejamento de lavra corresponde ao projeto de avanço da lavra envolvendo a previsão dos recursos e a determinação dos custos intrínsecos a esse avanço. No entanto, todo o trabalho de planejamento de lavra deve abranger um período de tempo, necessário para prever o cumprimento dos processos envolvidos em três fases, que são os planos de longo, médio e curto prazo.

O planejamento de lavra de longo prazo é responsável pelos estudos de cava final, planejamento de barragens de contenção de finos carreados pelas

águas pluviais e disposição controlada de estéril, desenvolvimento de novos produtos e projetos de acessos permanentes. Adicionalmente os trabalhos de geologia de pesquisa devem estar inseridos dentro do planejamento de longo prazo.

De acordo com IBRAM (1996), o planejamento de médio prazo tem a responsabilidade de garantir a continuidade do processo de lavra, através da escolha de um caminho, objetivando a estacionarização de determinados parâmetros sendo os técnicos e econômicos envolvidos no dia a dia das atividades de operação de lavra.

Já o planejamento de curto prazo tem o compromisso de elaborar os planos de lavra, de forma a facilitar o entendimento das operações da mina, realizando planos trimestrais, mensais e diários, programação das pilhas de ROM<sup>1</sup> objetivando atingir metas de qualidade requeridas pela usina de beneficiamento, programação da disposição de estéril no dia a dia, controle de qualidade de produtos, controle de pilhas de ROM e de produtos, suporte à programação de embarques, atualização topográfica das minas, estudos de acessos temporários, estudos estatísticos da qualidade da produção, amostragem de pré-lavra, quantificação de estoques no final de cada mês, atualização do banco de dados, dentre outras atividades (CHIMUCO, 2010).

Para a realização do planejamento de curto prazo existem alguns métodos utilizados com o intuito de organizar e facilitar a discriminação dos serviços para o avanço da lavra. Tais métodos correspondem à ferramentas específicas, onde cada mina pode realizar a criação ou adaptar os procedimentos já existentes para os padrões da mina onde será utilizada.

Pode-se citar a ferramenta *Line Up* como exemplo de metodologia, que, segundo SILVA (2014), foi criada para o planejamento de curto prazo da mina do Salobo, pertencente a empresa VALE S.A. De acordo com o mesmo autor, esta ferramenta vem ganhando um grande espaço nas grandes e novas minas da Companhia.

---

<sup>1</sup> ROM – É o minério bruto, obtido diretamente da mina, sem sofrer nem um tipo de beneficiamento (DNPM 2015).

A partir disso, esse trabalho pretende discutir os possíveis desafios do planejamento de curto prazo e como a utilização de alguns métodos, que podem organizar e facilitar o processo, enfatizando a ferramenta *Line Up* como uma possível forma de solucionar problemas recorrentes vistos na maioria das mineradoras brasileiras.

### **1.1. Objetivo Geral**

O objetivo principal deste trabalho de conclusão de curso consiste em demonstrar/apresentar o funcionamento de um planejamento de curto prazo, demonstrando como se pode realizar a programação diária em uma mina de forma organizada.

Além disso, pode-se citar os seguintes objetivos específicos:

- Demonstrar as possíveis possibilidades de melhorias evitando erros, cometidos no dia-a-dia de uma mineração;
- Apresentar o planejamento da mina de Alegria como modelo de planejamento tradicional, utilizado na maioria das mineradoras brasileiras;
- Detalhar os desafios da utilização da ferramenta *Line Up*;
- Expor as vantagens e desvantagens de empregar o sistema *Line Up*;
- Comparar a utilização do método de planejamento tradicional e a ferramenta *Line Up*.
- Avaliar teoricamente a oportunidade de aplicação do método *Line Up* na mina de Alegria.

### **1.2. Justificativa**

Nos últimos anos pôde-se perceber uma certa decadência no cenário do setor de Mineração do Brasil, principalmente porque houve a retração da compra de minério de ferro por parte da China em 2014, o que gerou a redução do preço do produto (FRANCK *et al*; 2015).

Em função disso, as grandes empresas tendem a analisar os processos de extração de minério, a fim de minimizar os custos e aumentar a lucratividade do negócio. Por isso, é necessária a utilização um método de planejamento que minimize os gastos durante a extração de seus produtos, e dessa forma leve ao menor impacto econômico possível.

Dentro das grandes falhas ocorridas no processo de mineração, uma das maiores dificuldades vistas na maioria das empresas deste ramo, é preencher as lacunas criadas entre o que foi planejado e o que realmente é executado. Os desvios de execução que ocorrem durante os planos de curto prazo, que não foram idealizados nos projetos de longo prazo.

Essas divergências ocorrem muitas vezes por desordem no tratamento dos dados. A falta de um registro de atividades no plano diário e a ocorrência de falhas de comunicação entre as gerencias de operação, infraestrutura e planejamento podem acarretar no não cumprimento do plano de lavra.

Verifica-se, de acordo com Junior (2009), que em algumas empresas, as falhas ocorridas não são apenas por erros operacionais, mas também por falta de tecnologia. Essas falhas podem atrasar determinada informação, ou até mesmo omiti-la, devido a inexistência de um registro histórico da operação da mina. A organização de um banco de dados, contendo planos antigos, erros cometidos, tentativas de melhorias e outros dados da mina podem facilitar e agilizar um plano de ação para execução dos serviços.

A fim de se determinar uma possível solução para esses problemas foram criadas ferramentas, com o objetivo principal agilizar e facilitar o desenvolvimento do planejamento, promovendo maior precisão aos trabalhos pretendidos. Uma das ferramentas criadas com esse objetivo é o *Line Up*, que utiliza um método específico, podendo se tornar uma excelente ferramenta de gestão. De acordo com SILVA (2014), o uso do *Line Up* pode diminuir a lacuna criada entre a gerencia de planejamento e o setor de operação da mina.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo serão apresentados conceitos gerais relacionados a planejamento de lavra em minas a céu aberto, bem como a apresentação de ferramentas que auxiliam em sua execução.

### **2.1. Planejamento de Lavra de Longo Prazo**

O Brasil é um país com grande extensão territorial, diversidade de terrenos e formações geológicas que proporcionaram a presença de inúmeros minérios na litosfera. Ao analisar a literatura sobre os tipos de depósitos encontrados observa-se o quanto são expressivos, e abrangem mais de 70 substâncias minerais.

As empresas mineradoras que lavram e processam os diferentes tipos de minério devem lidar com a flutuação dos preços do mercado, que ocorrem frequentemente (NEWMAN *et al.*, 2010). Sendo assim, deve-se adotar uma das formas de maximizar os lucros e controlar a produção para que esta torne-se eficiente e capaz de gerir as ações a serem tomadas.

Uma forma de aumentar a competitividade das empresas é implantar um sistema eficiente de planejamento e controle da produção, assegurando assim, a execução do que foi planejado no tempo, na quantidade e qualidade adequadas e com os recursos corretos (CACCETA e HILL, 2003)

Segundo LEE (1984) *apud* HUSTRULID e KUCHTA (2006), o planejamento é a fase de um projeto responsável por avaliar economicamente a atratividade de um depósito mineral. A conclusão dessa fase é marcada pela realização de um relatório de viabilidade, no qual se decide pelo desenvolvimento e lavra do corpo mineral ou não. Caso se decida pela continuação do projeto, prossegue-se com as fases de desenvolvimento/implementação, lavra/produção e, finalmente, fechamento da mina.

Ao longo da elaboração do plano de lavra do planejamento de longo prazo de uma mina são realizados estudos de viabilidade, de investimentos, ampliações e reduções de produção para a mineração. Os profissionais responsáveis por esta área devem determinar o ritmo de produção anual e a cava ótima para a mina. Segundo Periotto (1992) cava ótima corresponde a seleção de blocos a serem extraídos, de forma a se obter a lucratividade total máxima, resultante de configurações que certifiquem os aspectos de segurança e de operacionalização do processo.

Senhorinho (2008) menciona que o planejamento de longo prazo deve fornecer estratégias de forma a maximizar o retorno financeiro para os investidores, determinar a vida útil da mina, assim como minimizar os riscos financeiros de investimentos, elaborando melhores formas de lavra e operação da mina. Esses processos requerem horas de simulações, tentando quantificar todas as variáveis envolvidas no processo. Para esse estudo são utilizadas algumas técnicas da pesquisa operacional aplicada ao sequenciamento de lavra de longo prazo (CAMPPONI 2012).

Segundo Curi (2014), planejamento de longo prazo tem a função de emitir informações precisas do plano de lavra, bem como a locação do minério e estéril ao planejamento de curto prazo, além de dimensionar a frota ideal de equipamentos a serem utilizadas anualmente até a exaustão da cava. O plano de lavra, elaborado a longo prazo até a exaustão da mina, é dividido em planos com período de cinco anos, sendo então subdividido em um plano plurianual.

Como o planejamento de lavra de longo prazo é uma das primeiras etapas do plano de extração de minério de uma cava, é de suma importância que seus resultados gerados como a cava ótima, relação estéril minério global, dimensionamento e orçamento das frotas sejam ideais, para que o início do processo de extração de minério ocorra de forma correta sem geração de custos extras (CURI, 2014).

