

1.0 - Introdução

2.0 - Planejamento

2.1 - Planejamento

2.2 - Planejamento

2.3 - Planejamento

2.4 - Execução

2.5 - Controle

3.0 - Operação

**3.1 APLICAÇÕES DE COMPUTADORES A PLANEJAMENTO,
3.1.1 OPERAÇÃO E CONTROLE DE MINERAÇÃO NA
3.1.2 AMÉRICA DO NORTE
3.1.3**

3.2 - Simulação

3.3 - Inovação

3.3.1

3.3.2

3.3.3

3.3.4

3.3.5

3.3.6

3.3.7

3.3.8

3.3.9

3.3.10

3.3.11

3.3.12

3.3.13

3.3.14

3.3.15

3.3.16

3.3.17

3.3.18

3.3.19

3.3.20

3.3.21

3.3.22

3.3.23

3.3.24

3.3.25

**Eng.º Eduardo de Almeida Gazzola.
Cia. Vale do Rio Doce**

**Coordenador:
Dr. Elcio Marques Coelho**

4.0 - Controle

4.1 - Controle

4.2 - Controle

5.0 - Controle

5.1 - Controle

6.0 - Controle

6.1 - Controle

7.0 - Organização

7.1 - Organização

8.0 - Conclusão

– ÍNDICE –

- 1.0 – Introdução
- 2.0 – Planejamento de Mina
 - 2.1 – Planejamento a Longo Prazo
 - 2.2 – Planejamento a médio Prazo
 - 2.3 – Planejamento a Curto Prazo
 - 2.4 – Exemplos de sistemas de planejamento
 - 2.5 – Estágio atual do planejamento da CVRD
- 3.0 – Operação de Mina
 - 3.1 – Aumento de produtividade por “dispatching” de caminhão
 - 3.3.1 – Dispatching por rádio
 - 3.3.2 – Dispatching por minicomputador
 - 3.1.3 – Sugestões para implantação
 - 3.2 – Simulação do sistema de escavação e transporte
 - 3.3 – Inovações Técnicas
 - 3.3.1 – Maiores produtividades no transporte pesado pelo uso de trolleys.
 - 3.3.1.1 – Finalidades e restrições
 - 3.3.1.2 – Distribuição da energia e adaptação dos caminhões
 - 3.3.1.3 – Resultados obtidos
 - 3.3.2 – Facilidades operacionais
 - 3.3.2.1 – Sistema de abastecimento e lubrificação na Kaiser
 - 3.3.2.2 – Observações Gerais
- 4.0 – Controle computadorizado de Dados de Produção e Manutenção Preventiva.
 - 4.1 – Resumo dos principais pontos observados.
 - 4.2 – Exemplos de relatórios
- 5.0 – Controle Computadorizado de Processo contínuo (Usinas de Concentração)
 - 5.1 – Resumo dos principais pontos observados
- 6.0 – Controle computadorizado de Almoxarifados
 - 6.1 – Resumo dos principais pontos observados
- 7.0 – Organização Empresarial
 - 7.1 – Resumo dos principais pontos observados
- 8.0 – Conclusão

1.0 – INTRODUÇÃO

Sob o título anteriormente transcrito pretende-se dissertar a respeito de opiniões e observações pessoais sobre aplicações de computadores à mineração na América. As idéias aqui expressas foram colhidas em viagem de estudos patrocinada pela Cia. Vale do Rio Doce e, apesar de julgarmos representativas da situação atual as minas visitadas, não se pode afirmar pela generalização dos conceitos e técnicas observados

As aplicações específicas de computação, a serem descritas, referem-se a planejamento de lavra, geologia de Mina, controle de processo contínuo (Usinas de Concentração), controle de dados de produção, aprovisionamento e controle de almoxarifados, controle e programação de manutenção, racionalização do transporte de minério por “dispatching” (alocação variável de caminhões às escavadeiras).

Na oportunidade, serão apresentadas algumas técnicas recentemente desenvolvidas aplicáveis à operação de minas, tais como a adaptação de caminhões pesados para uso em linha de trolley elétrico em transporte ascendente.

Discutir-se-á ainda alguns pontos de organização empresarial dos departamentos de mineração.

As empresas visitadas foram The Anaconda Mining Co. (Mina de Twin Buttes) Pima Mining Co. (Mina de Pima) Duval Corporation, (Minas de Sierrita e Esperanza) Cia. Minera Cananea (Mina de Cananea – México). Kaiser Steel (Mina Eagle Mountain) Kennecott Copper Corporation (Mina de Bingham Canyon) The Hanna Mining Co. (Minas Butler e National) e Quebec Cartier Mining Co. (Mina Lac Jeannine – U.S. Steel-Canadá), às quais somos gratos.

Apresentaremos apenas exemplos específicos de sistemas de processamento e inovações já divulgados na literatura técnica, de modo a nos restringirmos às limitações éticas.

2.0 – PLANEJAMENTO DE MINA

2.1. – *Planejamento a Longo Prazo*

2.1.1 – Todas as minas visitadas apresentam planos de lavra a longo prazo, notadamente no que se refere à determinação dos limites econômicos de lavra dos pits (“ultimate pit limits”). Estes estudos são revisitos com frequência em função de variações de mercado, custos operacionais, evoluções tecnológicas, alterações no teor e limite econômico (“cut off Grade”).

Como exemplo de minas que alteraram substancialmente a geometria de seus pits, citamos Lac Jeannine, Cananea, Eagle Mountain.

- 2.1.2 – A determinação dos limites econômicos, enfatizada em todas as companhias, é executada normalmente em computador, segundo as técnicas amplamente divulgadas na literatura técnica sobre Pit Design. A atribuição de valores a blocos de minério “*in Situ*” (preços FOB menos custos totais) permite confrontar o faturamento líquido com as despesas decorrentes da extração do rejeito associado, definindo-se os limites de economicidade para rentabilidades mínimas pré-fixadas.
- 2.1.3 – Estudos de viabilidade técnico-econômico de lavra são executados criteriosamente antes da compra de qualquer jazida ou execução de quaisquer projetos de abertura ou ampliação de minas. São exemplos marcantes as minas de Twin Buttes e Mount Wright. No projeto Mount Wright, (Quebec Cartier Mining Co.) a escolha e o dimensionamento do equipamento foi executada por simulação determinística em computador.
- 2.1.4 – Os planos de produção a longo prazo propriamente ditos cobrem horizontes definidos, e normalmente não superiores a 10 anos.
- 2.1.5 – Para os estudos a longo prazo, a maioria dos setores de Planejamento dispõe de Arquivos de Dados de Blocos nas memórias dos computadores, constituídos a partir das informações da sondagem (malhas normalmente de 30 a 100 metros) e de informações econômicas. As variáveis associadas a cada bloco usualmente são tonelagens, teores, graus de moabilidade, recuperação em produtos após beneficiamento, valor “*in situ*”; as dimensões dos blocos são *normalmente as da malha de sondagem*, com altura igual à dos bancos.
- 2.1.6 – A sondagem, (vertical ou inclinada), normalmente é executada em função da atitude dos leitos, e os desvios dos furos são medidos.

2.2 – Planejamento a Médio Prazo

- 2.2.1 – Os planos a médio prazo normalmente cobrem períodos de 1 a 3 anos e são executados utilizando o mesmo arquivo de Dados de Blocos do Computador, preparado com os dados da sondagem.
- 2.2.2 – Algumas companhias adicionaram aos blocos de sondagem as informações de química da geologia de detalhes. Notamos, entretanto, que não foi considerada a diferente confiabilidade de amostras de natureza diferente (testemunhos de sondagem, amostragens de pó, de canal), ponderando-se os teores apenas pelas posições relativas das amostras.
- 2.2.3 – Os planos são traçados manualmente, pelos setores de planejamento em seções horizontais, verticais ou modelos reduzidos e são tentadas alternativas em número limitado por diretrizes operacionais. O computador é o instrumento de avaliação das alternativas, pelos resulta-

dos econômicos alcançados e pela blendagem em termos gerais.

- 2.2.4 – Os inputs para a computação são preparados na maioria das companhias por listagem simples dos blocos.

Na Kennecott Copper, utiliza-se um “digitizer” que percorre as secções horizontais ou verticais como um planímetro, preparando os inputs relativos às coordenadas dos blocos extraídos.

Em Cananea, as linhas limites dos planos em cada secção horizontal são subdivididas em arcos de círculo aos quais se associam as coordenadas do centro, raio, ângulo central, identificação de concavidade ou convexidade, inputs estes que permitem ao computador calcular as coordenadas do bloco.

Os out puts de um plano de lavra são tonelagens, teores, moabilidade, faturamento, rentabilidade, etc. . . banco a banco e globais.

2.3 – *Planejamento a curto prazo*

- 2.3.1 – Os planos operacionais ou a curto prazo, normalmente cobrem períodos entre 3 a 6 meses.

- 2.3.2 – As firmas que planejam a curto prazo sem utilizar a computação, normalmente valem-se da geologia de detalhes e de análises do pó da perfuração.

As detonações e conseqüentemente a blendagem são programadas cobrindo todo o período, mantendo-se o desmonte bastante adiantado em relação à lavra.

- 2.3.3 – Nas empresas que utilizam computador, usualmente existe um outro Arquivo de Dados para blocos mais reduzidos, preparado basicamente a partir da extrapolação dos dados de análises químicas da geologia de detalhes, mas, também utilizando a informação da sondagem. Em Bingham Canyon, esta dimensão chega a ser equivalente à malha da perfuração primária para desmonte, o que nos pareceu excessivamente pequena.

Quanto à preparação dos inputs para o computador e aos relatórios emitidos, são válidas as mesmas considerações para os planos a médio prazo.

