

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
Escola de Engenharia  
Departamento de Engenharia de Minas



ANÁLISE DE CICLOS DE EQUIPAMENTOS EM MINA DE CARVÃO  
ANÁLISE DE CICLOS DE EQUIPAMENTOS EM MINA DE CARVÃO  
SUBTERRÂNEA

SANDRO PINZON PEREIRA  
SANDRO PINZON PEREIRA

Relatório de Estágio Supervisionado  
Para a obtenção do título de Engenheiro de Minas

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
Escola de Engenharia  
Departamento de Engenharia de Minas

**ANÁLISE DE CICLOS DE EQUIPAMENTOS EM MINA DE CARVÃO  
SUBTERRÂNEA**

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ SANDRO PINZON PEREIRA

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Trabalho realizado na empresa Carbonífera Metropolitana, sob a Supervisão do Prof. Jair Carlos Koppe do Laboratório de Pesquisa Mineral do Departamento de Minas (Escola de Engenharia da UFRGS), dentro do Programa de Estágio Supervisionado faz parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro de Minas.

Área de Concentração do Estágio Supervisionado: Lavra Subterrânea

Esse Trabalho de Estágio Supervisionado foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro de Minas e aprovado em sua forma final, pelo Orientador e pela Comissão Examinadora do Curso de Graduação em Engenharia de Minas.

Orientador: Prof. Dr. Jair Carlos Koppe

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ....

Prof. Dr. ....

Prof. Dr. ....

Prof. Dr. João Felipe Coimbra Costa Leite  
Chefe do DEMIN-EE-UFRGS

Dedico a minha irmã Ana  
Aos meus pais Manoel e Sandra

## AGRADECIMENTOS

A todos que colaboraram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho, o meu reconhecimento.

A Carbonífera Metropolitana e ao Departamento de Engenharia de Minas pela realização do estágio.

Ao professor Paulo Salvadoretti pelo estímulo, dedicação, esforço pessoal e também à sua companhia durante as viagens de segunda-feira à tarde para Santa Catarina.

Aos colegas André Felipe, Cleiton Guedes, Evandro Santos pela convivência durante o estágio bem como sugestões e observações valiosas.

Aos Professores João Felipe, Ziza, Jair Koppe, André Jablonski e Caco pelas valiosas contribuições durante toda a realização do curso.

Ao grande professor Barbosa, do Instituto de Geodésia por sua inigualável paciência e tranquilidade.

Aos professores Eduardo Bitencourt e Vilhena, pela grande força que deram.

Aos colegas Guto, André Kosi, J.B. Sampaio, Marcos André, Casara, Luis, Tasca e Leandro pelas grandes discussões em dias de jogos da dupla Grenal e pelas inesquecíveis saídas de campo.

Ao grande amigo e agora vizinho, Fabrício, pelo longo tempo juntos desde a Mineralogia dos Minérios e também à sua companhia na hora do almoço.

À amiga Anna Christina por me agüentar tanto tempo.

À Loraci, pela extrema simpatia e dedicação aos trabalhos do Departamento.

Ao Mark Knopfler, por ter finalmente aparecido e ter tocado Sultans of Swing e What it is em Porto Alegre.

	Pág
LISTA DE FIGURAS.....	1
LISTA DE FOTOS.....	2
LISTA DE GRÁFICOS.....	3
LISTA DE TABELAS.....	4
RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. GEOLOGIA.....	10
2.1 Camada Barro Branco.....	12
2.2. Estudos Geológicos, Pesquisa e Controle.....	15
2.2.1. Controle de Teto.....	16
3. DIMENSIONAMENTO DOS PILARES.....	17
4. MÉTODO DE LAVRA.....	18
5. ESCORAMENTO.....	20
5.1. Parafuso de "½" Polegada.....	20
5.2. Parafuso de "7/8" de Polegada ou Prumo Invertido.....	23
5.3. Escoramento com Madeira.....	26
6. MINA ESPERANÇA.....	30
6.1. Características e operação do painel 3B/ 2º turno.....	31
6.2. Metodologia para a coleta de dados.....	33
6.3. Apresentação de dados coletados.....	35
6.4. Seqüência de ocupação de galerias pelos equipamentos.....	46
7. MINAFONTANELLA.....	53
7.1. Características e operação da Mina Fontanella/ 2º turno.....	54
7.2. Metodologia para a coleta de dados.....	55
7.3. Apresentação de dados coletados.....	56
8. ANÁLISES E DISCUSSÕES.....	64
8.1. Mina Esperança.....	64
8.1.1. Roof Drill.....	64
8.1.2. Coal Cutter.....	65

8.1.3. Face Drill.....	66
8.1.4. Carregamento das frentes.....	67
8.1.5. Loader.....	68
8.1.6. Shuttle Car.....	68
8.1.6.1. Produção horária de carvão por galerias.....	72
8.1.7. Comparação entre equipamentos.....	73
8.2. Mina Fontanella.....	76
8.2.1. Observações acompanhadas durante o turno.....	76
9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	78
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXOS.....	81

LISTA DE FIGURAS	PÁG.
Figura 1: Mapa de localização.....	8
Figura 2: Perfil da Camada de Carvão Barro Branco.....	15
Figura 3: Parafuso de "½" polegada.....	21
Figura 4: Sistema de escoramento padrão.....	23
Figura 5: Prumo invertido.....	24
Figura 6: Prumo invertido ancorado em rocha resistente.....	25
Figura 7: Localização dos prumos invertidos em arrombamento e embocações.....	25
Figura 8: Padrão de colocação de prumos invertidos em cruzamento de galerias.....	26
Figura 9: Escoramento com jogos de madeira (A).....	27
Figura 10: Escoramento com jogos de madeira (B).....	28
Figura 11: Escoramento com jogos de madeira (C).....	28
Figura 12: Escoramento tipo "BARCO" (barras e correntes).....	29
Figura 13: Frente de lavra esquemática do painel 3B.....	52
Figura 14: Frente de lavra esquemática mostrando correia e ventiladores.....	63



LISTA DE FOTOS

PÁG.

Foto 1: Roof Drill.....	35
Foto 2: Coal Cutter.....	37
Foto 3: Face Drill.....	39
Foto 4: Carregamento de frentes.....	41
Foto 5: Loader.....	43
Foto 6: Shuttle Car.....	45
Foto 7: Roof Drill (colação de parafusos e tala) .....	56
Foto 8: Face Drill.....	58
Foto 9: Carregamento das Frentes .....	60
Foto 10: LHD.....	61

LISTA DE GRÁFICOS	PÁG.
Gráfico 1: Divisão das atividades da Roof Drill.....	64
Gráfico 2: Divisão das atividades da Coal Cutter.....	66
Gráfico 3: Divisão das atividade da Face Drill.....	67
Gráfico 4: Divisão das atividades de carregamento de frente .....	67
Gráfico 5: Divisão das atividades da Loader.....	68
Gráfico 6: Limpeza da Galeria 0.....	69
Gráfico 7: Limpeza da Galeria 4.....	69
Gráfico 8: Limpeza da Galeria 5.....	69
Gráfico 9 :Limpeza da Galeria 6.....	70
Gráfico 10: Limpeza da Galeria 7 .....	70
Gráfico 11: Distâncias de transporte X tempos de ciclos.....	71
Gráfico12: Produção do Shuttle Car X distância de transporte.....	73
Gráfico13: Produção do Shuttle Car X tempo de transporte.....	73
Gráfico 14: Distâncias de transporte X tempos de ciclos.....	75
Gráfico 15: Percentagem de tempo gasta em deslocamentos.....	75
Gráfico 16: Percentagem do tempo gasta em quebras.....	75

LISTA DE TABELAS	PÁG.
Tabela 1: Produção média diária do mês de Janeiro 2001 na Mina Esperança e Fontanella.....	31
Tabela 2: Tempos médios de operação da PT.....	36
Tabela 3: Dados obtidos referentes ao parafusamento de teto.....	36
Tabela 4: Tempos médios de operação da Cortadeira.....	38
Tabela 5: Dados obtidos referentes ao corte de frentes.....	38
Tabela 6: Tempos médios de operação da PF.....	40
Tabela 7: Dados obtidos referentes à perfuração de frente.....	40
Tabela 8: Tempos médios de operação do blaster.....	42
Tabela 9: Tempos médios de operação da Loader.....	43
Tabela 10: Dados obtidos referentes à limpeza de frentes.....	44
Tabela 11: Tempos médios de operação do Shuttle Car .....	46
Tabela 12: Seqüência de deslocamento de equipamentos.....	46
Tabela 13: Seqüência de deslocamento de equipamentos.....	47
Tabela 14: Alocação dos horários no turno.....	48
Tabela 15: Simulação do primeiro turno.....	49
Tabela 16: Simulação do segundo turno.....	50
Tabela 17: Ocupação das galerias nos respectivos turnos.....	51
Tabela 18: Número de frentes limpas por turno.....	51
Tabela 19: Produção média diária do mês de Janeiro 2001 na Mina Esperança e Fontanella.....	53
Tabela 20: Tempos médios de operação da Roof drill.....	57
Tabela 21: Tempos médios de operação da Face drill. ....	59
Tabela 22: Tempos médios de operação das LHD's.....	62
Tabela 23: Divisão dos trabalhos em um turno.....	62

LISTA DE TABELAS

PÁG.

Tabela 24: Produtividade da Roof Drill..... 65

Tabela 25: Produção do Shuttle Car..... 72

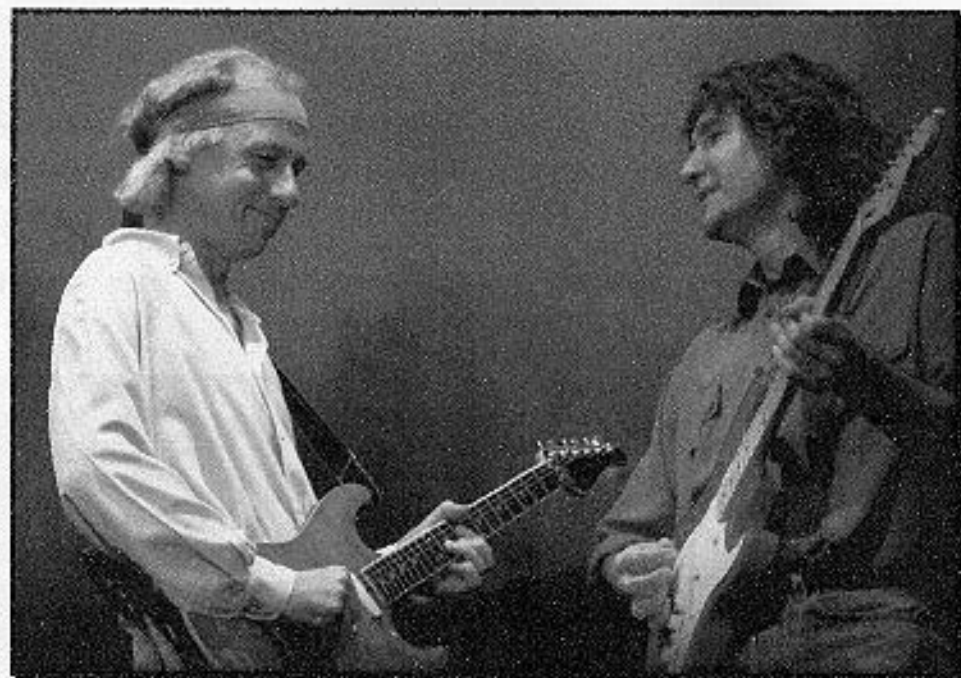
## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo uma análise dos diversos tipos de equipamentos que estão sendo utilizados atualmente na extração do carvão em uma mina subterrânea. O estágio ocorreu no mês de Janeiro de 2001 na cidade de Treviso, Santa Catarina, na Carbonífera Metropolitana e em Porto Alegre –UFRGS, no mês de Fevereiro, para o tratamento dos dados adquiridos.

Foram acompanhadas duas minas, Minas Esperança e Fontanella, que possuem particularidades bem distintas. A Esperança é a mais antiga e contribui com a maior arte de produção (1.200.000 t/ano), pois a Mina Fontanella (216.000 t/ano) está em fase de desenvolvimento, apesar de já ter algumas regiões já mineradas. O transporte do ROM da frente de lavra até a correia transportadora diferencia as duas minas, pois são usadas LHD's na Mina Fontanella e Shuttle Cars na Mina Esperança, que também possui LHD's em um painel específico.

Outra diferença é o uso de uma Coal Cutter ou Cortadeira na Mina Esperança, utilizada para facilitar o desmonte da frente, o que não ocorre na Mina Fontanella, pois esta utiliza o sistema chamado "fogo no duro".

Foram acompanhadas todas as operações de lavra afim de que se obtenha as características de cada operação, seus tempos médios, suas dificuldades e particularidades, assim como os seus atrasos e quebras. Com estes dados, se fará uma análise de cada equipamento a fim de se obter alguma conclusão que seja importante para o aumento da produção.



### DARLING PRETTY

It's time to come away, my Darling Pretty  
It's time to come away on the changing tide  
Time to come away, my Darling Pretty  
And I need you darling by my side

Heal me with a smile, Darling Pretty  
Heal me with a smile and a heart of gold  
Carry me awhile, my Darling Pretty  
Heal my aching heart and soul

Just like a castaway  
Lost upon an endless sea  
I saw you far away  
Come to rescue me

Cast away the chains, Darling Pretty  
Cast away the chains away behind  
Take away my pain, my Darling Pretty  
And the chains that once were yours and mine

There will come a day, Darling Pretty  
There will come a day when hearts can fly  
Love will find a way, my Darling Pretty  
Find a heaven for you and I  
Love will find a way, my Darling Pretty  
Find a heaven for you and I

**Mark Knopfler**

## 1. INTRODUÇÃO

A Mina Esperança, em operação desde 1984, e a Mina Fontanella, estão localizadas em Treviso, Santa Catarina, distante aproximadamente 30 km de Criciúma (Figura 1), e pertence à Carbonífera Metropolitana S.A. O método de lavra é, essencialmente, de câmaras e pilares em avanço e sem recuperação dos pilares.



Figura 1: Mapa de localização

Operando na Camada Barro Branco, a Mina Esperança tem uma produção anual de aproximadamente 1.200.000 t de carvão bruto, o que representa algo em torno de 480.000 toneladas de carvão energético CE 4.500 com 44 % de cinza, 2,2 % S, 6 % H<sub>2</sub>O e 22 % de material volátil, que é fornecido para a termoeletrica Jorge Lacerda, situada aproximadamente a 100 km da mina (*Empresas Guglielmi/Perfil Empresarial*).

A Mina Fontanela, por estar em fase de desenvolvimento possui uma produção de 216.000 t/ano, o que corresponde a 15,2% de toda a produção de carvão.

### 3. GEOLOGIA

A Mina Esperança dispõe de quatro painéis de produção, sendo eles:

- Painel 1 (Utiliza LHD's e pilares de 9 m com reforço)
- Painel 3A
- Painel 3B
- Painel 5

Os trabalhos realizados durante o mês de Janeiro (Mina Esperança) visaram a coleta de dados (ciclos de maquinário) referentes ao painel de lavra denominado 3B da Mina Esperança para posterior análise de produção e para que se tenham dados suficientemente significativos para apontar diferenças e eficiências operacionais entre as máquinas utilizadas.

Foram também acompanhados os trabalhos na Mina Fontanella durante a primeira semana do mês de Março. Tem como objetivo uma continuação dos trabalhos efetuados na Mina Esperança, porém com um detalhamento bem menor devido ao pouco tempo de acompanhamento dos trabalhos, servindo assim para mostrar uma visão geral do que esta acontecendo na lavra.

A metodologia empregada foi o acompanhamento das tarefas de cada máquina durante um turno completo de produção. Foram coletados os tempos de operações de cada equipamento, tempos de paradas motivadas por quebras ou por esperas.

Assim, este estágio também foi capaz de transmitir as situações que ocorrem no dia a dia de uma empresa de mineração, bem como o sistema de trabalho adotado, a convivência com os trabalhadores, engenheiros, em fim, de



participar conjuntamente com todo o grupo de funcionários, ampliando assim os conhecimentos adquiridos durante os períodos de aulas.

## 2. GEOLOGIA

A Formação Rio Bonito é uma das mais importantes da Bacia do Paraná, sob o ponto de vista econômico, por encerrar as maiores jazidas de carvão conhecidas no país. Está situada na porção inferior do conjunto de rochas sedimentares integrantes da bacia e pertence ao Permiano Médio (CAYE et al., 1975).

O contato da Formação Rio Bonito com a Formação Palermo é na maioria das vezes nítido e concordante, o siltito preto com estrutura flaser está sobre o arenito cinza esbranquiçado. Localmente, pode ser gradacional, como a sul e sudeste de Criciúma e a oeste de Lauro Müller.

É possível dividir a Formação Rio Bonito nas seguintes litologias, da base ao topo:

- *Rio Bonito Inferior*: é representado por uma seqüência arenosa com intercalações de camadas de siltitos cinza claros e escuros, micáceos, e, menos freqüentemente, de folhelhos cinza escuros a pretos com raros leitos carbonosos. Ocorrem nódulos de pirita, lâminas de gipsita preenchendo fraturas sub-horizontais e de calcita em fraturas sub-verticais ou irregulares. Sua espessura varia de 20 a 60 m;

- *Rio Bonito Médio*: apresenta espessura variável de 30 a 50 m onde predominam siltitos cinza, esverdeados, finamente micáceos, em geral maciços, mas também com intercalações de lâminas, além de leitos e bancos de arenitos da mesma cor, de granulometria muito fina, calcíferos. Observam-se restos vegetais carbonizados e fraturas preenchidas por carbonato de cálcio e gipsita;

• *Rio Bonito Superior*: tem uma espessura entre 50 e 90 m. Entre o contato Palermo-Rio Bonito e a Camada de Carvão Barro Branco, desenvolveram-se arenitos (denominados arenitos de Barro Branco Superior), cinza esbranquiçados, finos, finos a médios, e localmente grosseiros, quartzíticos, calcíferos, ocorrendo em bancos ou camadas maciças com alguns estilólitos. Em certas áreas, próximas à base, passam a intercalar-se abundantes lâminas, em geral irregulares, alguns leitos e bancos de siltitos e folhelhos cinza-escuros a pretos, micáceos, evidenciando laminações subparalelas, cruzadas e principalmente lenticulares, denotando estrutura flaser, com abundante bioturbação e restos vegetais carbonizados. Neste intervalo superior às vezes se intercala a Camada de Carvão Treviso. Imediatamente abaixo da Camada Barro Branco, ocorrem arenitos (denominados de Barro Branco Inferior) cinza esbranquiçados, de granulometria predominantemente fina, passando localmente até média a grosseira, quartzíticos, calcíferos, às vezes micáceos com intercalações de finíssimas lâminas siltico-micáceas cinza escuras, evidenciando laminações em geral paralelas e por vezes irregulares. Ocorrem alguns bancos maciços, estilólitos e fraturas sub-verticais preenchidas por calcita. Segue-se uma seqüência também arenosa, com intercalações de bancos e camadas de siltitos cinza escuros, micáceos, folhelhos pretos carbonosos e carvão (Camadas de Carvão "A", "B", Ponte Alta e Bonito, em ordem do topo para a base).

