

BRUNO PACHIONE SAMPAIO PELLI

**GESTÃO INTEGRADA DO PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO COM O
PLANEJAMENTO DE MÉDIO E CURTO PRAZO VISANDO GOVERNANÇA
CORPORATIVA NA MINERAÇÃO**

São Paulo

2004

BRUNO PACHIONE SAMPAIO PELLI

**GESTÃO INTEGRADA DO PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO COM O
PLANEJAMENTO DE MÉDIO E CURTO PRAZO VISANDO GOVERNANÇA
CORPORATIVA NA MINERAÇÃO**

Trabalho de Formatura em Engenharia
de Minas do curso de graduação do
Departamento de Engenharia de Minas
e de Petróleo da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Giorgio Francesco
Cesare de Tomi

São Paulo
2004

TF-2004
P365g
1421056

DEDALUS - Acervo - EPMI



31700005440

M2004D

FICHA CATALOGRÁFICA

Pelli, Bruno Pachione Sampaio

Gestão integrada do planejamento de longo prazo com o planejamento de médio e curto prazo visando governança corporativa na mineração / B.P.S. Pelli. -- São Paulo, 2004. 35 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

**1.Mineração a céu aberto (Planejamento; Gerenciamento)-
2.Governança corporativa 3.Softwares (Uso) I.Universidade de
São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de
Minas e de Petróleo II.t.**

Aos meus pais, por todo amor, dedicação, apoio e incentivo que sempre me deram em todos os momentos de minha vida. A minha irmã, pelo amor e compreensão. E ao meu amor, que mesmo à distância, sempre me incentivou e acreditou no meu trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Giorgio de Tomi, que acreditou no meu trabalho e pelos ensinamentos que me foram passados.

Aos meus familiares, que sempre estiveram ao meu lado e me ajudaram no que sempre precisei.

Ao meu avô Mário Pachione (in memorian), pelos ensinamentos de ética, lealdade, honestidade, além de toda ajuda que sempre me prestou em todos os momentos de minha vida.

Aos meus colegas do Lapol, pelo apoio e amizade.

Aos meus amigos pela compreensão, apoio e conhecimento compartilhado.

A todos os professores do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo que contribuíram com minha formação técnica e pessoal, através do ensino de seus importantes conhecimentos.

Ao engenheiro Mário Zan Ferreira e ao Renato Mastrela pelo imenso apoio, e pelo fornecimento dos dados que puderam fomentar ainda mais a importância deste trabalho.

A Datamine Latin America pelo fornecimento dos softwares que foram utilizados no planejamento de lavra feito neste trabalho.

A DEUS por iluminar meu caminho em todos os momentos.

A todos, que direta ou indiretamente, estiveram ao meu lado.

RESUMO

O presente trabalho trata do problema da falta de integração entre o planejamento de lavra de longo prazo com o planejamento de lavra de curto e médio prazo, verificando a aplicabilidade das ferramentas disponíveis no mercado para proporcionar um melhor fluxo de informações entre os diferentes horizontes de planejamento de lavra. Propõe também uma metodologia para a realização do planejamento de lavra de forma a integrar as informações das diversas etapas do gerenciamento de uma mina, visando um incremento de governança corporativa. A metodologia foi testada parcialmente com a utilização de softwares disponíveis no mercado em uma empresa do setor de metais básicos, propiciando excelentes resultados. Foi comprovado que a integração entre os diferentes horizontes de planejamento é possível, e além de gerar incremento de governança corporativa, pode gerar um incremento nos lucros empresariais.

PALAVRAS CHAVE: Otimização, Seqüenciamento, Planejamento de Lavra, Governança Corporativa, Softwares.

ABSTRACT

The following paper addresses the problem of lack of integration between long term mine planning and short-medium term mine planning, verifying the applicability of available technology to increase the information flow between the two mine planning. It also proposes a methodology for the execution of mine planning to integrate information from the diverse activities in mine management, aiming to increase the corporate governance. The methodology was partially tested, using software available in the market, in a base metals company providing excellent results. The integration between long and short-medium term mine planning was proved possible, and despite generating an increase of corporate governance, and may also provide an increase in the company's profit.

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	1
2.	Desenvolvimento.....	4
2.1	Revisão Bibliográfica.....	4
2.1.1	Gestão de Banco de Dados.....	4
2.1.2	Otimização e Seqüenciamento de cava.....	5
2.1.3	Técnicas atuais para o Seqüenciamento e Desenho de Cava Final.....	6
2.1.4	Técnicas atuais para o Planejamento de Médio e Curto Prazo.....	6
2.1.5	Governança Corporativa.....	7
2.2	Metodologia.....	10
2.2.1	Planos de Lavra.....	10
2.2.1.1	Premissas do Plano de Lavra.....	10
2.2.1.2	Objetivos.....	10
2.2.1.3	Pré-processamento dos Dados de Entrada.....	11
2.2.1.4	Otimização.....	12
2.2.1.5	Plano de Lavra de Longo Prazo.....	12
2.2.1.6	Plano de Lavra de Curto e Médio Prazo.....	13
2.2.2	Integração e a Natureza Cíclica do Planejamento de Lavra.....	14
2.2.2.1	Utilização de Banco de Dados Unificado.....	14
2.2.2.2	Utilização de Modernas Ferramentas de Planejamento de Lavra.....	15
2.2.2.3	Ciclo de Planejamento de Longo Prazo.....	16
2.2.2.4	Cronograma Padronizado.....	17
2.3	Estudo de Caso.....	18
2.3.1	Integração entre Softwares.....	19
2.3.2	Análise do Modelo Geológico, Econômico e Geotécnico.....	20
2.3.3	Definição das Variáveis de Entrada do Planejamento de Longo Prazo.....	20
2.3.4	Planejamento de Longo Prazo.....	21
2.3.4.1	Planejamento de Longo Prazo Otimizando o VPL.....	21
2.3.4.2	Planejamento de Longo Prazo Otimizando a Blendagem.....	23
2.3.5	Planejamento de Médio-Curto Prazo.....	26
2.3.5.1	Planejamento de Médio-Curto Prazo depois de otimizado o VPL.....	27
2.3.5.2	Planejamento de Médio-Curto Prazo depois de otimizada a Blendagem.....	29
3.	Conclusões.....	31
3.1	Análise dos Resultados do Planejamento de Longo Prazo.....	31
3.2	Análise dos Resultados do Planejamento de Médio-Curto Prazo.....	31
3.3	Análise da Integração dos Softwares.....	32
3.4	Análise do Incremento de Governança Corporativa.....	32
4.	Referências Bibliográficas.....	34

1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, a utilização de métodos computacionais no planejamento e gerenciamento de atividades de mineração tornou-se imprescindível para se obter resultados mais confiáveis, com padrões de qualidade cada vez mais exigentes. Essas exigências fazem com que as empresas de mineração busquem alternativas para otimização de seus processos produtivos, ampliando assim o leque de possibilidades para estudo e aprimoramento destes processos.

O planejamento de longo prazo é em geral executado com ferramentas computacionais avançadas (figura 1.1) proporcionando um processo automatizado, que pode ser auditado. Entretanto, o planejamento de curto e médio prazo é muitas vezes executado com programação manual em ferramentas computacionais não específicas para mineração (figura 1.2), gerando imprecisão, dificultando assim o processo de tomada de decisão, extremamente importante na gestão empresarial no competitivo mercado de mineração.

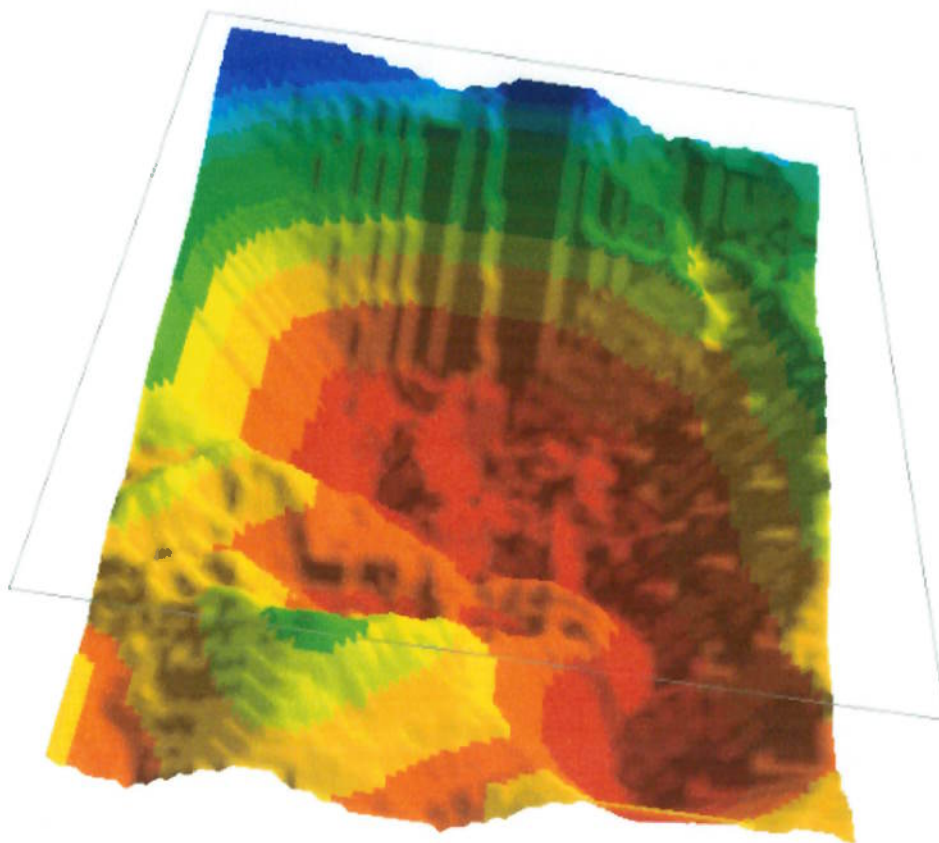
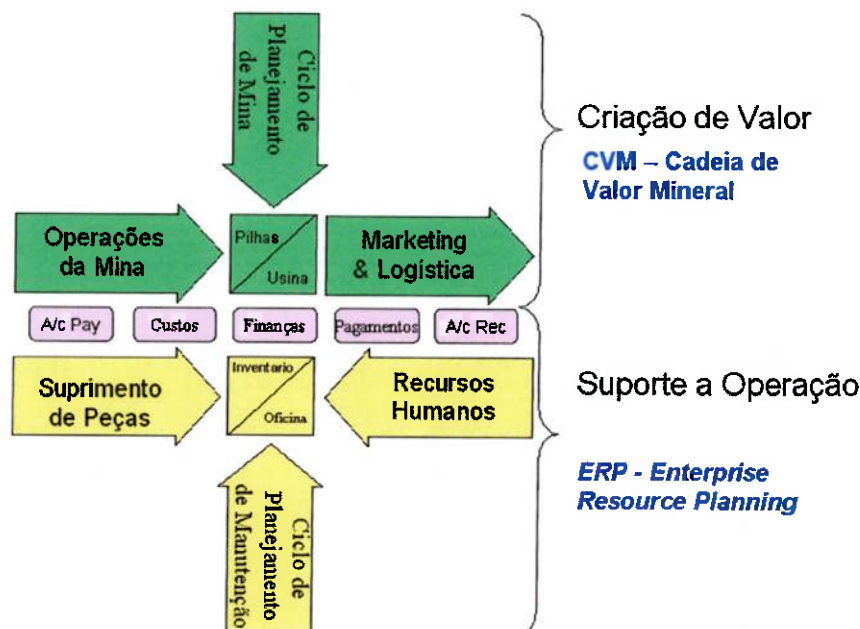


Figura 1.1 – Cava final gerada em ferramenta computacional avançada aplicada a Planejamento de Longo Prazo

#Tyler	(a1-a2)/(a1-a3)	(b1-b2)/(b1-b3)	Δ1	#Tyler	d (mm)	Alimentação (t/h)	Concentrado (t/h)	Rejeito (t/h)	Am (%)	Rec (%)
35	-5.1E-05	2.0E-05	0.01260	35	0.42	1.12%	0.29%	1.22%	23.7%	16.6%
65	4.4E-03	1.0E-01	0.08158	65	0.21	41.44%	48.99%	17.17%	23.7%	9.6%
100	9.2E-03	3.3E-02	-0.00798	100	0.149	21.14%	7.42%	25.46%	23.7%	9.3%
150	2.9E-04	3.2E-03	0.00813	150	0.105	10.66%	6.37%	11.99%	23.7%	14.2%
200	-2.0E-05	1.7E-04	0.00461	200	0.074	5.34%	4.35%	5.64%	23.7%	19.4%
270	1.8E-06	3.1E-05	-0.00101	270	0.053	3.35%	3.7%	3.22%	23.7%	26.8%
400	7.3E-02	1.2E-02	0.02920	400	0.037	8.90%	12.30%	6.26%	23.7%	46.3%
-400	-4.3E-03	2.1E-01	-0.11764	-400	0.026	8.01%	42.22%	-2.80%	23.7%	126.6%
Total	0.0E+00	0.0E+00	0.00000	Total		100.00%	100.00%	100.00%		

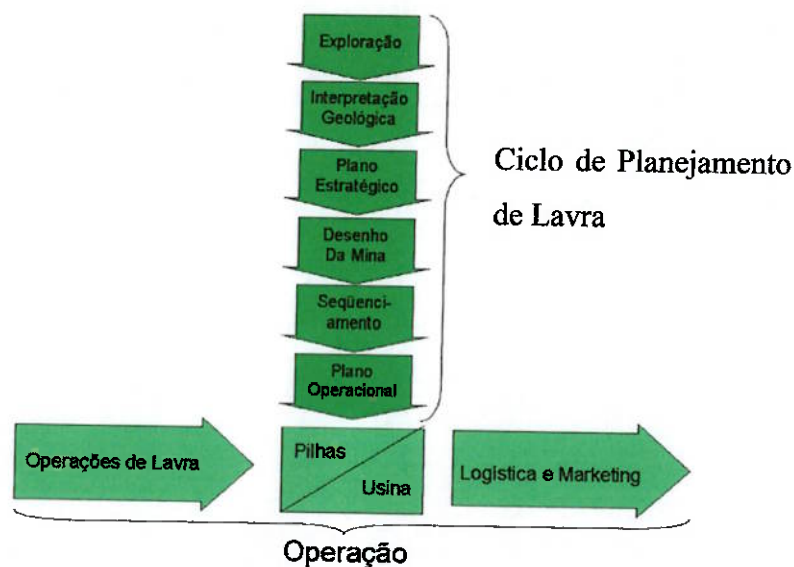
Figura 1.2 – Resultados apresentados por ferramenta computacional utilizada em Planejamento de Curto e Médio Prazo

O presente trabalho pretende atuar na cadeia de valor mineral, no ciclo de planejamento de lavra, que pode ser visto na figura 1.3 juntamente com as outras atividades desenvolvidas em uma empresa de mineração. Ao aumentar o nível de detalhamento pode ser dito que o trabalho abrange as etapas de otimização do planejamento estratégico, sequenciamento e plano operacional como pode ser visto na figura 1.4 dentro do ciclo de planejamento de lavra.