- 2.3.4 – Os planos a curto prazo são desenhados em secções ou modelos tridimensionais pelos engenheiros de planejamento. O computador é o instrumento de avaliação do atendimento da demanda, das restrições de qualidade e da rentabilidade de alternativas diferentes.

- 2.3.5 – Não vimos aplicações de técnicas de otimização da lavra através de computador.

- 2.3.6 – O controle da execução dos planos a curto prazo, quando computadorizado, é executado normalmente em conjunto com os relatórios

diários de produção, através de índices de efetividade (Kennecott Copper) e custos (Quebec Cartier) e simulação de equipamentos.

2.4 – Exemplos de sistemas de planejamento

KENNECOTT COPPER (Bingham Canyon)

A partir dos dados da sondagem e dos dados econômicos, foi preparado um arquivo de dados em computador relativo a blocos de 100 x 100 x 50 pés. As interpolações de químicas foram feitas por ponderação das análises pelo inverso do quadrado das distâncias aos centros de gravidade dos blocos.

Utilizando este arquivo são executados:

- Estudos de Viabilidade
- Pit Design
- Planos a Longo Prazo (10 anos)
- Relatórios Geológicos

Adicionando-se às informações do arquivo, restrições operacionais, são executados os chamados planos intermediários (3 anos) e a Médio Prazo (anual).

O computador imprime secções horizontais e verticais com químicas. O Setor de Planejamento desenha os Pits percorrendo posteriormente as linhas traçadas com um DIGITIZER, que identifica as coordenadas dos blocos lavrados no plano preparando os inputs para o computador.

Os relatórios do computador fornecem tonelagens, teores, receitas, rentabilidades etc. . . , nível a nível e globais. Para os planos a curto prazo, foi preparado um outro arquivo de dados de blocos de 20 x 20 x 50 pés, dimensão equivalente à área de influência de um furo de desmonte primário. As amostragens são feitas no pó da perfuração. Utiliza-se o DIGITIZER e é feita uma composição destes blocos de geologia de detalhes com os blocos da sondagem. O plano a curto prazo cobre 6 meses. O pit é fechado e de forma regular, e os bancos são muito estreitos (Plataforma de 40 pés com berma intermediária de 80 pés a cada 4 bancos), de modo que mudanças só se fazem sentir naquele prazo.

Julgamos bastante apropriado o sistema de controle da execução do plano a curto prazo, que simultaneamente apresenta os relatórios de dados da produção e propicia meios para a alocação dos equipamentos (caminhões ou vagões).

O Setor de Planejamento dispõe de um terminal próprio e alimenta o computador com as tonelagens previstas por área, os perfís das estradas e as frotas alocadas a cada escavadeira, a cada 2 dias. Estes da-

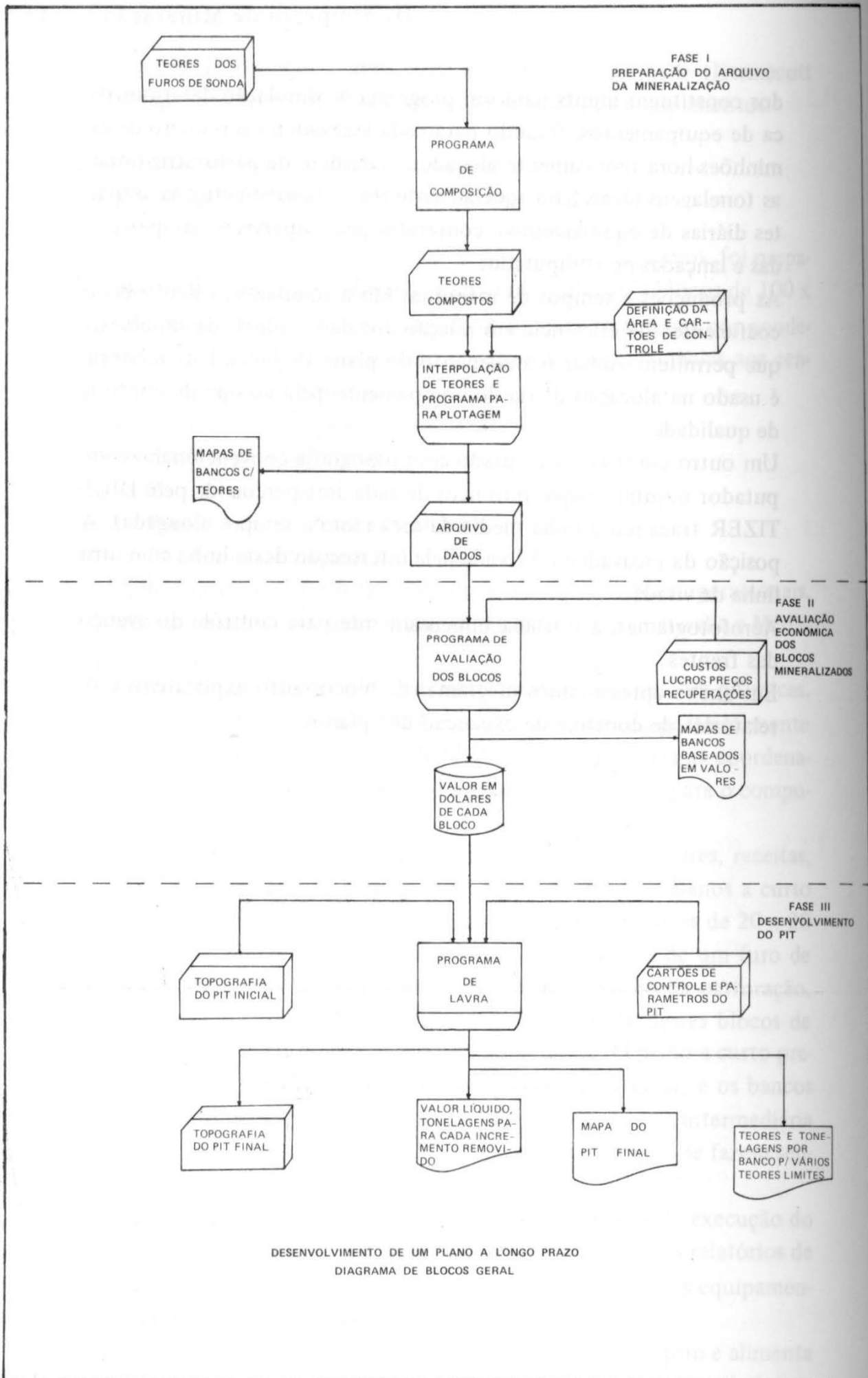
dos constituem inputs para um programa de **simulação** determinística de equipamentos, fixando para cada escavadeira o número de caminhões-hora teoricamente alocados, o número de perfuratriz-horas, as tonelagens ideais para aquela frente tec... Da mesma forma, as partes diárias de equipamentos, conferidas pelo supervisor, são perfuradas e lançadas no computador.

As produções e tempos de máquinas são acumulados, calculando-se coeficientes de eficiência em relação aos dados ideais da simulação, que permitem avaliar o andamento do plano de lavra. Este relatório é usado na alocação diária do equipamento pela equipe de controle de qualidade.

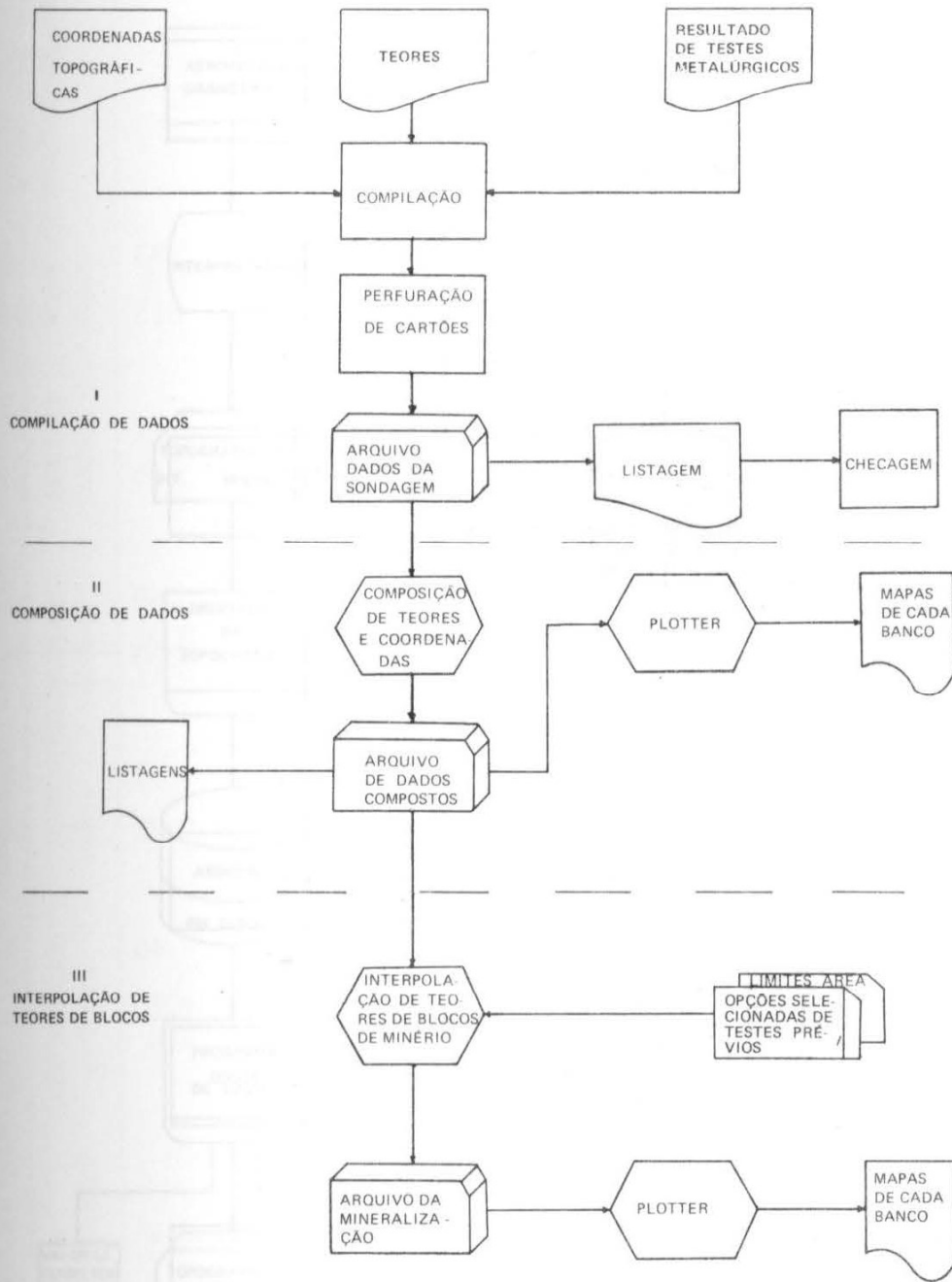
Um outro controle é executado com topografia convencional o computador imprime mapas químicos de cada área percorrida pelo DIGITIZER traçando a linha média da área (forma sempre alongada). A posição da escavadeira é fixada pela intersecção desta linha com uma linha de visada.