Sua espessura média no sudeste catarinense é de 150 m.

O início da sedimentação da Formação Rio Bonito se deu em ambiente de planície de inundação por sobre sedimentos costeiros da Formação Itararé.

Nas áreas situadas ao norte de Santa Catarina e Paraná atuava ambiente fluvio-deltáico com canais fluviais provenientes das partes altas a leste e nordeste da bacia. Em direção a sul (Lauro Müller e Araranguá)

predominava ambiente de planície aluvial costeira, propiciando condições para acúmulo de matéria orgânica nas faixas interdistribuídas (Camada Bonito).

Os sedimentos depositados em seu terço médio indicam ambiente infranerítico, consequência de uma ingressão marinha, tomando-se subordinada a presença de arenitos, com intercalações esporádicas de leitos carbonáticos.

Na área de Lauro Müller os testemunhos de sondagem revelaram estruturas flaser, indicativas de planícies de maré associadas a bioturbações, denotando desenvolvimento de organismos vivos abaixo do nível de ação das ondas. Em Araranguá, contudo, persistia o ambiente de planície aluvial, permitindo o desenvolvimento de novas camadas de carvão (Camada A).

O final da sedimentação da Formação Rio Bonito está evidenciada por arenitos finos com laminação cruzada, ocorrendo mais localmente níveis grosseiros a conglomeráticos, a norte de Santa Catarina.

Esta litologia sugere tratar-se de ambiente litorâneo ou epinerítico com desenvolvimento de praias e barreiras. Em direção ao sul de Santa Catarina, com o recuo do mar, a bacia tornou-se receptáculo de sedimentos das partes mais elevadas de leste-nordeste, em fase de relativa estabilidade tectônica. Toda esta parte da bacia constituía uma ampla planície de inundação que permitiu acumular em áreas preferenciais vários leitos de carvão (Camada Barro Branco).

O topo desta Formação é caracterizado por uma nova ingressão marinha de caráter prolongado, originando os sedimentos da Formação Palermo (CAYE *et al.*, 1975).

## 2.1. Camada Barro Branco

A Camada de Carvão Barro Branco é a mais importante sob o ponto de vista econômico, da Formação Rio Bonito, devido a sua ampla distribuição horizontal e persistência em toda a bacia. Esta camada vem sendo lavrada economicamente desde os primórdios da mineração de carvão no Estado de Santa Catarina até os dias atuais. Na região onde está localizada a Mina Esperança, sua profundidade média varia entre 180 e 230 metros, apresentando mergulho com cerca de 5° na direção noroeste e com espessura de camada variando entre 1,80 e 2,20 metros.

É constituída por leitos de carvão intercalados com siltitos e folhelhos, em proporções aproximadamente equivalentes e seu perfil típico, com as denominações regionais dos leitos, pode ser assim resumido:

- **Forro**: é um leito de carvão preto com finas lâminas ou lentes mais brilhantes (vitrênio), algo piritoso, com espessura média de 0,35 m. Algumas vezes, intercalam-se no Forro uma ou mais lentes de silito ou folhelho cinza escuro a preto, conhecidos regionalmente por "Bexiga";

- **Quadrção**: é um pacote de siltitos e folhelhos com cor que varia do cinza a preto, com espessura média de 0,60 m, contendo algumas finas intercalações de carvão. Na porção norte da área (nas proximidades do Rio Hipólito e Rio Laranjeiras) aparece intercalada na Quadrção uma camada de arenito de granulometria média a fina, branco e muito duro;

- **Coringa**: é um fino leito de carvão com lâminas e lentes brilhantes, pouco piritoso, que normalmente ocorre entre a Quadrção e o Silito Barro Branco. Sua espessura média é de 0,06 m;






- Siltito Barro Branco: é um leito de siltito cinza claro, ocasionalmente apresentando tonalidades escuras, que se altera a uma argila branca. A denominação da Camada Barro Branco foi dada em alusão à alteração desta rocha. Sua espessura média é de 0,28 m;

- Banco: é um pacote de carvão com intercalações de leitos de folhelhos e siltitos pretos. O número de leitos de estéril varia de 1 até 5, sendo mais comum ocorrerem 3. A espessura média do Banco é de 0,67 m, com 0,20 m de material estéril. Seu carvão apresenta muita pirita e lâminas e lentes de vitrênio.




O piso da mina é composto por arenitos maciços, quartzosos, com granulação mais grosseira e bastante coesos, o que facilita o transporte nesta mina. O teto imediato é constituído por siltitos, arenitos laminados e arenitos maciços. Os siltitos são claros, normalmente fraturados subverticalmente, com espessuras variáveis (desde poucos centímetros até 2,50 metros). Os arenitos laminados apresentam fina alternância clara e escura, sendo constituídos por arenitos finos, predominantemente quartzosos, mais friáveis. No topo da seqüência do teto imediato, normalmente ocorrem arenitos maciços, de coloração clara leitosa, granulação mais grosseira, quartzosos e pouco friáveis (FABRÍCIO, 1973).

Figura 2: Perfil da Camada de Carvão Barro Branco.

Devido à proximidade com a Serra Geral, a tectônica da mina é mais complexa, ocorrendo não só diques de diabásio (com espessuras de até 4 metros e que cortam subverticalmente a camada de carvão) como também falhamentos com rejeitos de até 6,50 metros.

	<i>Esp.</i>	<i>Denominação</i>	<i>Litologia</i>
	35	Ferro	Carvão preto com lâminas brilhantes, piritosas, ocorrendo ocasionalmente intercalações de folhelhos.
	60	Quadração	Siltitos e folhelhos escuros e finos leitos de carvão.
	06	Coringa	Carvão preto, pouca pirita.
	28	Barro Branco	Siltito cinza claro a cinza escuro, pouco laminado.
	67	Banco	Carvão preto com lâminas brilhantes, piritoso, com intercalações de finos leitos de siltitos ou folhelho cinza escuro.

	Folhelho		Silito		Carvão
-------------------------------------------------------------------------------------	----------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------

**Figura 2: Perfil da Camada de Carvão Barro Branco.**

## 2.2. Estudos Geológicos, Pesquisa e Controle

A mecanização da lavra de carvão mineral na década de 70 no estado de Santa Catarina, em muito acelerou o avançamento das frentes de extração no subsolo, o que passou a exigir, por sua vez, estudos geológicos mais ágeis e acurados, notadamente os referentes ao comportamento estrutural da camada para planejamento das atividades da mina.

A Mina Esperança tem apresentado um arcabouço geológico complexo, exigindo estudos estruturais aprofundados, a fim de obter-se resultados bem mais detalhados do que aqueles rotineiramente obtidos por interpretações de

furos de sonda verticais, análise de fotografias aéreas e de mapeamento geológico de superfície. Aliado a este fato, as condições de teto desta mina subterrânea passaram a exigir também estudos geológicos constantes e precisos.

### **2.2.1. Controle de Teto**

Na década de 80, a Carbonífera Metropolitana desenvolveu os primeiros estudos geotécnicos de caracterização de teto da mina, em conjunto com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), de São Paulo, e ultimamente tem usado os ensaios geomecânicos efetuados na Fundação CIENTEC, de Porto Alegre, visando continuidade e aprimoramento na caracterização do teto bem como o dimensionamento de pilares.

Uma recente inovação foi à importação de um ESTRATASCOPE, uma das mais modernas tecnologias utilizadas na investigação interna de rochas. Este aparelho, desenvolvido especificamente para a mineração, permite verificar "in loco" estruturas, fraturamentos, descontinuidades, etc, através de furos executados por perfuratrizes de teto. Esta pesquisa elimina as demoradas sondagens e testemunhagens para cima, até então mais intensamente utilizadas. Por constituir um método direto de verificação direta das camadas do teto na mina, esta tecnologia tem proporcionado considerável rapidez e confiabilidade nos trabalhos de avaliação do escoramento, refletindo-se assim diretamente na segurança geral da mina.

### 3. DIMENSIONAMENTO DOS PILARES

O dimensionamento das vias subterrâneas e dos pilares é feito com base na metodologia da área tributária, considerando um modelo de resistência de pilar linear (Bieniawski, 1984) e em função dos seguintes aspectos básicos:

- A classificação geomecânica;
- A capacidade de manobra dos conjuntos mecanizados utilizados;
- Altura de galeria entre 2,20 e 2,50 m;
- Índice de extração não inferior a 55 %.

A Empresa utiliza uma formulação desenvolvida pela CIENTEC e tem estabelecido novas parcerias no sentido de reestudar:

- A limitação da reserva da camada Barro Branco;
- Alternativas de redução de pilares utilizando atirantamento lateral;
- Estabelecer a resistência à compressão do carvão da Mina Esperança, já que o valor utilizado na metodologia proposta pela CIENTEC é um valor médio dos carvões de Santa Catarina (7,2 Mpa).

Os painéis de lavra que utilizam o dimensionamento sem atirantamento possuem pilares de 12X12 m, enquanto pilares reforçados com tirantes medem 9X9 m (Mina Esperança).



#### 4. MÉTODO DE LAVRA

Para ambas as minas é utilizado o método Room and Pillar ou Câmaras e Pilares sem a recuperação de pilares, o que cumpre as leis de mineração vigentes no estado de Santa Catarina.

##### Mina Esperança

- Perfuratriz de teto (01 parafuso/m<sup>2</sup> – 02 unidades)
- Cortadeira de carvão (16,8 m<sup>2</sup>/corte)
- Perfuratriz de frente (13 furos/frente)
- Desmonte
- Carro carregador (80 m<sup>3</sup>/hora – 02 unidades)
- Carro transportador (4,5 m<sup>3</sup>/viagem – 03 unidades)
- Alimentador
- Centro de força (750 KVA/6.600/480 V)
- Correia transportadora (600 tph)

##### Mina Fontanella

- Perfuratriz de teto (01 parafuso/m<sup>2</sup> – 02 unidades)
- Perfuratriz de frente (16/27 furos/frente)
- Desmonte

- LHD (1,5 m<sup>3</sup> – 03 unidades)
- Alimentador
- Centro de força
- Correia transportadora

## 5. ESCORAMENTO

Na Mina Esperança o escoramento de teto é feito de duas maneiras: com tirantes ou parafusos de teto e com madeira. A madeira tem sido progressivamente abandonada por apresentar inconvenientes como: risco em caso de incêndio (por sua característica inflamável), constituir barreiras à ventilação, diminuir o espaço útil de galerias, curta vida útil (fungos, apodrecimento), além de apresentar características mecânicas indesejáveis (anisotropia).

Com parafusos de teto, o escoramento ou sustentação do teto passou pelas seguintes fases:

- Ancoragem pontual nos siltitos e arenitos que estão acima da camada de carvão, num efeito de suspensão simples do teto;
- Procurou-se otimizar o efeito viga, usando o parafuso para melhorar as características mecânicas da rocha;
- Passagem de ancoragem pontual para coluna total, com redução do número de parafusos, dos custos, do ciclo e mantendo a segurança.

Atualmente são utilizados dois tipos de parafusos na mina, como se apresenta a seguir.

### 5.1. Parafuso de "½" Polegada

Também conhecido como parafuso "curto" tem 1,10 metros de comprimento e uma chapa metálica na extremidade inferior. Os parafusos são instalados no teto, com resina, para fazer o ancoramento. Normalmente, em cada "rafa" são colocados seis parafusos em cada linha ("carreira") de avançamento, com o espaço aproximado de um metro entre elas. Como é

comum os siltitos apresentarem fratura irregular, a função destes parafusos curtos é a de "pregar" estas fraturas, soldando blocos de rocha que, se estivessem soltos, cairiam do teto. Fazendo esta espécie de "solda ou costura" nas rochas, estará se formando o que se chama de "viga rígida".

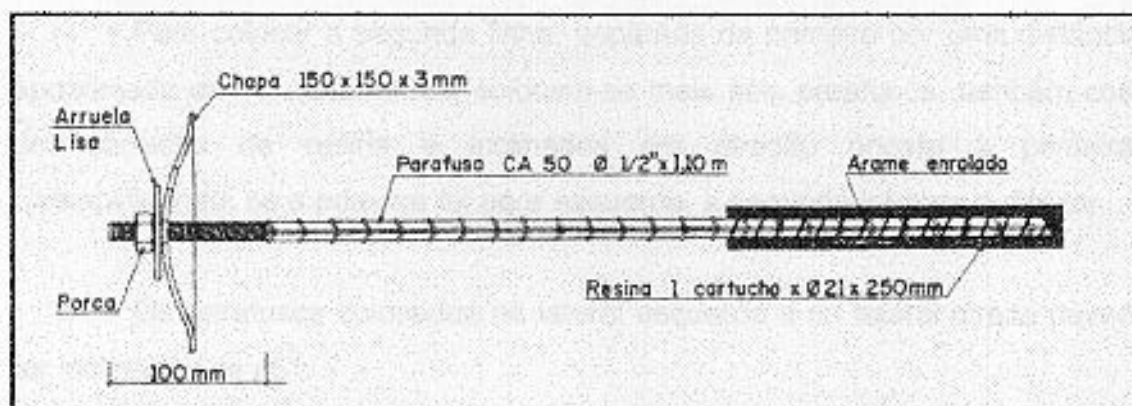


Figura 3: Parafuso de "1/2" polegada.

O esquema de escoramento adotado e usado rotineiramente quando o teto da mina não apresenta grandes perturbações geológicas é aquele chamado de "padrão" apresentado na Figura 4 e seguindo os seguintes passos:

- Numa "rafa" já limpa, coloca-se com a ajuda de uma perfuratriz de teto, uma primeira linha com seis parafusos, inclinados para a esquerda ou para a direita, em 30°. Cada parafuso deve ser colocado com uma resina e, para introduzir este cartucho no fundo do furo, deve ser utilizado o tubo plástico fornecido para esta finalidade. É interessante observar que a chapa metálica do parafuso tem dois furos, os quais servem exatamente para encaixar este parafuso no teto na posição vertical ou inclinada. A seqüência de colocação de parafusos com segurança deve ser a seguinte:

- 1) furar e instalar o 1º parafuso;
- 2) furar e instalar o 2º parafuso;
- 3) dar torque no 1º parafuso;

4) furar e instalar o 3º parafuso;

5) dar torque no 2º parafuso e assim sucessivamente.

- Para colocar a segunda linha, separada da primeira por uma distância aproximada de 90 centímetros, colocam-se mais seis parafusos, também com um cartucho de resina e inclinados em direção oposta à primeira. Exemplificando: se a primeira foi para esquerda, a segunda irá para a direita;

- Os parafusos colocados na lateral esquerda e na lateral direita devem ter inclinação de 45º;

- Escora-se assim, sucessivamente, toda a "rafa", alternando-se a inclinação dos parafusos em cada linha e mantendo-se fixa em 45º a inclinação dos parafusos das laterais;

- Toda vez que ocorrer, por qualquer motivo, uma má instalação de parafuso ("parafuso perdido"), deve ser instalado corretamente outro ao lado, mesmo que isto atrase o escoramento.

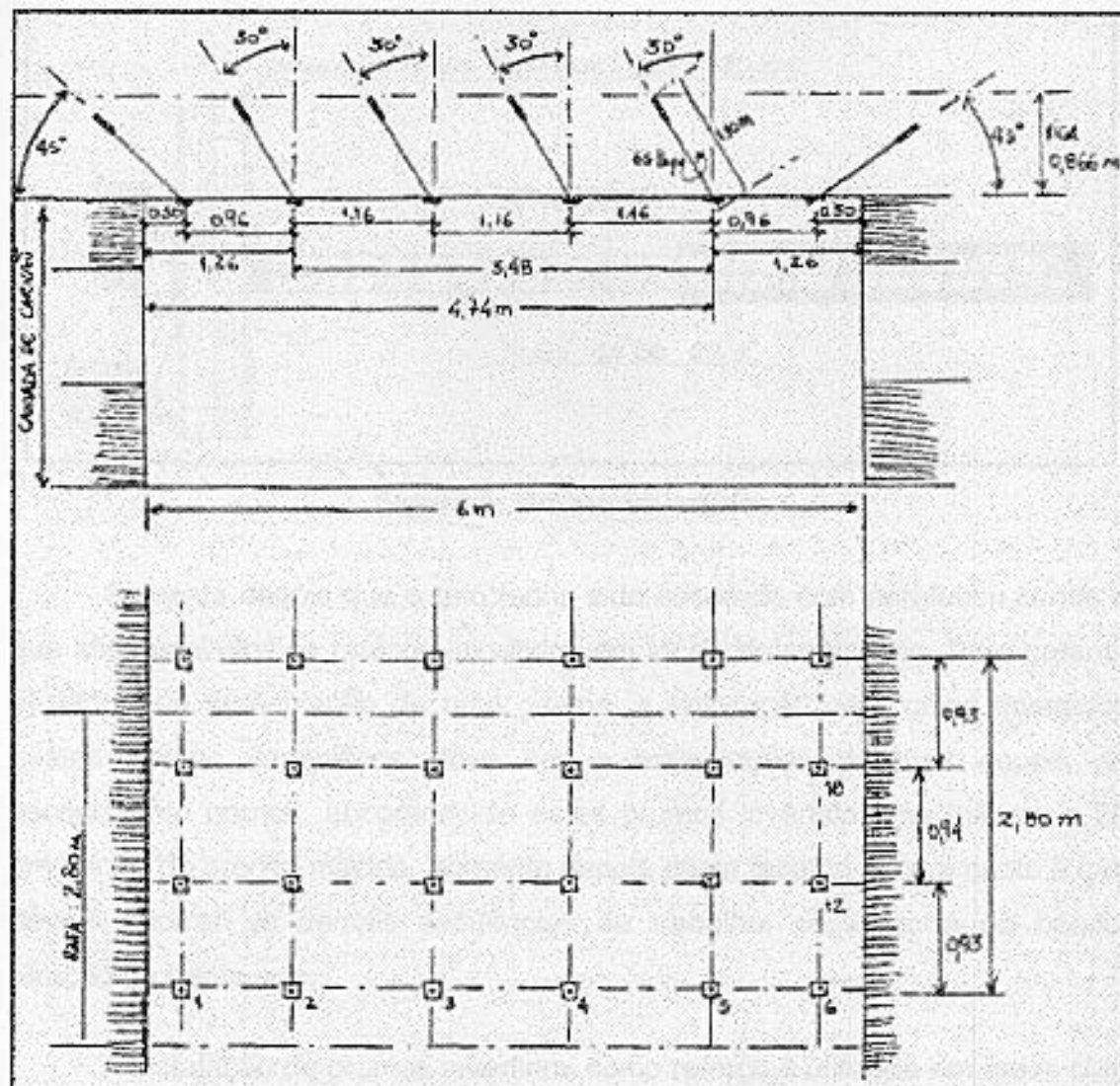
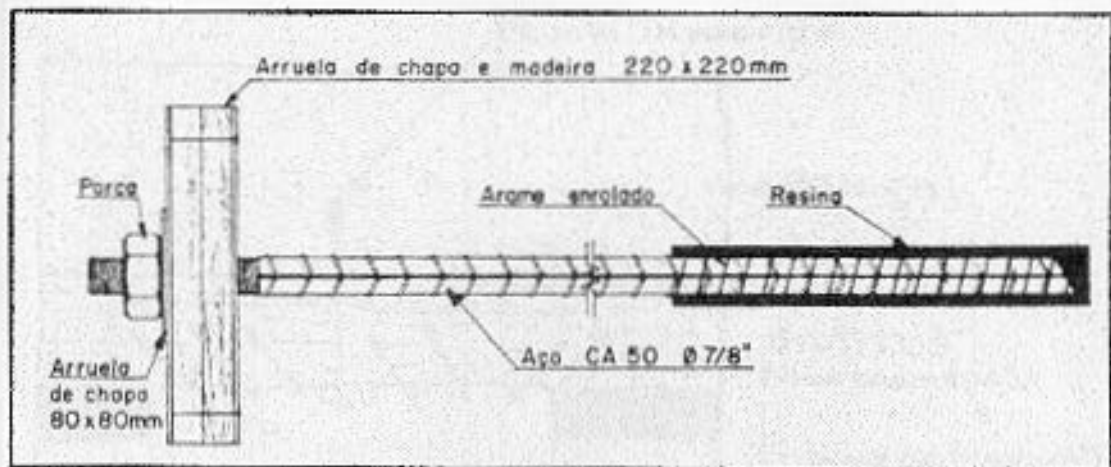


Figura 4: Sistema de escoramento padrão.