## 2.2. Modelo de Blocos

Perroni (2002) afirma que um dos problemas enfrentados por geólogos e engenheiros de minas é a questão da definição dos limites do corpo mineral, assim como avaliar a quantidade e a qualidade dos parâmetros de interesse. De acordo com Kim (1978), um dos métodos utilizados para a representação dos limites de um corpo mineral é o do modelo de blocos, que consiste em dividir o corpo mineral em um conjunto de pequenos blocos.

Segundo Amaral (2008), o modelo de blocos é um modelo tridimensional que representa uma mina, contendo milhares de blocos. HUSTRULID e Kuchta (1994), afirmam que é importante a aplicação de técnicas computacionais à mineração, auxiliando em qualificar e quantificar o material contido na reserva.

Segundo Neme *et al*; (2011) o modelo de blocos é um banco de dados espacialmente referenciado para se estimar volume, massa e para a definição da característica média das dimensões de um corpo mineralizado. As informações contidas no modelo gerado são estimadas a partir de dados de sondagens.

A estimativa dos teores por profundidade, e a consequente obtenção da massa, possibilitaram um maior conhecimento das reservas e da distribuição espacial do minério. Também permitem refinar os estudos preliminares de métodos de lavra e sua divisão em níveis, bem como elaborar uma análise econômica das diversas alternativas de lavra, conduzindo a estudos de viabilidade.

Figura 2.2.1 Para cada bloco, estimativas de teor de minério, densidade e outros dados relevantes são atribuídos de acordo com técnicas de estimação de reservas. A partir disso, calculam-se valores econômicos. Esses blocos e suas informações são então utilizados no planejamento de lavra para a definição do pit final, sequenciamento, teor de corte, etc, (HUSTRULID e KUCHTA,1995).

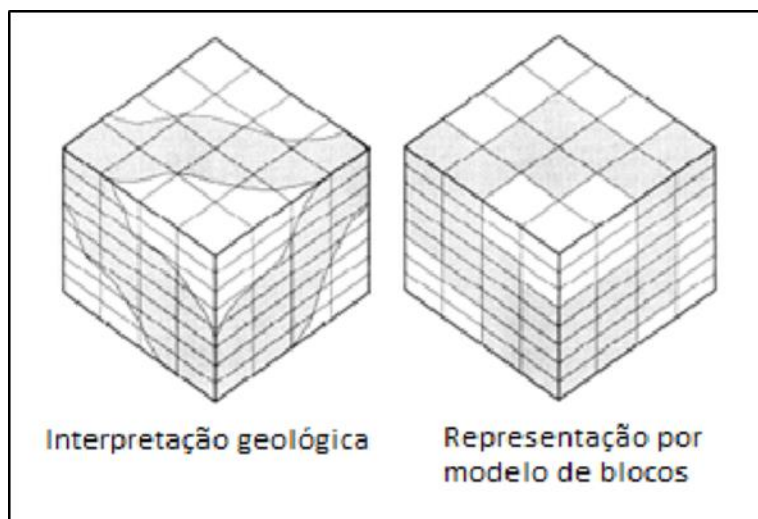


Figura 2.2.1 Uso do modelo de blocos para representação do modelo geológico (adaptado de HARTMAN, 1992)

De acordo com Curi (2014), o modelo de blocos permite o armazenamento de uma grande variedade de informações, como litologia, teores de minerais e densidade. Essas informações são compiladas dentro de blocos individuais onde são armazenadas as informações referidas acima. A partir desses dados armazenados, pode-se criar um projeto mineiro e acompanhar o sequenciamento de uma mina em busca de sua cava ótima.

### **2.3. Planejamento de Lavra de Curto Prazo**

O planejamento de curto prazo se refere aos aspectos operacionais da lavra da mina, como a determinação do ritmo de lavra nas diversas frentes em atividade e a alocação de equipamentos de carga e transporte (PINTO e MERSCHMANN, 2001)

Segundo Costa (2005), o planejamento de curto prazo do minério bruto oriundo de diferentes frentes de lavra de minério, devem proporcionar a quantidade desejada de massa, não excedendo a capacidade física do sistema e não impactando na redução da utilização de equipamentos e recursos, de forma a cumprir os compromissos contratuais da mineradora.

Pode-se perceber que o plano de lavra de curto prazo é resultado do detalhamento dos planos de lavra de longo prazo; a diferença entre eles é que o curto prazo precisa de um nível de maior discriminação de atividades, de forma a reduzir as imprecisões a ele associadas. Além disso o planejamento de curto prazo pode ocorrer de diversas formas: neste trabalho serão discutidos o plano de lavra mensal, semanal e diário.

### 2.3.1. Plano de Lavra Mensal

Geralmente, após o recebimento do plano de lavra anual de uma mina, a equipe de planejamento de curto prazo deve elaborar o plano de lavra mensal, objetivando sequenciar as operações de lavra, buscando a maior precisão para o cumprimento do plano anual. O plano mensal tem ainda a função de delimitar os avanços no minério e no estéril garantindo uma relação adequada de estéril/minério com a finalidade de atingir as metas da operação.

Segundo Lopes (2012), a relação estéril/minério é um dos principais parâmetros econômicos na mineração. Essa relação é basicamente a razão entre a quantidade de estéril que deve ser extraída pela quantidade de minério lavrada.

A relação estéril/minério pode ser classificada como: global, instantânea ou operacional (BAKHTAVAR e SHAHRIAR, 2007). Essas relações classificadas permitem acompanhar os índices operacionais, como aderências, cumprimento ao plano de lavra, e disponibilidade de equipamentos para determinar se o sequenciamento da lavra acompanha o plano de ação (CURI, 2014)

O detalhamento do plano de lavra mensal deve ser executado de forma a indicar todas as frentes de lavras no mês, quais equipamentos que serão utilizados nas frentes, qual a litologia de cada material e o tempo em que os equipamentos trabalharão para completar todo o plano, estipulando datas e polígonos de detonações.

### 2.3.2. Plano de Lavra Semanal

O plano de lavra semanal é responsável por sequenciar os avanços do plano mensal em períodos semanais, objetivando sempre a aderência a alimentação da usina. Este planejamento emite um plano rico em detalhes e em determinações, pois suas saídas delimitam os direcionamentos dos equipamentos de produção e de infraestrutura da mina. No plano de lavra semanal são apresentados todos os polígonos correspondentes aos avanços da mina para a lavra de uma semana (SILVA, 2014).

O planejamento semanal não é utilizado em todas as minas: algumas, como a mina de Alegria, preferem dividir o plano de lavra mensal em dias. O planejamento semanal é um artifício usado no planejamento de curto prazo para diluir ainda mais o plano mensal, e com o resultado de cada semana de operação é possível descobrir se as escolhas realizadas estão coerentes e seguindo o plano mensal.

O plano semanal se inicia no primeiro dia da semana, onde é realizada uma reunião com os responsáveis da área de planejamento de curto prazo, operação, infraestrutura e geologia. Nesta reunião é apresentado onde será realizada a lavra para que todos os índices planejados sejam alcançados. Ao final da semana em questão é realizada uma reunião apresentando todos os resultados, como índices operacionais, aderência e cumprimento ao plano de lavra. A partir destes resultados o planejamento de curto prazo, realiza adaptações para o próximo mês, corrigindo os erros do mês anterior caso ocorram e sequenciando a lavra do mês seguinte (SILVA, 2014)

## 2.4. Softwares na Mineração

Os *softwares* são utilizados todos os dias em um projeto mineiro, pois auxiliam o desenvolvimento da mina, desde o Planejamento até a execução dos trabalhos operacionais. De acordo com Amaral (2008) existem muitas ferramentas que auxiliam as atividades do planejamento de lavra, como:

- A visualização tridimensional da mina;

- A construção do modelo de blocos;
- O gerenciamento de banco de dados geológicos e históricos de produção;
- A estimativa da reserva;
- O projeto de cava ótima;
- O sequenciamento de lavra.

A facilidade em sequenciar a lavra com agilidade e com uma menor probabilidade de erro dos serviços executados, são algumas das vantagens da utilização de *softwares*. É devido à demanda de recursos para solucionar problemas de uma forma mais rápida que há um crescimento do mercado de novos *softwares* para solucionar inúmeras situações inconveniente na mineração.

A crescente dificuldade de se conseguirem minérios com altos teores, aliada à queda dos preços de diversas comódites, tem feito com que empresas especializadas desenvolvam aplicativos capazes de otimizar o planejamento da mina em um curto espaço de tempo, algo impossível de ser feito manualmente. *Softwares* de mineração atuais permitem uma visão em 3D da jazida e de toda a estrutura de mina (Figura 2.4.1) necessária para a lavra do minério (NEME *et al*, 2011).