Aerofotogrametria é usada bimensalmente para controle do avanço das frentes.

Em anexo apresentamos diagramas de blocos auto explicativos e os relatórios de controle de execução dos planos.



DESENVOLVIMENTO DE UM PLANO A LONGO PRAZO
 DIAGRAMA DE BLOCOS GERAL



FASE I = PREPARAÇÃO DO ARQUIVO DE DADOS DA MINERALIZAÇÃO

DETERMINAÇÃO DE CUSTOS, LUCRO MÍNIMO,
PREÇOS DE VENDA E RECUPERAÇÕES

PERFURAÇÃO
DE CARTÕES

PREPARAÇÃO DE CURVAS PARA CUSTOS,
LUCROS, E RECUPERAÇÕES

AVALIAÇÃO

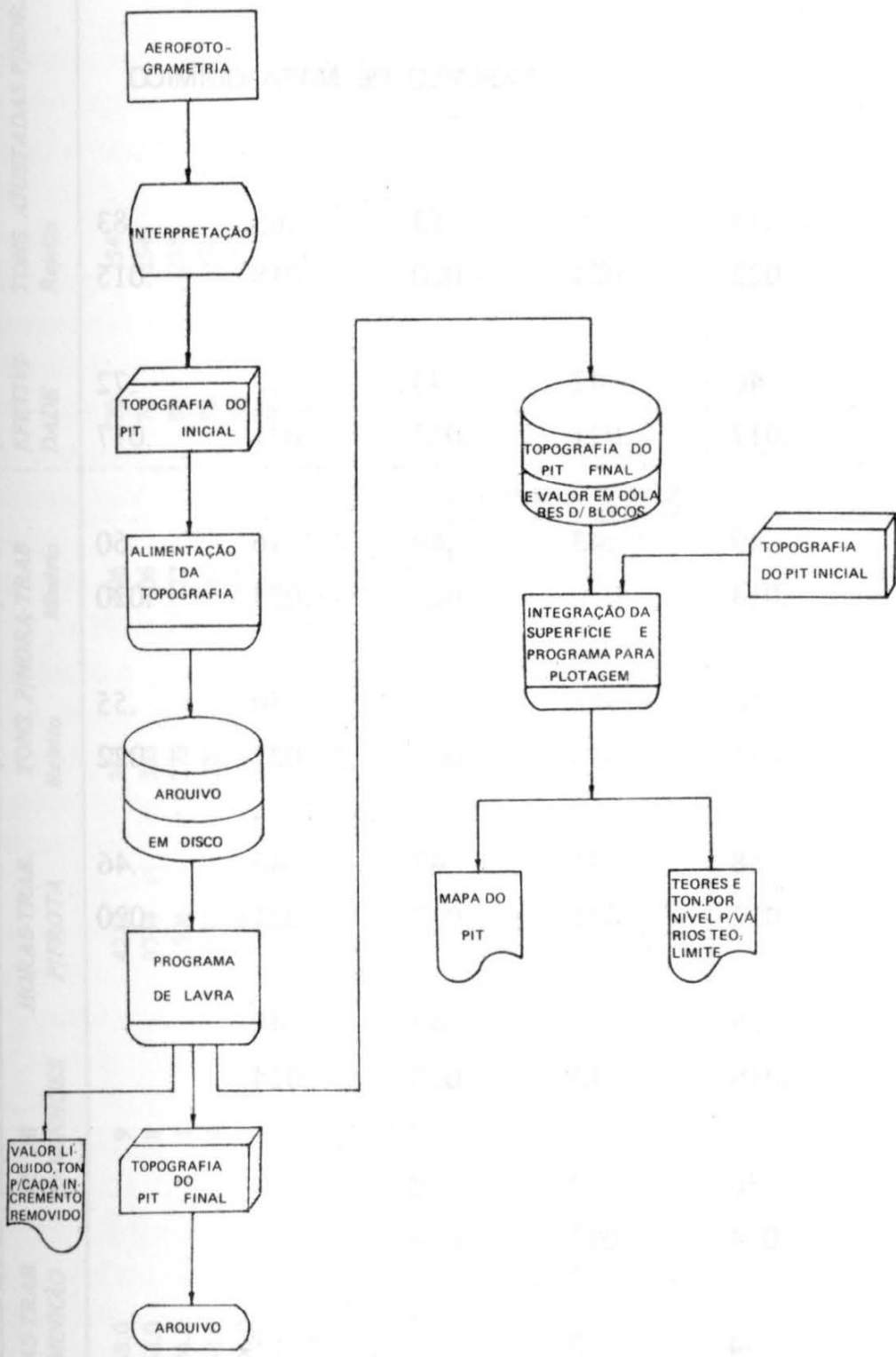
PROGRAMA DE AVALIAÇÃO DOS BLOCOS

DETERMINAÇÃO DO VALOR ECONÔMICO DE CADA BLOCO

ARQUIVO EM DISCO

PLOTAGEM DOS MAPAS ECONOMICOS

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DOS BLOCOS MINERALIZADOS
FASE II: PREPARAÇÃO DO ARQUIVO DE DADOS ECONÔMICOS



FASE III: DESENVOLVIMENTO DO PIT SISTEMA DE PLANEJAMENTO DA LAVRA

EXEMPLO DE MAPA QUIÍMICO

.48	.50	.53	.65	.83	.89
.022	.021	.020	.018	.015	.014
.46	.42	.43	.52	.72	.82
.017	.021	.023	.021	.017	.015
.49	.43	.40	.46	.60	.79
.014	.020	.023	.023	.020	.018
.56	.49	.44	.50	.55	.61
.011	.013	.020	.022	.022	.021
.58	.51	.47	.46	.46	
.012	.011	.017	.021	.020	
.58	.57	.49	.48		
.010	.013	.020	.024		
.56	.52	.50			
.024	.023	.026			
.54	.50				
.028	.020				

— LEGENDA —

.32 Teor Cu (%)
 .006 Teor MoS₂ (%)

ANÁLISE DO SISTEMA DE ESCAVAÇÃO E TRANSPORTE
 DEZEMBRO DE 1971
 30 DIAS DE OPERAÇÃO

FROTA	UTILIZ. MAX.	HORAS-TRAB. P/CAMINHÃO	Nº DE CAMINHÕES	HORAS-TRAB. P/FROTA	TONS. P/REJEITO	TONS. P/HORA-TRAB. Minério	EFETIVIDADE DADA	TONS. AJUSTADAS P/HORA-TRAB. Rejeito	Minério
308	65	468.0	9	4212	363	406	70	254	284
441-442	65	468.0	8	3744	363	406	70	254	284
301-307	70	504.0	1	504	273	327	80	218	282
401-412	65	468.0	4	1872	220	260	80	176	208
421-424	55	396.0	11	4356	206	235	80	165	188
450	55	396.0	3	1188	204	235	80	163	188

MATERIAL	FROTA	HORAS DISPONIV.	UTILIZAÇÃO (%)	HORAS UTILIZ.	HORAS RESTANTES	TONELADAS ACUMULADAS	TONELADAS RESTANTES
Minério	308	4212	35	2271	1941	645.000	645.000
Rejeito	309	1041	65	1941	0	493.014	493.014
Rejeito	441-442	3744	65	3744	0	950.976	1.443.990
Rejeito	301-307	504	70	504	0	109.872	1.553.862
Rejeito	401-412	1872	65	1872	0	329.472	1.883.334
Rejeito	413-415	1296	60	1296	0	228.096	2.111.430
Rejeito	421-424	4356	55	4356	0	718.740	2.830.170
Rejeito	450	1188	12	275	913	44.830	2.875.000

RELAÇÃO DE PRODUTIVIDADE DE CAMINHÕES E ESCAVADEIRAS POR SIMULAÇÃO

Folha de Alocação das Frotas

PERFIL N.º	CONDIÇÕES DE TRAB.	TOTAL TEMPO P/TURNO Escavad.	TIPO DE CAMINHÃO	TEMPO DE CICLO	CAMINHÕES			ESCAVADEIRAS Ton p/Turno	CAMINHOES A ALOCAR
					VIAGENS P/ TURNO	TON P/ TURNO	Ciclo		
3	A	420.0	A	12.16	33.3	2775	11.666	4.2	
3	B	420.0	A	13.60	29.8	2482	7.411	3.0	
5	A	420.0	E	12.69	31.9	3169	11.666	3.7	
2	B	420.0	E	14.40	28.1	2792	7.411	2.7	
3	A	420.0	H	15.50	26.1	4180	11.666	2.8	
7	B	420.0	H	18.26	22.2	3549	7.411	2.1	
4	A	420.0	I	12.17	33.3	4160	11.666	2.8	