Fonte: Pelli, Ceotto e De Tomi (2004)

Figura 1.3 – Ciclo de Planejamento de Lavra dentro do contexto de uma empresa do setor mineral



Fonte: Pelli, Ceotto e De Tomi (2004)

Figura 1.4 – Detalhamento do Ciclo de Planejamento de Lavra na Cadeia de Valor Mineral

A necessidade de uma busca pela integração do planejamento de longo e médio-curto prazo visando incremento na governança corporativa, implica em automatização do processo, ou seja, utilização de ferramentas computacionais avançadas também para o planejamento de médio-curto prazo. Assim sendo, uma pesquisa nessa linha de integração é extremamente necessária na atual conjuntura de busca pela excelência no setor mineral.

Os principais objetivos deste trabalho são os seguintes:

- Revisão bibliográfica sobre as técnicas hoje existentes para gestão de banco de dados, otimização e seqüenciamento de cava, desenho de cava final, planejamento de médio e curto prazo e incremento de governança corporativa.
- Proposição de metodologia para execução de planejamento de lavra de forma padronizada, buscando formas de obter resultados mais precisos e confiáveis.
- Desenvolvimento de metodologia de planejamento de médio-curto prazo de acordo com o planejamento de longo prazo, pesquisando novos softwares que possam ser aplicados e formatos adequados para intercâmbio de informações entre os dois diferentes horizontes de planejamento, dentro dos objetivos estabelecidos de produção da mina.
- Implantação do planejamento de médio-curto prazo de acordo com a metodologia integrada ao longo prazo, proporcionando um incremento de governança corporativa através de maior transparência em auditorias por um processo facilmente reproduzível.
- Realização de estudo de caso utilizando ferramentas que estão disponíveis no mercado para o planejamento de longo prazo, e verificando a aplicabilidade de novas ferramentas para o planejamento de curto e médio prazo, criando uma metodologia para facilitar o fluxo de informações.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

2.1.1 Gestão de Banco de Dados

Um **Sistema de Informação** pode ser definido como um conjunto de componentes inter-relacionados que coleta (ou recupera), processa, armazena e distribui informação para dar suporte à tomada de decisão e ao controle da organização. Além de apoiar, coordenar e controlar a tomada de decisão, os sistemas de informação também podem ajudar os gerentes e trabalhadores a analisar problemas, visualizar assuntos complexos e criar novos produtos (De Tomi et al, 2002).

Segundo Mastrela apud Beuren (2003), os **dados** compõem a matéria prima de um produto a ser obtido, que é a informação, podendo ser expresso por diferentes formatos. A informação é o resultado obtido da lapidação de dados, ou seja, a partir do momento em que os dados são organizados, manipulados, integrados para uma finalidade específica, tem-se a produção de novas informações.

De forma simplificada pode-se então definir **informação** como sendo, segundo Laudon; Laudon (1999), dados moldados de uma forma que é significativa para os seres humanos. Assim, pode também ser definido **dado** como sendo “sucessões de fatos brutos que representam eventos que acontecem em organizações ou no ambiente físico antes de serem organizados e arrumados de uma forma que as pessoas possam entender e usar”.(LAUDON; LAUDON, 1999, p. 4).

É importante notar que a linha entre dado e informação é bastante tênue e diretamente dependente do conhecimento do usuário. Quanto maior o conhecimento da pessoa sobre um determinado assunto, mais facilmente um dado referente a este assunto pode se transformar em informação.

A principal função da informação e do conhecimento é desempenhar o papel fundamental de base para a elaboração e execução da estratégia adotada pela empresa mineral, gerando um adequado sincronismo entre as etapas do processo de gestão, erradicando as ilhas de informação, Mastrela (2003).

Conforme Mastrela apud Norton (2003), os BD's são usados para guardar e manipular dados, visando a sua transformação em informações. Esta tecnologia está normalmente aplicada a um fim determinado e efetivo no apoio à tomada de decisões.

Para a integração entre planejamento de curto e médio prazo com longo prazo e seus diversos aplicativos é essencial que tenhamos um banco de dados unificado, não gerando assim duplicidade de informações, o que acarretaria erros, dificuldades de auditoria e dificuldades operacionais, podendo transformar uma importante informação em um simples dado.

Segundo Mastrela apud Lipnack (2003), um sistema de informação eficaz fornece aos usuários informações precisas e relevantes no momento certo. É essencial a existência de uma

função especializada para tratar dos dados especificamente. Esta função deverá prever os diversos usos que poderão ser feitos a partir desse dado onde usuários e/ou aplicativos poderão utilizar estes dados contidos em um mesmo BD.

Segundo Mastrela (2003), os dados armazenados para uma aplicação poderão ser utilizados em outra, podendo combinar dados relacionados, armazenados para diversas aplicações. Esta capacidade de integração é um fator constante da economia de tempo da entrada de dados, portanto extremamente importante para uma eficiente integração do planejamento de curto e médio prazo com o planejamento de longo prazo.

2.1.2 Otimização e Seqüenciamento de cava

Segundo De Tomi e Farias (2001), o termo “Otimização” é uma palavra dentro do contexto da indústria de planejamento de lavra em particular, que vem gradualmente sendo aceita como descritiva de um conjunto de técnicas que introduzem métodos de análises matemáticas nas atividades de planejamentos. As técnicas de otimização em planejamento envolvem normalmente um processo com três estágios:

1. A criação de um modelo matemático da atividade, ou parte desta. Um modelo matemático é a coleta de variáveis, possivelmente em grande número, cujos valores definem o planejamento. As relações entre as variáveis são estabelecidas por um conjunto de equações ou inequações; estas determinam a estrutura do modelo. Um conjunto de valores para todas as variáveis que são consistentes com todas as equações é um possível planejamento. Por exemplo, as variáveis podem ser as de níveis de produção anual para a vida remanescente da mina. As equações podem então relacionar tonelagem, teores e capacidades.
2. A adoção de um critério de otimização. Este deve ser a única medida de qualidade ou performance que é de primordial importância no estabelecimento do mérito de um planejamento. Normalmente adota-se uma função de algumas variáveis no modelo, tornando-se assim possível o cálculo de um valor para o critério, associado com cada planejamento possível. Os critérios mais comumente adotados em planejamento de lavra são: VPL (Valor Presente Líquido) do empreendimento e a TIR (Taxa Interna de Retorno).
3. O desenvolvimento de um algoritmo para encontrar o conjunto de valores das variáveis do modelo, as quais aumentam o valor máximo do critério. O algoritmo pode ser alguma rotina matemática para maximização ou minimização, ou simplesmente algum procedimento de cálculo destinado a buscar por um máximo ou um mínimo.

Segundo Chausson (2004), desde a publicação do algoritmo de Lerchs e Grossmann (1965) o conceito de cava ótima vem sendo aplicado amplamente por toda a indústria mineral como forma de designar a cava, contendo o lucro máximo possível de um projeto de mina. Entretanto, com o desenvolvimento e difusão do uso dos computadores pessoais, uma série de questões e problemas foram colocados acerca da aplicação dos resultados deste e de outros algoritmos. Recentes pesquisas desenvolvidas em diversos centros especializados no mundo

tentam encontrar variações e melhorias para as técnicas atuais de otimização e seqüenciamento de cava, bem como desenvolvem alternativas para o seqüenciamento ótimo de cava, ampliando assim a visão de 'cava ótima' conforme conceito na década de 60.

Ainda segundo Chausson (2004), o seqüenciamento ótimo de cava tem que atender não somente ao maior lucro possível, mas também a restrições operacionais da mina, como ângulos máximos de talude, larguras mínimas de praça, movimentação mínima de frotas e estacionarização (Girodo et al, 2000) de teores na alimentação da usina.

2.1.3 Técnicas atuais para o Seqüenciamento e Desenho de Cava Final

Segundo Chausson (2004), dentro das técnicas mais utilizadas atualmente, a lavra de minas a céu aberto é feita utilizando-se uma das seguintes estratégias para a determinação do desenho e seqüenciamento da cava final:

1. A forma da cava final é determinada e o processo de extração é seqüenciado usando planilhas adaptadas ou softwares criados na própria empresa, os quais freqüentemente utilizam técnicas de programação linear para satisfazer requerimentos de produção de curto prazo da mina;
2. A forma da cava final é determinada e o processo de extração é seqüenciado, usando um dos seqüenciadores heurísticos disponíveis;
3. A forma da cava final é determinada; dela, uma série de cavas incrementais é derivada e o processo de extração é seqüenciado dentro dos limites das cavas incrementais;
4. A cava final e a seqüência de lavra são derivadas concomitantemente.

2.1.4 Técnicas atuais para o Planejamento de Médio e Curto Prazo

Antes de qualquer coisa é importante que seja definido o que é planejar. Segundo Maximiano (2004), pensar e agir em relação ao futuro é a essência do planejamento, portanto planejar é tomar decisões em relação ao futuro. Um das razões para planejar é lidar com a incerteza do futuro, sendo que é possível prever, com maior ou menor precisão, os fatos futuros e seus efeitos. Portanto, nada melhor que se preparar para eles, em vez de se deixar atropelar por eles.

Segundo Farias (2003), concluído o planejamento de longo prazo sendo garantido o controle de qualidade ao longo da vida útil da mina, a etapa seguinte é o planejamento de médio e curto prazo, trabalhando-se com períodos mensais e semanais em etapa posterior.

Os procedimentos geralmente utilizados nas rotinas de planejamento de médio e curto prazo são os seguintes:

1. Identificação e separação dos blocos referentes ao período que se deseja trabalhar no médio prazo, por exemplo, o primeiro ano do planejamento de longo prazo.
2. Definição da produção desejada e das variáveis de controle.
3. Definição dos parâmetros operacionais, tais como número de frentes de lavra, produtividade de equipamentos, etc.
4. Utilização de planilhas adaptadas ou de programas simplificados com análise de modelo de blocos.
5. Importação dos resultados para o gerenciador de informações.

Estes procedimentos são cíclicos, passando do anual para o mensal, do mensal para o semanal e assim por diante.

2.1.5 Governança Corporativa

Segundo o Instituto Brasileiro de Governança Corporativa, governança corporativa é o sistema pelo qual as sociedades são dirigidas e monitoradas, envolvendo os relacionamentos entre Acionistas/Cotistas, Conselho de Administração, Diretoria, Auditoria Independente e Conselho Fiscal. As boas práticas de governança corporativa têm a finalidade de aumentar o valor da sociedade, facilitar seu acesso ao capital e contribuir para a sua perenidade.

A expressão é designada para abranger os assuntos relativos ao poder de controle e direção de uma empresa, bem como as diferentes formas e esferas de seu exercício e os diversos interesses que, de alguma forma, estão ligados à vida das sociedades comerciais.

Governança corporativa é valor, apesar de, por si só, não criá-lo. Isto somente ocorre quando ao lado de uma boa governança temos também um negócio de qualidade, lucrativo e bem administrado. Neste caso, a boa governança permitirá uma administração ainda melhor, em benefício de todos os acionistas e daqueles que lidam com a empresa.

Na teoria econômica tradicional, a governança corporativa surge para procurar superar o chamado “conflito de agência”, presente a partir do fenômeno da separação entre a propriedade e a gestão empresarial. O “principal”, titular da propriedade, delega ao “agente” o poder de decisão sobre essa propriedade. A partir daí surgem os chamados conflitos de agência, pois os interesses daquele que administra a propriedade nem sempre estão alinhados com os de seu titular. Sob a perspectiva da teoria da agência, a preocupação maior é criar mecanismos eficientes (sistemas de monitoramento e incentivos) para garantir que o comportamento dos executivos esteja alinhado com o interesse dos acionistas.

A boa governança corporativa proporciona aos proprietários (acionistas ou cotistas) a gestão estratégica de sua empresa e a efetiva monitoração da direção executiva. As principais ferramentas que asseguram o controle da propriedade sobre a gestão são o Conselho de Administração, a Auditoria Independente e o Conselho Fiscal.