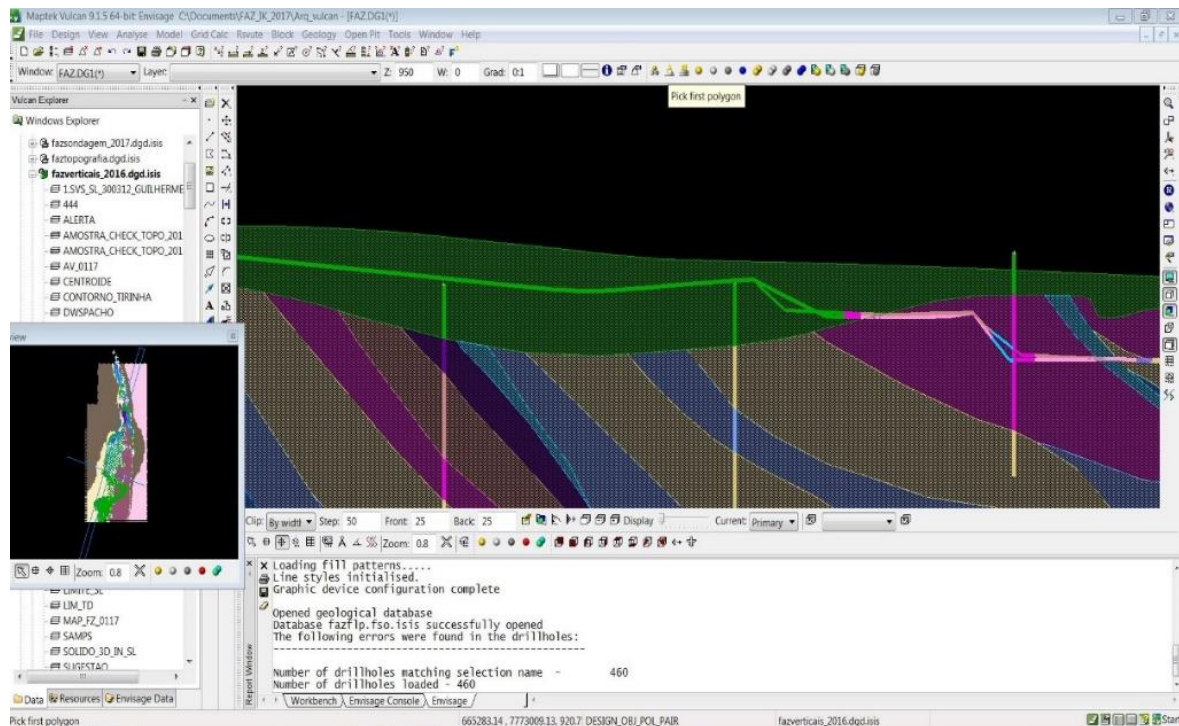


Figura 2.4.1 Tela de trabalhos Maptek Vulcan 9.1.5

## 2.5. Método de Planejamento de Curto Prazo

Dentro do planejamento de curto prazo existem alguns métodos utilizados para realização do sequenciamento da lavra, com o objetivo principal de atender toda a demanda do britador, atingindo a maior aderência ao plano mensal e anual da mina. De acordo com Hustrulid e Kuchta (1994), manter uma aderência alta resulta em uma cava que esteja sempre com minério liberado, com todos os índices operacionais elevados e dentro das metas criadas pela empresa, sem correr riscos operacionais e de estrangulamento da cava.

### 2.5.1. Metodologia *Line Up*

De acordo com SILVA (2014) a metodologia de trabalho do *Line Up* não é um método consolidado na bibliografia, porém obteve desempenho satisfatório em algumas minas da Vale, como por exemplo nas minas de Salobo, Sossego, Carajás e S11D. Este método possui a característica de agregar todas as

principais áreas operacionais de uma mina, planejamento, operação e infraestrutura.

Basicamente, o *Line Up* consiste na elaboração uma programação diária de direcionamento dos serviços necessários, com a conscientização de todos responsáveis pelas áreas operacionais, sendo que essa programação tem prazo de 24 horas.

Segundo SILVA (2014), o *Line Up* foi iniciado na mina de Salobo com apenas um programador que realizava a vistoria na mina, e após a volta ao escritório era preenchida uma planilha (Figura 2.5.1) com todos os novos serviços e suas observações. Esse documento era emitido de forma padronizada e após o seu preenchimento era distribuído para os responsáveis da operação. Essa prática é realizada todos os dias, onde o programador é responsável por acompanhar e disponibilizar os avanços dos serviços.

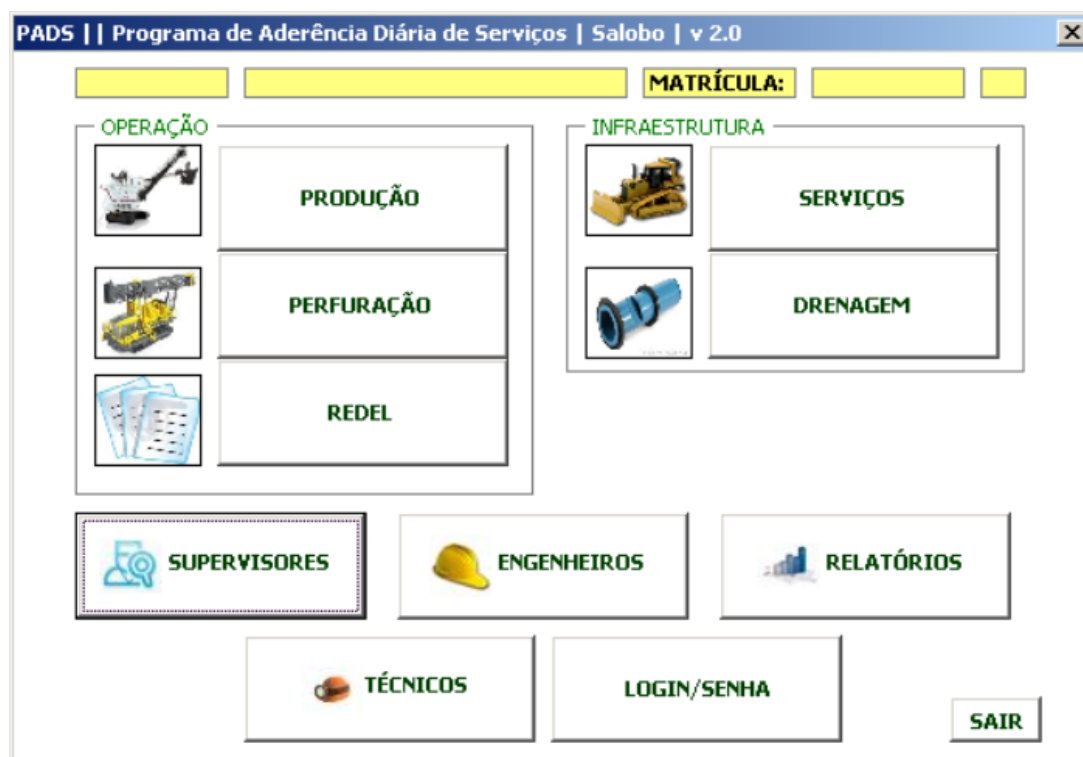


Figura 2.5.1 Tela de menu principal do PADS Line Up v 2.0

Para o funcionamento da ferramenta *Line Up* é necessário a organização do planejamento como no fluxograma apresentado na Figura 2.5.2. Essa divisão

do planejamento facilita o acompanhamento dos parâmetros de aderência da mina, pois permite uma maior divisão do plano de lavra de longo prazo, possibilitando a identificação de dificuldades para a realização da lavra.

Segundo Silva (2014) para criação do plano diário de serviços na metodologia *Line Up*, é necessário que responsáveis das áreas de operações da mina trabalhem juntos, e após reunião simples, é emitido um boletim com os serviços a serem realizados. Pode-se notar na Figura 2.5.3 a estrutura de programadores do *Line Up* e os turnos de operação presentes na mina.

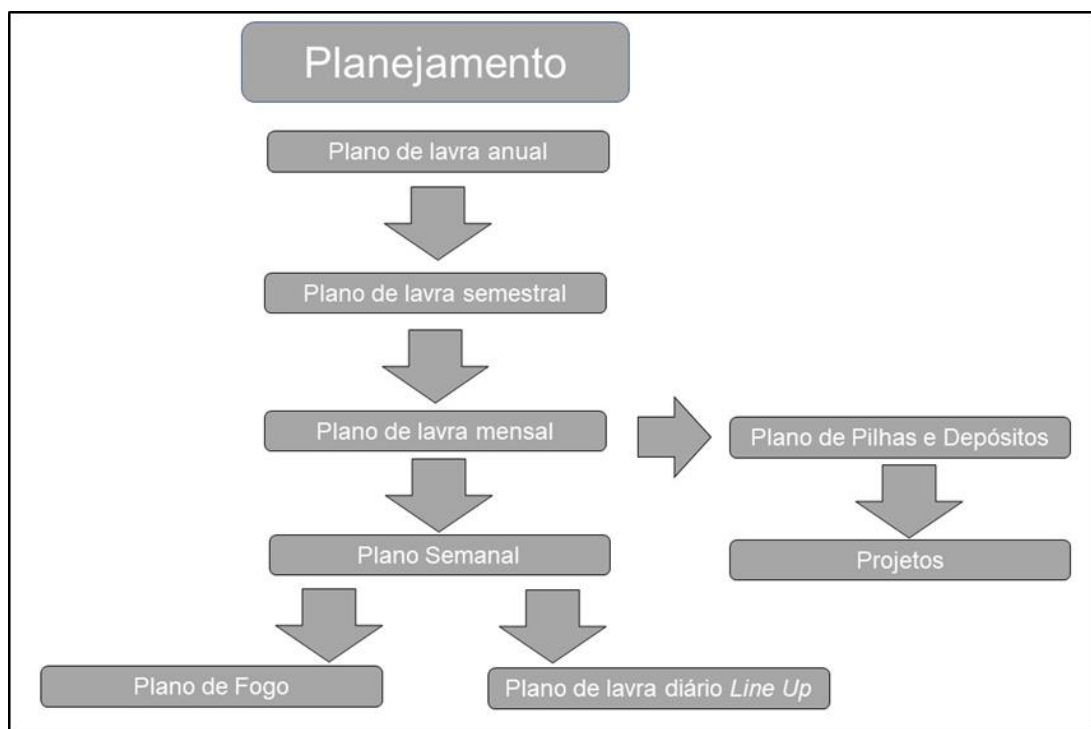


Figura 2.5.2 Fluxograma do planejamento de mina, (Modificado de SILVA, 2014).

