

SERGIO MEDICI DE ESTON

BC

FT-663
V.2

A ILUMINAÇÃO DE MINAS SUBTERRÂNEAS: UMA ANÁLISE
DA SITUAÇÃO BRASILEIRA.

Tese apresentada à Escola
Politécnica da USP para a
obtenção do título de
Doutor em Engenharia.

São Paulo, 1992

V.2

SUMARIO

	página
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xvi
LISTA DE SÍMBOLOS UTILIZADOS E UNIDADES	xviii
RESUMO	xx
ABSTRACT	xxi
NOTAS SOBRE A REDAÇÃO	xxii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações gerais	1
1.2. Revisão bibliográfica	2
1.3. Objetivos do trabalho	3
1.4. Apresentação do trabalho	4
2. ENGENHARIA AMBIENTAL EM MINAS SUBTERRÂNEAS	5
2.1. Mineração e segurança	5
2.2. Programas de segurança para minas	8
2.3. Higiene do trabalho	10
2.4. Riscos e agentes ambientais	11
3. HISTÓRICO DA ILUMINAÇÃO DE MINAS	13
4. ILUMINAÇÃO, SEGURANÇA E PRODUTIVIDADE	15
4.1. Características do gerenciamento moderno ...	15
4.2. Iluminação e produtividade	16
4.3. Iluminação e acidentes	16
4.4. Iluminação e saúde ocupacional	17
5. A NATUREZA FÍSICA DA LUZ	18

RECEBIDO

*Manuel**11/9/92*

PÓS-GRADUAÇÃO

5.1. Energia radiante visível	18
5.2. Geração, propagação e percepção da luz	19
5.3. Incandescência e luminescência	20
5.4. Reflexão, transmissão e absorção	21
5.4.1. Reflexão luminosa	22
5.4.2. Transmissão luminosa	25
5.4.3. Refração	26
5.4.4. Absorção	31
5.5. Curva espectral de eficiência luminosa	31
5.5.1. Cores	31
5.5.2. Brilho	32
6. FOTOMETRIA	34
6.1. Grandezas e unidades fotométricas	34
6.2. Fluxo radiante	36
6.3. Fluxo luminoso	36
6.3.1. Fonte padrão de luz	37
6.3.2. Comparação de fluxos luminosos	37
6.3.3. Eficácia luminosa	37
6.3.4. Eficiência global de uma lâmpada	39
6.4. Intensidade luminosa de fonte puntual	39
6.4.1. Ângulo sólido	40
6.4.2. Intensidade luminosa	42
6.5. Iluminamento de uma superfície	46
6.5.1. Iluminamento médio	46
6.5.2. Iluminamento num ponto	47
6.5.3. Medição do iluminamento	49
6.6. Luminância e percepção de brilho	50

6.7. Refletância	53
6.8. Relação entre as definições de fluxo e intensidade luminosos	58
6.9. Iluminamento, leis do cosseno e a lei do inverso do quadrado da distância	59
6.9.1. Lei do cosseno	59
6.9.2. Lei do inverso do quadrado da distância	61
6.9.3. Lei do cosseno ao cubo	63
6.10. Síntese das grandezas fotométricas	65
7. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA LUZ EMITIDA	68
7.1. Curvas de intensidade luminosa	68
7.2. Curvas de iso-iluminamento	74
7.3. Curvas de intensidade e luminância médias ...	74
7.4. Emissores, transmissores e refletores perfeitamente difusos	76
7.5. Superfícies Lambertianas e as unidades de luminância	78
7.6. Relação entre luminância e refletância	82
8. A VISÃO	85
8.1. O olho humano	85
8.2. O sistema controlador	87
8.2.1. Filtragem	87
8.2.2. Quantidade transmitida	88
8.2.3. Focalização	88
8.3. O sistema interpretador	89
8.3.1. Estrutura neural da retina	90