## 5.2. Parafuso de $\frac{7}{8}$ " de Polegada ou Prumo Invertido

Depois de colocados os parafusos curtos, é necessário manter suspensa aquela viga rígida que foi formada na rocha. Isto é feito com um parafuso de comprimento maior, entre 1,70 e 3,40 metros, o qual é instalado com cartuchos de resina, em locais específicos, nos cruzamentos, galerias e travessões. Atravessando os siltitos acima da camada de carvão, este parafuso é "pregado" nos arenitos maciços, suportando todo o peso dos siltitos que estão abaixo, como se fosse uma espécie de gancho muito resistente.



**Figura 5: Prumo invertido.**

Somente depois que o teto tenha sido escorado com parafusos curtos é que são instalados os prumos invertidos em locais determinados. Para garantir eficiência na sustentação de uma galeria, a colocação de prumos invertidos nestes pontos específicos deve ser a mais rápida possível depois do escoramento normal, ancorando-se estes prumos invertidos, no mínimo a 30 cm dentro do arenito maciço. Somente depois desta fase de escoramento é que devem ocorrer as demais seqüências de trabalho, como corte do banco, furação de frente, etc.

A instalação de prumos invertidos como reforço é utilizada em áreas com teto muito fraturado, em locais com prumo invertido previamente colocados e apresentando carga acentuada, em setores com nítida deformação do teto ou em qualquer outra situação que possa comprometer a segurança.

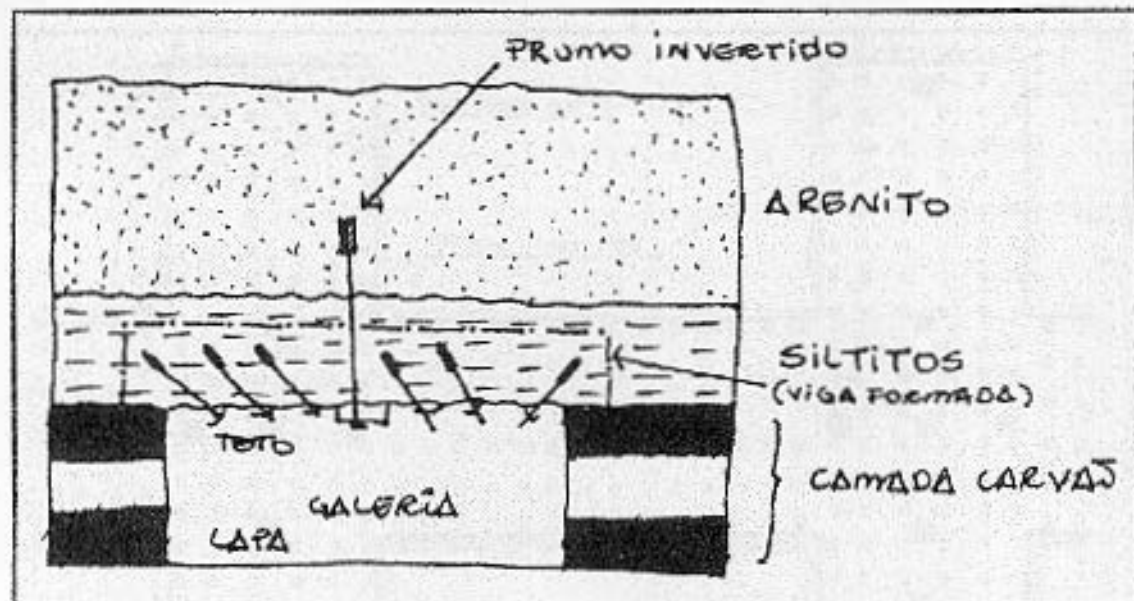


Figura 6: Prumo invertido ancorado em rocha resistente.

Figura 7: Padrão de concepção de prumos invertidos em arrombamento de

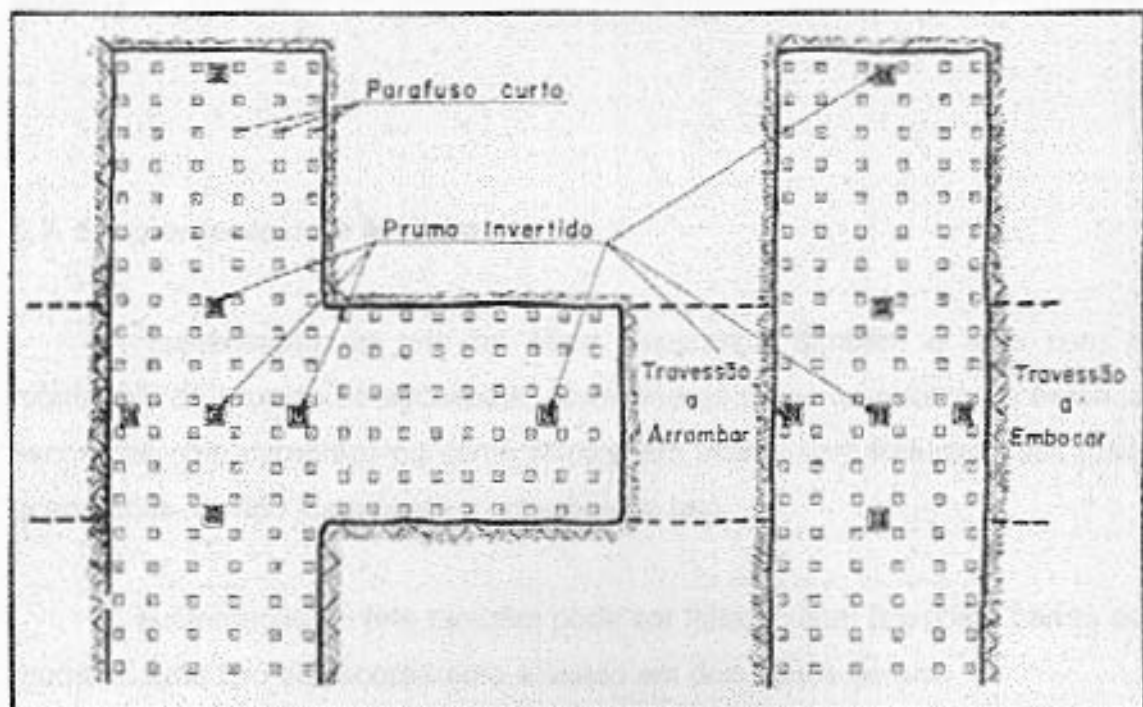


Figura 7: Localização dos prumos invertidos em arrombamento e embocações.



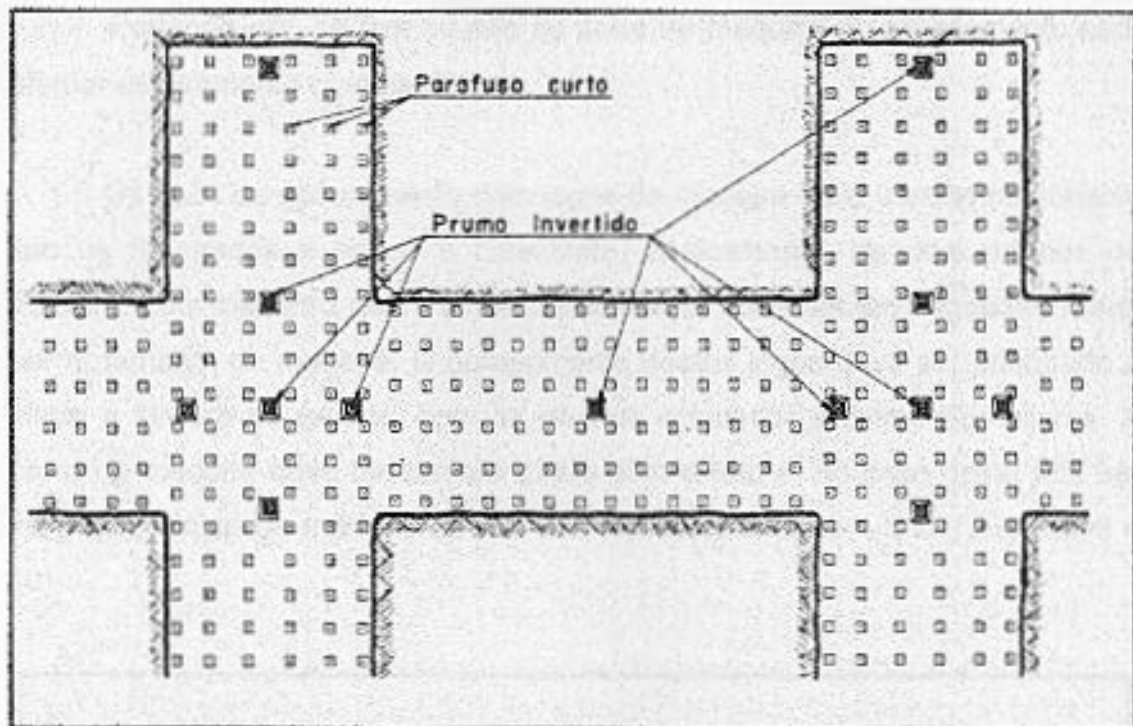


Figura 8: Padrão de colocação de prumos invertidos em cruzamento de galerias.

#### 5.4. Escoramento com Madeira

A sustentação de teto na Mina Esperança também é feita com a montagem de prumos de eucaliptos, normalmente ou como reforço de áreas já escoradas com parafusos ou como reforço em pilares com fraturamentos mais acentuados, devido justamente a pressões do teto.

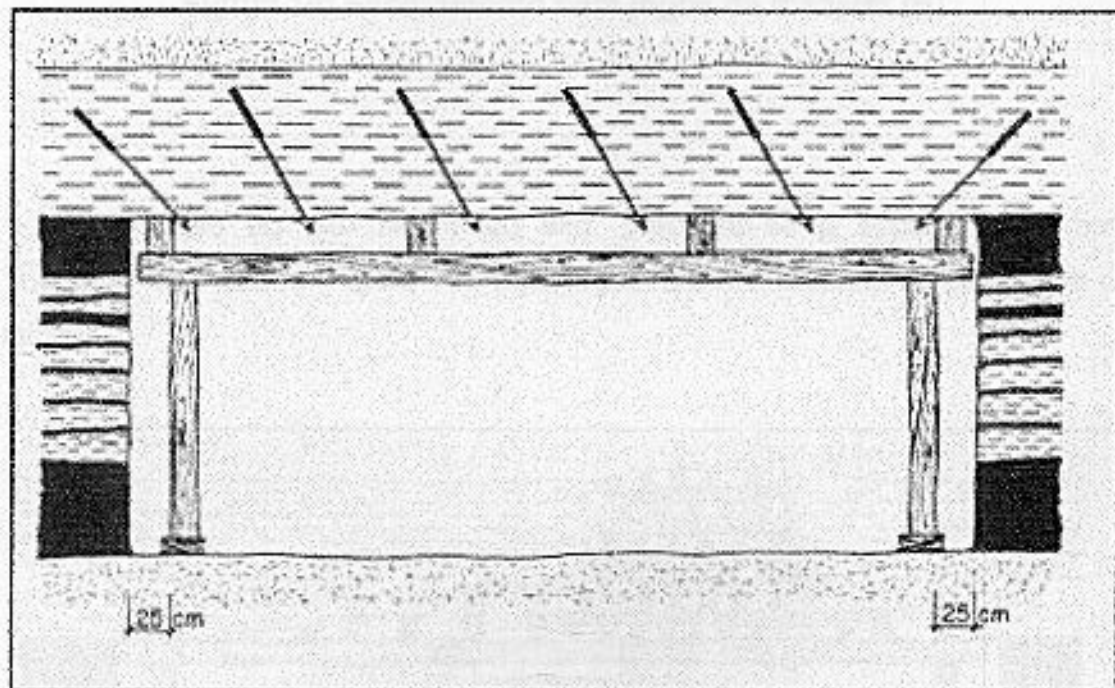
Figura 9: Escoramento com madeira (Mina Esperança, LA)

A sustentação de teto também pode ser feita só com prumos e barras de madeira. Este tipo de escoramento é usado em dois casos gerais:

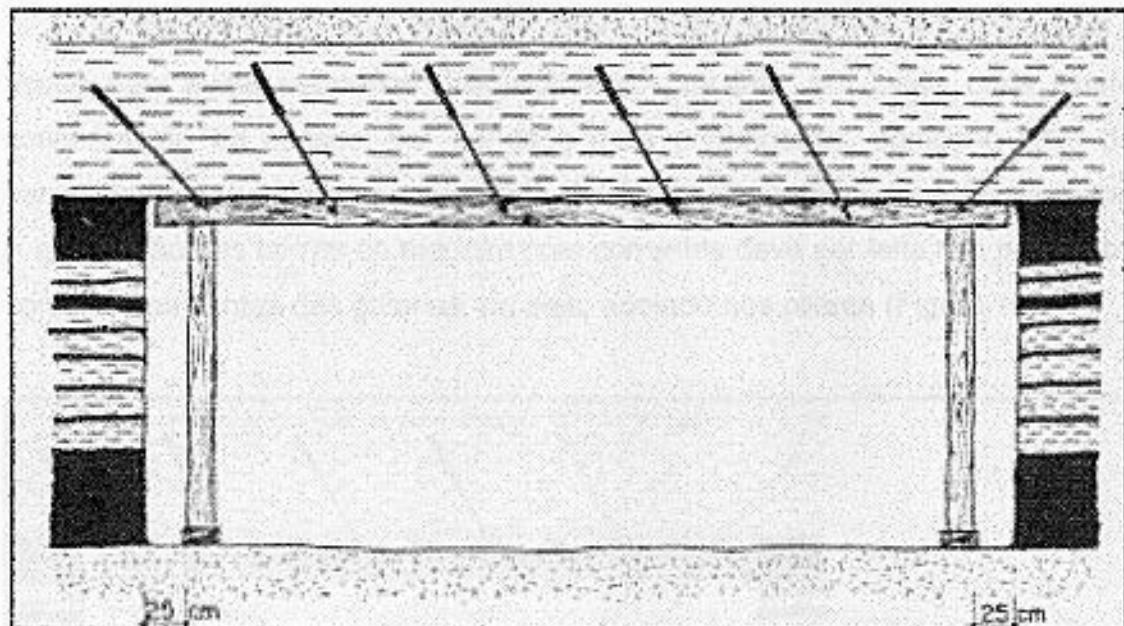
- quando não se pode ter vibração no teto, pelo perigo de deslocamentos, como no caso de "cabeceiras" de locais com caimentos;

- quando não se tem ou não se pode ter máquina ou equipamento para efetuar escoramento com parafusos.

Os tipos de escoramento com jogos de madeira mais usados no subsolo são os mostrados a seguir e consistem, basicamente, de dois prumos de madeira, com diâmetro de 15 cm e extremidades cortadas em esquadro e uma barra, também de madeira. O comprimento destes jogos deve ser adequado à altura e largura da galeria, com os prumos colocados próximo aos pilares. A barra de madeira deve ter contato direto com o teto e, no caso deste teto ser irregular, apoios de madeira devem ser dispostos a cada 1,5 m ( Figuras 9 e 10).