A empresa que opta pelas boas práticas de governança corporativa adota como linhas mestras transparência, prestação de contas (“accountability”) e equidade. Para que essa tríade esteja presente em suas diretrizes de governo, é necessário que o Conselho de Administração, representante dos proprietários do capital (acionistas ou cotistas), exerça seu papel na organização, que consiste especialmente em estabelecer estratégias para a empresa, eleger a Diretoria, fiscalizar e avaliar o desempenho da gestão e escolher a auditoria independente. No entanto, nem sempre as empresas contam com conselheiros qualificados para o cargo e que exerçam, de fato, sua função legal. Essa deficiência tem sido a raiz de grande parte dos problemas e fracassos nas empresas, na maioria das vezes decorrentes de abusos de poder (do acionista controlador sobre minoritários, da Diretoria sobre o acionista e dos administradores sobre terceiros), erros estratégicos (decorrentes de muito poder concentrado numa só pessoa, normalmente o executivo principal), ou fraudes (uso de informação privilegiada em benefício próprio, atuação em conflito de interesses).

Em resposta a esse cenário, o movimento de governança corporativa ganhou força nos últimos dez anos, tendo nascido e crescido, originalmente, nos Estados Unidos e na Inglaterra e, a seguir, se espalhando por muitos outros países.

No Brasil, os conselheiros profissionais e independentes começaram a surgir basicamente em resposta à necessidade de atrair capitais e fontes de financiamento para a atividade empresarial, o que foi acelerado pelo processo de globalização e pelas privatizações de empresas estatais no país.

Hoje, o mercado de capitais, as empresas, os investidores e a mídia especializada já se utilizam habitualmente da expressão governança corporativa, mencionam e consideram as boas práticas de governança em sua estratégia de negócios. Um dos principais responsáveis por essa nova realidade é o IBGC, ou seja, Instituto Brasileiro de Governança Corporativa.

Atualmente, diversos organismos e instituições internacionais, priorizam a governança corporativa, relacionando-a a um ambiente institucional equilibrado, à política macroeconômica de boa qualidade e, assim, estimulando sua adoção em nível internacional.

- O G7, grupo das nações mais ricas do mundo considera a governança corporativa o mais novo pilar da arquitetura econômica global.
- A OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico) desenvolveu uma lista de Princípios de Governança Corporativa e promove periodicamente, em diversos países, mesas de discussão e avaliação do desenvolvimento da governança. Também lançou, junto com o Banco Mundial, em setembro de 1999, o “Global Corporate Governance Forum”, com o objetivo de dar abrangência, importância e visibilidade mundial ao tema.
- Banco Mundial e FMI consideram a adoção de boas práticas de governança corporativa como parte da recuperação dos mercados mundiais, abatidos por sucessivas crises em seus mercados de capitais. Praticamente em todos os países surgiram instituições dedicadas a promover debates em torno da governança corporativa.

Em junho de 2000, a McKinsey & Co, em parceria com o Banco Mundial conduziu uma pesquisa (“Investors Opinion Survey”) junto a investidores, representando um total de

carteira superior a US\$ 1.650 bilhões, destinada a detectar e medir eventuais acréscimos de valor às companhias que adotassem boas práticas de governança corporativa. Apurou-se que os investidores pagariam entre 18% e 28% a mais por ações de empresas que adotam melhores práticas de administração e transparência. Algumas outras das conclusões dessa pesquisa:

- Os direitos dos acionistas foram classificados como a questão mais importante de governança corporativa da América Latina;
- Três quartos dos investidores dizem que as práticas do conselho de administração são pelo menos tão importantes quanto a performance financeira quando estão avaliando companhias para investimentos. Na América Latina, quase metade dos respondentes considera que as práticas de conselho de administração são mais importantes que a performance financeira;
- Na América Latina e na Ásia, onde os relatórios financeiros são limitados e freqüentemente de má qualidade, os investidores preferem não confiar apenas em números. Eles acreditam que seus investimentos estarão mais bem protegidos por companhias com boa governança que respeitem direitos dos acionistas;
- A qualidade da administração da companhia não raro é mais importante do que questões financeiras nas decisões sobre investimentos.

Com todas essas justificativas pode ser visto como é importante existir uma integração entre planejamento de médio-curto prazo e longo prazo visando um incremento na governança corporativa na mineração e não somente resultados financeiros, trazendo assim maior transparência e auditabilidade, além de proporcionar uma prestação de contas mais efetiva e uma melhora no poder de decisão empresarial.

2.2 Metodologia

2.2.1 Planos de Lavra

2.2.1.1 Premissas do Plano de Lavra

Planos de lavra requerem um ponto de início e esse ponto são as premissas do plano de lavra. Essas premissas são críticas para definir a vida de uma mina e sem elas é impossível gerar um plano de lavra condizente com a realidade. As premissas incluem:

- Estratégia da empresa;
- Restrições operacionais;
 - Gargalos de processo
 - Restrições de acessibilidade
 - Restrições técnicas
 - Restrições contratuais (qualidade do produto)
 - Restrições de blendagem (teor mínimo de um elemento)
- Medidas financeiras de performance;
 - Retorno de capital empregado
 - Custo unitário
 - Mínimo VPL (valor presente líquido)
- Hipóteses financeiras;
 - Preços do bem mineral
 - Taxa de câmbio (importante para empresas multinacionais)
 - Taxas de juros
 - Taxas de inflação
 - Taxas de desconto
- Outros.
 - Manter a planta com alimentação máxima (redução por economia de escala do custo do processo)
 - Lógica de Planejamento de Lavra (ordem a ser seguida)

2.2.1.2 Objetivos

Inicialmente a empresa deve definir seus objetivos estratégicos com relação ao mercado, por exemplo, se quer manter sua participação no mercado ou ainda aumentá-la.

Tendo definido os objetivos estratégicos da empresa, o plano de lavra precisa mostrar como conciliar isso com as premissas, ou em outras palavras, como passar da performance atual para a desejada. Isso pode ser feito através de uma estratégia de investimentos que deve apresentar retornos futuros provados e em cada investimento devem ser apresentados os fatores críticos de sucesso, as variáveis e hipóteses adotadas.

2.2.1.3 Pré-processamento dos Dados de Entrada

A vida de um plano de lavra precisa refletir um entendimento do patrimônio da empresa. Para se obter um entendimento adequado cada componente precisa ser definido e analisado individualmente e coletivamente. Devem ser analisadas as forças e fraquezas de cada componente. Além disso, é importante que sejam identificadas oportunidades e riscos associados às diversas atividades realizadas, e as formas de minimizarmos os riscos ou realizar as oportunidades.

O patrimônio para análise em um plano de lavra pode ser definido como:

- O corpo de minério até onde ele é atualmente conhecido
- Possíveis extensões do corpo de minério, ou de outros corpos de minério dentro da concessão da empresa
- A infra-estrutura física, como usina, tecnologia e equipamentos
- Os recursos humanos
- O ambiente de operação (legal, ambiental, financeiro e comercial).

As áreas da empresa que devem ser analisadas são:

- Geologia
- Pesquisa Mineral
- Engenharia (Infra-Estrutura)
- Recursos humanos
- Mina
- Metalurgia
- Higiene, Segurança e Meio-Ambiente
- Finanças
- Legal
- Comercial
- Marketing e Vendas

Ao analisar a área de mina e metalurgia deve-se estar atento para as restrições operacionais, que afetam os fatores de recuperação, a diluição e as perdas de minério, impactando nos custos operacionais. Com o pleno conhecimento das restrições operacionais, gargalos e objetivos pode ser realizada uma otimização através de modificações que podem gerar melhoras nessas restrições.

Na área de finanças e vendas, análises para curto e médio prazo (menos que cinco anos) e longo prazo (mais que cinco anos) do preço de equilíbrio do produto devem ser feitas com cuidado, já que é sabido que um dos fatores preponderantes no aumento ou diminuição do Valor Presente Líquido de um empreendimento é o preço de venda do produto.

Com objetivo de se desenvolver um plano ótimo de lavra, um processo iterativo deve ser seguido e devem ser utilizadas técnicas numéricas de modelagem. Isso requer o desenvolvimento de modelos numéricos:

- Na área de geologia - o Modelo de Blocos
- Em conjunto de diversas áreas – o Modelo de Custos
- Na área de finanças – o Modelo de Fluxo de Caixa.

Resumidamente pode ser afirmado que a sequência ótima para geração dos dados de entrada para o planejamento de lavra é:

1. Definição de todas as premissas do plano de lavra;
2. Realização de análises de pontos fortes e fracos de cada área, além de riscos e oportunidades associados;
3. Construção dos modelos matemáticos acima citados;
4. Geração de parâmetros como custos em cada parte do processo, função benefício, cronogramas, planos de ação, entre outros.

Todos os dados de entrada (parâmetros) gerados nessa fase serão utilizados na otimização do plano de lavra da empresa, por isso é de extrema importância que todo o processo até aqui realizado possa ser auditado e repetido, demonstrando assim a transparência da empresa, gerando um aumento de governança corporativa.

2.2.1.4 Otimização

Na otimização são utilizados os dados de entrada gerados na fase anterior que depois de processados produzem um resultado. Uma empresa geralmente maximiza o VPL, mas existem casos onde pode ser melhorada a blendagem para obter uma redução de custos na usina, e assim podendo proporcionar maior lucro final.

Para essa otimização serão utilizados softwares que usam o algoritmo de Lerchs-Grossmann para obtenção do máximo VPL na extração dos diversos blocos da mina. Dentre os softwares se destacam o NPV Scheduler, do grupo Earthworks, e o Whittle que usam o mesmo algoritmo, portanto apresentam os mesmos resultados. Eles se diferenciam pela interface com o usuário, ou seja, somente pela interface gráfica e forma de inserção dos dados de entrada.

Os parâmetros de entrada utilizados na otimização são:

- Modelo de Blocos
- Calendário de Produção com massas, teores, blendagem necessária, fatores de mina e metalúrgicos
- Modelo de Custos
- Hipóteses Financeiras
- Modelo de Fluxo de Caixa.

A otimização, se feita de forma adequada, pode gerar diversos cenários com múltiplas combinações de dados de entrada, implicando em um melhor poder de tomada de decisão na seleção da melhor alternativa. A conjunção de melhoria no poder de tomada de decisão com um processo que pode ser repetido facilmente gera um incremento de governança corporativa.

2.2.1.5 Plano de Lavra de Longo Prazo

O plano de lavra de longo prazo, ou plano de vida de mina (LOM = “Life of Mine”), deve ser produzido de maneira que satisfaça as necessidades da empresa em auditorias internas e externas, podendo ser utilizado para demonstrar a boa governança corporativa. Esses planos provêm uma análise extremamente útil para avaliar os objetivos da empresa e os

orçamentos de investimentos. Além disso, os planos de lavra fornecem informações para avaliação do valor das ações da empresa.

Os planos de lavra de longo prazo em geral apresentam um horizonte maior que cinco anos, entretanto este horizonte pode ser adaptado de acordo com a vida da mina que está sendo planejada.

É necessário o desenvolvimento de um conjunto de planos de vida de mina, ou seja, um caso base e planos alternativos a esse caso base. Uma dessas alternativas, que pode ser o caso base ou não, precisa ser selecionada para representar o plano de vida de mina 1 (LOM1).

Durante o processo de planejamento será gerado um plano de vida de mina atualizado (LOM2). Este plano deve estar em consenso com o comitê executivo da empresa e alguns parâmetros deverão ser analisados nos futuros planos tais como:

- Recursos minerais/ Reservas disponíveis
- Massas e teores da produção
- Fatores de mina e de metalurgia
- Produto final produzido
- Custos operacionais e de capital
- Fluxo de caixa anual
- Medidas de performance financeira

O próximo passo será identificar a reserva disponível para ser lavrada no novo plano de vida da mina (LOM2). Assim sendo, deve ser calculado o teor de corte baseado em dados atualizados de custos unitários, preço do bem mineral, e hipóteses adotadas nas premissas do plano de lavra. A reserva planejada dará uma projeção de teor e massas que podem ser lavradas no corpo de minério.

Depois de ter as reservas determinadas, deve ser analisada a capacidade de produção atual e futura. Nesse momento serão analisadas também as restrições de logística, a infraestrutura existente, o grau de exposição do corpo de minério e a blendagem possível nas atuais condições para que determinemos a taxa de produção que pode ser atingida. A partir disso, devem ser dimensionados investimentos para aumento dessa taxa de produção para atingir o objetivo futuro, mediante desenvolvimento de recursos humanos, construção de melhor infra-estrutura, aquisição de equipamentos, desenvolvimento de novas tecnologias, retirada de estéril para expor mais o corpo de minério.

2.2.1.6 Plano de Lavra de Curto e Médio Prazo

O plano de lavra de médio prazo em geral apresenta um horizonte de até cinco anos, entretanto este horizonte pode ser adaptado de acordo com a vida da mina. Os planos de curto prazo em geral apresentam um horizonte de um ano podendo ser subdivididos em menores espaços temporais até atingir o objetivo delimitado. Os principais objetivos dos planos de lavra de médio e curto prazo são:

- Prover um entendimento da estratégia necessária para proporcionar uma exploração da forma mais otimizada possível

- Demonstrar que o risco pode ser gerenciado dentro de níveis toleráveis o que comprova a necessidade de um incremento de governança corporativa na empresa.

Alguns fatores precisam ser quantificados em um horizonte de cinco anos dentre os quais podem ser citados: exposição do corpo de minério, taxa de produção, sequência de lavra e necessidades de blendagem.

O plano de médio prazo deve quantificar financeiramente expansões da mina, assim como reposição de equipamentos e risco para o capital, e confirmar se esses investimentos vão de encontro às necessidades da empresa.