PERFIL N.º	DATA	DISTÂNCIA HORIZONTAL	DISTÂNCIA VERTICAL	RAMPA	RESISTÊNCIA AO ROLAMENTO	I D A			VOLTA		
						VELOC. LIMITE	VELOC. FINAL	VELOC. LIMITE	VELOC. FINAL	VELOC. LIMITE	VELOC. FINAL
3		400	400	0.0	4.00	30	30	30	30	0	0
3		250	250	0.0	4.00	30	30	30	30	30	30
5		950	951	5.16	4.00	30	30	30	25	25	25
2		1.520	1.522	5.99	4.00	30	30	30	25	25	25
3		600	600	0.0	4.00	30	30	30	30	30	30
7		1.800	1.800	0.0	4.00	30	30	30	30	30	30

TIPO 1 PERFIL - 2.229 COTA DA ESCAVADEIRA - 6860
 COTA DO PONTO DE DESCARGA - 7.000
 DISTÂNCIA = 5.523

CIA. MINERA CANANEA

A sondagem em Cananea foi conduzida em malha de 50 metros, perpendicularmente à orientação preferencial da mineralização. Os testemunhos foram agrupados em amostras representativas de 6 pés de comprimento. Determinaram-se os teores de cobre, molibdênio, enxofre, óxidos e material para lixiviação. Inicialmente, foram executados manualmente mapas químicos, por intervalo de classe de teores, dirigindo-se a lavra perpendicularmente à direção de mineralização, para uniformização de teores entre os veios principais e a região de disseminações.

Calcularam-se teores de blocos por ponderação das análises circunvizinhas com o inverso do quadrado das distâncias. O volume de cálculos era enorme, tornando impraticável o sistema (manualmente). A firma decidiu então contratar consultoria, externa (Universidade do Arizona) e foi montado um arquivo de dados em blocos em computador.

A dimensão dos blocos foi fixada em 10 x 10 pés e altura de 36 pés (banco no minério) e 42 pés (banco no decapeamento).

Determinado o centro de gravidade deste bloco, a ele foi associado um elipsóide hipotético, dentro do qual qualquer amostra porventura existente seria ponderada pelo inverso do quadrado da distância ao centro, fornecendo os teores médios estimados. As dimensões deste elipsóide de influência foram determinadas experimentalmente, fixando-se a altura igual à do banco, e variando os eixos horizontais maior e menor. Calculava-se o teor pelo computador e checava-se o dado lavrando o bloco.

Obteve-se um eixo de 50 pés na direção da mineralização e outro de 25 pés no sentido perpendicular.

O computador estimou teores dos blocos e os imprimiu secções horizontais com químicas; cada classe de teores era representada por um número de código.

Além disso, na memória da máquina, a cada bloco corresponde uma série de parâmetros, representando o tipo da rocha (minério, min. oxidado, rocha ígnea, etc), os teores (cobre, ferro, molibdenio, enxofre) e o valor do bloco "in situ" (preço FOB menos somatória de custos). Pretende-se melhorar o dado de valor do bloco colocando o custo do transporte em função de distâncias e desníveis. Sobre as secções horizontais o engenheiro de Planejamento traça as linhas dos pits, *por tentativa*, identificando-as pelas associação de centros, raio de curvatura, ângulos centrais, etc... a segmentos destas curvas.

O computador, por estes dados, identifica as coordenadas dos blocos, calculando e emitindo relatórios de tonelagens, teores, faturamento, custos, rentabilidade, etc...

Tal sistema foi implantado em 2 anos.

2.5 – Estágio Atual do Planejamento na C.V.R.D.

Concluindo nossas considerações sobre o assunto, mencionaremos, suscinta-

mente, o estágio atual do planejamento de lavra na CVRD e os melhoramentos que deverão ser implantados como frutos das observações efetuadas.

- O planejamento a longo prazo de nossas minas foi executado nos moldes anteriormente descritos. Os cálculos de tonelagens aproveitáveis, planos intermediários de lavra e cubagens foram executados em computador IBM 360/40. O traçado dos limites econômicos de lavra foi executado manualmente, pela utilização de valores médios.
- Para os planos a médio e curto prazos, usamos a técnica de simulação em modelo reduzido tridimensional, executando os cálculos em computador de mesa Hewlett Pachard 9100 B.
- Para a checagem qualitativa dos planos a curto e médio prazo desenvolvemos uma Simulação em Computador da lavra de blocos de minério, aos quais foram atribuídos tonelagens e teores. O modelo matemático foi apresentado no XI^o International Symposium on Computer Applications in the Mineral Industry (Tucson, Arizona, Abril de 1973) sob o título "A Shove Production Scheduling Model.
- Para que este sistema seja colocado em uso, é necessário finalizar estudos em andamento de estimativa de químicas de blocos e constituir o Arquivo de Dados de Blocos nas memórias do IBM. A atribuição de valores aos minérios "in situ" será feita colocando os custos de lavra em função do tipo de material e da sua posição na mina em relação ao britador ou depósito. Para a avaliação dos blocos poderemos utilizar estudos semelhantes aos elaborados pelo Grupo Equipamentos do Projeto Conceição, colocando os custos de transporte em função dos perfis das estradas.
- Ao programa da simulação deverá ser acrescentada uma verificação preliminar de estimativas de despesas, custos e rentabilidade do plano global. Estes melhoramentos nos permitirão decidir, entre alternativas viáveis (sujeitas a restrições operacionais e diretrizes dos planos) a mais econômica.
- Não julgamos adequado o uso de computadores para a blendagem diária ou mesmo para planos semanais. Acreditamos que o horizonte coberto pela computação no planejamento da lavra não deva ser inferior a 3 meses.
- Julgamos válido realizar o controle da execução dos planos a curto prazo simultaneamente à confecção dos relatórios de produção, porém imprimindo relatório à parte, destinado à análise dos setores de planejamento e produção.

3.0 — OPERAÇÃO DE MINA

3.1 — *Aumento de produtividade por "dispatching" de caminhões*

Conceituamos como "dispatching" a alocação variável dos caminhões às escavadeiras em função de suas disponibilidades momentâneas.

3.1.1 – *Dispatching por rádio*

- A maioria das firmas vistas utiliza o sistema de dispatching de caminhões pelo uso de rádios nos mesmos; o comando é executado por um operador em uma torre de controle, situado em ponto de visão panorâmica, que dispõe normalmente de um quadro com a escala de programação dos caminhões.
- Segundo informações verbais colhidas, o dispatching propiciou aumentos de produtividade da ordem de 20%.
- Em todos os sistemas de dispatching por rádio, o controle sempre se refere ao ciclo dos caminhões e à eficiente utilização da escavadeira. O operador não controla a blendagem (dosagem para atendimento de qualidade); recebe do supervisor de mina instruções para limitar o número de caminhões em determinada máquina, por problemas de qualidade ou operacionais.
- Normalmente existe uma frequência de onda nas comunicações por rádio especialmente reservada para o dispatching.
- Como exemplo da aplicação do sistema, descrevemos um dos sistemas operacionais colocado à disposição do operador da central de rádio para o melhor desempenho de suas funções. Na cabine existe uma folha de papel para registro contínuo, graduada em tempo e montada sobre dois carretéis. A folha gira com velocidade constante, acionada por um mecanismo tipo relógio.
- A parte superior desta mesa é coberta por uma chapa de acrílico dotada de “janelas” em número equivalente ao de escavadeiras. No momento em que o caminhão avisa que saiu da escavadeira, o operador assinala a partida anotando, através da janela, o número do caminhão. Através da análise dos tempos dos ciclos, ou seja, as diferenças de tempo entre duas partidas sucessivas de um mesmo caminhão, o controlista avalia se a máquina está ociosa ou com excesso de carros. O operador conhece as informações do setor de Controle de Qualidade, podendo restringir a alocação de carros a uma certa frente, se necessário. A alocação do caminhão a uma determinada máquina disponível no momento, é decidida quando determinado ponto da estrada de retorno é atingido.

3.1.2 – *Dispatching por minicomputador*

Exporemos, em linhas gerais, o sistema de “dispatching” através de minicomputador (Nova 1200, da Data Process), em estudo na Quebec Cartier Mining Co.

As experiências ainda não foram publicadas pelos autores, uma vez que não

faremos menção a detalhes do sistema de computação referentes a lógica, análise e programação, julgamos não ferir os preceitos da ética profissional.

- A função do minicomputador no dispatching é executar uma simulação determinística do ciclo do caminhão, adicionando tempos médios para cada diferente perfil de trechos da estrada, inclusive computando tempos de espera.

Esta divisão do ciclo é fornecida pelo supervisor ao computador no início do turno ou quando uma escavadeira muda de posição na mira.

O caminhão avisava pelo rádio o momento de saída da escavadeira e, através de um toque do operador no teclado, a simulação principiava, cobrindo o ciclo de ida e volta até que, em dado momento o computador projetava o que estaria acontecendo em cada escavadeira no momento em que aquele caminhão ali chegasse, decidindo a que máquina alocá-lo.

Esta informação é fornecida ao operador através de um vídeo, e a ordem ao caminhão é transmitida oralmente.

Como o ciclo simulado era longo, qualquer variação mais sensível em torno do ciclo médio causava a decisão antes ou depois do ponto de Dispatching, ocorrendo com frequência que a situação de vacância ou ocupação da escavadeira não se confirmava na chegada do caminhão.