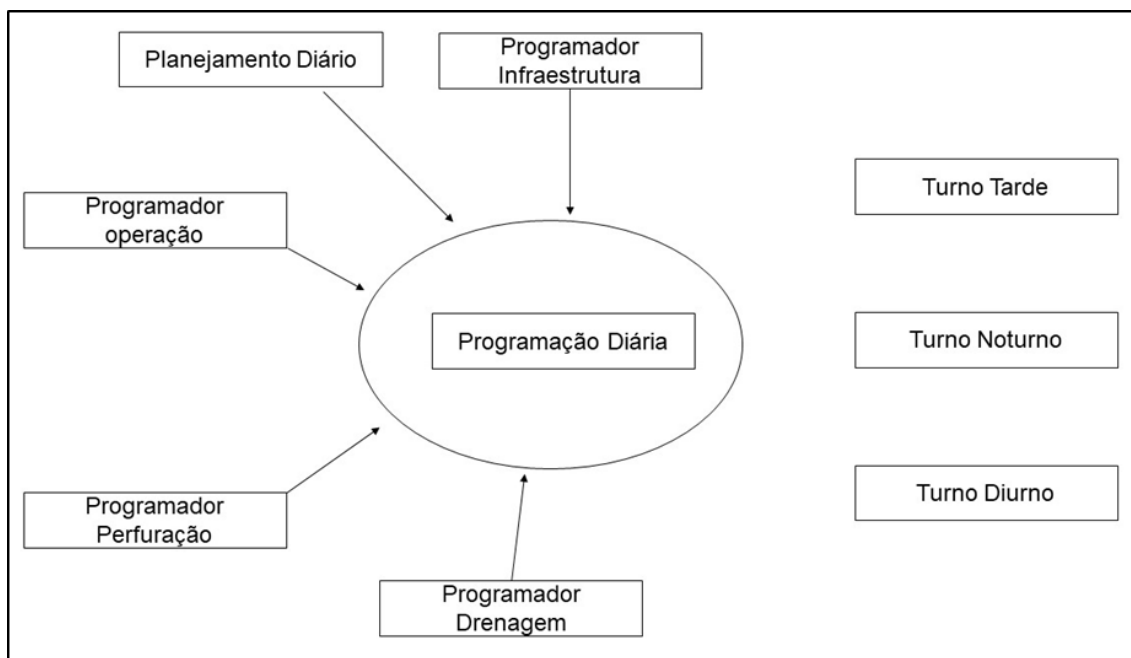


Figura 2.5.3 Estrutura Line Up, (Modificado de SILVA, 2014).

Ao final de cada semana de serviço é calculada a aderência ao plano de lavra, que permite medir a eficiência do serviço do *Line Up*, a partir da seguinte equação (1):

$$ia\% = \frac{A}{A + NA + (2 * NC) + SS} \quad (1)$$

Onde:

ia%= Índice de aderência.

A = Serviços aderentes que estejam com o status realizado ou parcial pelo supervisor.

NC = Número de serviços Não-Conformes<sup>2</sup>.

NA = Número de serviços Não-Aderentes<sup>3</sup>.

SS = Número de serviços Sem Status do Supervisor<sup>4</sup>.

<sup>2</sup> Não - Conformes – Serviços que não foram realizados ou foram realizados de forma errada.

<sup>3</sup> Não – Aderentes – Serviços executados fora do plano de lavra

<sup>4</sup> Sem Status do Supervisor – Serviços não executados

A evolução da ferramenta *Line Up* permite uma maior organização dos serviços e uma maior facilidade na utilização durante a criação dos planos, e durante o período de avaliação dos serviços.

A ferramenta *Line Up* permite que cada operador tenha seu *Login* (Figura 2.5.4) podendo controlar o acesso e direcionar as informações necessárias para ele. Após este passo o operador tem acesso a um menu inicial, já demonstrado na Figura 2.5.4, que o permite escolher qual informação se deseja inserir no *software*.

Para a descrição do serviço que será executado, o operador acessa o formulário de operação (Figura 2.5.5), onde é permitido discriminar o serviço e adicionar sua prioridade, descrevendo ainda qual o melhor equipamento para a realização da atividade. A seguir é necessário preencher o formulário da infraestrutura (Figura 2.5.6) que possibilita acrescentar justificativa dos casos de “não conformes”, caso a realização do trabalho não seja realizada de forma adequada. Esta etapa ainda possui um campo onde é possível justificar o motivo que impediu a execução da tarefa do determinado serviço.

Para o acompanhamento dos serviços executados pela operação da mina, existe no menu principal do *Line Up* (Figura 2.5.1) a opção relatório, contendo os dados gerados durante a operação, desmonte infraestrutura, perfuração e dados técnicos. Esses relatórios são apresentados em forma de tabela com os índices operacionais e gráficos comparando os valores planejados e os valores executados Figura 2.5.7.

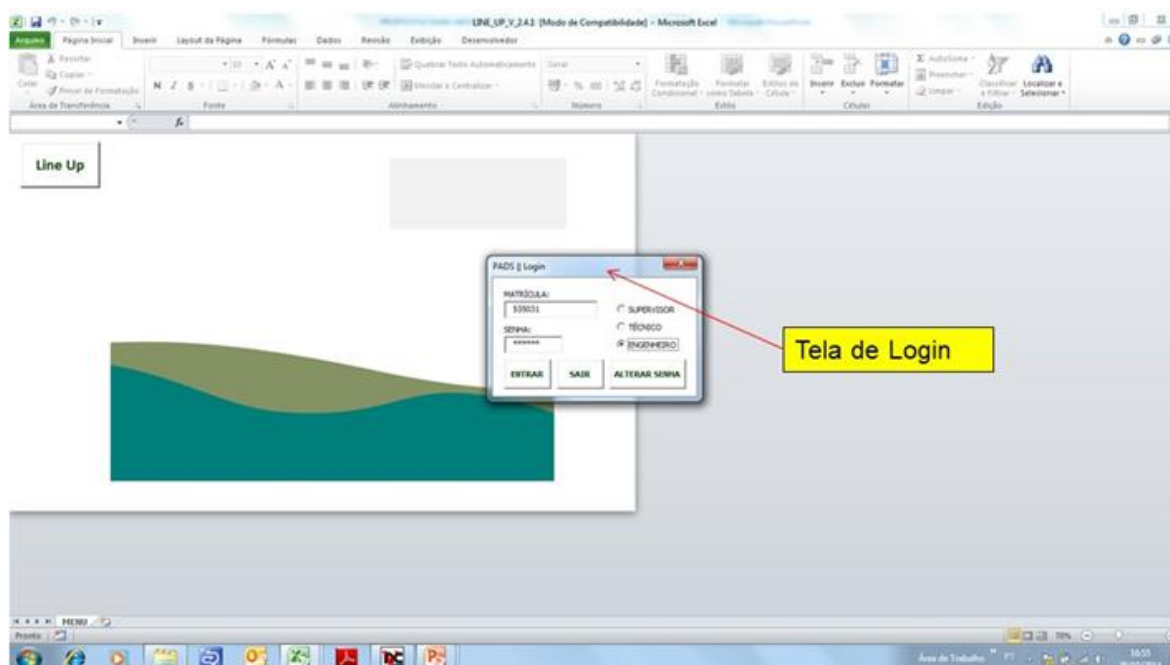


Figura 2.5.4 Tela de Login do sistema Line Up

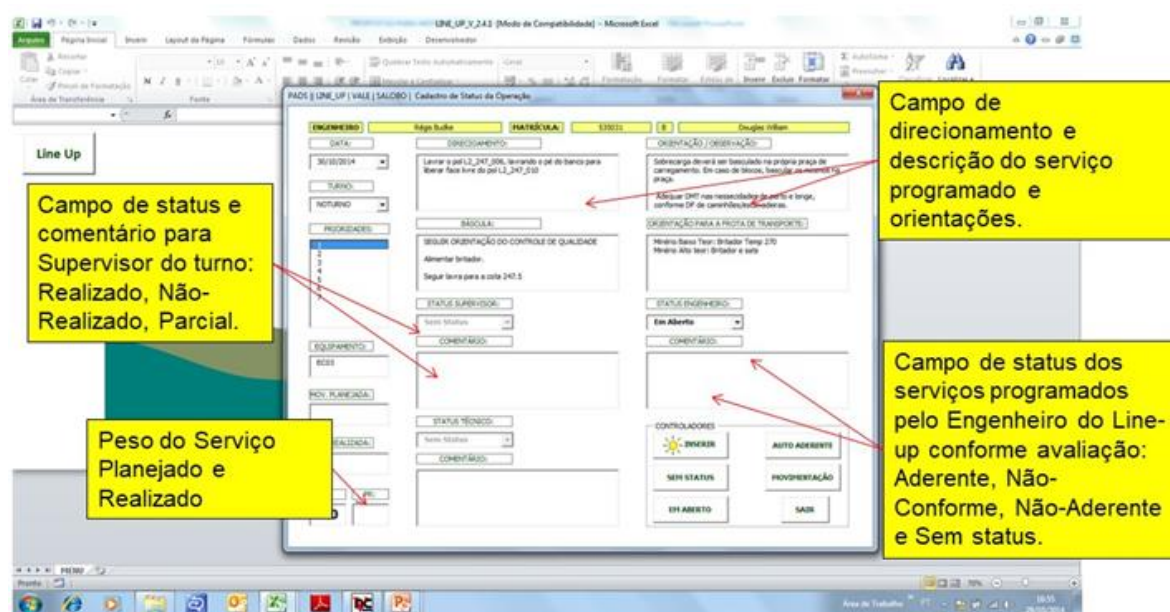


Figura 2.5.5 Formulário da Operação do sistema Line Up

Justificativa do Status de Não-Conforme registrado no sistema.