8.3.2. Visão fotópica e visão escotópica	92
8.3.3. Funcionamento dos bastonetes	95
8.3.4. Funcionamento dos cones	96
8.3.5. Desvio de Purkinje	97
8.4. Adaptação visual	99
8.5. Defeitos e doenças visuais	100
9. CAMPO E AMBIENTE VISUAIS	103
9.1. Campo visual	103
9.1.1. Distribuição de fotoreceptores	103
9.1.2. Limites físicos do campo	103
9.1.3. Movimentação dos olhos e cabeça	104
9.2. Ambiente visual	104
9.2.1. Contraste	105
9.2.2. Dimensão dos objetos	106
9.2.3. Efeitos do tempo	106
9.2.4. Fixação	107
9.2.5. Piscamento	107
9.2.6. Visão noturna	108
9.3. Acuidade	108
9.4. Visibilidade	109
9.5. Ofuscamento	109
9.5.1. Ofuscamento desabilitante	109
9.5.2. Ofuscamento desconfortante	110
9.5.3. Redução do ofuscamento	110
9.6. Desempenho ocupacional	111
10. SINALIZAÇÃO E CÓDIGO DE CORES	114
10.1. Percepção de cor	114

10.2. Luz monocromática	114
10.3. Cores e identificação de objetos	115
10.4. Visão escotópica	116
10.5. Daltonismo	116
10.6. Visibilidade e refletância	117
10.7. Classificação de cores e segurança ocupacional	118
10.8. Código de cores e segurança	119
10.9. Sinalização	122
11. LÂMPADAS E LUMINARIAS	127
11.1. Produção luminosa	127
11.2. Critérios comparativos	127
11.3. Tipos de lâmpadas	129
11.3.1. Lâmpadas com filamento de tungstênio	129
11.3.2. Lâmpadas halógenas de tungstênio ..	132
11.3.3. Lâmpadas fluorescentes a vapor de mercúrio	132
11.3.4. Lâmpadas a vapor de sódio a baixa pressão	133
11.3.5. Lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão	134
11.3.6. Lâmpadas a vapor de mercúrio a alta pressão	135
11.3.7. Lâmpadas de haletos metálicos	135
11.3.8. Lâmpadas refletorizadas	135
11.4. Comparação entre as fontes usadas na mineração	136
12. INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO EM MINAS	140

12.1. Introdução	140
12.2. Metodologias de manutenção	140
12.3. Vida útil das lâmpadas	141
12.4. Substituição individual e por grupo	142
12.5. Alguns procedimentos práticos recomendados .	144
13. EQUIPAMENTOS DE MEDIDA DE PARAMETROS LUMINOSOS ...	147
13.1. Principais parâmetros medidos em minas	147
13.2. Medidas de iluminamento	148
13.2.1. Método de medida planar direta	148
13.2.2. Método de medidas independentes de luz direta e luz difusa	148
13.2.3. Método da medida do valor máximo ..	149
13.3. Medidas de luminância	149
13.4. Medidas de refletância	150
13.4.1. Importância para projetos	150
13.4.2. Método por comparação incidência-reflexão	152
13.4.3. Método com amostras comparativas ..	152
13.4.4. Método por comparação padrão	153
13.4.5. Refletometria esférica	155
13.5. Valores experimentais	155
13.6. Procedimentos adotados na pesquisa efetuada.	155
14. PROJETO DE ILUMINAÇÃO EM MINAS	158
14.1. Características do projeto mineiro	158
14.2. Dificuldades inerentes ao ambiente mineiro .	158
14.2.1. Dificuldades de instalação	159
14.2.2. Variações de voltagem	159
14.2.3. Padronização imperfeita das	