Os pontos chave de produção e os parâmetros financeiros que devem ser analisados detalhadamente nos planos de curto e médio prazo são:

- Relação estéril minério;
- Taxas de produção: massas, teores, e blendagens;
- Fatores de mina;
- Fatores metalúrgicos;
- Produção a ser realizada;
- Custo unitário;
- Preços do bem mineral, taxas de câmbio, taxa de juros;
- Investimentos necessários;
- Fluxo de caixa anual;
- Taxa de desconto e Inflação;
- Medidas financeiras de performance.

A análise desses dados dos planos de lavra de curto e médio prazo confirmará se os objetivos financeiros da empresa podem ser atingidos de forma segura ou se precisamos realizar mais ajustes com relação ao fluxo de caixa. Os objetivos de produção e de custos depois de atingidos formam a base para se iniciar o detalhamento dos planos de lavra.

2.2.2 Integração e a Natureza Cíclica do Planejamento de Lavra

2.2.2.1 Utilização de Banco de Dados Unificado

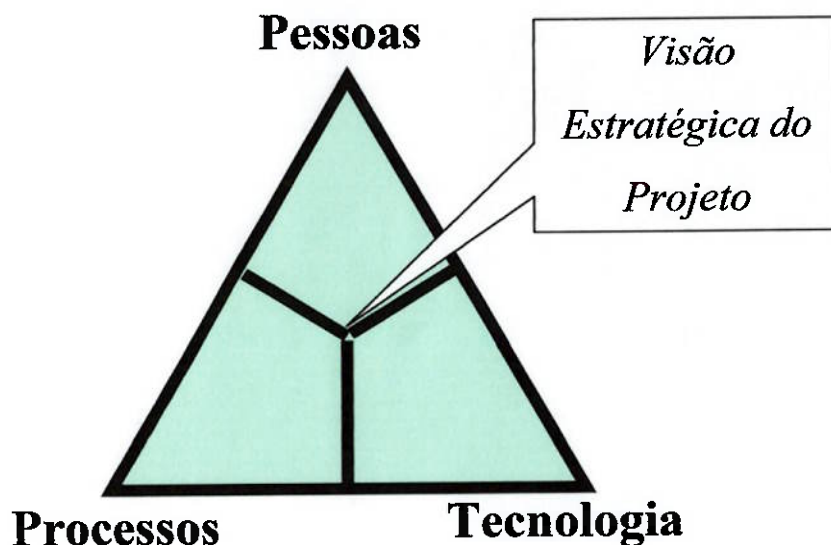
A equipe de planejamento de lavra construirá um banco de dados que deverá ser utilizado em conjunto por todos seus integrantes, os quais não devem reter dados em seus computadores sem compartilhamento, o que evita que o mesmo trabalho seja feito mais de uma vez. Além disso, com várias pessoas consultando o mesmo banco de dados a chance de identificação de erros é muito maior.

Com isso as informações geradas serão mais confiáveis e transparentes o que incrementa a governança corporativa dentro da empresa, através de uma redução dos riscos associados aos erros humanos, que podem existir devido à dualidade de informações em um banco de dados.

2.2.2.2 Utilização de Modernas Ferramentas de Planejamento de Lavra

A utilização de softwares de última geração criados especificamente para o planejamento de lavra facilitará os trabalhos necessários para a realização de um bom plano de lavra.

Ao analisar um projeto devemos dividi-lo em três pontos de sustentação: pessoas, processo e tecnologia, sendo cada um essencial para o sucesso de um projeto de planejamento de lavra (figura 2.1), portanto de nada adianta termos pessoas competentes, com um processo conhecido se não tivermos a tecnologia adequada.



Fonte: De Tomi (2004)

Figura 2.1 – Pontos de sustentação (pessoas, processo e tecnologia) para eficiência de um projeto

Dentro do planejamento de longo prazo, a utilização de softwares com o algoritmo de Lerchs-Grossmann permitirá a execução de planos de lavra com imensa precisão, já que as operações são automatizadas, eliminando a possibilidade de erros em complexos cálculos, ou seja, depois de preparados os dados de entrada, as operações matemáticas são feitas computacionalmente. Geralmente as empresas já utilizam esse tipo de software dentro da mineração no planejamento de longo prazo, mas o que acontece no planejamento de médio e curto prazo?

Geralmente são utilizadas ferramentas que não foram criadas especificamente para mineração no planejamento de médio e curto prazo, ou então são utilizadas ferramentas criadas para o planejamento de médio e curto prazo, mas que apresentam interfaces pouco amigáveis, o que dificulta o trabalho de equipe de planejamento de lavra. Assim, para a integração completa das etapas de planejamento de lavra devem ser utilizadas ferramentas compatíveis tecnologicamente e que apresentem recursos criados para mineração com interface amigável.

Como o planejamento de longo prazo geralmente já é feito com modernos softwares, este projeto propõe a adoção de ferramentas de mesmo nível no planejamento de médio-curto prazo. Um exemplo de ferramenta para o planejamento de médio-curto prazo é o Operation

Scheduler, que utiliza as informações de saída dos softwares de planejamento de longo prazo existentes no mercado como informações de entrada. Assim, podem ser gerados planos quinzenais, anuais e mensais de lavra de forma quase que totalmente automatizada, concentrando a equipe de planejamento de lavra no processo de tomada de decisão, o que é essencial para a melhora da governança corporativa na mineração.

2.2.2.3 Ciclo de Planejamento de Longo Prazo

O planejamento de longo prazo deve ser feito ao longo do ano seguindo diversos passos, subdividindo o trabalho. A adoção da subdivisão do trabalho facilita a execução de um plano de lavra de longo prazo, reduzindo a possibilidade de existirem erros. Além disso, a propagação de erros é reduzida, já que a cada etapa devem ser revisados os parâmetros de entrada e de saída.

As subdivisões do plano de lavra de longo prazo que devem ser executadas ao longo de um ano são:

- 1) Inventário da jazida (Janeiro)
- 2) Atualizações de reservas e revisão de custos/receitas (Fevereiro)
- 3) Seqüenciamento e revisão da vida útil (Março)
- 4) Revisão de previsões e análise financeira de longo prazo (Abril)
- 5) Consolidação corporativa do planejamento de lavra (Maio)
- 6) Plano de longo prazo e programação de capital (Junho/Julho)
- 7) Plano para o orçamento do próximo ano (Agosto)
- 8) Orçamento do próximo ano contendo novos custos e receitas (Setembro)
- 9) Aprovação da diretoria (Outubro/Novembro)

Vale ressaltar que tendo o planejamento de lavra natureza cíclica, o plano de lavra de longo prazo deve ser executado anualmente. Os meses sugeridos podem ser alterados vindo de encontro aos interesses da empresa, mas sem esquecer que de forma proporcional, ou seja, se seu inventário de jazida começar um mês depois de janeiro, todas as etapas serão atrasadas em um mês mantendo-se assim os onze meses necessários para o planejamento de longo prazo com um mês de folga.

A subdivisão do trabalho e a natureza cíclica do planejamento de lavra de longo prazo podem ser vistos na figura 2.2.



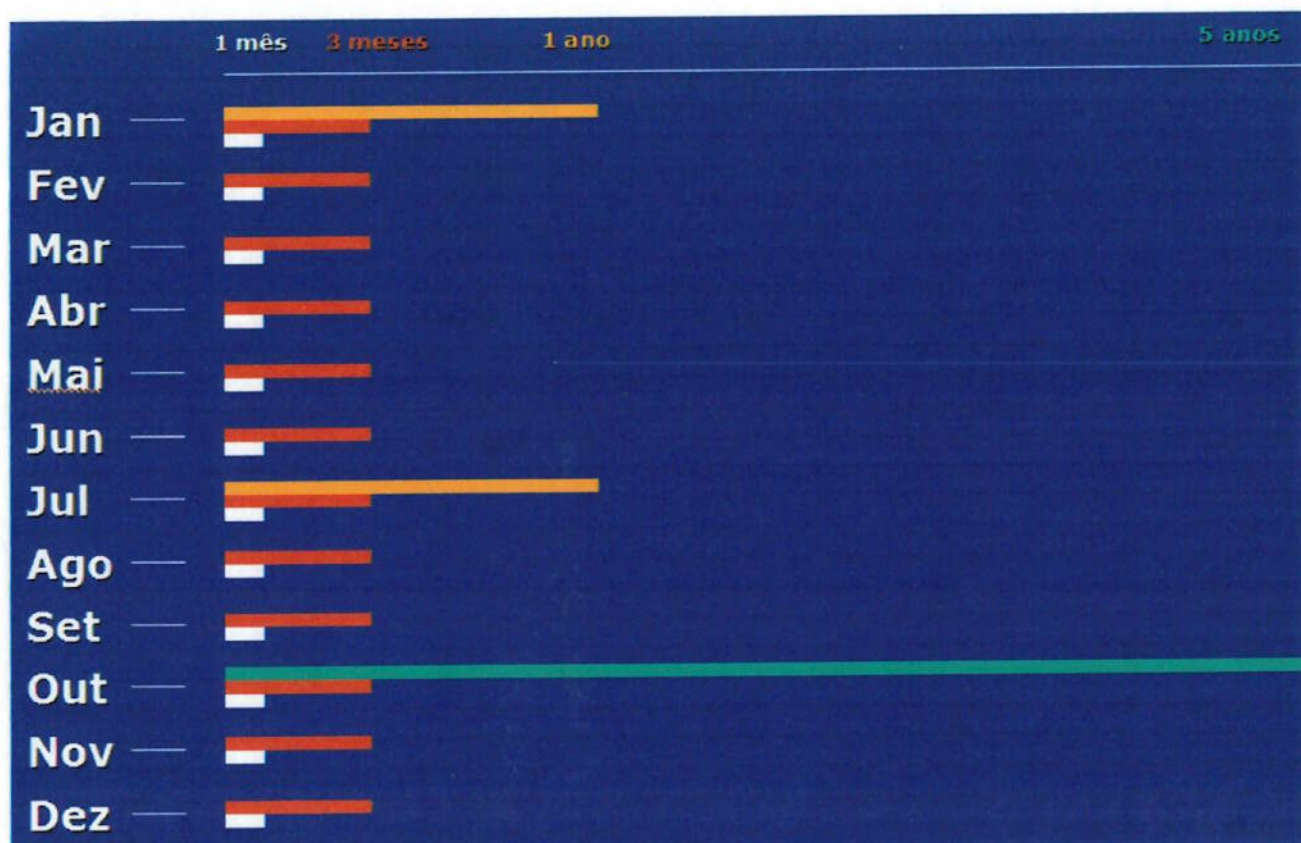
Fonte: De Tomi (2004)

Figura 2.2 – Subdivisão do trabalho e natureza cíclica do planejamento de longo prazo

2.2.2.4 Cronograma Padronizado

Para um funcionamento eficiente do planejamento de lavra de médio e curto prazo devemos ter uma constante revisão. Os planos mensais devem ser revisados ao longo do mês juntamente com os planos trimestrais. Já os planos anuais devem ser revisados duas vezes ao ano com espaçamento de seis meses e o plano quinquenal deve ser revisado anualmente.

Sendo assim, é proposto um cronograma unificado (figura 2.3) com a distribuição desses planos de lavra ao longo dos meses de um ano, padronizando assim o trabalho da equipe de planejamento de lavra, facilitando as auditorias do sistema de planejamento de lavra. Pode ser visto que o plano quinquenal está sendo feito no mês de outubro e os planos anuais em janeiro e julho, mas essas datas podem ser alteradas vindo de encontro às necessidades da empresa.



Fonte: De Tomi (2004)

Figura 2.3 – Cronograma proposto para a execução dos planos de lavra a cada mês ao longo de um ano (jan-dez) para o planejamento de curto, médio e longo prazo

2.3 Estudo de Caso

O estudo de caso foi realizado junto a uma empresa no setor de metais básicos localizada no Brasil. Foram realizadas as seguintes etapas:

1. Análise do modelo geológico, econômico e geotécnico fornecido pela empresa
2. Definição das variáveis de entrada para o planejamento de longo prazo
3. Execução de Planejamento de Longo Prazo para uma área piloto otimizando o Valor Presente Líquido
4. Execução de Planejamento de Longo Prazo para uma área piloto otimizando a Blendagem
5. Execução de Planejamento de Médio-Curto Prazo utilizando o resultado do planejamento de longo prazo otimizado por VPL
6. Execução de Planejamento de Médio-Curto Prazo utilizando o resultado do planejamento de longo prazo otimizado por Blendagem

2.3.1 Integração entre Softwares

Foi definido que para revisão do modelo geológico fornecido pela empresa será utilizado o software Datamine Studio. Para o planejamento de longo prazo será utilizado o software NPV Scheduler e para o planejamento de curto e médio prazo será utilizado o software Operation Scheduler, todos da Datamine Corporate. Estas ferramentas computacionais foram escolhidas primeiramente por serem compatíveis entre si podendo haver um excelente intercâmbio de informação.

Os softwares Datamine Studio e NPV Scheduler já são reconhecidos no mercado por sua qualidade e este é mais um motivo para sua escolha. Já o software Operation Scheduler foi escolhido por seu caráter inovador proporcionado por suas novas ferramentas para o planejamento de curto e médio prazo. Um diagrama simplificado com os softwares utilizados e suas funções básicas pode ser visto na figura 2.4.