Justificativa do Status de Não-Conforme registrado no sistema.

Figura 2.5.6 Formulário da Infraestrutura do sistema Line Up

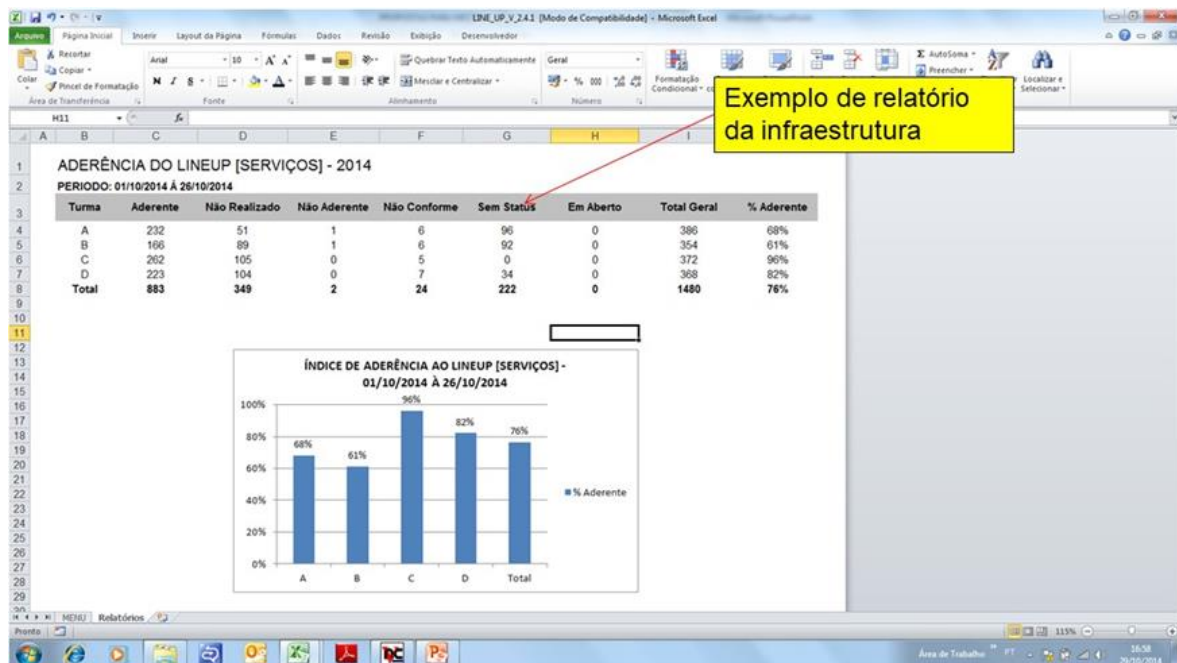


Figura 2.5.7 Relatório gerado no sistema Line Up

Dando continuidade no procedimento desta ferramenta, os relatórios gerados pelo *Line Up* são verificados pelo planejamento de curto prazo avaliando os possíveis erros operacionais, com o intuito de resolvê-los antes do final do

mês corrente, e a partir disso a equipe de planejamento consegue manter uma boa aderência e cumprimento ao plano de lavra.

O custo maior da implantação do método é na criação de um servidor onde é armazenado todo o banco de dados da mina, além disso o custo de um sistema operacional ligado a todos os computadores da mina em redes para acesso ao sistema. No caso de empresas que já possuem um servidor de Despacho Eletrônico<sup>5</sup>, o custo é nulo.

## **2.6. Sequenciamento da Lavra**

Sequenciamento da lavra, é um processo de tomada de decisão realizado regularmente, que desempenha um papel crucial na empresa. No atual ambiente competitivo, um sequenciamento eficaz torna-se uma necessidade e de grande importância para atingir metas e uso eficiente dos recursos (PINEDO, 2008).

A dificuldade de sequenciamento em minas a céu aberto consiste em encontrar a sequência em que os blocos devem ser removidos, de forma a maximizar o lucro total descontado, geralmente expresso pelo VPL (Valor Presente Líquido) e está sujeito a uma variedade de restrições técnicas e econômicas (ANDRADE, 2014).

Segundo Chimuco (2010) durante um sequenciamento de lavra existem restrições básicas que devem ser respeitadas, são elas:

- Flutuação do volume de minério/estéril;
- Restrições de pilhas para estocagem;
- Capacidade da mina e usina;
- Restrições geotécnicas;
- Restrições logísticas.

Das técnicas existentes para o desenvolvimento mineiro, a mais utilizada nas grandes minerações é a produção por agrupamentos de cavas

---

<sup>5</sup> Despacho Eletrônico - O Sistema de Despacho Eletrônico é uma ferramenta de monitoramento das atividades de manutenção e operação da Mina, (PEREIRA, 2016).

correspondentes, com variações de teores e minerais, conservando a ideia de atingir a qualidade especificada pelo planejamento (SILVA, 2014).

### 3. DESENVOLVIMENTO

#### 3.1. Planejamento da Mina de Alegria

A Figura 3.1.1 representa parte da mina de Alegria, onde é possível visualizar as bancadas que compõe a cava e um perfil demonstrando o modelo de blocos da região.

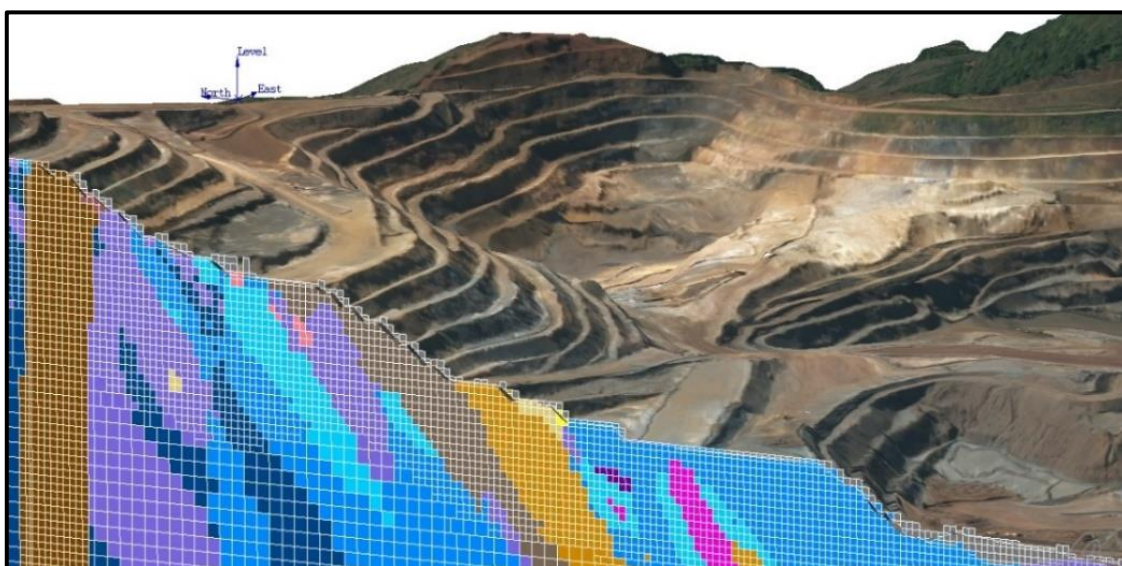


Figura 3.1.1 Modelo de Bloco da Mina de Alegria

Como na maioria das mineradoras, o planejamento de longo prazo da mina de Alegria iniciou-se a partir da geração da cava ótima, demonstrada na Figura 3.1.2, elaborada a partir dos dados físicos coletados.