15.6.6. Lâmpadas portáteis de capacete	184
15.7. Normas estrangeiras	184
15.7.1. África do Sul	185
15.7.2. Alemanha	187
15.7.3. Austrália	187
15.7.4. Bélgica	187
15.7.5. Canadá	188
15.7.6. Estados Unidos	189
15.7.7. Hungria	192
15.7.8. Inglaterra	192
15.7.9. Japão	193
15.7.10. Polónia	193
15.7.11. Tchecoslováquia	196
15.7.12. Outros países	196
15.8. Normalização no Brasil	196
15.8.1. Normas existentes no DNPM	196
15.8.2. Sugestões para normalização	197
16. CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO EM MINAS	
SUBTERRÂNEAS BRASILEIRAS	198
16.1. Seleção das minas a serem analisadas	198
16.2. Dificuldades de medição	201
16.3. Resultados da pesquisa de campo	202
16.3.1. Nível de conhecimento do tema	202
16.3.2. Valores medidos	203
16.4. Análise dos valores medidos	209
17. CONCLUSÕES	211

lâmpadas	159
14.2.4. Alteração do ângulo de inclinação da luminária	160
14.2.5. Alteração dos fatores de manutenção.	160
14.2.6. Absorção atmosférica	161
14.2.7. Variações da produção luminosa	161
14.3. Método ponto a ponto	161
14.3.1. Teoria básica	161
14.3.2. Efeito da luz direta	163
14.3.3. Contribuição da luz indireta	164
14.4. Método dos lúmens	166
14.4.1. Formulação básica	166
14.4.2. Fator de manutenção	167
14.4.3. Coeficiente de utilização	167
14.5. Alteração de parâmetros de projeto	170
15. NORMAS DE ILUMINAÇÃO PARA MINERAÇÃO	172
15.1. Iluminação a céu aberto e em subsolo	172
15.2. Recomendações gerais de iluminação	173
15.3. A norma brasileira NB-57	175
15.4. A Comissão Internacional de Iluminação-CIE .	176
15.5. Os Comitês Técnicos para iluminação de minas	178
15.6. Recomendações da CIE para a iluminação de minas	180
15.6.1. Tipos de iluminação	180
15.6.2. Parâmetros de projeto	181
15.6.3. Uniformidade	182
15.6.4. Ofuscamento e campo visual	183
15.6.5. Metodologia de iluminação	183

ANEXO A - NORMAS DE ILUMINAÇÃO DA ABNT	215
ANEXO B - NORMAS REGULAMENTARES DE MINERAÇÃO DO DNPM - ILUMINAÇÃO	230
ANEXO C - NORMAS DE ILUMINAÇÃO DO MINISTÉRIO DO TRABALHO	233
ANEXO D - MINA DE TAQUARI-VASSOURAS	235
ANEXO E - MINA DE BALTAR	246
ANEXO F - MINA DE MORRO AGUDO	252
ANEXO G - MINA LEÃO I	258
ANEXO H - MINA LEÃO II	264
ANEXO I - MINAS DO CAMAQUÃ: SÃO LUIZ E URUGUAI ...	267
ANEXO J - MINA SANTA CATARINA	280
ANEXO K - MINA POÇO SÃO PEDRO	290
ANEXO L - MINA ESPERANÇA	294
ANEXO M - MINA SÃO GERALDO	307
ANEXO N - MINA CBCA	310
ANEXO O - MINA MORRO DO OURO	314
ANEXO P - OBTENÇÃO DE CURVA DE INTENSIDADE LUMINOSA A PARTIR DE MEDIDAS DE ILUMINAMENTO	318
ANEXO Q - OBTENÇÃO DE NIVEIS DE ILUMINAMENTO EM FACE ILUMINADA POR HOLOFOTE SITUADO A 3 METROS DE DISTANCIA	319