O sistema foi operado durante 3 meses, com resultados duvidosos, tempo este aproveitado para ajustagem na lógica e no hardware.

Atualmente, o sistema está sendo programado de modo a permitir que se forneça ao computador os momentos de saída do caminhão da escavadeira e do britador. Esta divisão do ciclo permitira maior acerto no instante da decisão. Os out puts são divididos em três áreas no vídeo:

- A área reservada ao dispatching, onde aparecem códigos, instruções, números do caminhão, da escavadeira, etc...
- Uma área na qual se visualiza os tempos-padrões em vigor para cada máquina, o posicionamento de caminhões (Britador, em trânsito, carregando) e das escavadeiras (disponível, manutenção, etc...)
- A terceira área registra o número de viagens de cada escavadeira, a produção por máquina, por turno, diária, os teores médios dos desmontes para cada máquina e o teor obtido por ponderação pelas toneladas.

Os números destas duas últimas áreas são chamados ao vídeo apenas para consulta, de modo a não confundir o operador.

Cumpramos ressaltar que o minicomputador não decide a alocação considerando restrições de blendagem. Tal procedimento exigiria um computador de dimensões consideráveis, pois a simulação se tornaria complexa. O registro dos teores ponderados permite ao operador acompanhar a blendagem e ordenar a mudança das escavadeiras se necessário.

3.1.3 – *Sugestões para implantação*

Do exposto, acreditamos poder emitir as seguintes opiniões:

- O dispatching de caminhões é eficiente e conduz a excelentes resultados.
- Julgamos que o procedimento correto para a adoção do sistema é o seguinte:
 - Implantar o controle por rádio
 - Avaliar o aumento da produtividade
 - Determinar, através da simulação em computador do sistema escavadeira – caminhão, britador, a produtividade ideal dos caminhões.
 - Orçar o projeto e implantação do sistema que utiliza o minicomputador.
 - Avaliar o custo da produtividade marginal conseguida pelo minicomputador em relação aos índices dos dispatchings não computadorizados.
 - Decidir sobre a economicidade da computação.

3.2 – SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE ESCAVAÇÃO E TRANSPORTE

Aplicação das mais usuais é a simulação em computador do sistema de escavação e transporte.

São exemplos de simulação o “dispatching” de caminhões através de minicomputador e o cálculo dos índices de efetividade para o controle de execução dos planos de lavra da Kennecott Copper. Estas aplicações são descritas em outros locais desta exposição. Note-se que em ambos os casos a simulação é *determinística*, isto é, os cálculos são efetuados considerando valores médios para cada variável (velocidade de caminhão, ciclo, tempos de carga e descarga, etc...)

Julgamos mais realistas as simulações *probabilísticas* que reproduzem o sistema físico escolhendo aleatoriamente os valores das variáveis dentro de suas curvas de distribuição de probabilidade de ocorrência.

O dimensionamento de equipamentos do projeto da mina de Mount Wright foi executado por simulação.

No Vale do Rio Doce a simulação probabilística foi aplicada com êxito ao dimensionamento da frota da mina do Cauê; o estudo é objeto de uma das palestras deste Simpósio.

3.3 – INOVAÇÕES TÉCNICAS

3.3.1 – *Maiores produtividades no Transporte Pesado pelo Uso de Trolleys*

3.3.1.1 – *Finalidade e Restrições*

Tivemos oportunidade de presenciar na Mina Lac Jeannine, da Quebec Cartier Mining Co, os excelentes resultados obtidos pelo suprimento de energia elétrica aos caminhões através de uma linha de trolley. Sabe-se que a velocidade de um caminhão em transporte ascendente é limitada pela voltagem suprida aos

motores elétricos que acionam as rodas; se esta fonte for externa em substituição ao conjunto motor diesel-gerador que equipa os caminhões, a produtividade aumentará em função da maior capacidade e regularidade daquela alimentação.

A primeira utilização do trolley em minas foi realizada pela Kennecott Copper, em China, New México, em 1967. A Quebec Cartier, em conjunto com a Unit Rig and Equipment Co, e a Canadian Johns – Manville Company, implantou tal melhoramento em Lac Jeannine. Os principais critérios para que o sistema fosse eficiente foram assim fixados:

- Capacidade de acomodar 5 caminhões continuamente ou até dez para períodos ocasionais de 2 minutos.
- Minimização da possibilidade de danos pela dinamitagem na mina.
- Facilidade de desmontagem e assentamento das torres.
- Não restrição da largura útil das estradas
- Alta disponibilidade mesmo sob condições adversas de clima.
- Desvios na elevação do piso deveriam ser tolerados até 1/2 metro e o sistema teria que permitir um afastamento do caminhão de até 1 1/2 metros da linha central de trolley.
- Segurança e facilidade para os motoristas.
- O equipamento montado no caminhão deveria ser protegido contra danos durante a carga, transporte, ou descarga, e deveria se localizar de modo a não prejudicar a visibilidade do motorista.

3.3.1.2 – Distribuição da Energia e a Adaptação dos Caminhões

A instalação na mina de China utilizou contactos de ferro deslizando ao longo dos condutores do cobre, que exigiam constantes aplicações de lubrificantes. Uma vez, que, em minas subterrâneas, aplicar-se com sucesso sapatas de carbono deslizando sobre barras de aço, projetou-se um sistema similar para Lac Jeannine. Optou-se pelo uso de barras de alumínio ao invés de aço. O desgaste é mínimo e não se exige lubrificante.

Torres de aço ancoradas em bases de concreto, espaçadas de cerca de 15 metros, suportam as duas barras de alumínio (positivo e negativo) suspensas a 10 metros acima do solo. Existem guias para dirigir as sapatas de contato, suspensas hidráulicamente através de um braço articulado, acionado pelo motorista.

As barras são seccionadas em segmentos, de modo a se evitar os danos com as detonações próximas que afetariam um sistema rígido. Preliminarmente, foi instalada uma linha-piloto de 300 metros, em rampa de 10%, que possibilitou algum aperfeiçoamento adicional. As variações no leito da estrada são compensadas por anéis ajustáveis nos contactos; o mecanismo de sustentação dos braços articulados é capaz de rotação, de modo que o motorista pode afastar-se do centro da linha sem perder o contacto.

Para proteção, enquanto o caminhão se move pela sua própria tração diesel-elétrica ou durante o carregamento pela escavadeira, os braços giram 90 graus e se colocam entre o topo da cabine do operador e a caçamba.

Quando o contacto com a linha se verifica, um contactor é aberto isolando o suprimento de força (conjunto motor-gerador) dos motores elétricos de tração das rodas; um outro contactor fecha e conecta a linha do trolley com estes motores através de uma série de resistências (resistance grid). Este sistema limita a 1.000 amperes a corrente em cada roda prevenindo contra o efeito de sobrecarga.

A aceleração é provida em 3 estágios através, de contactores controlados pela própria velocidade do caminhão; o motorista também dispõe de interruptores que lhe permitem diminuir a velocidade em 25% quando o veículo da frente é mais lento, ou desconectar-se da linha.

Por razões de segurança, o contacto se desfaz automaticamente se o motorista deixa de acelerar o caminhão.

O motor diesel permanece trabalhando em baixa rotação, quando o trolley é usado, para acionamento das bombas hidráulicas, refrigeração etc. . .

O peso total do conjunto montado ao caminhão é de cerca de 1,4 toneladas (3.000 libras).

O sistema entrou em operação em dezembro de 1970. Foram instalados um transformador de 5.000 KW e uma estação retificadora como uma fonte permanente de corrente contínua capaz de manter as barras a um máximo de 850 volts.

3.3.1.3 – Resultados Obtidos

O sistema propiciou os excelentes resultados resumidos nos quadros abaixo:

QUADRO XVI

Projeções de consumo do aço e do zinco

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
	(tx10 ³)								
Aço(MBA-3)	11.710	14.110	16.040	17.540	19.850	22.400	25.100	28.300	31.700
Zn (Correlação C/Aço)	123,5	148,8	169,2	185,0	209,4	236,3	264,7	298,5	334,4
Zn (Programa)	118,0	133,0	151,0	170,0	192,0	217,0	246,0	278,0	315,0

Fonte: MINIFAZ – IBS – CONSIDER

AUMENTO DE PRODUTIVIDADE - DADOS DE 1.971

MODELO DO CAMINHÃO	CARGA	DISTÂNCIAS			TEMPO/CICLO/IN		ACRÉSC. PRODUTIV.
		COMPRIMENTO DO TROLLEY	EM NÍVEL	RAMPA SEM TROLLEY	COM TROLLEY	SEM TROLLEY	
Dart 85 tons	Minério	2.360 ft	3400	2.210 ft	24,69	29,55	13,2%
Dart 85 tons	Rejeito	3.250	5.250		22,48	29,78	20,0%
Unit Rig M-85	Minério	2.360	3400	2.210	23,14	26,60	10,7%
Unit Rig M-85	Rejeito	3.250	5.250		28,70	28,20	15,5%
Unit Rig M-100	Minério	2.360	3400	2.210	23,18	25,75	8,0%
Unit Rig M-100	Rejeito	3.250	5.250		23,21	27,03	11,2%

DISPONIBILIDADE DO SISTEMA - 80%

No final de 1972, foi ampliada a linha e o percurso típico atual do minério é de 6.230 pés com trolley para um total de 10.178 pés.

A disponibilidade aumentou para cerca de 90% e a produtividade média para as frotas de 85 a 100 tons. é acrescida de 25% pelo uso do trolley.

A equipe da Quebec Cartier, considera que a redução de equipamentos compensou a despesa em menos de um ano.