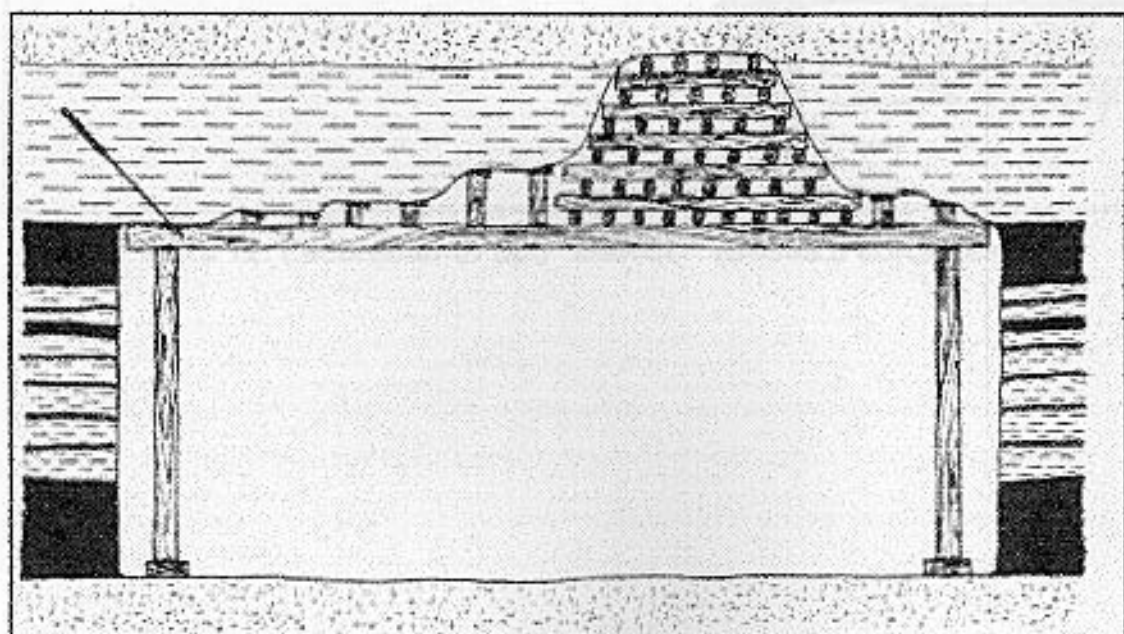


**Figura 9: Escoramento com jogos de madeira (A).**



**Figura 10: Escoramento com jogos de madeira (B).**

No caso do teto ser muito alto, preenche-se o espaço vazio com "fogueira" de madeira (Figura 11). Esta fogueira é muito usada na passagem de falhas.



**Figura 11: Escoramento com jogos de madeira (C).**

O escoramento tipo "BARCO" (abreviação de BARras e COrrentes) é usado para evitar pequenos deslocamentos de teto, em locais onde existe concentração de pessoal por períodos mais prolongados, como no caso da banca de café, banca do encarregado, frente do alimentador e centro de força. A amarração das barras de madeira com correntes deve ser feita nos parafusos com 45° dos cantos das galerias, ou seja, apoiado nos pilares (Figura 12).

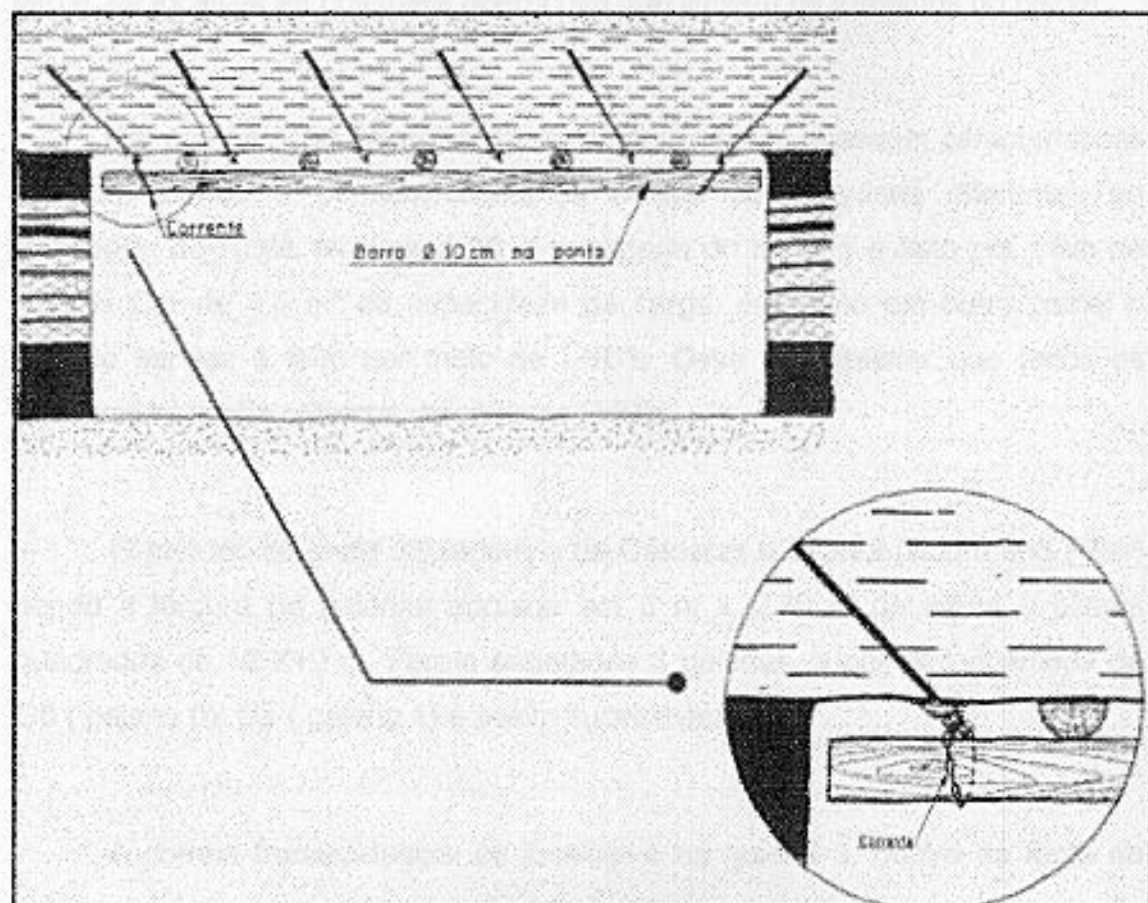


Figura 12: Escoramento tipo "BARCO" (barras e correntes).

## 6. MINA ESPERANÇA

Os trabalhos realizados durante o mês de Janeiro visaram a coleta de dados (ciclos de maquinário) referentes ao painel de lavra denominado 3B da Mina Esperança para posterior análise de produção e para que se tenham dados suficientemente significativos para apontar diferenças e eficiências operacionais entre as máquinas utilizadas ou algum tipo de operação gargalo, isto é, de localizar as possíveis operações que limitam os trabalhos no painel.

Tal comparação deverá ser feita posteriormente possuem características distintas, sendo a principal diferença o uso de máquinas diferentes de transporte do ROM. No painel 3B o transporte do minério é feito por meio de Shuttle Car de 4,5 m<sup>3</sup> de capacidade de carga, enquanto em outro painel o mesmo serviço é feito por meio de LHD's. Deve se ressaltar que todos os equipamentos são elétricos, excetos as LHD's.

O método de lavra utilizado é o de Câmaras e Pilares (Room and Pillar) sendo a largura de galerias adotada em 6 m x 2,30 m de altura e pilares quadrados de 12 X12 m. Foram projetadas 8 galerias, a primeira chamada de G0 ( galeria 0), G1 ( galeria 1) e assim sucessivamente.

A correia transportadora se localizava na galeria 3, centro de força na galeria 4 e banca em um travessão previamente escorado com a uma proteção de tela no teto.

Abaixo segue uma avaliação de produção do mês de Janeiro de 2001 que mostra perfeitamente a diferença de produção entre painéis. A média se refere ao numero de frentes ou rafas diárias em cada turno específico de produção.

**Tabela 1: Produção média diária do mês de Janeiro 2001 na Mina Esperança e Fontanella.**

<b>Conjunto Mecanizado</b>	<i>Média</i>	<i>Desvio</i>	<i>Coef. De Variação(%)</i>
<i>1 - 1º t</i>	9.7	2.1	22.1
<i>1 - 2º t</i>	8.8	2.1	23.8
<i>3A - 1º t</i>	6.7	1.6	23.1
<i>3A - 2º t</i>	4.7	1.0	21.6
<i>3B - 1 t</i>	10.6	1.5	14.5
<i>3B - 2º t</i>	9.1	1.5	16.8
<i>5 - 1º t</i>	10.3	1.9	18.4
<i>5 - 2º t</i>	10.9	1.4	12.7
<b>Fontanella</b>	7.1	1.9	26.5

### **6.1. Características e operação do painel 3B/ 2º turno**

O painel estudado possui como equipamentos três Shuttle Cars para o transporte do minério, dois Loaders, duas Roof Drill destinadas ao escoramento, uma Face Drill, uma Coal Cutter para a preparação visando o desmonte e um alimentador que abastece a correia transportadora levando o minério para a superfície.

O ciclo inicia no escoramento do teto logo após a limpeza da frente de lavra, sendo tal trabalho feito sempre por dois homens, um no comando da máquina e outro no auxílio para a colocação dos parafusos. Logo após o teto estar escorado, a próxima etapa de produção é a abertura de uma face livre horizontal a alguns centímetros da lapa para o posterior desmonte contando com dois operadores, um operador e um ajudante.

Feito o corte, a etapa de perfuração é a mais rápida de todas, mesmo contando com um operador, acontecendo o mesmo com a etapa de carregamento da frente, isto é, a preparação para o desmonte. Detonada a frente, o minério é carregado para o Shuttle Car por meio de uma Loader que trabalha com dois Shuttle Cars em galerias mais distantes do alimentador, deixando-se assim um shuttle car e uma loader para as galerias mais próximas quase sempre dispostos em lados diferentes do painel, ou seja, um conjunto Loader/Shuttle Car do lado direito da correia e o outro do lado esquerdo, dividindo o painel em duas zonas, evitando assim um tráfego muito grande nas galerias.

Os trabalhos de lavra são feitos em 2 turnos de 6 horas, com turnos especiais de preparação para a produção. Um turno se dedica a manutenção dos equipamentos e o outro se dedica ao corte de frentes, afim de que o primeiro turno de produção tenha seu trabalho facilitado.

Em uma frente de lavra estão em trabalho:

- Supervisor;
- Mecânico;
- Eletricista;
- Operador de Roof Drill;
- Operador de Coat Cutter;
- Operador de Face Drill;
- Dois operadores de Loader;
- Três operadores de Shuttle Car;
- Ajudante (quase que exclusivo auxílio à Roof Drill).

## 6.2. Metodologia para a coleta de dados

Os dados coletados se referem a tempos de ciclos de cada máquina que compõe o ciclo de produção da Mina Esperança. Os trabalhos iniciavam sempre desde o começo do turno para se poder acompanhar os trabalhos desde o seu início. Muitas vezes a coleta de dados era interrompida por motivo de quebra de máquina, quebra da correia transportadora, em fim, problemas operacionais relacionados a retirada do minério.

Para a coleta dos dados, se acompanhava a máquina em todos seus movimentos, anotando se os tempos de utilização, quebras, esperas por falta de frente. Cada máquina teve a coleta de tempos definida previamente, analisando se a melhor maneira de coletar os dados tornando - os mais realistas possíveis.

Para a coleta de dados da perfuratriz de teto anotou se os tempos de colocação de parafusos simples (curtos) e de parafusos longos(Pl) podendo se assim fazer se uma estimativa de tempo de cada operação e ao final a obtenção do tempo total de ciclo. Também anotou se os tempos de parada por quebra, troca e bits.

Operação semelhante foi feita com respeito à perfuratriz de frente. Acompanhou se a maquina e anotou-se o tempo de perfuração de uma frente, tempo perdido para a troca de bits que quebravam o desafiavam assim como o seu deslocamento entre galerias e tempo de espera por uma nova frente.

Quanto à cortadeira, marcou se o tempo de escamação e de corte separadamente, pois são duas operações com finalidades diferentes e da



mesma forma feita para as outras máquinas também coletou se o tempo de deslocamento, etc.

Para a aquisição de dados referentes ao Shuttle Car, obtive se os tempos de uma viagem completa, assim os tempos se referem ao carregamento/viagem carregado/descarga no alimentador/retorno à frente, sempre anotando o nome de cada galeria de limpeza.

Para a Loader foi anotado o tempo de carregamento do shuttle car, número de shuttle cars envolvidos, tempo de limpeza da frente, etc.

### 6.3. Apresentação de dados coletados

- Roof Drill



Foto1: Roof Drill.

O trabalho da PT (perfuratriz de teto) consiste em fazer a perfuração do teto, colocação de parafusos curtos (1,10m), proporcionar a mistura de resina por meio da rotação do para fuso, tempo de espera para a pega da resina e aperto do tirante (parafuso) e no final da operação a seqüência é repetida, porém com a colocação de parafusos longos ou PI de 2,50m. Foram colocados em media 17 parafusos curtos e 2 parafusos longos. Para tal é indispensável o auxílio de um ajudante, pois ele é quem emboca o parafuso no furo e quem posiciona a broca de aperto no parafuso. Foram coletados 13 dados.

**Tabela 2. Tempos médios de operação da PT.**

Frente com 17 PC e 2 PI (sem deslocamento e quebras)	41,64 minutos
Frente com 17 PC e 2 PI (computadas as quebras e deslocamento)	50,53 minutos

Dados coletados

**Tabela 3 – Dados obtidos referentes ao parafusamento de teto.**

Tempo total medido de perfuração(parafusos) (min)	364
Tempo total medido de perfuração(P.I.)(min)	169
Tempo total medido de deslocamento (min)	86
Tempo total medido de quebras(min)	38
Tempo total medido(min)	657
Tempo gasto por parafuso(min)	1.65
Tempo gasto por P.I.(min)	6.76
Tempo gasto em parafusos(%)	55
Tempo gasto em PI(%)	26
Tempo gasto em deslocamento(%)	13
Tempo gasto em quebras(%)	6

- Coal Cutter



**Foto 2: Coal Cutter.**

A finalidade da cortadeira é de fazer uma face livre para facilitar o trabalho do explosivo durante a detonação, pois o plano de fogo não inclui a construção de um pilão (Burn Cut). O corte está situado a 70 cm da lapa, com aproximadamente 15 cm de espessura e uma profundidade de 2,6 a 3,1m. A área cortada é de  $6m \times 2,6m = 15,6 m^2$ . Outra função realizada é a chamada escamação, onde o operador passa a lâmina nas paredes para retirar o carvão que está solto tanto na face quanto nas laterais da galeria. O equipamento utilizado possui lança de 3,3m, potência de 200 HP. Foram coletados 15 dados.

Os motivos principais da paradas são a quebra de bit ou o seu desgaste motivado pela presença de nódulos piritosos.

Mostrou - se também ser uma maquina lenta no seu deslocamento o que inviabiliza o seu deslocamento constante para galerias muito distantes em relação a qual estão sendo realizados os trabalhos.

## Resultados

**Tabela 4 - Tempos médios de operação da cortadeira.**

Tempo de corte médio	12 minutos
Tempo de escamação média	7.58 minutos
Tempo total por frente ( com paradas e deslocamento)	29.33 minutos

## Dados coletados

**Tabela 5 - Dados obtidos referentes ao corte de frentes.**

Tempo total medido de corte (min)	144
Tempo total medido de escamação (min)	91
Tempo total medido de deslocamento (min)	159
Tempo total de troca de bits e óleo (min)	46
Tempo total medido (min)	440
Tempo gasto por corte (min)	12.00
Tempo gasto por escamação (min)	7.58
Tempo gasto para troca de bits e óleo (min)	12
Tempo gasto em corte (%)	32.73
Tempo gasto por escamação (%)	20.68
Tempo gasto por deslocamento (%)	36.14
Tempo gasto em troca de bits e óleo (%)	10.5



**Foto 3: Face Drill.**

Tempo Gasto em Deslocamento e Troca de bit (s)

18,74

Tempo Gasto em Espera (s)

27,28

Tempo

O trabalho da PF (perfuratriz de frente) está relacionado intimamente à qualidade do desmonte, pois o plano de fogo deve ser seguido o mais fiel possível ao projeto, evitando furos desviados, inclinação inadequada, conformação correta da galeria, para que o material detonado seja de um tamanho adequado ao seu transporte, facilitando o trabalho da loader e posteriormente os trabalhos de beneficiamento.

São feitos 13 furos por frente com diâmetro de bit de 45mm e 3,10 m de lança. Foi constatado que esta é a etapa mais rápida de todo o processo, ocasionando muitas vezes uma certa ociosidade por motivo de falta de frentes a serem furadas. Os atrasos nos trabalhos devem se principalmente a constante troca de bit por motivo de quebra ou por não estar afiado. Foram coletados 14 dados.

## Resultados

**Tabela 6 - Tempos médios de operação da PF.**

Tempo médio de perfuração(13 furos – sem desloc. e quebras)	11 minutos
Tempo médio de perfuração computando todos os atrasos	22.18 minutos

## Dados coletados

**Tabela 7- Dados obtidos referentes à perfuração de frente.**

Tempo Total de Deslocamento e Troca de bit(min)	58.32
Tempo Total de Furação(min)	152.13
Tempo Total de Espera(min)	84.47
Parada para ver bit(min)	15.62
Tempo Médio de Deslocamento e Troca de bit(min)	4.17
Tempo Médio de Espera(min)	14.08
Tempo Médio de Furação(min)	11.01
Tempo Médio de parada para ver bit(min)	5.21
Tempo por Furo(min)	0.84
Tempo Gasto em Deslocamento e Troca de bit(%)	18.78
Tempo Gasto em Espera(%)	27.20
Tempo Gasto em Furação(%)	48.99
Tempo Gasto em Parada para ver bit(%)	5.03

- Carregamento das frentes

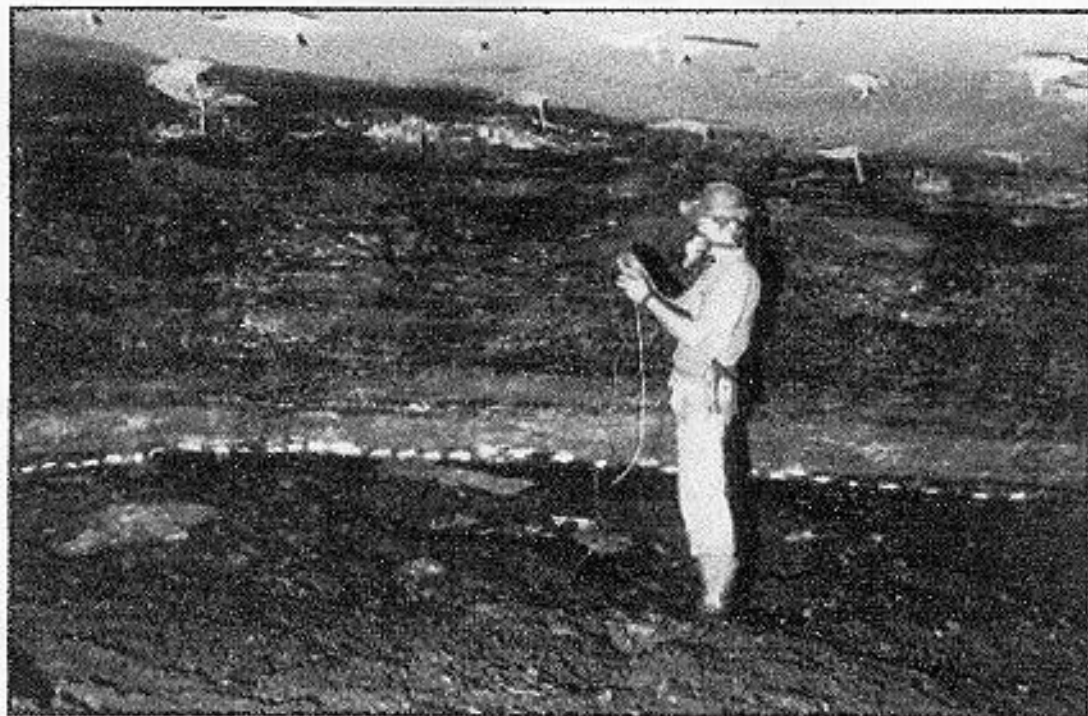


Foto 4: Carregamento de frentes.