ANEXO R - NÍVEIS DE ILUMINAMENTO EM FACE ILUMINADA A DISTÂNCIAS DE 3, 6 E 12 METROS	321
ANEXO S - OBTENÇÃO DE CURVAS DE ISOILUMINAMENTO A PARTIR DE CURVA DE INTENSIDADE LUMINOSA	323
ANEXO T - PAÍSES MEMBROS DOS COMITÊS TÉCNICOS PARA ILUMINAÇÃO DE MINAS DA CIE	325
ANEXO U - ÁREAS A SEREM ILUMINADAS AO REDOR DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS MÓVEIS SEGUNDO AS NORMAS DOS USA	326
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	333
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	338
BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA	344

LISTA DE FIGURAS

	página
FIGURA 5.1.	Espectro de radiação eletromagnética 19
FIGURA 5.2.	Tipos de reflexão 23
FIGURA 5.3.	Controle da orientação de raios luminosos de luminárias por meio da curvatura do refletor . 24
FIGURA 5.4.	Efeito da inter-reflexão na distribuição da luz transmitida por fonte luminosa dentro de bulbo 25
FIGURA 5.5.	Variação do índice de refração com o comprimento de onda 28
FIGURA 5.6.	Refração da luz na interface de dois meios de índices de refração n e n' 28
FIGURA 5.7.	Dispersão da luz num prisma 29
FIGURA 5.8.	Curva espectral de eficiência luminosa de fluxo radiante monocromático em função do comprimento de onda 32
FIGURA 5.9.	Comparação entre as medidas de energia radiante (instrumentos radiométricos) e de fluxo luminoso (instrumentos fotométricos) ... 33
FIGURA 6.1.	Transformação de potência elétrica em energia radiante 34
FIGURA 6.2.	Uma parte do fluxo radiante ϕ_r compõe o fluxo luminoso ϕ_l , o qual é capaz de sensibilizar o olho e cuja unidade é o lúmen (e não o watt) . 35
FIGURA 6.3.	Da potência elétrica inicial apenas uma parte se transforma em fluxo luminoso; η_e e η_l são os fatores que expressam as eficiências desta transformação 36
FIGURA 6.4.	Fonte de luz padrão internacional 38
FIGURA 6.5.	Em a. temos alguns ângulos sólidos numa esfera de raio R ; em b. temos um ângulo plano num círculo de raio R 41
FIGURA 6.6.	A relação entre ângulo sólido $\Delta\Omega$ e ângulo efetivo do fecho $\Delta\theta$ relaciona esterorradianos com radianos (ou graus) 42
FIGURA 6.7.	Ângulos sólidos Ω_1 e Ω_2 iguais,

	contendo diferentes quantidades de lúmens	44
FIGURA 6.8.	Ângulo sólido para área infinitesimal não esférica	45
FIGURA 6.9.	Ângulo efetivo de feixe luminoso para holofote mineiro	46
FIGURA 6.10.	Fluxo luminoso total atingindo a área ΔS	47
FIGURA 6.11.	Conceito de luminância de uma superfície de área A na direção do observador O	51
FIGURA 6.12.	Tipos básicos de reflexão superficial	55
FIGURA 6.13.	Goniorefletância média das faces de uma mina obtida por Crooks e Peay	58
FIGURA 6.14.	Iluminamentos causados por um mesmo feixe sobre duas superfícies planas inclinadas entre si de φ	60
FIGURA 6.15.	Superfícies esféricas A_1 e A_2 distantes R_1 e R_2 da fonte puntual F . Ambas subentendem o mesmo ângulo sólido, e são normais aos raios luminosos	62
FIGURA 6.16.	Iluminamento num ponto P distante R_p da fonte F	62
FIGURA 6.17.	Iluminamento numa área A inclinada de um ângulo φ com relação a direção dos raios luminosos	63
FIGURA 6.18.	Iluminamento no elemento de área dA inclinado do ângulo φ com relação a direção do feixe contido no ângulo sólido	64
FIGURA 6.19.	Galeria com fontes puntuais localizadas ao longo do eixo do teto	64
FIGURA 6.20.	Relação entre intensidades, fluxo, iluminamento e luminância	67
FIGURA 7.1.	Curva de intensidade luminosa para fonte puntual semelhante a lâmpada incandescente comum	68
FIGURA 7.2.	Vista em planta de um holofote para o qual foram efetuadas medidas de iluminamento a 5 m de distância a intervalos angulares de 5 graus	69
FIGURA 7.3.	Curva de intensidade luminosa para plano horizontal contendo a fonte de luz de um	