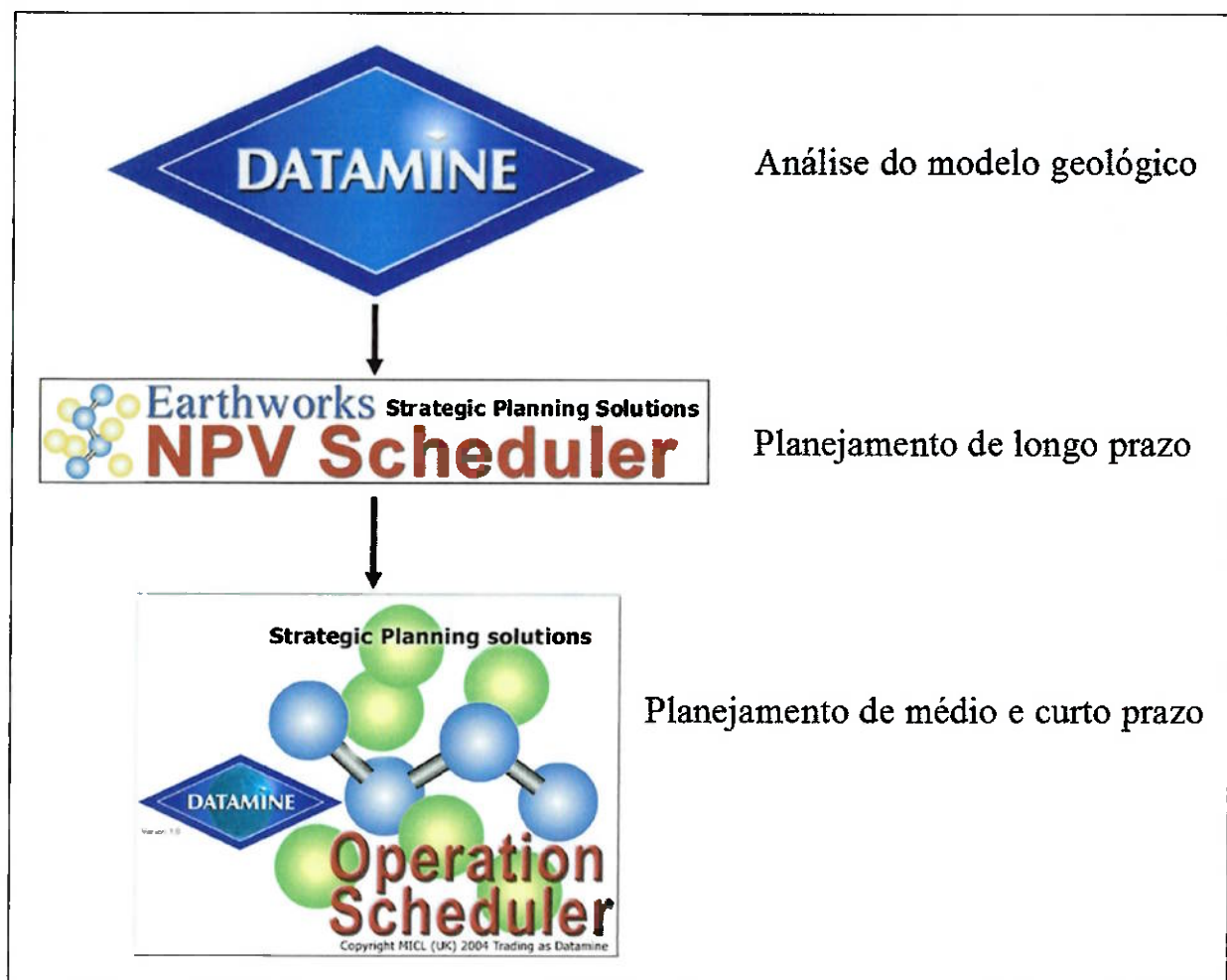


Figura 2.4 – Softwares utilizados para o estudo de caso nas etapas de análise do modelo geológico e execução dos planejamentos de curto, médio e longo prazo

2.3.2 Análise do Modelo Geológico, Econômico e Geotécnico

A primeira etapa do estudo de caso foi a análise do modelo geológico fornecido pela empresa. Com base nos teores de Níquel, Ferro, Sílica e Óxido de Magnésio foram definidas as litologias presentes na jazida que podem ser vistas na tabela 2.1.

LITOLOGIA	ROCK NUMBER (utilizado pelo software para diferenciar uma rocha de outra)
Laterita	100
Minério Básico	200
Minério Ácido	250
Estéril Interno	300
Calcedônia	350
Rocha Fresca	400

Tabela 2.1 – Litologias presentes no modelo geológico com seus respectivos números de identificação

O modelo de blocos foi examinado em Datamine e sua consistência foi comprovada, podendo assim alimentar o software de planejamento de longo prazo nas próximas etapas.

Os modelo econômico apresentado pela empresa forneceu seguintes parâmetros:

- Preço do produto: 6613,800 US\$/tonelada de produto
- Custo de venda: 242,50 US\$/tonelada de produto
- Custo de lavra: 1,577 US\$/tonelada de ROM (“run of mine”)
- Custo de processamento: 51,804 US\$/tonelada de ROM (“run of mine”)
- Recuperação do processo metalúrgico: 95%
- Taxa de desconto anual: 10%

O modelo geotécnico apresentado pela empresa forneceu os seguintes parâmetros:

- Bancada: 5 metros
- Berma: 5 metros
- Ângulo de face: 90 graus
- Ângulo geral da lavra: 44 graus

2.3.3 Definição das Variáveis de Entrada do Planejamento de Longo Prazo

Para realizar o planejamento de longo prazo devemos definir inicialmente a produção necessária para alimentar a planta, que no caso desta empresa é de 528.000 toneladas por ano.

Para a realização do planejamento de longo prazo optou-se por fazer um caso base que seria a otimização por valor presente líquido (VPL), e um caso 2 que seria a otimização por blendagem, para comparação dos resultados.

O próximo passo é a análise das restrições operacionais para melhor definir os alvos do planejamento de longo prazo. A principal restrição operacional apresentada pela empresa relativa ao seu processo metalúrgico é a relação SiO_2/MgO que deve ser de 1,63. Definiu-se como alvo uma relação $\text{SiO}_2/\text{MgO} = 1,63 \pm 0,05$.

Na mina é importante que a produção de minério e estéril sofra pequenas oscilações para que não se tenha que super dimensionar a frota. Para essa análise defini que a relação estéril/minério deve ser de $1,3 \pm 0,2$ para otimização por blendagem e de $0,8 \pm 0,1$ para otimização por VPL, ou seja, variar no máximo 15% aproximadamente. A diferença desses números está no fato de que ao buscar uma melhor blendagem deve-se retirar mais estéril para expor mais o corpo de minério e assim maximizar as opções de blendagem o que não ocorre na otimização por VPL.

2.3.4 Planejamento de Longo Prazo

Utilizando o software NPV Scheduler obteve-se o resultado da otimização e seqüenciamento de longo prazo a partir da entrada de diversos parâmetros. Primeiramente inseriu-se o modelo de blocos fornecido pela empresa e identifiquei as diversas litologias existentes no modelo. Após isso, foram inseridos os parâmetros econômicos e geotécnicos para obtenção da cava final. Trabalhando com os alvos, ou seja, a relação SiO_2/MgO e estéril/minério, obteve-se o seqüenciamento da lavra para o longo prazo.

2.3.4.1 Planejamento de Longo Prazo Otimizando o VPL

Com a otimização de longo prazo por Valor Presente Líquido (VPL) obteve-se a cava final (figura 2.5) a partir da otimização que utiliza o algoritmo de Lerchs-Grossmann, ou seja, são retirados todos os blocos que propiciem lucro levando-se em conta os blocos superiores que também terão que ser retirados.

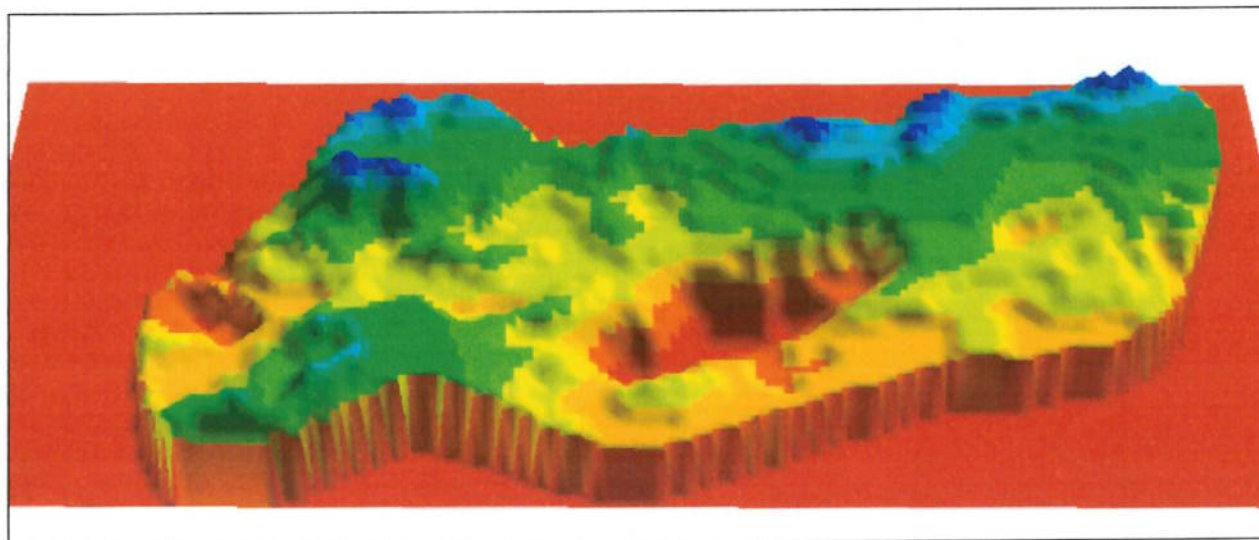


Figura 2.5 – Cava final gerada pelo software NPV Scheduler para otimização por VPL

Ao realizar a otimização por Valor Presente Líquido (VPL) o software não conseguiu encontrar solução para a relação SiO_2/MgO e “relaxou” as metas fugindo do resultado desejado. A relação SiO_2/MgO foi elevada para o patamar médio de 2,1, como pode ser visto na figura 2.6. Quanto à relação estéril/minério o resultado obtido foi satisfatório como pode ser visto na figura 2.7 e manteve-se na média de 0,8.

O fato de não alcançar o objetivo para relação SiO_2/MgO sugere que realmente seja feita uma otimização por blendagem como foi planejado para o caso 2, dado que a relação é uma restrição da usina metalúrgica e não existe a possibilidade de processamento de um minério com relação SiO_2/MgO tão alta.

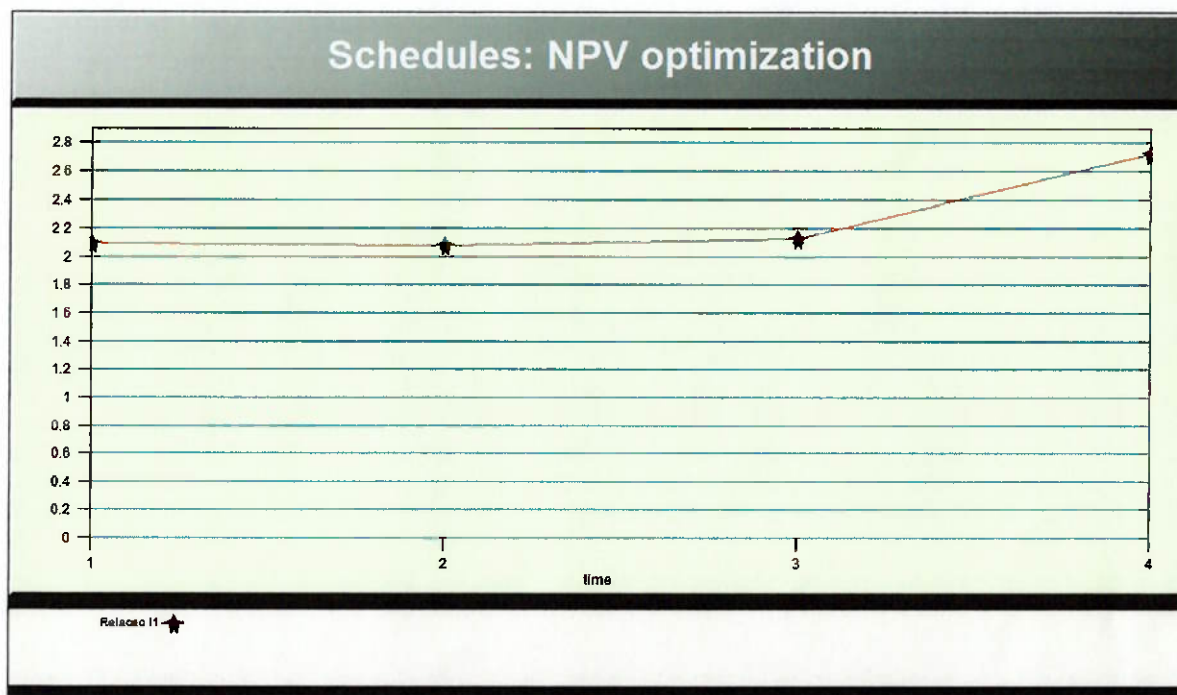


Figura 2.6 – Variação da relação SiO_2/MgO para otimização por VPL ao longo dos quatro anos de vida da área