O carregamento das frentes é feito por um homem apenas, que é responsável pelo transporte do explosivo, colocação de cartuchos e acessórios. Coletou-se tempos de carregamento da frente, evacuação da área e espera por frentes. A carga de explosivos é formada por cartuchos de dinamite do tipo PV 15 ou similar, com dimensões de  $1\frac{1}{4}'' \times 8''$ , com 60% de força e peso de 193 gramas por unidade. A carga é detonada por espoleta nº 8, e estopim a prova de água com velocidade de 110s/m. São utilizados 47 cartuchos x 193 gramas/unidade, o que equivale a 9071gr, que será o carregamento por rafa detonada.



A rafa possui em média:

Profundidade	2,45m
Largura	6m
Altura	2,2m
Volume	32,34m <sup>3</sup>
Razão de carga	280,49 g/m <sup>3</sup>

Após a detonação, espera-se pela eliminação de gases, pela ventilação, e assim a rafa está pronta para ser carregada e transportada. Foram coletados 10 dados.

Resultados

**Tabela 8 - Tempos médios de operação do blaster.**

Tempo médio de evacuação da área	3,4 minutos
Tempo médio de deslocamento	9 minutos
Tempo médio de carregamento	17,8 minutos
Tempo médio por frente	30,2 minutos

- Loader

Tabela 10 - Dados obtidos referentes à Operação da Loader.



Foto 5: Loader.

O Loader é o equipamento responsável pelo carregamento do ROM para o Shuttle Car. Foram marcados os tempos de carregamento, limpeza da frente deslocamento. A tabela refere se à operação em conjunto com dois shuttle cars estando incluso no tempo total medido o tempo de deslocamento entre galerias. Foram coletados 6 dados.

Resultados

Tabela 9 - Tempos médios de operação da loader.

Tempo médio de carregamento	1,6 minutos
Tempo médio de limpeza de frente	24,2 minutos
Tempo médio total de limpeza de frente	35 minutos

## Dados coletados

**Tabela 10 - Dados obtidos referentes à limpeza de frentes.**

Tempo médio de carregamento do SC (min)	1.61
Tempo total medido de limpeza da rafa (min)	155
Tempo total medido de deslocamento (min)	68
Tempo total medido de carregamento do SC (min)	9.66
Tempo total medido (min)	232.66
Tempo gasto em limpeza de rafa (%)	66.62
Tempo gasto em deslocamento (%)	29.23
Tempo gasto em carregamento do Suttle-Car (%)	4.15

- Shuttle Car

Tabela 11 - Tempo médio de operação do shuttle Car.

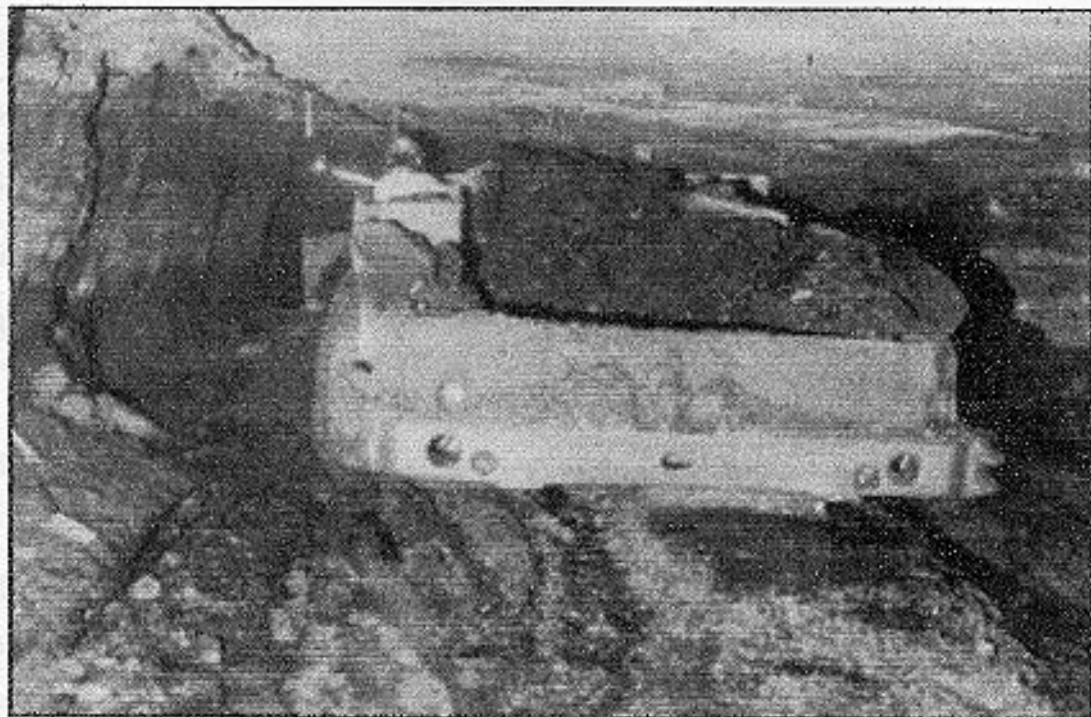


Foto 6: Shuttle Car.

Tabela 12 - Distribuição de equipamentos de transporte.

O transporte do carvão detonado é feito por meio de Shuttle Cars com capacidade de  $4,5 \text{ m}^3$ . Foram marcados tempos de ida e volta ao alimentador, o número da galeria e do equipamento. O alimentador se localizava na galeria 3 e a inclinação é em torno de 6 % (descendente em direção à frente). O tempo médio de carregamento é de 1,6 min e de descarga 1 min. A distância corresponde a um ciclo completo. Formam coletados 25 dados.

**Tabela 11 - Tempos médios de operação do shuttle Car.**

Galeria 0	174 m	4,39 minutos
Galeria 4	100 m	4,30 minutos
Galeria 5	134 m	5,39 minutos
Galeria 6	174 m	6,10 minutos
Galeria 7	214 m	7,2 minutos

#### **6.4. Seqüência de ocupação de galerias pelos equipamentos**

Foi constatado nos trabalhos feitos e também nos boletins que a ordem de ocupação das galerias pelos equipamentos segue uma ordem lógica, isto é, sem grandes deslocamentos entre galerias distantes. Tal fato pode ser constatado nos dados colhidos que serão exemplificados nas tabelas 12 e 13 a seguir.

**Tabela 12 - Seqüência de deslocamento de equipamentos.**

4 de Janeiro de 2001/ 2º turno									
PT -1	0	5	4	2					
PT - 5	6/7	6	3	3-4					
PF	2	0	0/00	7	6	6/7	5	5/4	
CORTAD	0/00	0	7	6	6/7	5	5/4	4	

**Tabela 13 - Sequência de deslocamento de equipamentos.**

Tempo do turno: 27 de Janeiro de 2001/ 2º turno									
Deslocam. em percent. (tempo em %)									
PT -1	3/2	2	1	½					
PT - 5	5	5/4	2	2/3	0				
PF	6/7	6	5/4	4/3	4/5	3	3/4		
CORTAD	6/7	6	5/4	4/5	4/3	3	3/4	2	2/1








Um sequenciamento adequado elimina a perda de tempo devido a longos deslocamentos e diminui o trânsito de máquinas nas galerias, tornando assim facilitado o trabalho das outras máquinas que fazem parte das operações.

Tendo como base os tempos adquiridos de ciclos de máquinas pode-se montar uma grade de ocupação de galerias que contém todas as operações de lavra durante os dois turnos de produção, onde se tentou ocasionar um mínimo deslocamento possível para cada equipamento. Os tempos adicionais como parada para almoço, descida para o subsolo, e outras paradas também foram computadas. Assim esta grade tenta representar de uma forma simples todas as atividades feitas durante os turnos. No final de cada turno se calculou o tempo de ocupação por galeria, indicado em porcentagem.

**Tabela 14 - Alocação dos horários no turno.**

Tempo do turno	6 horas
Deslocam do pessoal (subida ou descida)	35 minutos
Parada para almoço	10 minutos
Preparação para a saída	15 minutos
Tempo total de demoras	1:35 horas
Tempo efetivo do turno	4:25 horas

Cada cor representa uma máquina diferente para melhor visualização e entendimento e a primeira coluna indica o tempo de trabalho em minutos:

Roof Drill	
Roof Drill	
Face Drill	
Coal Cuter	
Carreg/det	
Shuttle Car	
Shuttle Car	

**CD** = Carregamento e detonação

**L** = Limpeza da frente

**C** = Corte

**F** = Furação

**PT** = Escoramento

Tabela 15 - Simulação do primeiro turno

	60	61	62	63	64	65	66	67
	C	L	C	L	L	C	L	L
3								
10								
15								
20								
25								
30								
35								
40								
45								
50								
55								
60								
65								
70								
75								
80								
85								
90								
95								
100								
105								
110								
115								
120								
125								
130								
135								
140								
145								
150								
155								
160								
165								
170								
175								
180								
185								
190								
195								
200								
205								
210								
215								
220								
225								
230								
235								
240								
245								
250								
255								
260								
265								
270								
275								
TOTAL	L	L	C	L	L	L	C	C
%	73	61	64	77	65	42	63	49



Tabela 16 - Simulação do segundo turno.

	G0	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
	L	FY	C	FY	F	FY	CC	C
5								
10								
15								
20								
25								
30								
35								
40								
45								
50								
55								
60								
65								
70								
75								
80								
85								
90								
95								
100								
105								
110								
115								
120								
125								
130								
135								
140								
145								
150								
155								
160								
165								
170								
175								
180								
185								
190								
195								
200								
205								
210								
215								
220								
225								
230								
235								
240								
245								
250								
255								
260								
265								
270								
275								
<b>TOTAL</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>FY</b>	<b>C</b>	<b>FY</b>	<b>L</b>	<b>CC</b>
46	100	83	64	60	49	60	70	19



FRENTE DA LAVRA DA MINA ESPERANÇA

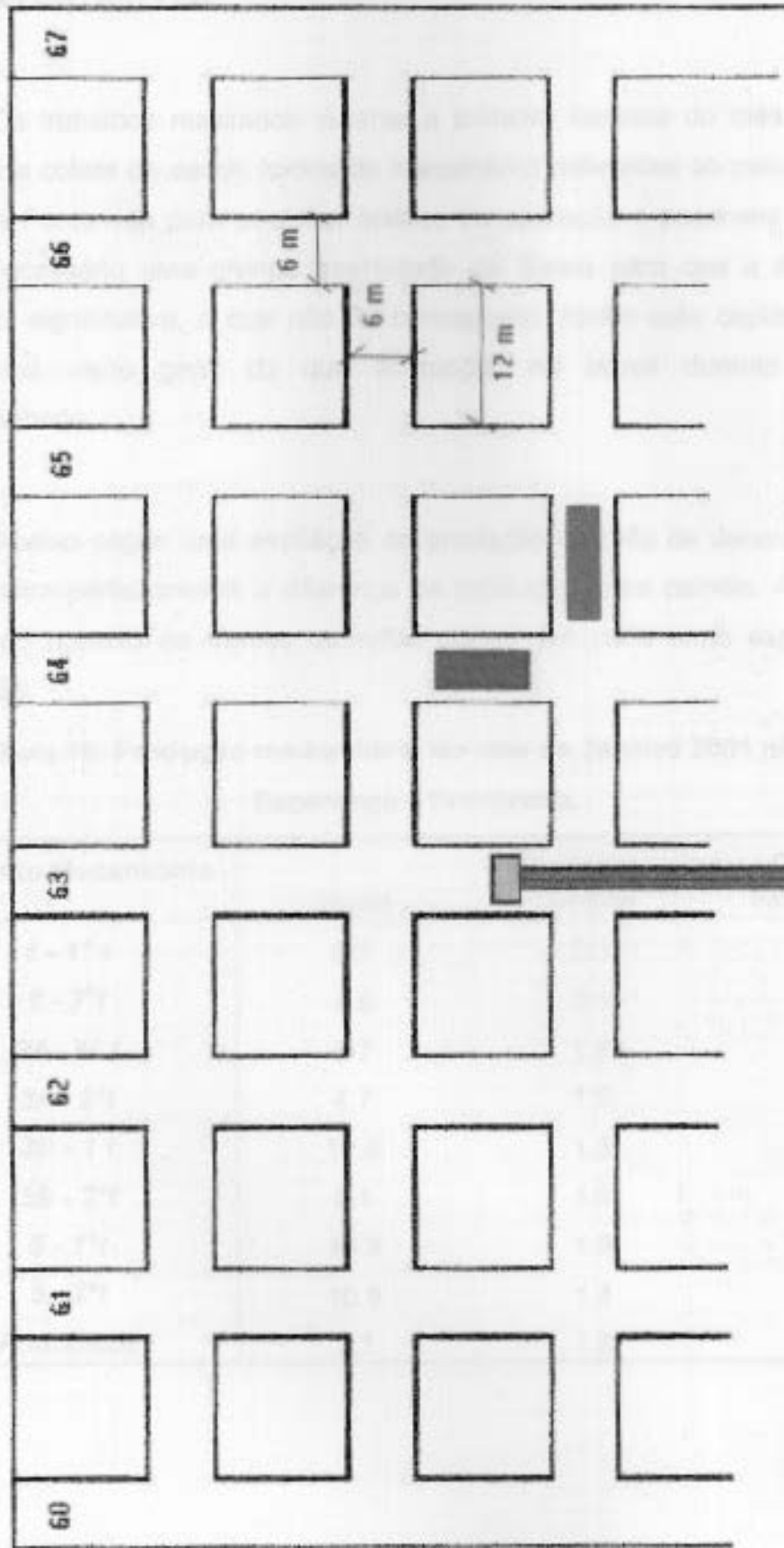


Figura 13: Frente de lavra esquemática do painel 3B

## 7. MINA FONTANELLA

Os trabalhos realizados durante a primeira semana do mês de Março visaram a coleta de dados (ciclos de maquinário) referentes ao painel de lavra da Mina Fontanella para posterior análise da operação e possíveis melhorias. Seria necessário uma grande quantidade de dados para que a amostra se tornasse significativa, o que não foi conseguido. Assim este capítulo apenas dará uma visão geral do que aconteceu no painel durante o tempo acompanhado.

Abaixo segue uma avaliação de produção do mês de Janeiro de 2001 que mostra perfeitamente a diferença de produção entre painéis. A media se refere ao numero de frentes ou rafas diárias em cada turno específico de produção.

Tabela 19: Produção média diária do mês de Janeiro 2001 na Mina Esperança e Fontanella.

<b>Conjunto Mecanizado</b>	<i>Média</i>	<i>Desvio</i>	<i>Coef. De Variação(%)</i>
<i>1 - 1º t</i>	9.7	2.1	22.1
<i>1 - 2ºt</i>	8.8	2.1	23.8
<i>3A - 1º t</i>	6.7	1.6	23.1
<i>3A - 2ºt</i>	4.7	1.0	21.6
<i>3B - 1 t</i>	10.6	1.5	14.5
<i>3B - 2ºt</i>	9.1	1.5	16.8
<i>5 - 1ºt</i>	10.3	1.9	18.4
<i>5 - 2ºt</i>	10.9	1.4	12.7
<b>Fontanella</b>	7.1	1.9	26.5

## **7.1. Características e operação da Mina Fontanella/ 2º turno**

O método de lavra utilizado é o de Câmaras e Pilares (Room and Pillar) tendo uma seção de galeria de 6 m x 2,30 m e pilares medindo 15m x 30m no eixo principal. Existem zonas com diferentes tamanhos de largura de pilares como por exemplo pilares de 11 X 11 m e 14,5 x 14,5 m. Foram projetadas 4 galerias principais, a primeira chamada de G0 ( galeria 0), G1 ( galeria 1) e assim sucessivamente. O plano inclinado tem um comprimento de 344,04 m com um grade de 27,15%.

O escoramento é feito por meio de parafusos ancorados com resina. Em cada avanço são colocadas 2 linhas com 5 parafuso cada uma, e uma chapa de aço chamada "tala" que une todos os parafusos, formando um tipo de cinta no teto.

O painel estudado possui 3 turnos de trabalhos, sendo dois de manutenção/preparação e o de produção (turno acompanhado). Tem como equipamentos de produção três LHD's para o transporte do minério, duas perfuratrizes de teto destinadas ao escoramento, uma perfuratriz de frente, e um alimentador que abastece a correia transportadora levando o minério para a superfície.

O ciclo inicia no escoramento do teto logo após a limpeza da frente de lavra, sendo tal trabalho feito sempre por dois homens, um no comando da maquina e outro no auxilio para a colocação dos parafusos. Logo apos o teto estar escorado, a próxima etapa de produção é a perfuração, carregamento da frente, isto é, a preparação para o desmonte. Detonada a frente, o minério é carregado por meio de LHD's até o alimentador da correia transportadora.

## 7.2. Metodologia para a coleta de dados

Os dados coletados se referem a tempos de ciclos de cada máquina que compõe o ciclo de produção da Mina Fontanella. Os trabalhos iniciavam sempre desde o começo do turno para se poder acompanhar os trabalhos desde o seu início. O principal motivo de parada era o embuchamento da correia transportadora devido ao tamanho elevado do minério detonado.