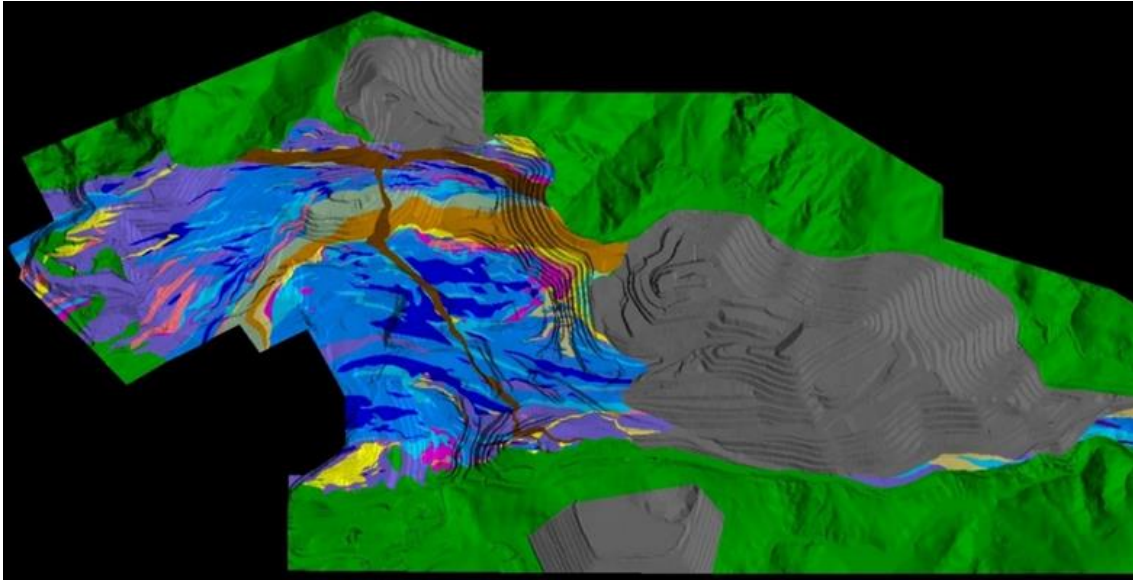


Figura 3.1.2 Cava ótima gerado a partir do software Datamine studio 3

Para compor o planejamento de curto prazo, inicialmente é elaborado o plano de lavra mensal, demonstrando as frentes de lavra disponíveis para aquele momento. Observa-se na Figura 3.1.3 parte da Mina de Alegria, onde são enfatizados os polígonos amarelos que representam os avanços que devem ser realizados no mês corrente.

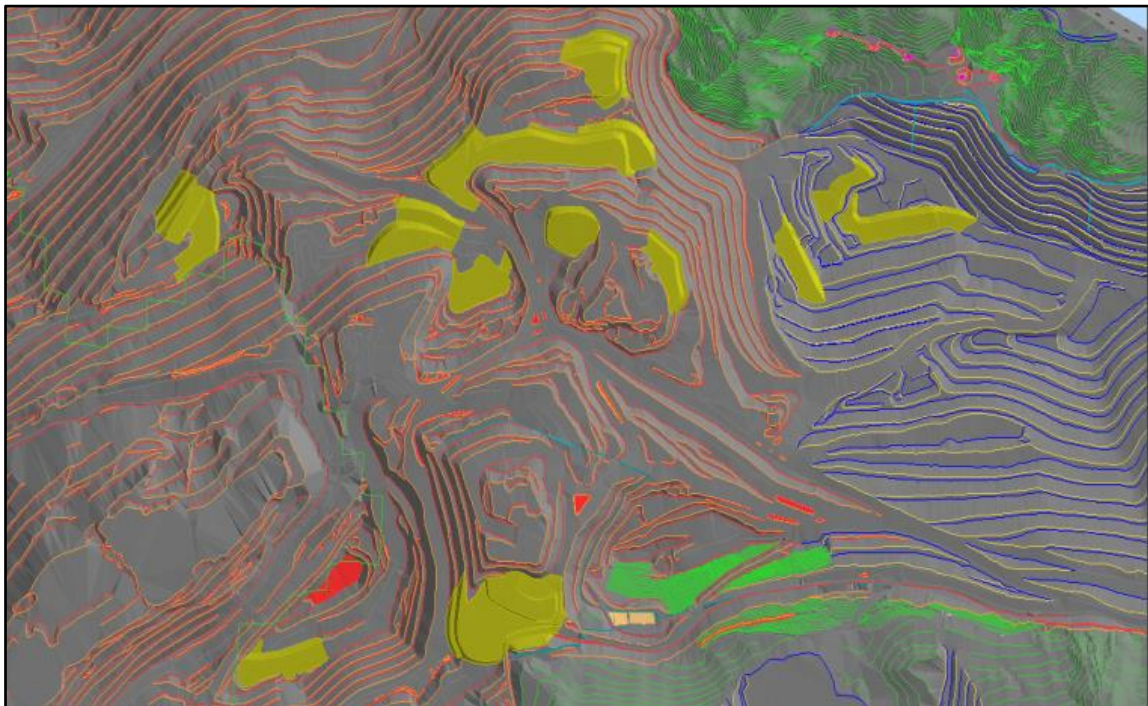


Figura 3.1.3 Topografia da mina de alegria com marcações dos avanços da lavra mensais

A equipe de desmonte da mina define a área em que será realizada a detonação, que ocorre em geral, duas vezes na semana. As detonações têm por objetivo sempre deixar frentes de minério desmontadas para não gerar paralizações desnecessárias à operação da mina. Para fins organizacionais este polígono é demonstrado a partir de imagens das frentes de lavra, indicando a área que será futuramente lavrada Figura 3.1.4.

Para conclusão do planejamento diário são listadas diretrizes por meio da elaboração de cronograma diário específico (Figura 3.1.5) com exposições das áreas de interesse enfatizando as instruções contidas no plano (Figura 3.1.6)



Figura 3.1.4 Visualização de parte da mina de Alegria, onde o polígono definido em vermelho representa a área do desmonte determinado no plano de lavra mensal

## Anexo 01 - Diretriz de Lavra

PRO-002039 Diligenciar Execução do Plano de Lavra Mensal - Rev.: 08-25/08/2016

### **PRIORIDADES PARA PC**

1. Sequenciar a lavra do 1030 L5;
2. Sequenciar a lavra do 1040 L5;
3. Sequenciar a lavra do 1040 E2;
4. Lavra do L4\_1040 (Hematita);
5. Lavra do alto do E3;
6. Lavra PDE Fosforoso sobre demanda.

### **PRIORIDADES DA INFRA**

1. Perfurar 1050 L5;
2. Perfurar 1010 L4;
3. Perfurar 1030 E3B;
4. Perfurar 1110 E2;
5. Conformação da rampa no E2;
6. Ajustar a pilha de Minério futuro;
7. Executar acesso do sump E6;

### **EQUIPAMENTOS DE DRENAGEM**

1. Fazer retaludamento dos bancos 970E3 (próximo a pilha de Ib2);
2. Sequenciar drenagem dos bancos 1050/1040 L5(barramento);
3. Rebater talude da pilha de Estéril (Lado córrego das Almas.)

Figura 3.1.5 Cronograma de serviços gerados pelo planejamento de curto prazo

## Anexo 01 - Diretriz de Lavra

PRO-002039 Diligenciar Execução do Plano de Lavra Mensal - Rev.: 08-25/08/2016



Figura 3.1.6 Diretriz diária da Mina de Alegria

### 3.1.1. Planejamento diário com diretrizes

No planejamento de curto prazo, após a realização do plano mensal, são executados os planos diários, que são chamados de diretrizes pela empresa Vale S.A no complexo Mariana. Este documento é elaborado pelo engenheiro do planejamento, após uma ronda<sup>6</sup> acompanhada na mina. É então montada uma apresentação no *Software PowerPoint*, que é distribuída para todos os responsáveis da operação da mina em seus e-mails corporativos.

O plano diário é elaborado a partir das informações geradas no plano mensal, geralmente após uma ronda diária ao longo da mina, realizada por engenheiros e técnicos das áreas de operação, infraestrutura e planejamento de curto prazo. Na etapa seguinte o engenheiro de planejamento produz um cronograma completo, discriminando os serviços que devem ser realizados pela operação da mina.

Objetiva-se que este plano diário seja elaborado para suprir as necessidades da usina em qualidade e quantidade de produção. Para isso, as atividades devem ser realizadas conforme o planejamento inicial, atingindo bons índices operacionais como os de disponibilidade, utilização de equipamentos, aderência e cumprimento ao plano. A equipe de planejamento deve observar as disponibilidades dos equipamentos de lavra, desmonte e auxiliares, já que esses elementos acompanham um plano de manutenção e podem apresentar defeitos inesperados.

## **3.2. Considerações Sobre o Método de diretrizes da Mina de Alegria**

O Planejamento de curto prazo da mina de Alegria utiliza diretrizes diárias para poder gerar as ordens de serviços que são executados na mina. O funcionamento é simples e satisfatório para as necessidades da empresa no local.

---

<sup>6</sup> Ronda – Visita realizada em cada frente de lavra com o intuito de acompanhar a operação da mina.

Em geral, essas diretrizes são geradas com base no plano de lavra mensal pelos engenheiros do planejamento. Nas diretrizes são demarcadas todas as áreas que lavradas, definindo os polígonos que serão desmontados, enfatizando as quantidades de massa que devem ser lavradas para cada frente, e a qualidade do minério que deve ser atingida.

O processo de criação de diretrizes é desenvolvido através de uma apresentação no *software PowerPoint*, que em seguida é enviada, via e-mail, para todos os responsáveis da lavra. As ações determinadas nas diretrizes podem ocasionar erros dentro do plano de lavra, transformando dados planejados em valores não aderentes, levando ao não cumprimento do plano mensal de lavra da mina.