Afirmam que, quando se dispõe de energia elétrica de baixo custo, e existe uma elevada densidade de tráfico para cargas nos sentido ascendente, o sistema de trolley deve ser seriamente considerado antes de finalizar qualquer dimensionamento de transporte.

3.3.2 – *Facilidades Operacionais*

3.3.2.1 – *Sistema de abastecimento e lubrificação na Kaiser Steel*

A Kaiser conseguiu excelentes resultados com a adoção de Estações Centralizadas para abastecimento e lubrificação de suas frotas. A vida útil dos motores e transmissão foi prolongada substancialmente.

A elevada temperatura ambiental exigia em demasia os sistemas de refrigeração; a água na região é altamente corrosiva e adiciona-se cromato de potássio para neutralização, visando evitar excessiva corrosão nos motores.

Os tempos de atendimento aos caminhões foi consideravelmente reduzido.

A Kaiser projetou e instalou duas estações móveis de serviço e modificou os caminhões para receber o diesel, óleo de motor, óleos hidráulicos e a mistura refrigerante em um só console, montado no equipamento, lateralmente, em local de fácil acesso. As mangueiras acoplam-se ao console e desligam-se automaticamente.

Cada estação de serviço é equipada com:

- Bomba para óleo diesel: 125 galões/minuto
- Bomba para óleo de motor: 5 galões/minuto
- Bomba para óleo do sistema hidráulico: 15 galões/minuto
- Bomba para óleo de transmissão: –15 galões/minuto
- Bomba para água de refrigeração: 15 galões/minuto
- Serviço de ar a 125 lb/pol².
- Tanques de armazenamento: 46.000 galões de óleo diesel, 12.000 galões de óleo de motor, 6.000 galões de óleo hidráulico, 6.000 galões de óleo de transmissão, 2.000 galões de água tratada, 1.500 galões de gasolina.

A operação completa é feita em 7 minutos, por 1 homem, por rodízio de caminhões durante o turno. Este operador preenche relatórios de abastecimento e lubrificação.

RELATÓRIO DE PRODUÇÃO

	DIA	NOITE	TOTAL DO DIA		META	ACUMULADA		MENSAL		ACUMULADA		ANUAL SALDO
			TOTAL	DIÁ		TOTAL	META	SALDO	RITMO	TOTAL	META	
Produção da Mina												
Alto Enxofre	14.500	14.100	28.600	15.852	507.200	393.307	110.893	588.352	2.554.274	1.972.311	681.963	
Baixo Enxofre				8.844	213.600	221.096	7.496	247.776	1.101.466	1.086.616	14.850	
TOTAL	14.500	14.100	28.600	24.696	720.800	617.403	103.397	836.128	3.655.740	2.958.927	696.813	
Rejeito	46.500	58.600	105.100	98.781	2.798.400	2.469.613	328.787	3.246.144	12.128.100	11.835.709	292.391	
TOTAL	61.000	72.700	133.700	123.477	3.519.200	3.087.016	432.184	4.082.272	15.783.840	14.794.636	989.204	
Minério Britado												
Alto Enxofre	980	11.732	13.038	15.852	441.244	396.107	44.937	511.843	2.355.682	1.872.311	483.371	
Teor Fe	31.20	29.00	29.35	36.70	36.41	36.70	.29-		35.24	34.84	.40	
Teor S	.75	.61	.63	.97	.85	.87	.02-		7.90	.80	7.10	
Baixo Enxofre				8.844	178.486	221.096	42.610-	207.044	989.082	1.080.610	97.534-	
Teor Fe	.00	.00	.00	35.10	37.02	35.30	1.72		33.99	34.27	.28-	
Teor S	.00	.00	.00	.57	.22	.57	.35-		35	.41	.06-	
TOTAL	980	11.732	13.038	24.696	619.730	617.403	2.327	718.887	3.344.764	2.958.927	385.837	
Tailing	60.020	60.968	120.662	98.781	2.899.470	2.469.857	469.857	3.363.385	12.439.076	11.835.709	603.367	
Relação de Decapeam.	61.24/1	5.20/1	9.25/1	4.00/1	4.68/1	4.00/1	.68/1-		3.72/1	4.00/1	.28	
Pês Ferfurados	1.400	1.560	2.940		74.692			86.643	321.829			
Frota Perfuratrizes												
Disponibilidade	47.50	45.00	46.25	00.00	67.53	80.00	12.45		70.14	80.00	9.86-	
Utilização	45.00	35.00	40.00		51.20				46.75			
Utiliz./Disponib.	94.74	77.78	80.49		75.88				66.65			
Frota Escavadeira												
Disponibilidade	80.00	75.00	77.50	80.00	75.99	80.00	4.01-		69.73	80.00	10.27-	
Utilização	80.00	65.00	72.50		70.53				63.02			
Utiliz./Disponib.	100.00	86.67	93.55		92.88				90.38			
Frota Caminhões												
Disponibilidade	59.00	51.38	55.54	70.00	58.91	70.00	16.09-		58.95	70.00	11.05-	
Utilização	57.09	48.00	52.52		48.48				47.05			
Utiliz./Disponib.	95.47	93.51	94.56		89.93				80.49			

3.3.2.2 – Observações Gerais

- Notamos uma tendência geral, nas grandes minas de padronização para escavadeiras de 15 jc e caminhões de 150 a 200 toneladas. Nas minas de médio porte, escavadeiras de 9 a 12 jc e caminhões de 85 a 100 toneladas. Em Cananea está sendo montada uma escavadeira P&H de 25 jc e em Pima um P&H de 20 jc.
- Em Bingham Canyon, observamos um novo tipo de caçamba de escavadeira, fabricação da AMSCO, constituída de uma peça inteira de aço-manganeês onde se troca a unha dos dentes.
Além da maior durabilidade alegada, a grande vantagem da caçamba é o seu menor peso, o que permitiu o uso de 15 jardas cúbicas em escavadeiras de 12 jc.
- A equipe da Quebec Cartier Mining Co solicitou aos fabricantes o desenho de caçambas de escavadeiras mais largas e de menor altura, a serem usadas em Mount Wright. Desta forma, o peso e o volume útil seriam mantidos, diminuindo-se porém o tempo de enchimento da caçamba, permitindo ciclos mais rápidos.
- Na Kennecott Copper, foi adaptado um dromo enrolador de cabos em um caminhão leve, facilitando a locomoção das escavadeiras.
- No pit bastante fechado de Bingham Canyon, (com bermas de 40 pés em cada banco e intermediárias de 80 pés a cada 4 bancos), julga-se mais flexível o sistema de carregamento e transporte por escavadeira-vagões, uma vez que a pequena largura somente permitiria o acesso de caminhões ao banco que estivesse sendo alargado para 80 pés. Cada escavadeira é responsável por quatro níveis. A saída do minério é efetuada por três túneis.
- As rampas salva-vidas das estradas em Eagle Mountain são cobertas pelo oversize do circuito de jigagem, sem compactação, de modo a facilitar a retenção dos caminhões desgovernados.
- Em diversas minas, o controle de avanço das frentes é feito por interpretação de fotografias aéreas, bimensalmente, serviço mais econômico nos USA que a topografia convencional.
- As detonações são sempre de grande dimensão, de modo a manter o desmonte bastante avançado em relação à escavação.

4.0 – CONTROLE COMPUTADORIZADO DE DADOS DE PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO PREVENTIVA

4.1 – *Resumo dos principais pontos observados:*

- Observamos uma absoluta simplicidade na elaboração dos relatórios de produção. Controlam-se periodicamente apenas as variáveis realmente importantes, evitando-se o excesso de informações.

- Sempre que se necessitam de dados mais detalhados, ou mesmo sobre assuntos mais específicos, recorrem-se aos processos de amostragem, interrompidos tão logo cesse o interesse pela informação.
- Normalmente, as partes diárias dos operadores e mecânicos, são conferidas pelos supervisores, ao final do turno, e encaminhadas ao setor de perfuração de cartões, para preparação de inputs de computação.
- Através de terminais, efetua-se a entrada dos dados para a constituição do relatório de produção, acompanhamento dos planos de lavra, custos, vida útil dos equipamentos, previsão de manutenção etc. . .
- A Kennecott Copper possui 4 terminais na mina de Bingham Canyon:
- Mina: Recebe principalmente as partes diárias, perfuradas, do desmonte (perfuração, dinamitagem, escavação).
- Escritório de Planejamento: Alimentado pelos dados de planejamento, toneladas previstas, alocação de frotas, perfis de estradas etc. . .
- Oficina de Manutenção: Partes diárias da manutenção, subconjuntos substituídos etc. . .
- Escritório de Manutenção: Substituição de pneus e recebimento de partes diárias do transporte pesado e serviços auxiliares.

A utilização destes terminais é bastante baixa, mas prefere-se ganhar em flexibilidade.

Os dados são transmitidos ao computador central ao final de cada turno.

Pode-se estocar, sem processamento, informações até um total de 10 turnos, prevenindo-se contra eventuais defeitos na aparelhagem.

Os relatórios de produção e manutenção são diários.

- É usual executar-se uma classificação em classes A, B, e C de custos para a escolha dos subconjuntos a controlar nos sistemas de controle e de manutenção.

Aos itens mais onerosos é dada maior atenção.

- Os relatórios de manutenção preventiva são emitidos por frota e por subconjunto, comparando-se os dados com padrões pré-estabelecidos.

4.2 – Exemplos de Relatórios

Em anexo apresentamos exemplos de partes diárias dos operadores, relatórios de produção e de manutenção.