Para a coleta dos dados, se acompanhava a máquina em todos seus movimentos, anotando se os tempos de utilização, quebras, esperas por falta de frente. Cada máquina teve a coleta de tempos definida previamente, analisando se a melhor maneira de coletar os dados tomando - os mais realistas possíveis.

Para a coleta de dados da perfuratriz de teto anotou se os tempos de colocação de parafusos e talas podendo se assim fazer se uma estimativa de tempo de cada operação e ao final a obtenção do tempo total de ciclo. Também anotou se os tempos de parada por quebra, troca e bits.

Operação semelhante foi feita com respeito à perfuratriz de frente. Acompanhou se a máquina e anotou se o tempo de perfuração de uma frente, tempo perdido para a troca de bits que quebravam ou desafiavam assim como o seu deslocamento entre galerias e tempo de espera por uma nova frente.

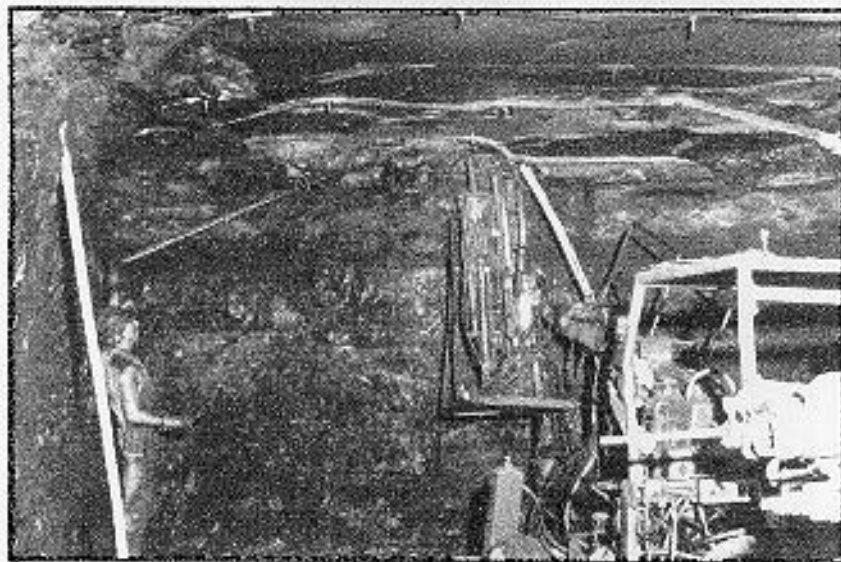
Para a aquisição de dados referentes as LHD's, obteve se os tempos de uma viagem completa, assim os tempos se referem ao carregamento/viagem carregado/descarga no alimentador/retorno à frente, sempre anotando o nome de cada galeria de limpeza e o número do equipamento.

### 7.3. Apresentação de dados coletados

53:42 minutos

- **Roof Drill**

1:3 minutos



**Foto 7: Roof Drill (colação de parafusos e tala).**

O trabalho da PT (perfuratriz de teto) consiste em fazer a perfuração do teto, colocação de parafusos e de talas, proporcionar a mistura de resina por meio da rotação do para fuso e aperto do tirante (parafuso) e no final da operação a seqüência é repetida. Foram colocados em media 2 talas com 5 parafusos cada uma. Para tal é indispensável o auxílio de um ajudante, pois ele é quem emboca o parafuso no furo e na tala, posicionando a broca de aperto no parafuso. Foram coletados 2 dados.

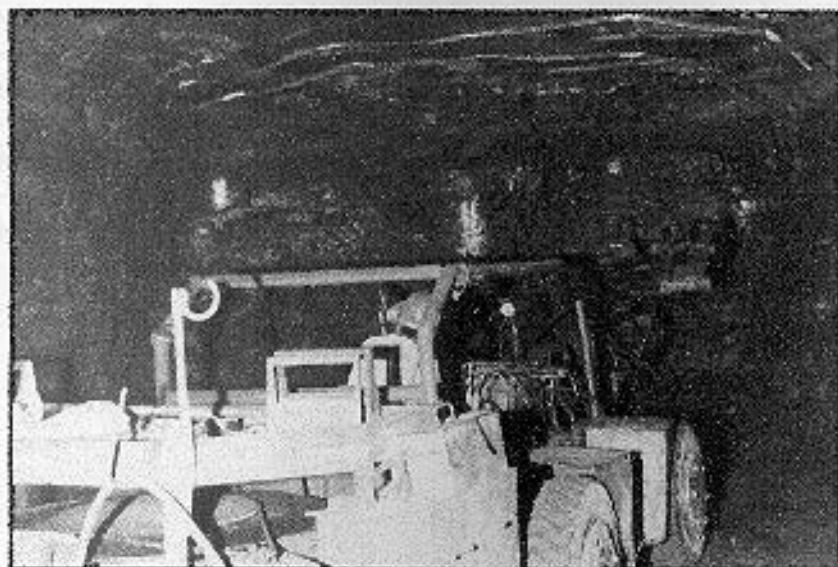
## Resultados

**Tabela 20: Tempos médios de operação da Roof drill.**

Frente com 2 talas e 5 parafusos(sem desloc. e quebras)	53.12 minutos
(computadas as quebras e deslocamento)	68 minutos



- **Face Drill**



**Foto 8: Face Drill.**

O trabalho da PF (perfuratriz de frente) está relacionado intimamente à qualidade do desmonte, pois o plano de fogo deve ser seguido o mais fiel possível ao projeto, evitando furos desviados, inclinação inadequada, conformação correta da galeria, para que o material detonado seja de um tamanho adequado ao seu transporte, facilitando o trabalho de limpeza da frente pelas LHD's e posteriormente os trabalhos de beneficiamento.

Foram feitos em media 22 furos por frente com diâmetro de 63mm e 2,40 m de lança ou 16 furos com diâmetro de 42mm e 2,40m de lança. Os atrasos nos trabalhos devem se principalmente a constante troca de bit por motivo de quebra ou por não estar afiado. Foram coletados 2 ciclos para cada tipo de furação.

**Tabela 21: Tempos médios de operação da Face drill. Obs.: parada de 16 minutos(cabo elétrico danificado).**

Tempo médio de perfuração(22 furos – sem desloc. e quebras)	29.73 minutos
Tempo médio de perfuração computando todos os atrasos	36.41 minutos
Tempo médio de perfuração(16 furos – sem desloc. e quebras)	28,22 minutos
Tempo médio de perfuração computando todos os atrasos	43,63 minutos

- *Carregamento das frentes*



**Foto 9: Carregamento das Frentes.**

O carregamento das frentes é feito pelo supervisor do turno e um ajudante para colocação de cartuchos e acessórios. Durante a furação o supervisor adiantava os trabalhos fazendo o transporte de explosivos e acessórios previamente.

Tabela 22: Tempos médios de ciclo para as LHD's.

Galeria	Tempo de ciclo (m)
1	2:12/2:18
2	2:4
3	1:42
4	2:37

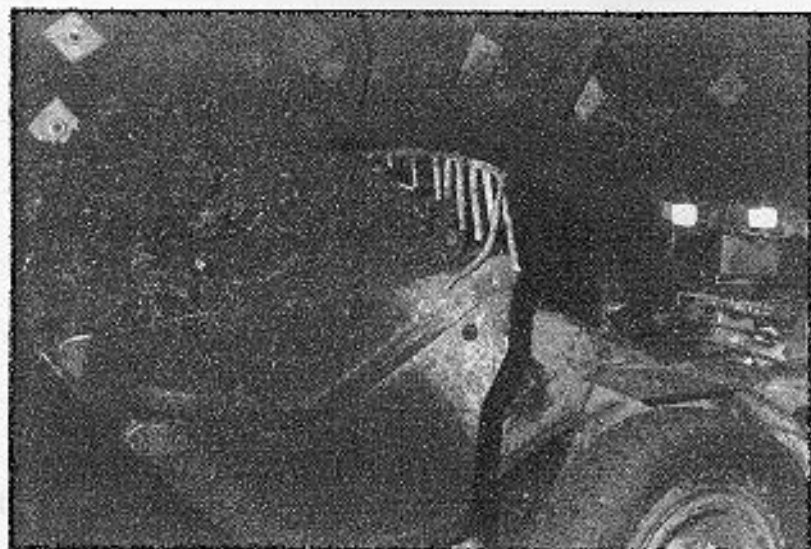


Foto 10: LHD.

O transporte do carvão detonado é feito por meio de LHD's TORO com capacidade de 1,5 m<sup>3</sup>. Foram marcados tempos de ida e volta ao alimentador, o número da galeria e do equipamento. O alimentador se localizava na galeria 3 e a quantidade de viagens para a limpeza de uma frente é de 28 – 30 viagens. Foram coletados 25 ciclos ao total.

**Tabela 22: Tempos médios de operação das LHD's.**

Galeria	Inclinação %	Comprimento (m)	Dist. Até alim.(m)	Percurso total (m)	Tempo de cilcos (s)
1	8.33	48	90	180	2,12/2.16
2	8.06	62	50	100	2.4
3	8.47	59	59	118	1.42
4	9.25	54	75	150	2.37

A título de ilustração, observou – se como o tempo de trabalho estava sendo utilizado durante o desenrrolar do turno, podendo assim se obter o tempo realmente utilizado para a execução das tarefas diárias no subsolo da Mina Fontanella.

A tabela abaixo se refere a estes resultados.

**Tabela 23: Divisão dos trabalhos em um turno.**

Tempo do turno	6 horas
Chegada na banca	10:20 horas
Início das atividades	10:45 horas
Final das atividades	16:20 horas
Tempo de trabalho	5:35 horas

FRONTE DE DESENVOLVIMENTO-MINA FONTANELLA

5.1. Mina Esperança

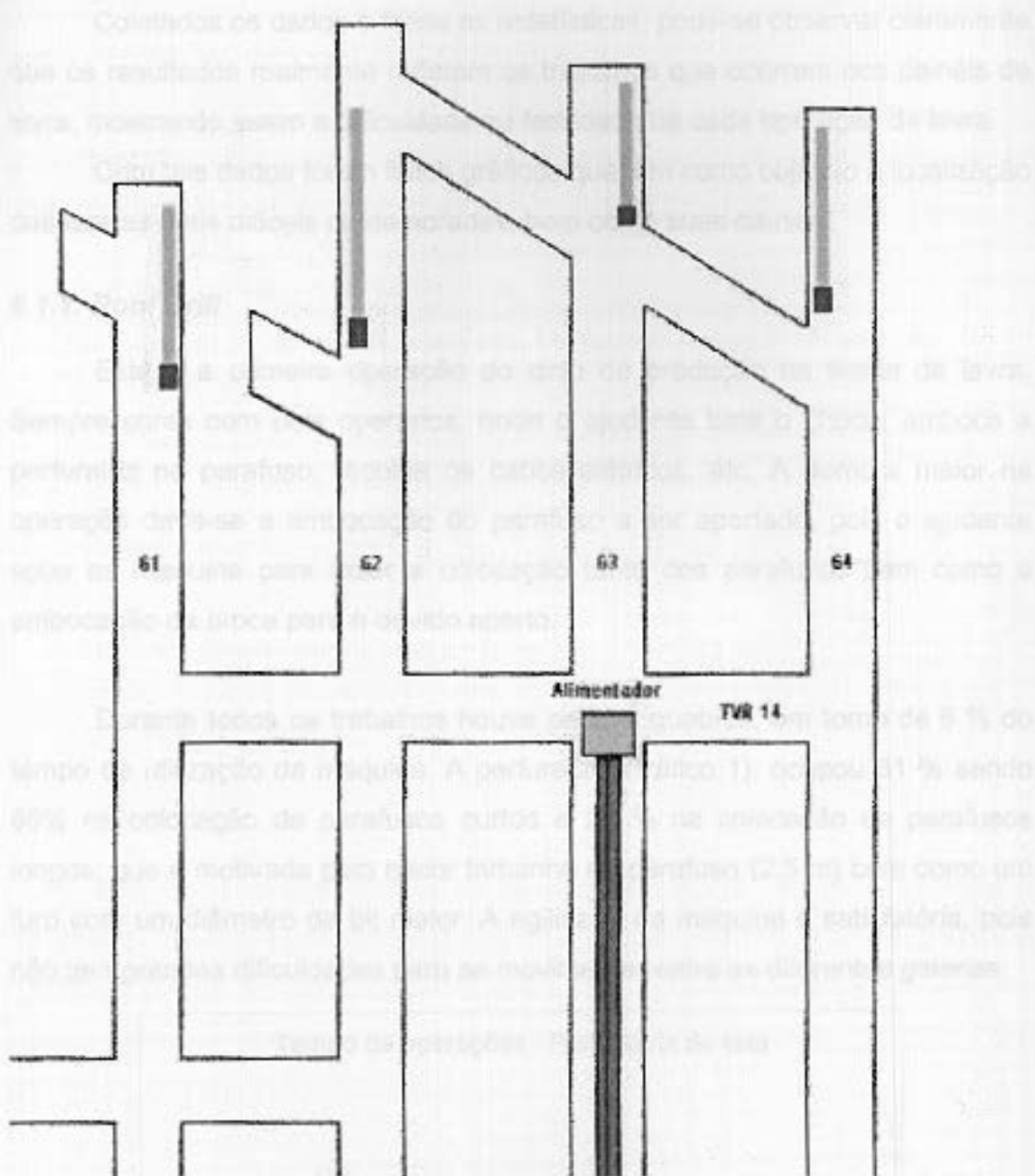


Figura 14 - Frente de lavra esquemática mostrando correia e ventiladores

Escala 1:600

## 8. ANÁLISES E DISCUSSÕES

### 8.1. Mina Esperança

Coletados os dados e feitas as estatísticas, pode-se observar claramente que os resultados realmente refletem os trabalhos que ocorrem nos painéis de lavra, mostrando assim a dificuldade ou facilidade de cada operação de lavra.

Com tais dados foram feitos gráficos que tem como objetivo a localização das tarefas mais difíceis ou demoradas, bem como suas causas.

#### 8.1.1. Roof Drill

Esta é a primeira operação do ciclo de produção na frente de lavra. Sempre conta com dois operários, onde o ajudante bate o choco, emboca a perfuratriz no parafuso, recolhe os cabos elétricos, etc. A demora maior na operação deve-se a embocação do parafuso a ser apertado, pois o ajudante sobe na maquina para fazer a colocação tanto dos parafusos bem como a embocação da broca para o devido aperto.

Durante todos os trabalhos houve poucas quebras, em torno de 6 % do tempo de utilização da maquina. A perfuração(Gráfico 1), ocupou 81 % sendo 55% na colocação de parafusos curtos e 26 % na colocação de parafusos longos, que é motivada pelo maior tamanho do parafuso (2,5 m) bem como um furo com um diâmetro de bit maior. A agilidade da máquina é satisfatória, pois não tem grandes dificuldades para se movimentar entra as diferentes galerias.

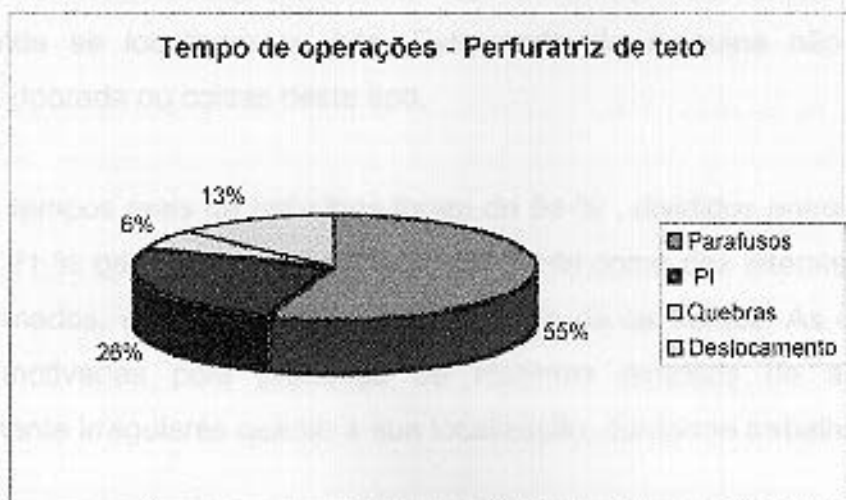


Gráfico 1: Divisão das atividades da Roof Drill.

Tentou - se também se obter uma equação que tente exprimir o tempo gasto para a colocação de parafusos. Tais tempos se referem à colocação do todo o conjunto e ao seu aperto, colocação de resina, etc, em fim, exprime o trabalho completo mas sem incluir tempos de deslocamento e possíveis quebras. Tal equação foi feita a partir da tabela 24 e tem como objetivo expressar uma idéia geral do tempo de colocação de parafusos, não se detendo a variáveis mais específicas que possam vir a influenciar tal procedimento.

**Tabela 24: Produtividade da Roof Drill.**

Tipo de parafuso	Nº de parafusos	Metros Perfurados	Tempo gasto min.	Produção min/m.
PC	220	242	364	1,5041
PI	25	62,5	169	2,7040

$$\text{Tempo de colocação de parafusos (min)} = m * 1,5041 + n * 2,7040$$

Onde:

m = metragem de parafusos curtos a serem colocados;

n = metragem de parafusos longos a serem colocados.

### 8.1.2. Coal Cutter

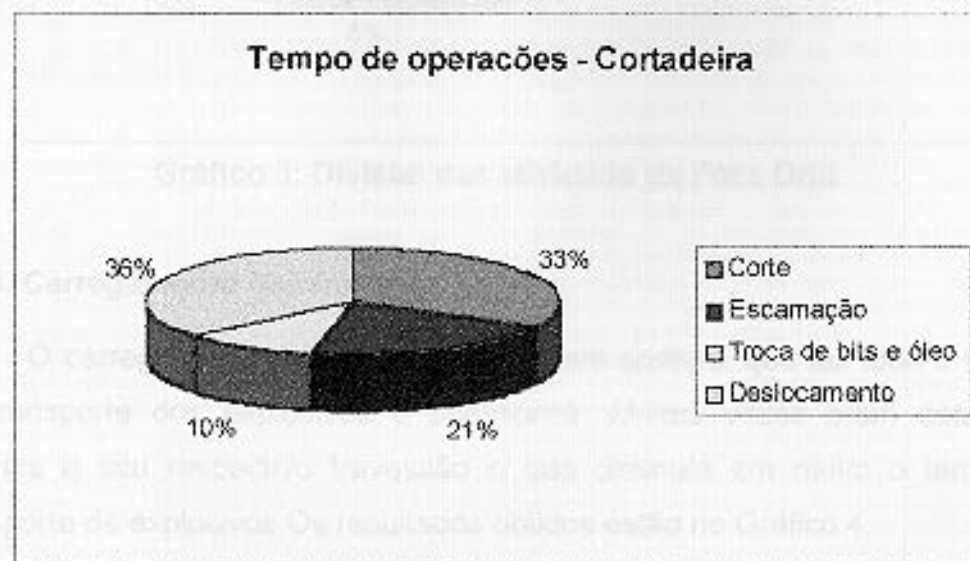
Este equipamento, apesar de ter uma importante função de otimizar o desmonte, mostrou-se muito lento nos seus deslocamentos. Tal fato pode ser explicado devido ao seu grande tamanho, motivado principalmente pela lança (3.3m) onde se localizam os bits. Esta parte da máquina não pode ser recolhida, dobrada ou coisas deste tipo.