	holofote	70
FIGURA 7.4.	Vista em planta de um holofote iluminando a face livre de carvão	71
FIGURA 7.5.	Iluminamento na face a várias distâncias do eixo do fecho, para plano horizontal	71
FIGURA 7.6.	Circunferências concêntricas de isoiluminamento na face livre	72
FIGURA 7.7.	Possíveis curvas de isoiluminamento para fonte que não distribui luz simetricamente no espaço	72
FIGURA 7.8.	Distribuições do iluminamento em faces distantes 3, 6 e 12 m da fonte luminosa	73
FIGURA 7.9.	Curvas de isoiluminamento para holofote onde se utiliza coordenadas polares (R, θ)	74
FIGURA 7.10.	Pontos de observação de uma fonte luminosa extensa	76
FIGURA 7.11.	Em a. temos o ponto de observação P; em b. temos a projeção da área A na direção de observação	77
FIGURA 7.12.	Relação entre ângulo de observação θ e intensidade segundo a direção de θ para superfícies perfeitamente difusoras	77
FIGURA 7.13.	Relações geométricas no "intensidoide" associado a superfície difusora perfeita A; dS é uma calota esférica infinitesimal sobre o "intensidoide"	79
FIGURA 7.14.	Ângulo sólido no "intensidoide" definido pela área infinitesimal dS	80
FIGURA 7.15.	Área infinitesimal dS expressa em coordenadas esféricas (r, φ, ψ)	80
FIGURA 7.16.	Casos recomendado (a) e não recomendado (b) de cálculo de luminância através de medida de iluminamento	81
FIGURA 7.17.	Relações entre diversas unidades para iluminamento e luminância	84
FIGURA 8.1.	Em a. temos os principais componentes anatómicos do olho humano; em b. olho com as pálpebras e cílios	86
FIGURA 8.2.	a. Focalização da luz num único ponto da	

	retina de modo que seja possível a percepção de detalhes; b. sem a atuação da córnea e do cristalino não se formaria uma imagem nítida (puntual) na retina e a visão seria borrada ..	88
FIGURA 8.3.	Olho normal relaxado com um foco no infinito e outro na retina	89
FIGURA 8.4.	Olho amétrope míope e hipermetrope	90
FIGURA 8.5.	Em a. temos uma secção da retina com os cones e bastonetes; em b. temos em detalhe os fotoreceptores, as células bipolares, as células ganglionares e as fibras do nervo ótico que se conectam ao cérebro	91
FIGURA 8.6.	Sistema interpretador das sensações visuais ..	92
FIGURA 8.7.	Distribuição não uniforme de cones e bastonetes pela retina	93
FIGURA 8.8.	Pode-se comprovar a existência do ponto cego fechando-se o olho esquerdo e olhando para a cruz com o direito	93
FIGURA 8.9.	Area em face de carvão com refletância de 4% onde se atinge o limite mínimo de 0,2 nit necessário para ativação de todos os fotoreceptores	95
FIGURA 8.10.	Desvio de Purkinje relativo a diferença de máxima sensibilidade para as visões fotópicas (visão central adaptada à luz) e escotópica (visão periférica adaptada à penumbra)	98
FIGURA 8.11.	Manutenção da adaptação à penumbra pelo tapamento de um olho com uma das mãos ao se passar por uma área muito iluminada	101
FIGURA 10.1.	O aviso da esquerda provoca imediata reação no leitor enquanto que o da direita requer um certo tempo de percepção	122
FIGURA 10.2.	Sinalização de perigo	124
FIGURA 10.3.	Sinalização de atenção	124
FIGURA 10.4.	Sinalização de instrução de segurança	124
FIGURA 10.5.	Sinalização de direção	125
FIGURA 10.6.	Sinalização de simples direção	125
FIGURA 10.7.	Símbolos mais usuais	125