Podem-se citar alguns erros simples, que são cometidos durante o processo de montagem das diretrizes da mina de Alegria: a falta de prioridades da lavra ou de adequação de praças, ausência de prioridade de serviços para equipamentos auxiliares, falta de atualização nos dados das diretrizes, demarcações equivocadas das áreas de lavra, dentre outros.

O método de diretrizes tem como suas principais vantagens o baixo custo e a facilidade de utilização, pois utiliza-se apenas o *software PowerPoint*. Por outro lado, é possível apontar a falta de organização das atividades enviadas às partes operacionais como desvantagem deste método.

Em geral, observa-se que este método funciona de forma aceitável na mina de Alegria, mantendo índices de aderência e cumprimento ao plano próximos aos valores programados, não comprometendo o funcionamento da lavra. Porém, vale ressaltar que se trata de uma mineração consolidada que está em atividade há muitos anos.

### **3.3. Aplicação da Metodologia *Line Up***

Através do trabalho de SILVA (2014), nota-se que a mina de Salobo, pertencente a VALE, utiliza como método de planejamento de curto prazo a ferramenta *Line Up*. A ferramenta foi criada na própria mineração com o intuito

de aperfeiçoar a organização dos dados do planejamento de curto prazo e minimizar os problemas encontrados ao longo da operação.

A metodologia utilizada nesta ferramenta é bastante semelhante ao processo de criação das diretrizes descrito no tópico anterior. Corresponde a uma metodologia de trabalho na qual todas as áreas operacionais e de apoio se unem diariamente para montar uma programação dos principais direcionamentos da mina. Tal programação visa a melhor estratégia para o sequenciamento das frentes de lavra, tendo como principais premissas os planos de lavra semanal e mensal.

Para a utilização da metodologia *Line Up* é necessário não somente o plano de lavra mensal, como utilizado no método de diretrizes da mina de Alegria, mas também o plano de lavra semanal, mantendo sempre medidas de aderência ao plano dentro do padrão programado.

Esta ferramenta emite um documento com as listas de serviços e/ou atividades de todos os direcionamentos (operação, infraestrutura, perfuração, drenagem, topografia e etc), enviado diariamente para os supervisores dos turnos de trabalho. Este arquivo é o principal documento da mina e com ele se consegue realizar todo o processo de lavra. Os colaboradores responsáveis pelo setor de operação da mina devem seguir as orientações desse documento para a realização dos serviços determinados na mina, podendo assim realizar exatamente o que foi planejado.

A implantação dessa ferramenta não é simples como no método de diretrizes descrito anteriormente, pois trata-se de um *software* e necessita de um servidor para poder armazenar todo seu banco de dados, gerados pelos serviços. Consequentemente, gera-se um custo para a empresa que adotá-lo, dada a nova demanda de serviços para a área da tecnologia da informação.

### **3.4. Análise Comparativa**

Comparando os dois métodos de planejamento de curto prazo descritos nos tópicos anteriores, verifica-se que a maior diferença entre eles está na

organização e valorização dos documentos criados e emitidos pelo planejamento de curto prazo.

Pode-se citar ainda que a diferença de custo de implantação dos métodos é considerável, pois há uma grande diferença entre o método das diretrizes, que utiliza apenas uma apresentação do *PowerPoint*, e a ferramenta *Line Up*, que necessita de recursos mais específicos.

Sobre o funcionamento dos métodos é possível identificar a boa funcionalidade em ambos, porém com defeitos que acabam gerando problemas a longo prazo, pois atingem os índices de aderência e cumprimento ao plano.

A organização e distribuição das tarefas criadas utilizando *Line Up* é um ponto positivo comparado ao método das diretrizes, pois os serviços são descritos de uma forma mais coerente, com uma distribuição exata para cada equipamento da operação da mina. No caso das diretrizes a distribuição dos equipamentos fica a critério dos setores de operação e infraestrutura, com cada um deles podendo optar onde e como o serviço será executado.

Observa-se então que o planejamento de curto prazo permite a utilização de vários métodos, que podem ser escolhidos ou até mesmo criados exclusivamente para mina na qual serão utilizados. Ressalta-se que a escolha do método não assegura a execução exata do plano final, dado que imprevistos também podem ocorrer no dia-a-dia. Porém, a definição de um método adequado para as características específicas da mineração pode trazer resultados mais satisfatórios.

### **3.5. Problemas Encontrados por um Planejamento de Curto Prazo.**

O planejamento de curto prazo de uma mineradora tem o objetivo realizar o melhor plano de lavra possível, para que a mina possa realizar uma lavra segura, visando uma maior produção e um menor custo.

Segundo Potvin (2006), conceber, de maneira antecipada e abrangente, o potencial de um determinado empreendimento de mineração é um fator crítico

para o sucesso desse empreendimento. Sendo assim, um planejamento eficiente é fundamental para extrair o maior rendimento possível do potencial apresentado, e desta forma garantir o maior retorno e solidez de todo o investimento aplicado.

Para cada projeto de mineração, riscos estratégicos precisam ser avaliados e controlados, incluindo principalmente:

Para que isto ocorra é preciso identificar algumas questões que podem comprometer a operação da mina, que precisam ser avaliadas e controladas. A seguir são apresentadas as principais causas do não cumprimento do planejamento:

- Intempéries: problemas de causa natural, como mau tempo, ou seja, excesso de relâmpagos, chuva forte e neblina;
- Equipamentos em manutenção: problema muito comum em qualquer mineração, e quando ocorrem podem causar a parada da frente de lavra;
- Topográfico: imprecisão na demarcação de uma área, ou marcação equivocada de um polígono;
- Drenagem: o escoamento superficial gerado em locais não definidos no planejamento pode interromper uma frente de lavra ou dificultar acessos, atrasando as atividades planejadas;
- Problemas geotécnicos: relacionados aos controles do maciço em resposta à lavra, podendo potencialmente gerar condições inseguras, encarecimento por retrabalho e reabilitação, maiores diluições e menores recuperações da lavra do minério, além de atrasos na produção;
- Falha de comunicação: as informações repassadas erroneamente pelo setor de planejamento para a operação, contribuem para o desvio de atividades planejadas;
- Engenharia: relacionados às falhas e ineficiências na concepção e implementação de sistemas, de modo a não alcançar as metas inicialmente projetadas;

- Modelo de bloco: Quando o modelo de bloco não é elaborado corretamente pode comprometer todo o processo de um plano de lavra;
- Financeiro: relacionados às projeções de preços dos produtos e custos fixos e variáveis, durante a vida útil do empreendimento.

Esses problemas são comuns dentro de qualquer mineração a céu aberto, e cabe sempre à equipe de planejamento se antecipar para prevêê-los, para evitar ao máximo que isso influencie nos resultados finais.

O planejamento de curto prazo deve lidar com alguns problemas que ocorrem no dia a dia de uma mina. Esses pequenos erros, dependendo da forma de ocorrência e como a empresa e seus colaboradores lidam com essas questões, podem prejudicar a forma da execução da lavra, gerando valores inesperados e que não se adequam ao plano final esperado.

Inserir algum serviço de forma equivocada ou não saber explicar a forma de execução do serviço são erros que ocorrem dentro do planejamento e que podem ser evitados. Evitam-se tais problemas utilizando um processo mais organizado e bem discriminado, facilitando o entendimento da operação da lavra.

### **3.6. Possíveis Melhorias para o Planejamento a Curto Prazo**

Analisando os problemas citados anteriormente, pode-se perceber que alguns eventos que tendem ocorrer impossibilitam a execução exata do planejamento não podem ser previstos. Por se tratarem de situações inesperadas, como os problemas de causas naturais ou relacionados a variação do mercado financeiro. Entretanto, a maioria dos problemas mencionados podem ser solucionados a partir da organização correta dos serviços.

Problemas relacionados aos equipamentos em manutenção são de comum ocorrência. Porém, é possível realizar um histórico do equipamento com baixa disponibilidade e um planejamento futuro com medidas de correção que

possam ser aplicadas, de forma a minimizar paralizações na operação da mina por esse motivo.

Quando ocorrem contratempos ligados à drenagem da mina e problemas geotécnicos, há paradas nas frentes de lavra ou fechamento de acessos. Percebe-se que esses eventos, mesmo não sendo previstos, poderiam ser evitados ou minimizados caso existisse um histórico da mina, indicando os locais específicos onde há maior tendência de ocorrência. Dessa forma, acredita-se que as equipes de operações e planejamento poderiam se antecipar sobre os riscos e assim evitá-los.

Percebe-se então que o método das diretrizes tem como suas principais desvantagens a falta de discriminação correta dos serviços realizados na mina. As informações não seguem um padrão e nem controlam as atividades inesperadas, desta forma é possível que o mesmo erro possa ser cometido mais de uma vez. Isso mostra que a falta de um banco de dados com histórico dos problemas e falhas ocorridas durante o processo da operação é necessário, poderia facilitar a realização do plano diário, deixando-o mais claro e com menos riscos de paralizações.

Embora a metodologia *Line Up* não tenha sido testada no presente trabalho e algumas respostas sobre a melhoria do método não possam ser mencionadas, percebe-se que este sistema apresenta maior detalhamento de serviços da mina, facilitando o entendimento dos operadores e mitigando os riscos de não seguimento do plano de lavra.