Os tempos reais de trabalhos foram de 54 % , divididos entre 33 % para o corte e 21 % para a escamação tanto da frente, como das laterais de pilares recém formados, evitando assim a possibilidade de caimentos. As quebras de bit são motivadas pela presença de matérias piritosos de alta dureza especialmente irregulares quanto a sua localização, conforme trabalhos já feitos



pelo aluno Luis Eduardo De Souza, que dedicou - se a este estudo a fim de mapear possíveis direções e regiões preferências de distribuição dos nódulos tentando otimizar os trabalhos de corte.

O deslocamento, como comentado, ocupa 36 % to tempo de utilização da máquina, sendo maior que o tempo de corte.



**Gráfico 2: Divisão das atividades da Coal Cutter.**

### **8.1.3. Face Drill**

Este equipamento esta sempre em vantagem em relação aos outros, pois seu trabalho é feito rapidamente. Apresentou pouquíssimas paradas, sempre motivada pela quebra de bit causada por nódulos pirotosos. Durante as paradas por espera de frente a ser furada, o operador já conferia sempre o estados do bit, evitando assim possíveis paradas desnecessárias durante a perfuração da frente.

A furação se faz em 49 % do tempo de utilização, com paradas computadas em 5 %, totalizando 54 % de permanência na frente de lavra. As esperas contribuem com 27 % do tempo e os 19 % restantes se referem aos deslocamentos.

### Tempos de operações - perfuratriz de frente

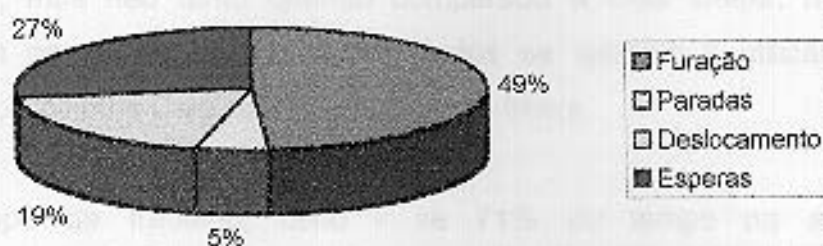


Gráfico 3: Divisão das atividades da Face Drill.

#### 8.1.4. Carregamento das frentes

O carregamento é feito com um homem apenas, que faz todo o serviço de transporte dos explosivos e acessórios. Muitas vezes eram detonadas galerias e seu respectivo travessão o que diminuía em muito o tempo de transporte de explosivos. Os resultados obtidos estão no Gráfico 4.

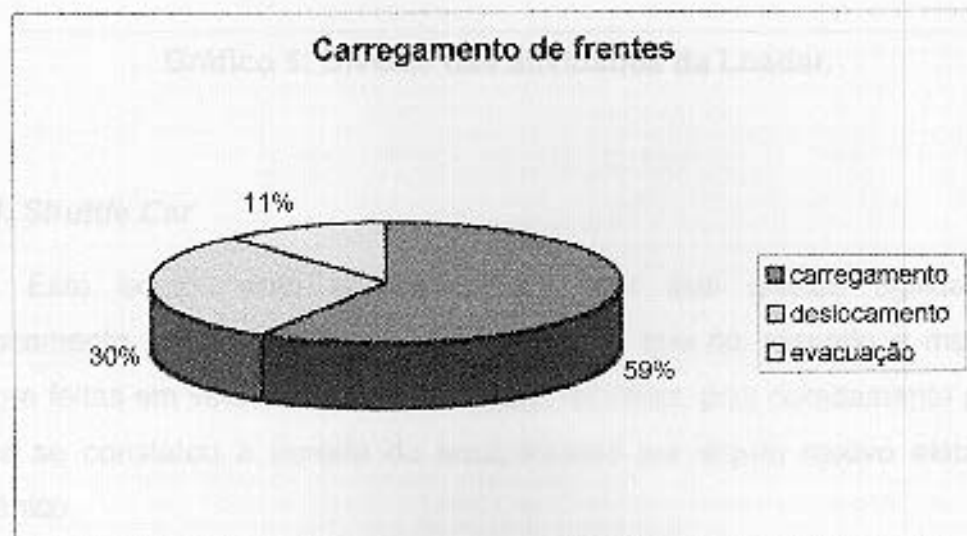


Gráfico 4: Divisão das atividades de carregamento de frente.

### 8.1.5. Loader

Este equipamento não apresentou nenhuma quebra durante a coleta dos dados, mostrando-se eficiente no seu trabalho. Tem alguma dificuldade no seu deslocamento, mas não tanto quando comparado a Coal Cutter, motivado principalmente por seu tamanho. Estes dados se referem à utilização em conjunto de dois Shuttle Cars na limpeza de uma frente.

Do seu tempo de trabalho, usou - se 71% do tempo na atividade principal(Gráfico 5).

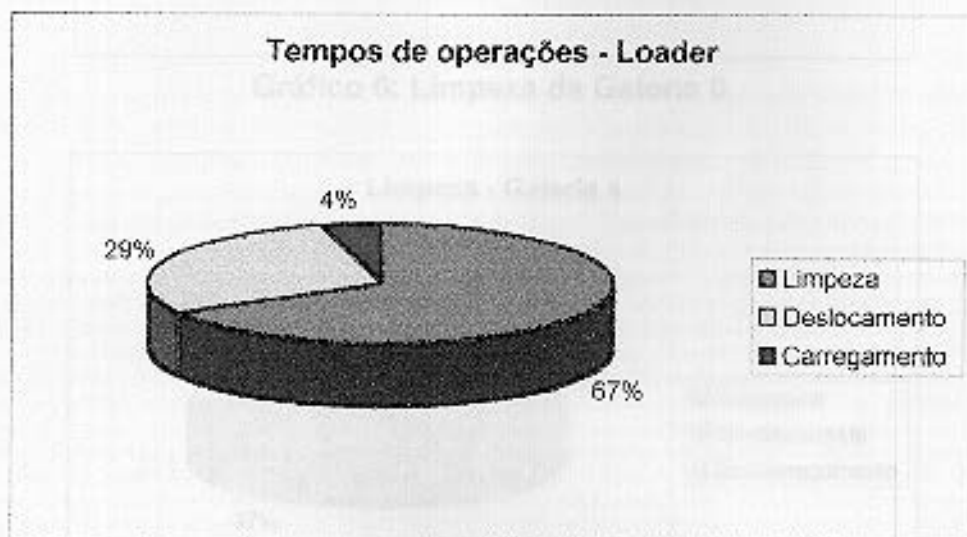
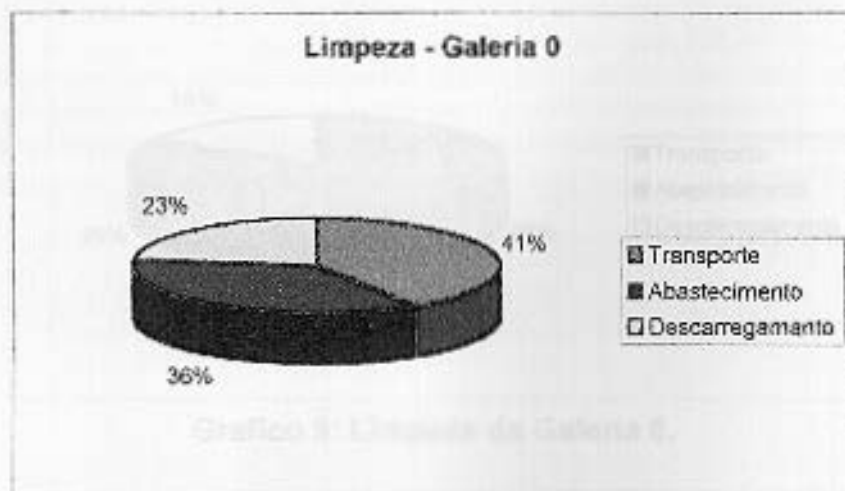


Gráfico 5: Divisão das atividades da Loader.

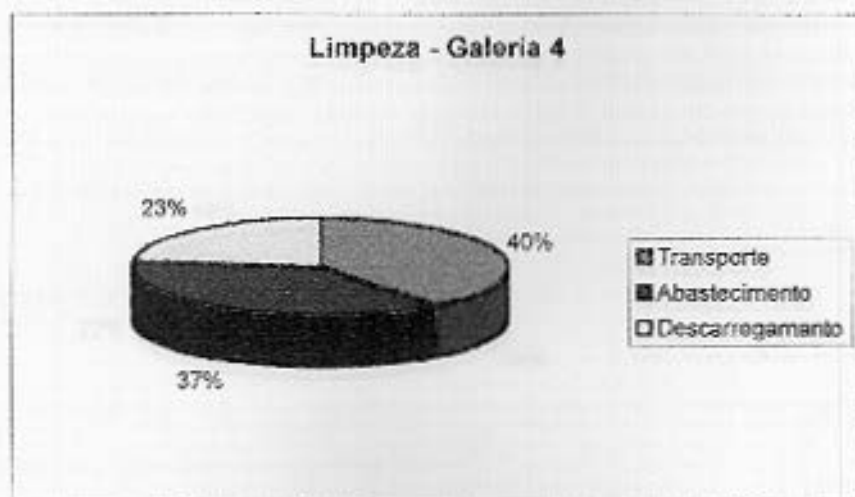
### 8.1.6. Shuttle Car

Este equipamento se caracterizou por sua grande agilidade de deslocamento entre galerias, principalmente no que diz respeito a manobras sempre feitas em velocidades altas e a sua robustez, pois notadamente poucas vezes se constatou a parada do equipamento por algum motivo elétrico ou mecânico.

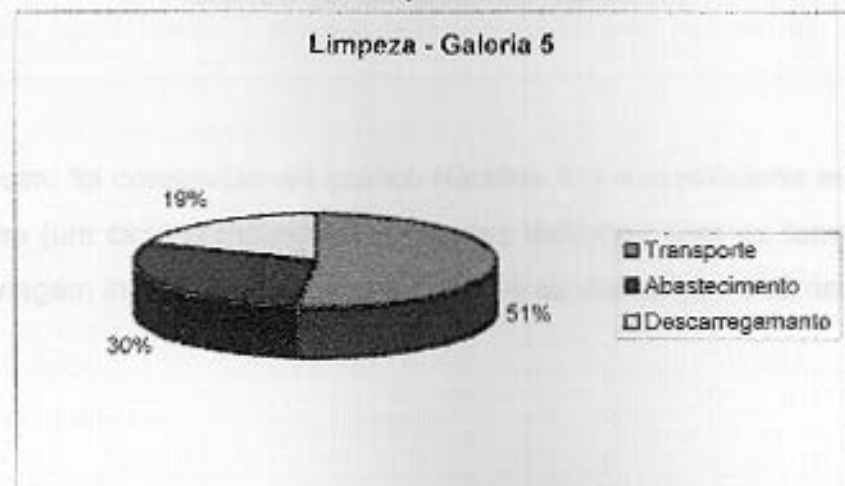
Os gráficos 6,7,8,9 e 10 mostram a capacidade de transporte do equipamento. Obviamente quanto maior for a distância de percurso, menor será a contribuição dos tempos de parada de abastecimento e descarga.



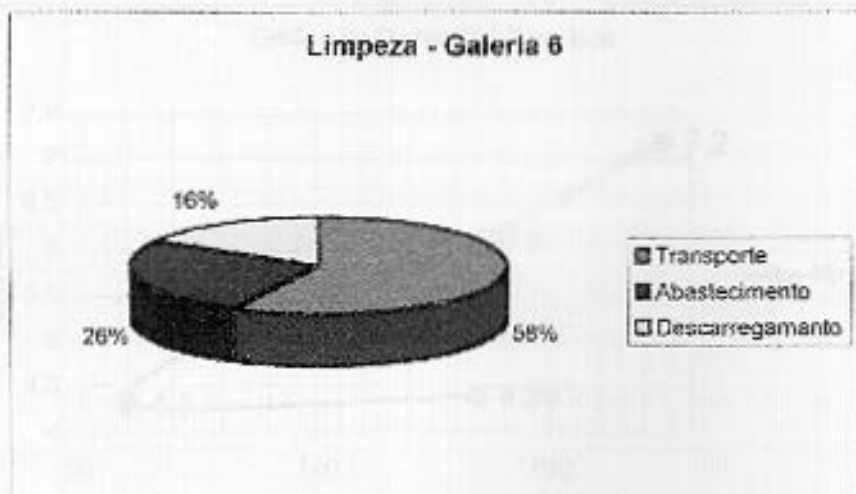
**Gráfico 6: Limpeza da Galeria 0.**



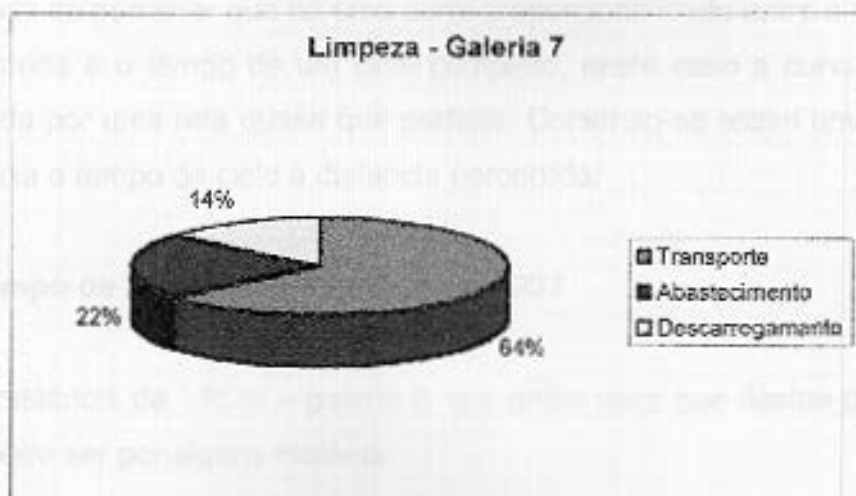
**Gráfico 7: Limpeza da Galeria 4.**



**Gráfico 8: Limpeza da Galeria 5.**

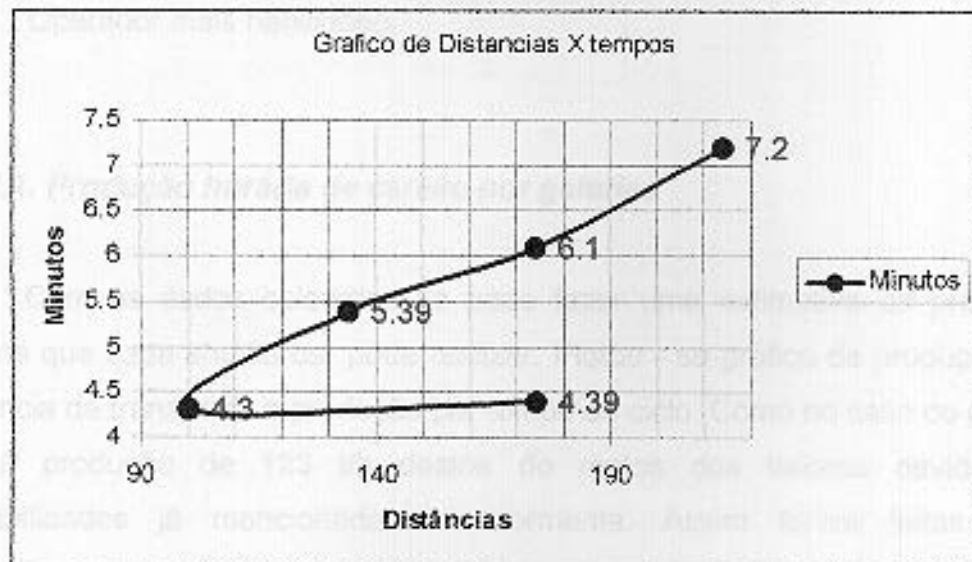


**Gráfico 9: Limpeza da Galeria 6.**



**Gráfico 10: Limpeza da Galeria 7.**

Assim, foi construído um gráfico (Gráfico 11) que relaciona as distâncias percorridas (um ciclo completo para galerias distintas) com os tempos médios de cada viagem incluído os tempos de carga e de descarga no alimentador.



**Gráfico 11: Distâncias de transporte X tempos de ciclos.**

Pode-se perceber que há uma certa proporcionalidade entre a distância a ser percorrida e o tempo de um ciclo completo, neste caso a curva pode ser aproximada por uma reta quase que perfeita. Construiu-se assim uma equação que associa o tempo de ciclo à distância percorrida:

$$\text{Tempo de ciclo (min)} = 0,0227 \cdot d + 2,227$$

A distância de 175 m – galeria 0 é o único valor que destoa dos outros. Tal fato pode ser por alguns motivos:

- O transporte neste caso era feito por um shuttle car apenas, o que pode indicar que não é necessária a espera para o carregamento, pois a loader estará sempre disponível a realizar o carregamento;
- O menor tráfego de equipamentos na rota de transporte;
- Presença de menor quantidade de cabos elétricos, ocasionando assim uma maior velocidade de viagem;
- Equipamento mais eficiente;

- Operador mais habilidoso.

### 8.1.6.1. Produção horária de carvão por galerias

Com os dados coletados se pode fazer uma estimativa da produção horária que cada shuttle car pode realizar. Plotou - se gráfico de produção por distância de transporte e produção por tempo de ciclo. Como no caso do gráfico 12, a produção de 123 t/h destoa do restos dos valores devidos as possibilidades já mencionadas anteriormente. Assim foram feitas duas equações que para estimar a produção a partir da distância de transporte e de tempo de ciclos.