5.0 – CONTROLE COMPUTADORIZADO DE PROCESSO CONTÍNUO (USINA DE CONCENTRAÇÃO)

5.1 – *Resumo dos principais Pontos Observados.*

- Nas Usinas visitadas, o papel da computação no controle de processo contínuo é basicamente a coleta, o processamento e o registro das diversas variáveis, fornecendo a informação aos operadores para a atuação corretiva.
- A captação dos sinais emitidos pelas câmaras analisadores da polpa (Raios X) é executada pelo hardware convencional, terminais e minicomputadores. Os outputs normalmente são impressos ou enviados a terminais de saída com vídeos, em forma de números ou gráficos.
- Quando o computador atua diretamente na regulação do sistema físico, isto normalmente ocorre nos dispositivos de segurança das usinas, desligando sucessivamente a aparelhagem em casos críticos, através de servomecanismo, ou mesmo em ajustagens restritas de aparelhos específicos.
- Transcrevemos a seguir opiniões da equipe de Controle de Processo da Kennecott Copper, a respeito do assunto:
 - Os sistemas de controle “on-line” só se justificam em termos econômicos se o sistema físico reagir tão rapidamente a uma mudança de variável de modo a não permitir a intervenção humana em tempo hábil. Caso contrário, o melhor procedimento é o computador prover dados para a decisão e a conseqüente ação corretiva.
 - Os problemas de mais difícil resolução no controle de processos por computador são a emissão do sinal correspondente a uma determinada medição e o interface de regulação do sistema físico por servomecanismo. A instrumentação necessária é muito sensível e deve ser protegida do meio ambiente (pó, calor, umidade, vibrações, ruídos, etc...)

Os sistemas de controle de processo não diminuem substancialmente o pessoal do controle de uma usina, pela necessidade de mão-de-obra altamente qualificada para implantação, manutenção e operação de sistema.

- A implantação de um sistema de controle computadorizado de processo é lenta e trabalhosa. A Kennecott Copper possui equipe altamente qualificada, assistida por consultoria dos fabricantes de minicomputadores, em vem trabalhando no design e regulação da aparelhagem, por mais de 2 anos.

- Sempre que se necessitam de dados mais detalhados, ou mesmo sobre assuntos mais específicos, recorrem-se aos processos de amostragem, interrompidos tão logo cesse o interesse pela informação.
- Normalmente, as partes diárias dos operadores e mecânicos, são conferidas pelos supervisores, ao final do turno, e encaminhadas ao setor de perfuração de cartões, para preparação de inputs de computação.
- Através de terminais, efetua-se a entrada dos dados para a constituição do relatório de produção, acompanhamento dos planos de lavra, custos, vida útil dos equipamentos, previsão de manutenção etc. . .
- A Kennecott Copper possui 4 terminais na mina de Bingham Canyon:
- Mina: Recebe principalmente as partes diárias, perfuradas, do desmonte (perfuração, dinamitação, escavação).
- Escritório de Planejamento: Alimentado pelos dados de planejamento, toneladas previstas, alocação de frotas, perfis de estradas etc. . .
- Oficina de Manutenção: Partes diárias da manutenção, subconjuntos substituídos etc. . .
- Escritório de Manutenção: Substituição de pneus e recebimento de partes diárias do transporte pesado e serviços auxiliares.

A utilização destes terminais é bastante baixa, mas prefere-se ganhar em flexibilidade.

Os dados são transmitidos ao computador central ao final de cada turno.

Pode-se estocar, sem processamento, informações até um total de 10 turnos, prevenindo-se contra eventuais defeitos na aparelhagem.

Os relatórios de produção e manutenção são diários.

- É usual executar-se uma classificação em classes A, B, e C de custos para a escolha dos subconjuntos a controlar nos sistemas de controle e de manutenção.

Aos itens mais onerosos é dada maior atenção.

- Os relatórios de manutenção preventiva são emitidos por frota e por subconjunto, comparando-se os dados com padrões pré-estabelecidos.

4.2 – Exemplos de Relatórios

Em anexo apresentamos exemplos de partes diárias dos operadores, relatórios de produção e de manutenção.

5.0 – CONTROLE COMPUTADORIZADO DE PROCESSO CONTÍNUO (USINA DE CONCENTRAÇÃO)

5.1 – *Resumo dos principais Pontos Observados.*

- Nas Usinas visitadas, o papel da computação no controle de processo contínuo é basicamente a coleta, o processamento e o registro das diversas variáveis, fornecendo a informação aos operadores para a atuação corretiva.
- A captação dos sinais emitidos pelas câmaras analisadores da polpa (Raios X) é executada pelo hardware convencional, terminais e minicomputadores. Os outputs normalmente são impressos ou enviados a terminais de saída com vídeos, em forma de números ou gráficos.
- Quando o computador atua diretamente na regulação do sistema físico, isto normalmente ocorre nos dispositivos de segurança das usinas, desligando sucessivamente a aparelhagem em casos críticos, através de servomecanismo, ou mesmo em ajustagens restritas de aparelhos específicos.
- Transcrevemos a seguir opiniões da equipe de Controle de Processo da Kennecott Copper, a respeito do assunto:
 - Os sistemas de controle “on-line” só se justificam em termos econômicos se o sistema físico reagir tão rapidamente a uma mudança de variável de modo a não permitir a intervenção humana em tempo hábil. Caso contrário, o melhor procedimento é o computador prover dados para a decisão e a conseqüente ação corretiva.
 - Os problemas de mais difícil resolução no controle de processos por computador são a emissão do sinal correspondente a uma determinada medição e o interface de regulação do sistema físico por servomecanismo. A instrumentação necessária é muito sensível e deve ser protegida do meio ambiente (pó, calor, umidade, vibrações, ruídos, etc...)

Os sistemas de controle de processo não diminuem substancialmente o pessoal do controle de uma usina, pela necessidade de mão-de-obra altamente qualificada para implantação, manutenção e operação de sistema.

- A implantação de um sistema de controle computadorizado de processo é lenta e trabalhosa. A Kennecott Copper possui equipe altamente qualificada, assistida por consultoria dos fabricantes de minicomputadores, em vem trabalhando no design e regulação da aparelhagem, por mais de 2 anos.

6.0 – CONTROLE COMPUTADORIZADO DE ALMOXARIFADOS

6.1 – *Resumo dos pontos principais observados*

O sistema de controle de almoxarifado da Kennecott Copper, único aqui descrito, se divide em:

- Controle de Mercado (“Marker System”).
- + Controle de Estoques e Aprovisionamento (“inventory and Purchasing System”).
- Relatórios de Responsabilidade por Setor (“Inventory Responsibility”).
- Relatórios de Contabilidade (“Accounting System”).
- Relatórios de Materiais Obsoletos.

O sistema global de controle abrange 210 subrotinas de computação. A implantação foi executada pela Kennecott e firmas de consultoria, em fases sucessivas.

- Mercado, em fins de 1969.
- Estoques e Aprovisionamento, em outubro de 1970.
- Responsabilização e Absolescência, em outubro de 1971.
- Contabilidade, em abril de 1972.

O sistema de Controle de Mercado mantém atualizados, para cada item, as suas especificações, endereços dos fornecedores, preços, consumos, a relação dos cinco últimos fornecedores, informações relativas a variações monetárias.

Os fornecedores são obrigados a manter a companhia continuamente informada e atualizada no tocante a preços e características de produtos. O departamento de compras recebe as propostas, consulta o “Marker” e aprova ou não os novos preços, atualizando as memórias do computador.

Desta forma, praticamente não existe perda de tempo com pesquisa de mercado ao se tornar necessária a aquisição de um item.

O programa “marker System” central (em Salt Lake City) já está interligando em “interface” com outro computador em Baltimore, região onde se concentram firmas fornecedoras.

O sistema de Estoques e Aprovisionamento (“Inventory and Purchasing System”), pelos tradicionais métodos de estoques mínimos, calcula os pontos de emissão das ordens de compra (economic order point) atualizando os itens selecionados para aprovisionamento.

Estes programas podem relatar todos os itens, mas normalmente só o fazem com os críticos. Os itens a aprovisionar são separados para os diversos setores pelo programa “Inventory Responsibility” e cada chefe técnico é responsabilizado pelo julgamento e requisição da ordem de compra.

O sistema é operado no computador a cada 2 dias.

Semanalmente são emitidas as ordens de compra.

Os relatórios de Contabilidade são processados mensalmente.

Os relatórios de materiais obsoletos são obtidos mensalmente, apontando os itens não requisitados nos últimos 24 meses. Todo este material é deslocado para um almoxarifado próprio onde é colocado à disposição dos outros departamentos.

RELATÓRIO DE HORAS TRABALHADAS DE EQUIPAMENTO PESADO – 25/04/73

UNIDADE N.º	HORAS TRABALHADAS			CONTROLE DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA								
	TURNO 1	TURNO 2	TURNO 3	TOTAL	A	B	C	D	E	F	G	H
	- EQUIPAMENTO AUXILIAR -											
	LADA											
53	0	0	0	0	19.432.1	149.5	329.5	912.7	912.7	912.7	912.7	912.7
56	0	9.0	0	9.0	47.949.7	125.0	297.3	297.3	1.423.1	1.423.1	1.423.1	1.423.1
58	4.0	3.0	0	7.0	18.654.1	14.5	401.7	401.7	695.7	695.7	5.633.8	3.704.3
81	0	0	0	0	59.518.1	44.8	569.3	569.3	1.579.4	1.570.4	1.579.4	1.114.0

EQUIPAMENTO AUXILIAR:

- A – Revisão de 150 horas.
- B – Revisão de 500 horas.
- C – Revisão 1.000 horas.
- D – Horas do motor desde a instalação.
- E – Horas do motor desde a retífica.
- F – Horas da transmissão.
- G – Braço direito - Sistema Direção.
- H – Braço esquerdo - Sistema Direção.