#### 4. CONCLUSÕES

Como foi verificado no decorrer do trabalho pode-se compreender que nem sempre a metodologia empregada é ideal quando se fala em planejamento de curto prazo. Existem várias formas de se realizar o planejamento de uma mineração, e percebe-se que o método a ser utilizado deve ser o que mais se adequa à forma de trabalho da empresa, ou seja, existem questões que influenciam a forma em que o planejamento será elaborado, como as variadas condições ambientais, geológicas, acessibilidade, estruturas, disponibilidade de recursos e tecnologia, dentre outros.

Alguns erros operacionais acarretam a mudança na forma de pensar e agir em alguma determinada situação, porém quando suas diretrizes de lavra discriminam os serviços de forma organizada, verifica-se que há uma diminuição na possibilidade de se tomar uma decisão errônea, que pode acarretar em prejuízos no sequenciamento de sua lavra.

O aprendizado e a vivência na mina em que se trabalha, fazem com que a escolha do método de planejamento seja eficaz, diminuindo situações inesperadas, que por vezes podem ser considerados irrelevantes, mas que se reparados podem influenciar nos índices operacionais e de aderência.

Verifica-se então que, quando se fala de um planejamento de curto prazo, o detalhamento do plano de lavra mensal é de extrema importância, pois assim existe maior chance de corrigir possíveis problemas na produção que ocorrem diariamente. Dentre eles, citam-se os erros na qualidade do minério entregue a usina e aumento no número do montante de minério. Com o maior detalhamento, como no plano de lavra semanal, pode-se corrigir possíveis problemas, e mesmo adequar o plano de lavra, para que no fim do mês obtenha-se uma maior aderência e cumprimento no plano de lavra.

Observou-se que metodologia *Line UP* vem sendo utilizada em grandes minas do Brasil, isso prova sua eficiência em seu processo operacional, pois trata-se de uma ferramenta que traz um nível maior de organização dos trabalhos e que se utilizando corretamente pode facilitar a operação da mina, e consequentemente acarreta em um plano de lavra bem executado, podendo

manter níveis altos da aderência e cumprimento ao plano. Manter esses índices altos eleva a qualidade da lavra, melhorando a organização e mantendo a vida útil da mina. Porém, não basta apenas o uso do *software* para a elevação dos índices operacionais: é necessário também a contribuição de todos os operadores do sistema e dos funcionários que realizarão a operação da mina.

O custo para implementação deste novo sistema inclui o treinamento de operadores e equipamentos para a alimentar o banco de dados, além da criação de um servidor para seu armazenamento. Para o padrão das grandes minerações brasileiras entende-se que este custo não é expressivo, mas comparado com outras metodologias mais simples há uma certa diferença. Cabe à equipe de planejamento decidir se este valor é representativo quando comparado com as eventuais perdas ocasionadas pela falta de organização.

Quanto ao método das diretrizes discriminado para a mina de Alegria, percebe-se que a falta de padronização para transmitir uma informação e/ou a possibilidade de o documento não ser enviado para um dos operadores torna o sistema desorganizado, podendo causar dificuldades no sequenciamento da lavra, originando algumas irregularidades no seguimento do plano de lavra. No entanto, em minerações de menor porte, em que o planejamento envolve poucas frentes de lavra e serviços menos complexos, a utilização de *softwares* mais comuns e de fácil acesso corresponde a um sistema vantajoso. Isso devido ao seu baixo custo na implantação e a facilidade na utilização.

A metodologia operacional do planejamento de curto prazo pode variar de acordo com as necessidades de cada mina. Ou seja, o método empregado não pode ser definido como inadequado já que na maioria das vezes, quando se trata de empresas já consolidadas, os métodos apresentam resultados bem próximos, porém com detalhamentos de serviços de forma diferentes. Uma das questões que podem influenciar na adoção de um método mais eficaz é a variação do mercado consumidor de minério e em seu valor agregado, já que nessas situações as mineradoras tendem a optar pela redução total de custos, não investindo em sistemas operacionais, como a ferramenta *Line Up*, modelo apresentado da Mina de Alegria. Contudo, vale ressaltar que o maior detalhamento das informações no *Line Up* facilita a identificação antecipada de problemas da mina relacionados a operação. Essa assimilação permite que o

planejamento de curto prazo adote medidas de correção em tempo suficiente para não prejudicar os índices operacionais, evitando gastos desnecessários que ocorrem durante a operação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A. Q. **Sequenciamento e Programação de Lavra com Alocação de Equipamentos de Carga**; São Paulo 2014.
- AMARAL, M., **Modelos Matemáticos e Heurísticos Para Auxílio ao Planejamento de Operações de Lavra Em Minas a Céu Aberto**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte 2008.
- ARAÚJO, F. C. R. **Planejamento Operacional de Lavra Com Alocação Dinâmica e Caminhões: Abordagens Exata e Heurística**; Ouro Preto 2008.
- BAKHTAVAR, E.; SHAHRIAR, K.; **Optimal Ultimate Pit Depth Considering An Underground Alternative**, Proceeding Of Fourth AACHEN International Mining Symposia - High Performance Mine Production, Aachen, Germany, 2007.
- CACCETA, L.; HILL, S. P. **An Application Of Branch And Cut To Open Pit Mine Scheduling**. Journal Of Global Optimization, v.27, p.349-365. 2003.
- CAMPOS, P. H. A., **Um Comparativo de Metodologias no Planejamento de Lavra: Sequenciamento direto de Blocos Vs. Planejamento Tradicional**. Ouro Preto 2017.
- CAPPONI, L. N., **Introdução de Parâmetros de Controle de Incertezas Para Planejamento de Lavra** Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM) Porto Alegre 2012.
- CHIMUCO, J. P. J., **Metodologia de Planejamento de Mina Para Retomada Das Operações de Lavra Das Jazidas de Kassinga Norte – Angola**. Ouro Preto 2010.
- COSTA, F. P. **Aplicações de Técnicas de Otimização a Problemas de Planejamento Operacional de Lavra Em Minas A Céu Aberto** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral Ouro Preto 2005.
- CURI, A. **Minas A Céu Aberto Planejamento de Lavra** Oficina Textos Ouro Preto 2014.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Estadual (ano base 2014)**. Apêndice A3, PARÁ 2015.

FRANCK, A. G. S; Coronel, D. A.; Silva M. L.; Silva, R. A. **Competitividade Das Exportações Australianas e Brasileiras de Minério de Ferro Para A China (1999-2014)**. 2015.

HARTMAN, H. L. **SME Mining Engineering Handbook**. 2nd Edition. Littleton: Society For Mining, Metallurgy, And Exploration, Inc. 1992.

HUSTRULID W.; KUCHTA M., **Open Pit Mine Planning & Design Volume 1**, Publisher: A Balkema Publishers; Student ed. edition 1994.

HUSTRULID W.; KUCHTA M., **Open Pit Mine Planning and Design, Two Volume, Second Edition**. Publisher: A Balkema Publishers; Student ed. edition 2006,

IBRAM- Instituto Brasileiro de Mineração. Workshop **“Planejamento De Mina: Práticas e Experiências de Empresas de Mineração”**, Módulo I e II. Belo Horizonte, 1996.

JUNIOR A. F. **Aprimoramento Do Controle De Qualidade Do Minério No Planejamento De Lavra De Curto Prazo: Estudo De Caso**. São Paulo 2009.

LOPES G. F. **Transição Da Mina A Céu Aberto Para Subterrânea No Morro Da Mina**. Pós-Graduação do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto 2012.

NEME M. B.; CURI A.; SILVA J. M.; CARNEIRO A. C. B., **Realização De Projeto De Lavra De Mina Subterrânea Com Utilização De Aplicativos Específicos**. Ouro Preto 2011.

NEWMAN, A.; RUBIO, E.; CARO, R.; WEINTRAUB, A.; UREK, K. **A Review Of Operations Research In Mine Planning**. Interfaces, n.3, v. 40, p. 222 -245, 2010.

PEREIRA L. O. **Primarização X Terceirização: Um Estudo De Caso Comparativo Na Atividade De Manutenção Do Sistema De Despacho Eletrônico**. 2016.

PERIOTTO A. J **Determinação Da Cava Otima Em Mineração A Ceu Aberto Atraves De Programação Paralela.** Universidade Federal do Rio de Janeiro 1992.

PERONI, R. L., **Análise Da Sensibilidade Do Sequenciamento De Lavra Em Função Da Incerteza Do Modelo Geológico** Porto Alegre 2002.

PINEDO, M. L. **Scheduling: Theory, Algorithms, And Systems** 3.Ed. New York. Springer, 2008.

PINTO L. R. e MERSCHMANN, L.H.C. **Planejamento Operacional Da Lavra De Mina Usando Modelos Matemáticos.** Esc. Minas vol.54 no.3 Ouro Preto July/Sept. 2001.

POTVIN, Y.; **Strategic versus Tactical Approaches in Mining.** In Australian Centre for Geomechanics – International Seminar, Perth, Australia, 2006.

SENHORINHO, N. C. S. **Metodologia De Planejamento Estratégico De Lavra Incorporando Riscos E Incertezas Para Obtenção De Resultados Operacionais.** São Paulo 2008.

SILVA N. H. C., **Uma Abordagem Sobre O Planejamento De Lavra De Curto Prazo Com Ênfase Na Metodologia Da Programação Diária (Line Up) Da Mina De Salobo** Parauapebas 2014.