#### 8.1.6.1.1. Produção do Shuttle Car X distância de transporte

$$\text{Produção} = - 0,395 * S + 159,47 \text{ t/h}$$

Onde:

S = distância de transporte em metros

#### 8.1.6.1.2. Produção do Shuttle Car X tempo de transporte

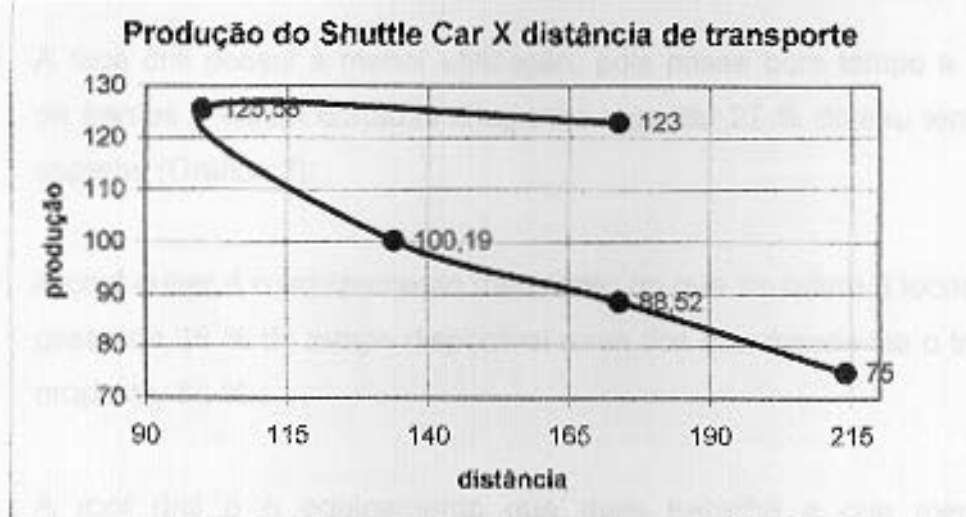
$$\text{Produção} = - 15,78 * T + 187,32 \text{ t/h}$$

Onde:

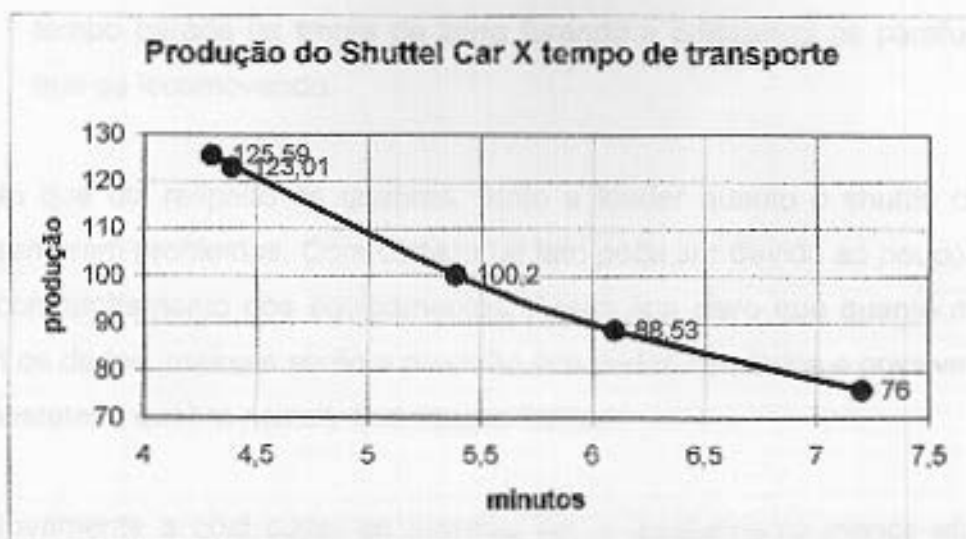
T = tempo de transporte em minutos

Tabela 25: Produção do Shuttle Car.

Galeria 0	174 m	4.39 minutos	123.00 t/h
Galeria 4	100 m	4.30 minutos	125.58 t/h
Galeria 5	134 m	5.39 minutos	100.19 t/h
Galeria 6	174 m	6,10 minutos	88.52 t/h
Galeria 7	214 m	7,2 minutos	75 t/h



**Gráfico12: Produção do Shuttle Car X distância de transporte.**



**Gráfico13: Produção do Shuttle Car X tempo de transporte.**

### **8.1.7. Comparação entre equipamentos**

Estes gráficos que seguem (Gráficos 14, 15 e 16) tentam mostrar de uma forma mais visual a utilização dos equipamentos nas suas tarefas diárias, podendo ser constatado o seguinte:



- A face drill possui a menor utilização, pois passa bom tempo a espera de frentes a serem cortadas chegando a gastar 27 % do seu tempo em esperas (Gráfico 3);
- A coal cutter é o equipamento mais lento no que se refere à locomoção, gastando 36 % do tempo disponível e um dos que menos faz o trabalho proposto, 54 % ;
- A roof drill é o equipamento que mais trabalha e que menos se locomove. Tal fato pode ser explicado, pois é a etapa mais demorada de todas as operações de lavra. Assim a máquina permanece muito mais tempo parada na frente de lavra furando e colocando os parafusos do que se locomovendo.

No que diz respeito às quebras, tanto a loader quanto o shuttle car não apresentaram problemas. Com certeza tal fato pode ser devido ao pouco tempo de acompanhamento dos equipamentos. Assim fica claro que quanto maiores forem os dados, maiores serão a precisão dos dados coletados e possivelmente se constataria quebra nestes dois equipamentos.

Novamente a coal cutter se mostrou ser o equipamento menos eficiente, pois foi o equipamento que mais quebrou ( gráfico 14).

### Percentagem de tempo realmente utilizada nas atividades propostas

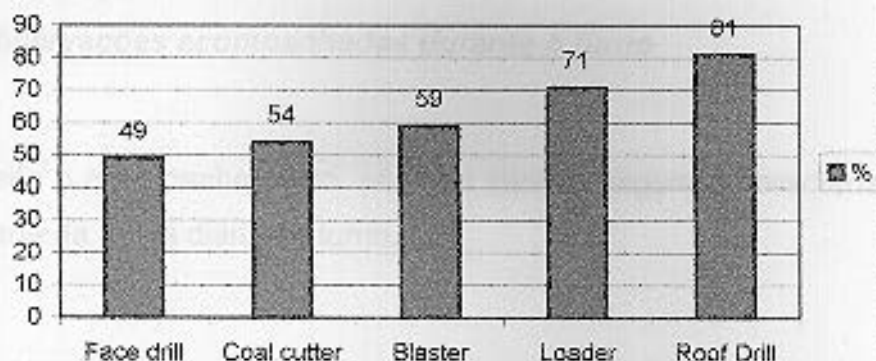


Gráfico 14: Distâncias de transporte X tempos de ciclos.

### Percentagem de tempo gasta em deslocamentos

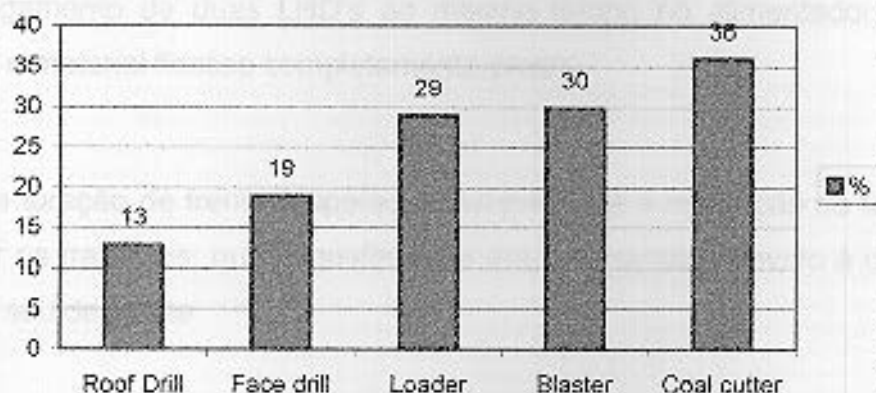


Gráfico 15: Percentagem de tempo gasta em deslocamentos.

### Percentagem do tempo gasta em quebras

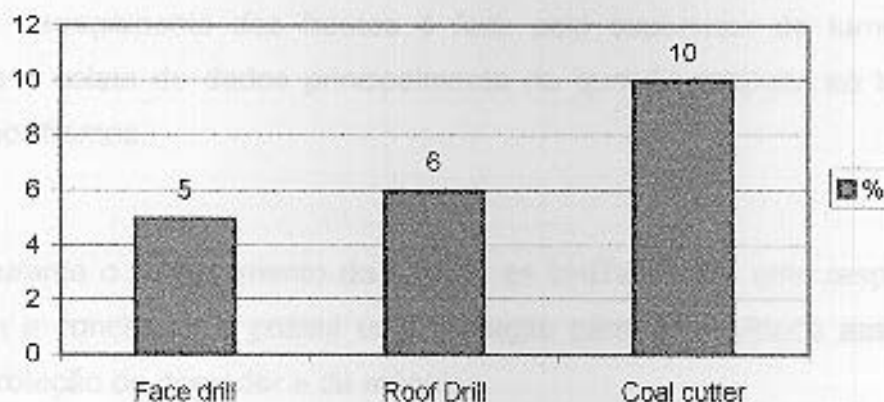


Gráfico 16: Percentagem do tempo gasta em quebras.

## **8.2. Mina Fontanella**

### **8.2.1. Observações acompanhadas durante o turno**

Feito o acompanhamento, pôde-se verificar algumas características que fazem parte da rotina diária do turno.

A correia transportadora teve varias paradas devido ao embuchamento provocado pelo tamanho excessivo do minério detonado, necessitando que um homem fizesse a quebra manual por meio de marreta. Outro motivo é o descarregamento simultâneo de minério no alimentador, isto é, houve o descarregamento de duas LHD's ao mesmo tempo no alimentador, fazendo com que o material ficasse completamente preso.

Na furação de frente o operador sempre fazia a marcação da face antes de iniciar os trabalhos, que seguidamente era interrompido devido à quebra de bits ou o seu desgaste.

O encarregado pelo fogo tinha o cuidado de manter sempre distante os acessório (estopim, cordel e espoletas) dos cartuchos de explosivos.

O carregamento das frentes é feito pelo supervisor do turno, o que dificultou a coleta de dados principalmente no que diz respeito ao tempo de espera por frentes.

Durante o carregamento do minério as LHD's faziam uma raspagem do teto com a concha, que possui uma armação para tal atividade assim como para a proteção do operador e da máquina.

Antes da colocação dos tirantes era retirado o material ainda solto do teto proveniente da detonação (chôco), a fim de reduzir os riscos de acidentes, principalmente do ajudante.

## 9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pôde se perceber até aqui, e principalmente com a análise da seção 6.4 e 8.1.7 que o equipamento de menor eficiência na operação de lavra da Mina Esperança está sendo a cortadeira.

Claramente pode ser constatado na seção 6.4, e nas tabelas 15 e 16, onde tentou-se simular as operações de lavra, que ~~a~~ sempre a cortadeira está em desvantagem em relação aos outros equipamentos. Nota se que sempre há certa galeria onde já foi feito o escoramento, ficando à espera da cortadeira que ainda está em serviço em outra frente de lavra.

Além disto, foi a máquina que mais teve que interromper os trabalhos devido à quebras, principalmente motivado pela presença de pirita na camada de carvão. Seu deslocamento também é muito lento como mostra o gráfico 2, cerca de 36% do tempo de operação.

Quanto ao desgaste e quebra de bits não se tem uma solução deste problema, pois a pirita não segue uma direção preferencial para que se pudesse desviar de tal mineral. Como seu deslocamento é muito vagaroso, tem que se andar o mínimo possível com o equipamento, isto é, evitar pulos para galerias mais distantes, devendo-se assim manter uma seqüência que dê privilégio a poucos deslocamentos.

Para resolver tal situação, pode se indicar dois caminhos possíveis, sendo eles:

- A utilização de mais uma cortadeira, mas isto seria possivelmente inviável, pois teria que se fazer a compra de outro equipamento e também aumentaria o fluxo de equipamentos no painel;

- A utilização em conjunto de um outro plano de fogo que não dependesse da cortadeira, pois assim não se ficaria esperando pelo equipamento a fim de fazer a furação de frente bem como os trabalhos seguintes.

Assim, a cortadeira se mostrou um equipamento chave na produção do painel onde os trabalhos posteriores dependem em muito da produção deste equipamento.

## **10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BIENIAWSKI, *Rock Mechanics Design in Mining and Tunneling*. 1984.

Balkema, 272 p.

CAYE, B.R., POZZA, E.V., FABRÍCIO, J.A.C. e SUFFERT, T. *Projeto Carvão no Pré-Barro Branco*. MME – DNPM/CPRM. 1975. 205 p.

FABRÍCIO, J.A.C. *Projeto Carvão de Santa Catarina*. MME – DNPM/CPRM. 1973. Volume 1, 182 p.

EMPRESAS GUGLIELMI. *PERFIL EMPRESARIAL*. Criciúma, SC. 12 p.

EMPRESAS GUGLIELMI/Carbonífera Metropolitana S.A. *Manual de Segurança: Escoramento*. 1998. 41 p.

**ANEXOS**

**ANEXOS**



# SEQUÊNCIAS DE OCUPAÇÃO DE GALERIAS

**CORTADEIRA**  
**DIA**

Jan/01

CONJUNTO 3B

2	0	7/6	7	4/5	4	4/5	2/3		
3	5/6	5/4	4	3	2	2/3	1		
4	0/00	0	7	6	6/7	5	5/4	4	
5	5	5/4	3	3/2	2/1	1	0		
6	2/3	4	4/3	6	5/4	5/6			
7									
8	6	5/6	5	4	4/5	2	2/1	1	1/0
9	4/3	3	2/3	2	1/2	1	0	7	6
10	0/00	0	0/1	7	6/7	5/6	5	4	
11	7	6/7	6	5/6	5	4	3	2	1
12	1	1/0	5	5/4	3/2	3/4	7	7/6	6
13	6/7	6/5	5/6	5/4	3/2	3	0		
14									
15	3	3/2	2	6/7	6	5/4	4		
16	4	3	3/4	2	2/3	1	1/2	2/1	0
17	5	4	3	1	1/2	2	0		
18	0	1/2	2	2/3	3	4	5	6	
19	2	2/1	3	4	5	5/4	6/7	6	
20	5/6	4	4/5	3	3/4	2/1	2	1/0	
21									
22	1/0	0	7	6	6/7	5	5/6	4	4/3
23	5	5/4	2	2/1	1	1/0	0		
24	7	6	6/7	5	4	3	2	1	
25	2	1	0	6/7	6	5	5/4	4	
26	3	2/1	2/3	1	1/0	0	6/7		
27	6/7	6	5/4	4/5	4/3	3	3/4	2	2/1
28									
29	2	2/7	7	6	6/7	5			
30	5	4/3	4	3/2	1/2	2	1		
31	6	6/7	5	5/6	1/0	1	4	4/3	

PERFORATRIZ  
DIA

jan/01

CONJUNTO 3B

2									
3	6/7	6	6/5	5	5/4	4	3	2	1
4	2	0	0/00	7	6	6/7	5	5/4	
5									
6	4/3	5/4	5	3/2	2/1	2	1	4	
7									
8	6	6/7	5	5/6	4	4/5	2	2/1	
9	5/6	4/3	3	2	2/3	1	1/2	0	
10	1	1/2	0	0/00	0/1	7	6/7	5/6	5
11	1/0	7	6/7	6	5/6	5	4	3	2
12	2	1	1/0	5	5/4	3/4	3/2	7	6/7
13	6/7	7/6	6/5	3/4	5/6	3	3/2		
14									
15	1/0	2/1	2	3/2	3	2	6	?	
16	4	4/5	3	3/4	2	2/3	1	1/2	?
17	5	4	3	1	1/2	2			
18	1/2	0	2	2/3	3	4	5		
19	6/7	6	2	2/1	3	4	5	5/4	
20	5/6	4	3	3/4	2/1	2	6	2	
21									
22	1	1/0	0	7	6	6/7	5	5/6	
23	6/5	5	5/4	4/3	2	2/1	1	1/0	0
24	7	6	6/7	5	4	3	2		
25	3	2	1	0	6	6/7	5	5/4	4
26	5/6	4	4/3	2/1	2/3	1	1/0	0	
27	6/7	6	5/4	4/3	4/5	3	3/4		
28									
29	5/6	3	2	2/1	7	6	6/7	3/2	5
30	6	6/7	5	4/3	3	3/2	2		
31	7	6	6/7	5	5/6	1/0	0		

PERFURATRIZ(2) DE  
TETO

Jan/01

CONJUNTO 3B

DIA

2	6/5	6	2			
3	1/0	6/7				
4	0	5	4	2		
5						
6	5	5/4	6	6/7		
7						
8	4	2/1	2			
9	0	6	6/7	4		
10	4	2/3	1	1/2	1/0	
11	6	6/7	2	7		
12	5	4/3	4	2		
13	5/4	0	1/0	1		
14						
15	5/6	0	1/0	0/1	1	
16	1	1/0	0	5/6	3	
17	1	0	5	5/6		
18	4	3	6/5	2/1	1/2	
19	4	6/7	2/3	2/1		
20	2	2/1	2/3	1	5	5/6
21						
22	5/6	5	4/3	4/5		
23	1/0	0	7	6	06/7	
24	2	0				
25	1	1/0	4	3		
26	2/1	6/7	6	4		
27	3/2	2	1	1/2		
28						
29	5/6					
30	5/6	3	0			
31	1/0	3	3/2	3	2	

PERFORATRIZ(5) DE TETO

jan/01

CONJUNTO 3B

DIA

2	5	5/4	4/3	4	3/4	
3	3	7	7/7	6		
4	6/7	6	3	3/4		
5						
6	2/1	4/3	4	5/4		
7						
8	4/3	1	7	7/6		
9	1/0	7	5	5/6		
10	5	3	2	4/5		
11	6/7	6	3	1	1/0	1/2
12	7	6/7	6	1		
13	4	4/5	3	2		
14						
15	6	4	4/5	3/2	3	
16	7	6/7	6	5	5/4	
17	4	4/5	2/1	7	6	
18	6	6/7	6/7	6		
19	5	5/6	6			
20	4/3	0	7	6/5		
21						
22						
23	1/0	0	7	6	6/7	
24	5	4	1	1/0		
25	6	6/7	5	5/4	2	
26						
27	5	5/4	2	2/3	0	
28						
29	6	6/5	6			
30	1/0	3/2	7	5/6		
31	5	4/3	4	7	6	