HISTÓRICO DE VIDA ÚTIL DOS MOTORES DAS RODAS - SUB-CONJUNTO ESCOVAS

Nº DE SÉRIE	DATA DE INÍCIO	DATA DE FINAL	RODA	POSIÇÃO A		POSIÇÃO B		POSIÇÃO C		DESCONHECIDA		ESCOVAS ESCOVAS INSTAL.	TOTAL HORAS TRABALHADAS
				ESCOVAS INSTAL.	HORAS-TRAB.	ESCOVAS INSTAL.	HORAS-TRAB.	ESCOVAS INSTAL.	HORAS-TRAB.	ESCOVAS INSTAL.	HORAS-TRAB.		
7407922	11.04.68	05.04.73	ESQ.	16	10044	16	10044	16	10044	20	9825	60	10044
7407922	11.04.68	05.04.73	DIR.	24	10044	24	10044	24	10044	36	10763	108	10763
USO TOTAL DAS ESCOVAS				40	10044	40	10044	40	10044	56	10763	176	10763
MÉDIA POR ESCOVA					251		251		251		192		
7407922	11.04.68	05.04.73	ESQ.	4	14887	4	14887	4	14887	28	14192	40	
7407922	11.04.68	05.04.73	DIR.	24	10610	24	10610	16	10610	44	9205	100	
USO TOTAL DAS ESCOVAS				28	14887	28	14887	20	14887	72	14192	148	
MÉDIA POR ESCOVA					581		581		744		197		

7.0 – ORGANIZAÇÃO EMPRESARIAL DOS DEPARTAMENTOS DE MINERAÇÃO

7.1 – *Resumo dos Principais Pontos Observados*

Os executivos de linha normalmente são administradores ou engenheiros com formação voltada para as áreas de gerência.

Praticamente todos os executivos de linha possuem equipes de acessoria, em diversos níveis funcionais cobrindo as áreas de geologia, planejamento, controle de processo, manutenção e engenharia industrial. O engenheiro destas áreas normalmente é mantido em funções de caráter estritamente técnico-científico, dispondo de oportunidade de acesso profissional sem necessidade de deslocamento para funções de gerência.

Engenheiros recém-formados são admitidos na categoria de engenheiros-júnior, exercendo funções de supervisão (inclusive trocando turnos) durante período considerado como treinamento. Os engenheiros-senior são normalmente deslocados para os setores de planejamento, programação e controle.

A existência de mão de obra altamente qualificada permite a subordinação direta entre os superintendentes de mina e os supervisores.

A manutenção geralmente se subordina a cada setor de operação mina, planta, refino etc...

As companhias contratam profissionais em todos os níveis hierárquicos e não apenas recém-formados.

Tal medida promove competição externa aos ocupantes de determinadas funções, estimulando-as a produzir melhores resultados.

Os salários pagos normalmente obedecem a planos e níveis salariais, mas existe o sistema de promoções horizontais.

A realização de projetos internos interdepartamentais obedece a uma sistemática pré-estabelecida; emissão de pedido (contendo objetivos bem definidos, tempos previstos, estimativas orçamentárias) aprovação do órgão executante pelo custo excedente e finalmente a realização propriamente dita.

Os orçamentos setoriais são executados com 6 meses de antecedência e tornam-se extremamente difíceis reajustes posteriores, exigindo-se justificativas criteriosas e convincentes.

Em virtude do elevado custo da mão-de-obra, notamos extrema preocupação de minimização do pessoal. Como exemplo, os postos de abastecimento de combustível a veículos leves na Quebec Cartier são "self-service".

8.0 – CONCLUSÃO

Externamos nosso agradecimento à Comissão Organizadora do III Simpósio de Mineração pelo honroso convite para participarmos dos trabalhos desta jornada de estudos.

HISTÓRICO DE VIDA ÚTIL DOS MOTORES DAS RODAS - SUB-CONJUNTO ESCOVAS

Nº DE SÉRIE	DATA DE INÍCIO	DATA FINAL	RODA	POSIÇÃO A		POSIÇÃO B		POSIÇÃO C		DESCONHECIDA		ESCOVAS ESCOVAS INSTAL.	TOTAL HORAS TRABALHADAS
				ESCOVAS INSTAL.	HORAS-TRAB.	ESCOVAS INSTAL.	HORAS-TRAB.	ESCOVAS INSTAL.	HORAS-TRAB.	ESCOVAS INSTAL.	HORAS-TRAB.		
7407922	11.04.68	05.04.73	ESQ.	16	10044	16	10044	16	10044	20	9825	60	10044
7407922	11.04.68	05.04.73	DIR.	24	10044	24	10044	24	10044	36	10763	108	10763
USO TOTAL DAS ESCOVAS				40	10044	40	10044	40	10044	56	10763	176	10763
MÉDIA POR ESCOVA					251		251		251		192		
7407922	11.04.68	05.04.73	ESQ.	4	14887	4	14887	4	14887	28	14192	40	
7407922	11.04.68	05.04.73	DIR.	24	10610	24	10610	16	10610	44	9205	100	
USO TOTAL DAS ESCOVAS				28	14887	28	14887	20	14887	72	14192	148	
MÉDIA POR ESCOVA					581		581		744		197		

7.0 – ORGANIZAÇÃO EMPRESARIAL DOS DEPARTAMENTOS DE MINERAÇÃO

7.1 – *Resumo dos Principais Pontos Observados*

Os executivos de linha normalmente são administradores ou engenheiros com formação voltada para as áreas de gerência.

Praticamente todos os executivos de linha possuem equipes de acessoria, em diversos níveis funcionais cobrindo as áreas de geologia, planejamento, controle de processo, manutenção e engenharia industrial. O engenheiro destas áreas normalmente é mantido em funções de caráter estritamente técnico-científico, dispondo de oportunidade de acesso profissional sem necessidade de deslocamento para funções de gerência.

Engenheiros recém-formados são admitidos na categoria de engenheiros-júnior, exercendo funções de supervisão (inclusive trocando turnos) durante período considerado como treinamento. Os engenheiros-senior são normalmente deslocados para os setores de planejamento, programação e controle.

A existência de mão de obra altamente qualificada permite a subordinação direta entre os superintendentes de mina e os supervisores.

A manutenção geralmente se subordina a cada setor de operação mina, planta, refino etc...

As companhias contratam profissionais em todos os níveis hierárquicos e não apenas recém-formados.

Tal medida promove competição externa aos ocupantes de determinadas funções, estimulando-as a produzir melhores resultados.

Os salários pagos normalmente obedecem a planos e níveis salariais, mas existe o sistema de promoções horizontais.

A realização de projetos internos interdepartamentais obedece a uma sistemática pré-estabelecida; emissão de pedido (contendo objetivos bem definidos, tempos previstos, estimativas orçamentárias) aprovação do órgão executante pelo custo excedente e finalmente a realização propriamente dita.

Os orçamentos setoriais são executados com 6 meses de antecedência e tornam-se extremamente difíceis reajustes posteriores, exigindo-se justificativas criteriosas e convincentes.

Em virtude do elevado custo da mão-de-obra, notamos extrema preocupação de minimização do pessoal. Como exemplo, os postos de abastecimento de combustível a veículos leves na Quebec Cartier são "self-service".

8.0 – CONCLUSÃO

Externamos nosso agradecimento à Comissão Organizadora do III Simpósio de Mineração pelo honroso convite para participarmos dos trabalhos desta jornada de estudos.

Às diretorias do Grêmio Mínero-Metalúrgico Louis Ensck e do CENTRO MORAES RÊGO, a nossa palavra de incentivo pelo seu esforço em prol da indústria mineral brasileira.

Bibliografia e Publicações sobre os Assuntos Tratados

- Pana, M.T. – O'Brian, D.T. – Carlson, T.R. – Erickson, J.D. (Kennecott Copper)
 "A Description of Computer Techniques used in Mine Planning at the Utah Mine of Kennecott Copper Corporation"
 Symposium on Computers and Computer Applications – in Mining Exploration, University of Arizona. March, 1965.
- Pill, W. – Bigando, Giovanni (Cia. Mineira Cananea)
 "Estudio Financiero de la Explotacion de un Grupo Mineralizado a Tajo a Cielo Abierto Empleandose el Sistema de Computadoras – Octubre 1971.
 Apresentado em Congresso de Mineração no México em 1971.
- Olson, E.K. – (Kaiser Steel)
 "Review of Method Changes Shows"
 Mining Engineers – Society of Mining Engineering of AIME – December, 1972.
- Gagnon, J.M.R. – Rochefort, F. (Quebec Cartier Mining Co.)
 "Diesel Electric Truck Haulage Improved Through Trolley Assist"
 The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, December, 1972
- Gazolla, E.A. – "Planejamento Operacional e Sistema de Controle de Qualidade nas Minas da CVRD".
 Geologia e Metalurgia nº 32, I Simpósio de Mineração do Centro Moraes Rego – São Paulo, 1971.
- Pereira, P.F. – Fonseca, J.C. – Gazolla, E.A.
 "Geoestatística Aplicada à Estimativa de Qualidade de Minérios nas Minas da CVRD".
 Anais do XXVIº Congresso Brasileiro de Geologia – Sociedade Brasileira de Geologia – Belém, Pará, 1972.
- Favila, J.P. – Oliveira, F. – Yasbeck, M. – Gazolla, G.A. – Gazolla, E.A.
 "A Shovel Production Scheduling Model"
 Anais do XIº International Symposium on Computer Applications in the Mineral Industry – Tucson, Arizona – USA – 1973.
- Gazolla, G.A. – Oliveira, F.
 "Simulação em Computadores da Escavação e Transporte nas Minas da CVRD".
 Anais do II Simpósio de Mineração – Geologia e Metalurgia – Centro Moraes Rego – São Paulo – 1972.