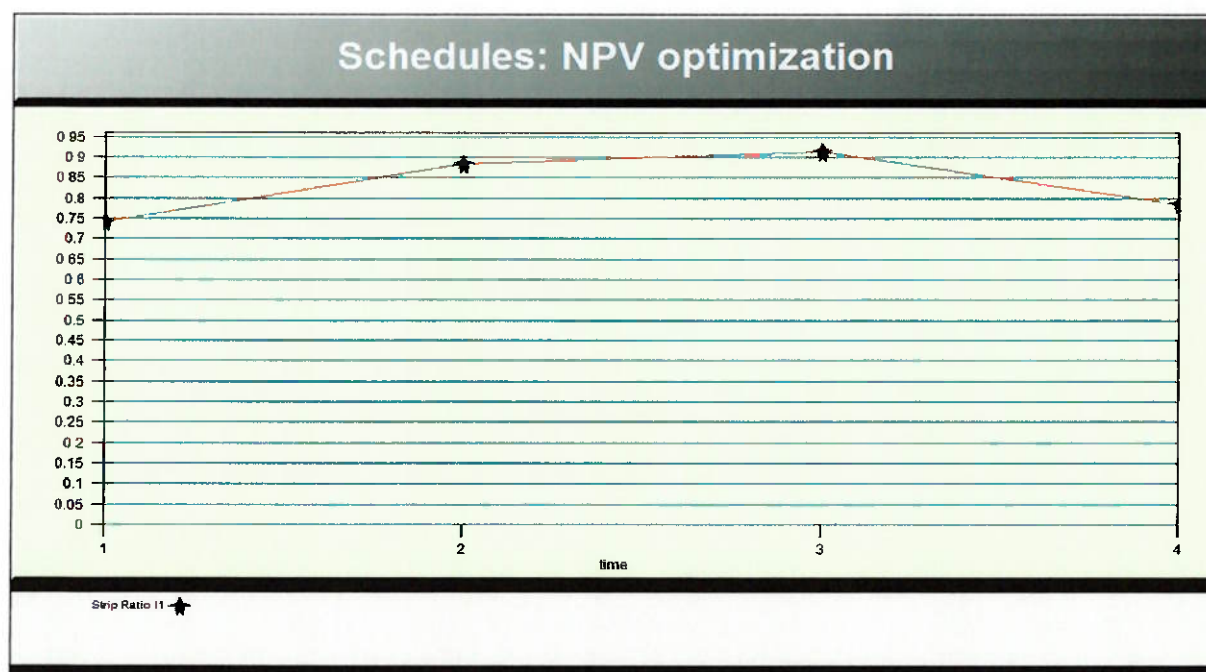


Figura 2.7 – Variação da relação estéril/minério (“strip ratio”) para otimização por VPL ao longo dos quatro anos de vida da área

O resultado da otimização por VPL para a área em questão apresentou um Valor Presente Líquido de US\$ 83.443.299,00 e uma vida útil de quatro unidades de tempo (um ano cada unidade) que nesse caso corresponde a quatro anos como pode ser visto na figura 2.8.

SCHEDULING REPORT	
Report generated on	Wed Oct 27 16:41
Scheduling summary	
Primary objective: NPV maximization	
Target variations:	
Relacao	
Over the period from 1 to 3 time units	
minimum value:	2.08
maximum value:	2.13
Over the period from 4 to 4 time units	
minimum value:	2.72
maximum value:	2.72
Strip	
Over the period from 1 to 4 time units	
minimum value:	0.74
maximum value:	0.91
The lifetime of the mine: 4 time units	
NPV estimate: 83,443,299 \$	

Figura 2.8 – Relatório de resultados do seqüenciamento com otimização por VPL ao longo dos quatro anos de vida da área

O software gerou uma superfície para cada ano de vida da mina, quantificando o material que será lavrado, entretanto vale frisar que como as superfícies geradas não são operacionais as massas e os teores do material a ser lavrado podem sofrer alterações. Todas as informações de reservas e seqüência de áreas que serão lavradas podem ser facilmente acessadas através de relatórios emitidos.

2.3.4.2 Planejamento de Longo Prazo Otimizando a Blendagem

Com a otimização e seqüenciamento de longo prazo por Blendagem pode-se obter a cava final (figura 2.9), ou seja, são retirados todos os blocos que propiciem um resultado ideal para alimentação de usina. Com isso foi obtida uma cava de dimensões muito menores e de difícil operacionalização já que muitas vezes o software acabou escolhendo blocos aleatórios somente para atender as especificações do processo.

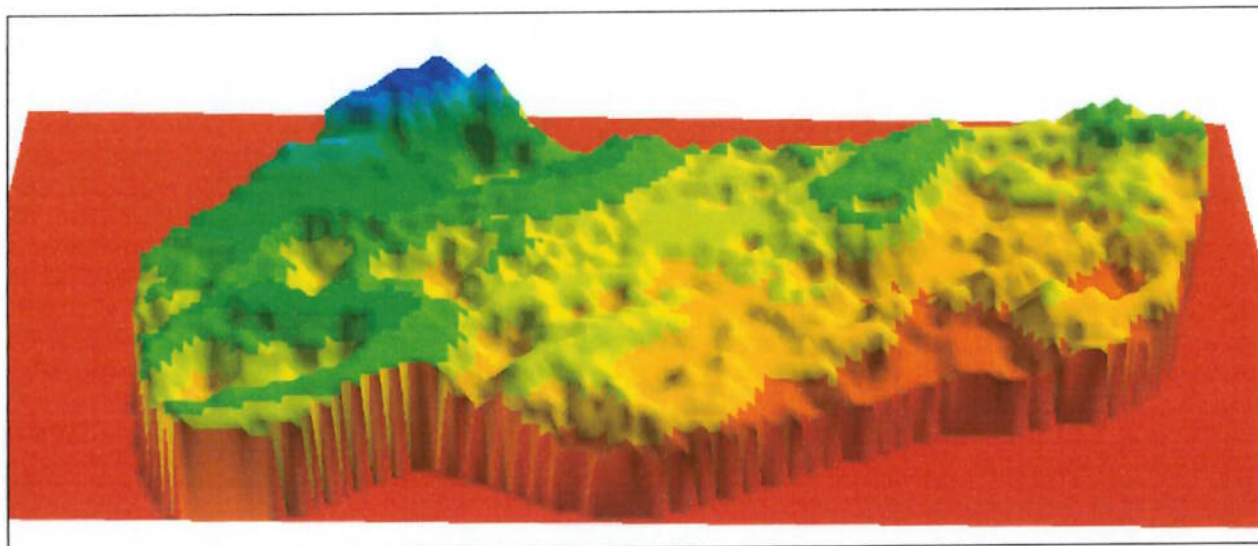


Figura 2.9 – Cava final gerada pelo software NPV Scheduler para otimização por Blendagem

Ao realizar a otimização por Blendagem o software encontrou solução para a relação SiO_2/MgO , relaxando somente na parte final do seqüenciamento devido ao pouco material restante para ser lavrado o que reduziu as opções de blendagem. A relação SiO_2/MgO permaneceu no patamar médio de 1,63 como pode ser visto na figura 2.10. Quanto à relação estéril/minério o resultado obtido foi satisfatório não fugindo do estipulado como pode ser visto na figura 2.11.

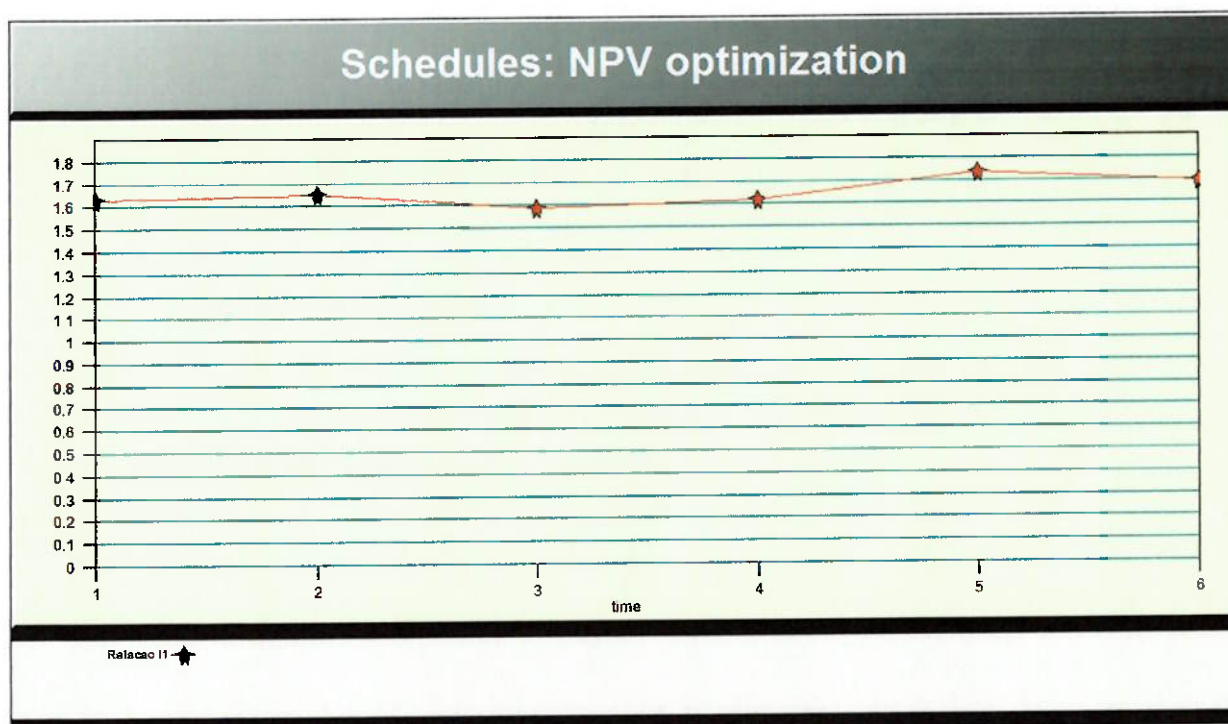


Figura 2.10 – Variação da relação SiO_2/MgO para otimização por Blendagem ao longo dos seis meses de vida da área

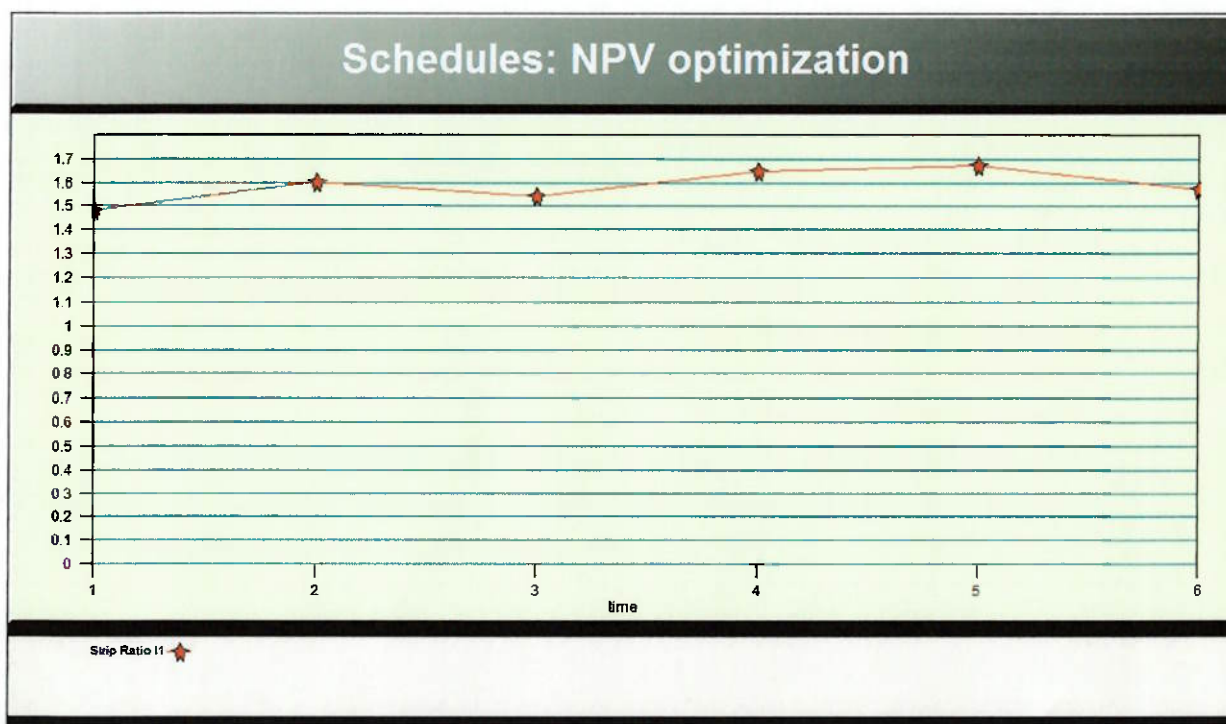


Figura 2.11 – Variação da relação estéril/minério (“strip ratio”) para otimização por Blendagem ao longo dos seis meses de vida da área

O resultado da otimização por Blendagem para a área em questão resultou em um Valor Presente Líquido de US\$ 14.406.791,00 e uma vida útil de seis unidades de tempo (um mês cada unidade) que nesse caso corresponde a seis meses como pode ser visto na figura 2.12. Esses valores são muito inferiores aos da otimização por VPL, mas como a relação SiO_2/MgO é uma restrição operacional, a princípio é mais adequado termos uma cava menor que atenda aos objetivos da empresa.

SCHEDULING REPORT

Report generated on Wed Nov 03 19:30

Scheduling summary

Primary objective: Blending maximization

Target variations:

Relacao

Over the period from 1 to 4 time units

minimum value: 1.59

maximum value: 1.65

Over the period from 5 to 6 time units

minimum value: 1.69

maximum value: 1.74

Strip

Over the period from 1 to 5 time units

minimum value: 1.48

maximum value: 1.67

Over the period from 6 to 6 time units

minimum value: 1.57

maximum value: 1.57

The lifetime of the mine: 6 time units

NPV estimate: 14,406,791 \$

Figura 2.12 – Relatório de resultados do seqüenciamento com otimização por Blendagem ao longo dos seis meses de vida da área

O software gerou uma superfície para cada mês de vida da mina, já que o horizonte do planejamento de longo prazo foi reduzido muito ao se realizar a otimização por blendagem devido à redução de reservas. Todas as informações de reservas e sequência de áreas que serão lavradas podem ser facilmente acessadas através de relatórios emitidos, entretanto os valores fornecidos pelo software podem ser alterados após operacionalização das áreas.

2.3.5 Planejamento de Médio-Curto Prazo

Para o Planejamento de Médio e Curto Prazo foi utilizado o software Operation Scheduler, onde o objetivo é uma seleção operacional das áreas que serão lavradas ao longo do tempo. Assim sendo, a vida útil jamais será aumentada com relação aos resultados obtidos pelo NPV Scheduler, pois os resultados para o plano de longo prazo provenientes do NPV Scheduler apresentam áreas não operacionalizadas e ao realizar a operacionalização acabam sendo excluídas regiões isoladas e áreas com pequena quantidade de minério devido à dificuldade de lavra ou áreas fora dos objetivos da empresa.

Os resultados da otimização provenientes do NPV Scheduler foram importados pelo Operation Scheduler. O software dividiu o plano de longo prazo em diversas fases e depois disso as diversas fases podem ser visualizadas em bancadas. Dentro de cada bancada faz-se a seleção de áreas que se deseja lavar que são chamadas de estágios.

Caso desejado poder-se-ia relacionar um estágio com os outros ordenando a lavra através de dependências. Por exemplo, em uma bancada visualizo duas áreas que devem ser lavradas e pode ser visto que a área menor (Estágio A) deve ser lavrada antes da maior (Estágio B), assim insere-se no software uma seta demonstrando que a lavra deve caminhar de A para B como pode ser visto na figura 2.13.

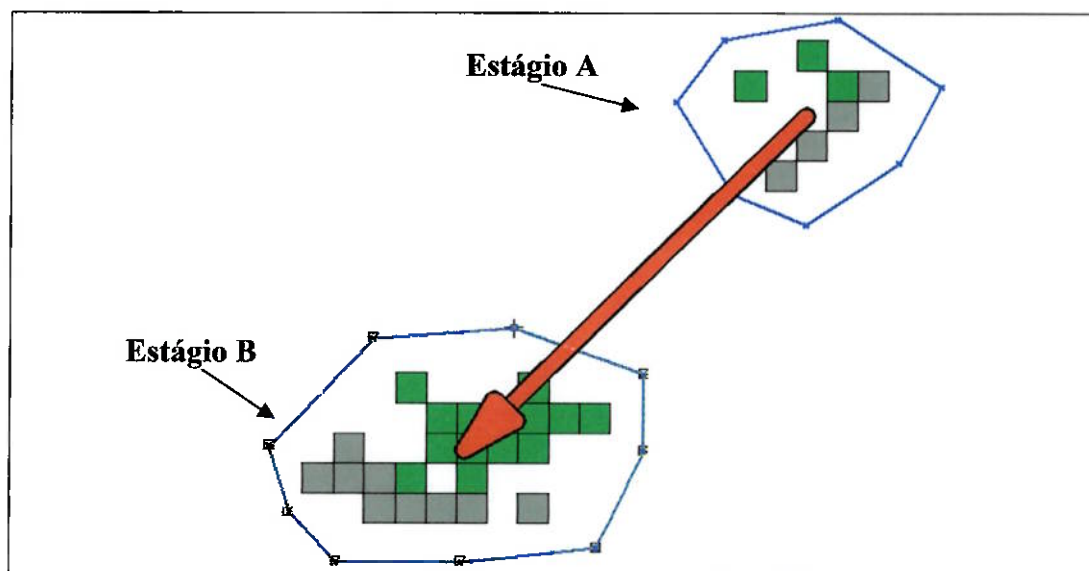


Figura 2.13 – Definição de dependências entre estágios no Operation Scheduler - Seta (em vermelho) indica que o estágio A deve ser lavrado antes do estágio B

Depois de selecionada a área que se deseja lavar para atingir os objetivos, o software irá realizar através de seu algoritmo uma operacionalização. Serão assim exibidas tabelas com as quantidades lavradas em cada bancada de minério e estéril, teores, litologias, custos de lavra, custos de processamento, lucro a ser obtido, entre outras informações importantes para uma melhor tomada de decisão.

Além disso, o software informa exatamente de onde foi tirado cada bloco para compor o resultado final. Com isso é possível saber ao longo de cada mês que blocos irão ser lavrados e qual a sequência ideal de lavra. Outros relatórios importantes que podem ser visualizados são: reservas em cada fase divididas por bancadas e por áreas selecionadas (estágios), resultados obtidos com o sequenciamento dividido mês a mês.

2.3.5.1 Planejamento de Médio-Curto Prazo depois de otimizado o VPL

Realizou-se a operacionalização para os quatro anos de vida de mina obtidos na otimização por VPL. Como a relação SiO_2/MgO deveria ser reduzida do patamar de 2,1 obtido anteriormente para 1,63 + ou - 0,05 que são as especificações da usina, tentou-se conciliar ao mesmo tempo áreas com alto teor de níquel (figura 2.14) com áreas de baixa relação SiO_2/MgO . Para encontrar relações SiO_2/MgO mais baixas buscou-se áreas com altos teores de Magnésio (MgO), como pode ser visto na figura 2.15.

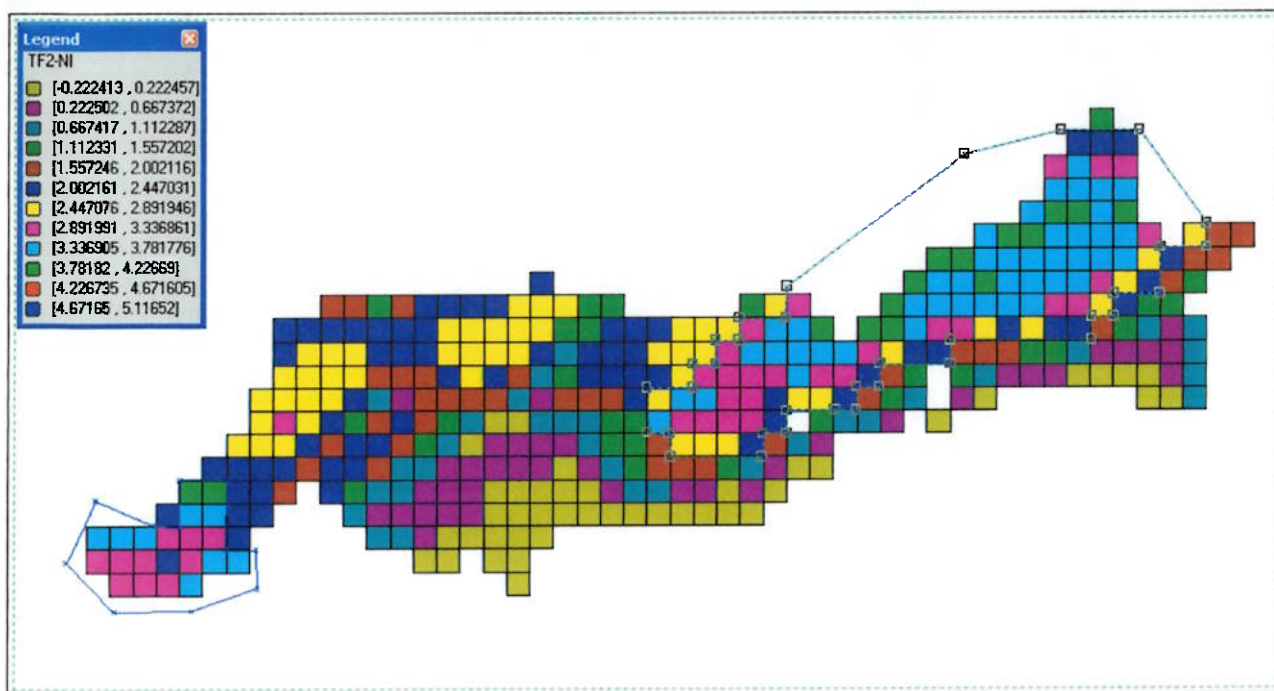


Figura 2.14 –Seleção de áreas com alto teor de níquel (legenda com os teores em %Ni no canto superior esquerdo) no Operation Scheduler em resultados da otimização por VPL

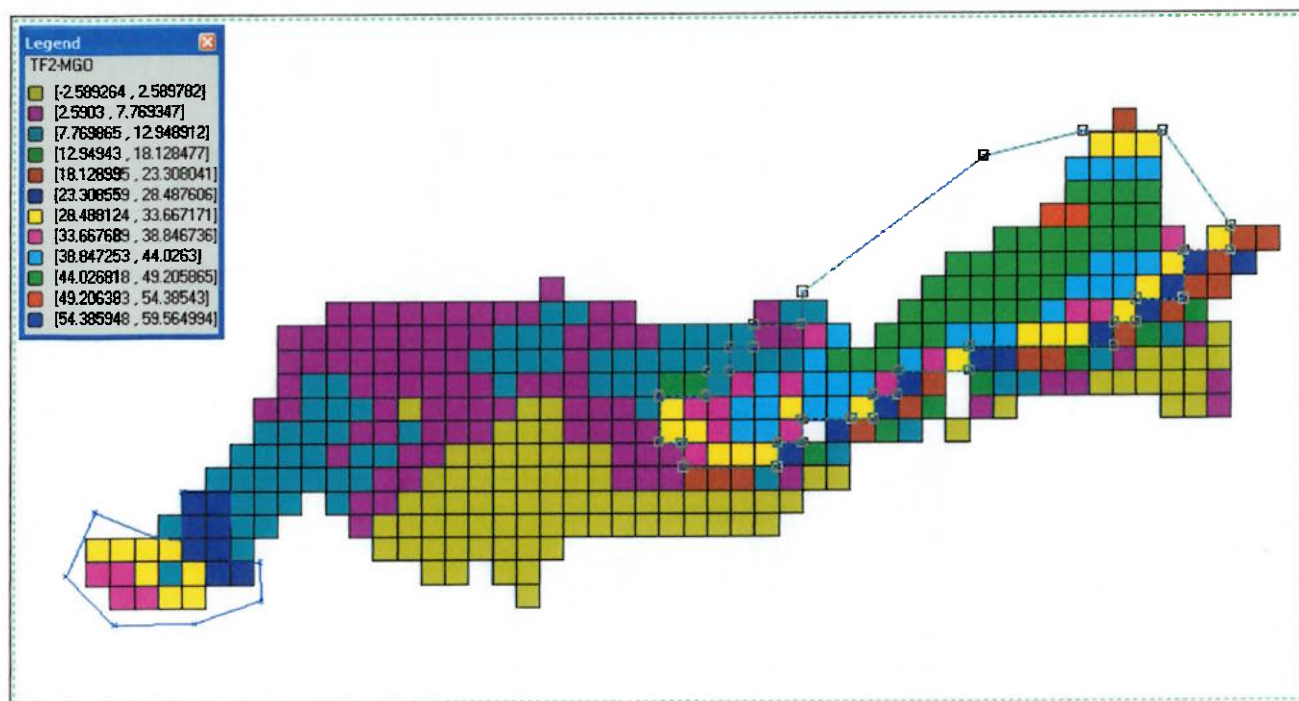


Figura 2.15 –Seleção de áreas com alto teor de magnésio (legenda com os teores em %MgO no canto superior esquerdo) no Operation Scheduler em resultados da otimização por VPL

Fez-se as seleções dos blocos que serão lavrados a cada bancada. A especificação de relação SiO_2/MgO de $1,63 \pm 0,05$ foi atingida e a mina teve sua vida reduzida de 4 anos (48 meses) para 17 meses. Isso se deve a exclusão de áreas com altas relações SiO_2/MgO e baixos teores de níquel para obtenção do resultado esperado pela empresa.

Com isso foi obtido um teor de níquel médio de 2,25% com relação SiO_2/MgO de 1,66 na média dos 17 meses como pode ser visto pela tabela 2.2 proveniente do Software Operation Scheduler. No mês 17 o resultado não atende as especificações devido à pequena massa restante, o que não compromete o resultado final.

Com o valor do lucro a cada mês aplicando-se a taxa de descontos utilizada no projeto, obteve-se um valor presente líquido de US\$ 49.123.442 para a área analisada por VPL.

Período	Minério	Lucro	NI	FE	SiO2	MGO	Relação
Mês	Toneladas	\$	%	%	%	%	SiO2/MgO
1	44.000	3.482.430	2,34	15,38	36,84	22,28	1,65
2	44.000	3.570.740	2,38	15,15	37,29	22,32	1,67
3	44.000	3.310.446	2,27	15,12	37,65	22,25	1,69
4	44.000	3.622.798	2,40	16,33	36,27	21,46	1,69
5	44.000	3.239.570	2,24	16,58	36,02	21,43	1,68
6	44.000	3.354.141	2,28	16,77	35,51	21,63	1,64
7	44.000	3.219.348	2,23	17,80	34,99	20,84	1,68
8	44.000	3.373.123	2,29	17,17	35,23	21,22	1,66
9	44.000	3.133.987	2,19	16,81	35,83	21,47	1,67
10	44.000	3.164.132	2,21	16,45	36,47	21,72	1,68
11	44.000	3.304.200	2,26	16,73	35,96	21,45	1,68
12	44.000	3.068.900	2,17	18,44	34,30	20,48	1,67
13	44.000	3.476.926	2,34	16,02	36,36	21,68	1,68

Período	Minério	Lucro	NI	FE	SiO2	MGO	Relação
Mês	Toneladas	\$	%	%	%	%	SiO2/MgO
14	44.000	3.228.258	2,23	16,36	36,34	21,65	1,68
15	44.000	3.096.627	2,18	16,02	36,43	22,25	1,64
16	44.000	2.660.850	2,00	15,63	36,52	22,74	1,61
17	4.091	143.803	1,53	13,49	34,47	30,17	1,14
TOTAL	708.091	52.450.281	2,25	16,40	36,12	21,73	1,66

Tabela 2.2 – Resultados do planejamento mensal para os 17 meses de vida da área analisada por otimização do NPV

2.3.5.2 Planejamento de Médio-Curto Prazo depois de otimizada a Blendagem

Realizou-se a operacionalização para os 6 meses de vida de mina obtidos na otimização por Blendagem. Como a relação SiO_2/MgO deveria apenas ser mantida no patamar obtido anteriormente de $1,63 \pm 0,05$ que são as especificações da usina, apenas selecionou-se as áreas com minério excluindo blocos de estéril e blocos de minério isolados como pode ser visto na figura 2.16.

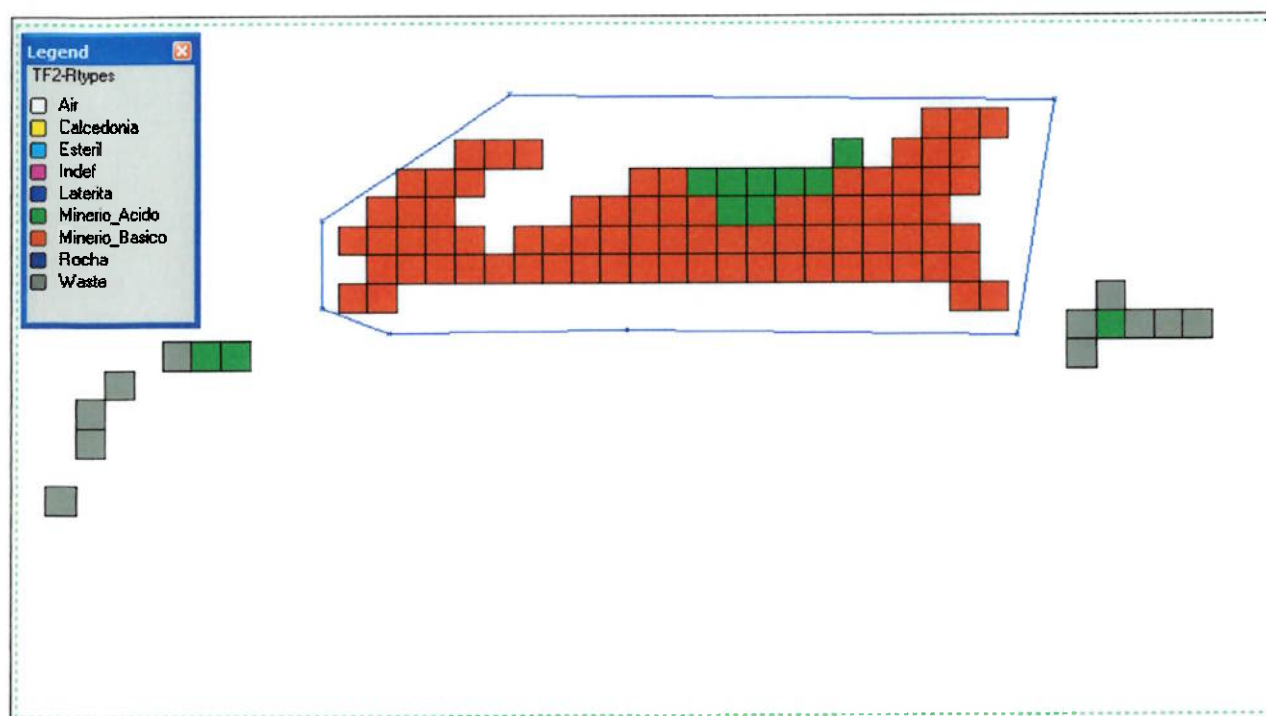


Figura 2.16 –Seleção de áreas por litologia (legenda no canto superior esquerdo) no Operation Scheduler em resultados da otimização por Blendagem

Fez-se as seleções dos blocos que serão lavrados a cada bancada. A especificação de relação SiO_2/MgO de $1,63 \pm 0,05$ foi atingida e a mina teve sua vida mantida em 6 meses. Isso se deve a exclusão de apenas pequenas áreas que alteraram pouco a quantidade de minério com relação à otimização por blendagem feita anteriormente.

Com isso foi obtido um teor de níquel médio de 2,02% com relação SiO₂/MgO de 1,63 na média dos 6 meses como pode ser visto pela tabela 2.3 proveniente do Software Operation Scheduler. No mês 6 o resultado não atende as especificações devido à pequena massa restante, o que não compromete o resultado final.

Com o valor do lucro a cada mês aplicando-se a taxa de juros utilizada no projeto, obteve-se um valor presente líquido de US\$ 14.907.481 para a área analisada por blendagem.

Período	Minério	Lucro	Ni	FE	SiO2	MGO	Relação
Mês	Toneladas	\$	%	%	%	%	SiO2/MgO
1	44.000	2.935.530	2,12	19,35	32,88	19,90	1,65
2	44.000	2.647.150	2,00	20,84	31,51	19,03	1,66
3	44.000	2.527.543	1,95	20,62	32,28	19,52	1,65
4	44.000	2.605.393	1,98	19,35	33,24	20,13	1,65
5	44.000	2.639.737	2,02	20,07	32,44	19,57	1,66
6	30.899	1.952.988	2,05	16,08	35,55	23,80	1,49
TOTAL	250.899	15.308.341	2,02	19,56	32,85	20,14	1,63

Tabela 2.3 – Resultados do planejamento mensal para os 6 meses de vida da área analisada por otimização de Blendagem

3. CONCLUSÕES

A metodologia apresentada, embora tenha sido testada parcialmente, já que um teste completo exigiria um tempo muito maior e a permanência em uma empresa de mineração, mostrou-se aplicável e apresentou excelentes resultados.

3.1 Análise dos Resultados do Planejamento de Longo Prazo

Primeiramente com o caso base ao fazer a otimização e seqüenciamento por Valor Presente Líquido (VPL), os objetivos da empresa não foram atingidos no parâmetro relação SiO_2/MgO , que é uma restrição do processo metalúrgico. Com isso foi necessária a realização do estudo de caso 2, ou seja, a otimização e seqüenciamento por Blendagem para que o objetivo para a relação SiO_2/MgO fosse atingido pelo software NPV Scheduler.

A mudança do objetivo do software de maximização do VPL para maximização da blendagem acabou reduzindo a vida útil da área analisada de 4 anos para 6 meses e o valor presente líquido do empreendimento de US\$ 83.443.299,00 para US\$ 14.406.791,00. Isso se deve a busca do software para atender aos objetivos da empresa, escolhendo assim somente os blocos que fossem mais favoráveis ao parâmetro relação SiO_2/MgO , reduzindo assim a reserva lavrável.

3.2 Análise dos Resultados do Planejamento de Médio-Curto Prazo

Os procedimentos utilizados para o planejamento de médio-curto prazo atenderam as expectativas propostas pelo projeto. A aplicabilidade do software Operation Scheduler para este tipo de planejamento foi comprovada. A interface com o usuário é bastante amigável, ao contrário dos outros softwares disponíveis no mercado para o planejamento de curto prazo, e os dados de entrada são facilmente importados do NPV Scheduler.

Ao realizar o planejamento de médio-curto prazo para o caso base conseguimos atingir os objetivos da empresa ao contrário do que havia ocorrido no planejamento de longo prazo. Isso mostra que pode ser obtido um refinamento em relação à solução proposta pelo NPV Scheduler no longo prazo.

Neste caso base foi obtida uma redução da vida da área analisada de 4 anos para 17 meses, entretanto o teor de níquel subiu e todos os objetivos foram atingidos. O valor presente líquido caiu para US\$ 49.123.442, mas manteve-se em patamar muito superior aos valores atingidos no caso 2, onde foi realizada a otimização e seqüenciamento por Blendagem.

Ao realizar o planejamento de médio-curto prazo para o caso 2 os objetivos da empresa foram atingidos como havia ocorrido no planejamento de longo prazo. Isso mostra que muitas vezes é melhor ser obtido um resultado desfavorável na otimização e seqüenciamento de longo prazo e proporcionar um refinamento, do que obter um resultado excelente no plano de longo prazo e não ter mais opções de refinamento, devido ao pouco

material selecionado para ser lavrado em um caso restritivo como o da otimização por blendagem.

No caso 2 a vida da área analisada manteve-se em 6 meses, seguindo com teores de níquel semelhantes e os mesmos objetivos sendo cumpridos. O valor presente líquido manteve-se próximo dos 15 milhões de US\$, portanto muito abaixo dos resultados obtidos para o caso base.

3.3 Análise da Integração dos Softwares

A integração dos softwares, etapa de extrema importância, foi realizada e atendeu ao que foi proposto no início do trabalho. Esta integração pode ser aplicada não só no estudo de caso, mas também no planejamento de lavra de outros tipos de minério.

Vale também ser frisada a importância de termos modernas ferramentas de planejamento de lavra também para os planos de curto e médio prazo fazendo com que os objetivos da empresa possam ser atingidos da melhor forma possível.

Ao ser realizada uma análise somente pelo prisma do planejamento de longo prazo, a otimização do valor presente líquido seria abandonada, já que não atingiu os objetivos da empresa, e a opção da blendagem teria sido escolhida. Com isso, depois de feito o planejamento de médio-curto prazo, teria sido obtido um VPL de US\$ 14.907.481.

Como foi feita a gestão integrada do planejamento de lavra de médio-curto prazo com o de longo prazo, pode ser percebido que havia a possibilidade de exclusão de áreas desfavoráveis aos objetivos da empresa no caso base e com isso foi obtido um VPL de US\$ 49.123.442, ou seja, um lucro adicional de mais de 34 milhões de US\$. Essa é a diferença do resultado final obtido no caso base (maximização do VPL) e no caso 2 (maximização da blendagem).

3.4 Análise do Incremento de Governança Corporativa

Com a adoção de ferramentas modernas de planejamento de médio-curto prazo em conjunto com as ferramentas modernas de planejamento de longo prazo, foi obtido um processo que pode ser repetido e facilmente auditado.

Além disso, o processo de tomada de decisão foi melhorado, pois o corpo gerencial pode ter acesso a qualquer momento a todos relatórios gerados pelos softwares de planejamento melhorando a ligação entre o corpo técnico e o corpo gerencial da empresa. Isso também é possível pela proposição de um banco de dados integrado que possa ser acessado pelas pessoas que necessitarem destas informações dentro da empresa. Isso também dificulta que pessoas ocultem informações do corpo diretivo e conseqüentemente dos investidores, aumentando a transparência da empresa.

Todas estas ações acabam trazendo maior transparência e auditabilidade, além de proporcionar uma prestação de contas mais efetiva e uma melhora no poder de decisão empresarial o que gera um incremento de governança corporativa.

Estas boas práticas de governança corporativa têm a finalidade de aumentar o valor da sociedade, facilitar seu acesso ao capital e contribuir para a sua perenidade, fatores extremamente importantes no cada vez mais concorrido setor mineral.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHAUSSON, D. S.. **Seqüenciamento Otimizado de Cava por Blendagem para Jazidas de Calcário**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. 106p.

DE TOMI, G. F. C.; FARIAS, S. L. T.. **Sistema Integrado de Gerenciamento de Minas**. In: Anais do Workshop Datamine 2001. Datamine Latin America, São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.datamine.com.br/ws2001>>. Acesso em: 21 agosto 2004.

DE TOMI, G. F. C.; VANDEROOST, F. J.; RÉ, E. R.; MASTRELA R.. **Gerenciamento Integrado de Informações Geológicas**. In: II Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto e II Congresso Brasileiro de Mina Subterrânea, Belo Horizonte, 2002.

DE TOMI, G. F. C.. **Notas de aula de Planejamento de Lavra, Lavra a Céu Aberto e Projeto de Lavra**. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

FARIAS, S. L. T.. **Controle de Qualidade na Lavra de Minas de Calcário para Cimento**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. 129p.

GIRODO, A. C.; CAMPOS, A. C. A.; VALENTE, J.. **Otimização de Cavas ou Estacionarização de Parâmetros: Qual o Caminho a Seguir?**. In: I Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto & I Congresso Brasileiro de Mina Subterrânea, Belo Horizonte, 2001.

Governança Corporativa. Instituto Brasileiro de Governança Corporativa, São Paulo. Disponível em: <<http://www.ibgc.org.br>>. Acesso em: 23 set. 2004.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P.. **Gerenciamento de Sistemas de Informação**. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

LERCHS, H.; GROSSMANN, L.. **Optimum Design of Open-Pit Mines**. C.I.M.. Vol. LXVIII. 1965. p. 17-24.

MASTRELA, R.. Dissertação de Mestrado. **Interação do Software de Mineração com Sistemas ERP: Estudo de Caso Mineração Catalão, Município de Ouvidor, Goiás**. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. 91p.

MAXIMIANO, A. C. A.. **Introdução à Administração**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2004. 434p.

PELLI, B. P. S.; CEOTTO, H. V.; DE TOMI, G. F. C.. **Gerenciamento Integrado da Cadeia**

PELLI, B. P. S.; CEOTTO, H. V.; DE TOMI, G. F. C.. **Production and Information Management for the Mining Value Chain.** In: MININ - Conferencia Internacional Innovación in Minería, Santiago, Chile, 2004.