FIGURA 10.8.	Simbologia usual para tipos de lâmpadas	126
FIGURA 11.1.	Classificação dos tipos de lâmpadas a partir do tipo de produção luminosa	128
FIGURA 11.2.	Luminância das diversas fontes	137
FIGURA 11.3.	Distribuição espectral para lâmpadas incandescentes e fluorescentes em comparação com a luz solar	139
FIGURA 12.1.	Curvas de mortalidade para lâmpadas usadas na mineração de carvão	143
FIGURA 12.2.	Estratégias de manutenção preventiva	145
FIGURA 13.1.	Medidas de luminância com fotômetro orientado para superfície de carvão	149
FIGURA 13.2.	Geometria de medida de luminância com fotômetro com ângulo de trabalho de 26 graus, operando a uma distância de 1,5 m da superfície	150
FIGURA 13.3.	Metodologia normalizada nos Estados Unidos para fiscalização de nível mínimo de luminância em minas de carvão	151
FIGURA 13.4.	Procedimento prático para determinação da refletância por comparação com amostras padrão	153
FIGURA 13.5.	Disposição geométrica para metodologia por comparação com amostra padrão	154
FIGURA 14.1.	Alteração da distribuição espacial da luz emitida por uma fonte em função da mudança do ângulo de inclinação	160
FIGURA 14.2.	Disposição geométrica de galeria de mina adequada para aplicação da lei do cosseno ao cubo	162
FIGURA 15.1.	Esquema de luminância para iluminação de interiores	178
FIGURA 15.2.	Relações lineares entre as grandezas luminância e iluminamento para diversas faixas de refletância de superfícies encontradas em minas subterrâneas	183

LISTA DE TABELAS

	página
TABELA 2.1. Alguns eventos passados associados a segurança e saúde ocupacional na mineração ...	06
TABELA 3.1. Evolução cronológica da iluminação subterrânea de carvão	13
TABELA 5.1. Temperaturas de algumas fontes incandescentes.	21
TABELA 5.2. Alguns valores de índices de refração	27
TABELA 5.3. Valores do índice de refração para vários comprimentos de onda (λ) e tipos de vidro ...	29
TABELA 6.1. Eficiências luminosas globais para diversas lâmpadas	40
TABELA 6.2. Fontes comuns consideradas em primeira aproximação como pontuais e suas intensidades médias	43
TABELA 6.3. Ordens de grandeza de iluminamentos ocorrentes em algumas situações típicas, com fluxo incidente numa superfície plana	48
TABELA 6.4. Luminâncias médias em candelas por metro quadrado ou nit	52
TABELA 6.5. Refletâncias obtidas em minas de carvão canadenses, próximas a Sidney na Nova Escócia.	56
TABELA 6.6. Faixas de variação para a refletância, medida em 15 minas subterrâneas canadenses ...	56
TABELA 6.7. Principais grandezas fotométricas	66
TABELA 8.1. Elementos que compoem os sistemas controlador e interpretador da luz	87
TABELA 9.1. Exemplos de ofuscamento ocorrentes na mineração	111
TABELA 9.2. Comparação de desempenho visual para diversas faixas etárias	113
TABELA 10.1. Classificação de cores e comprimentos de onda	119
TABELA 11.1. Comparação entre diversas fontes luminosas usadas na mineração	137

TABELA 11.2.	Características de distribuição espectral, influência na cor percebida dos objetos e aplicações	138
TABELA 13.1.	Resultados experimentais obtidos com amostras analisadas em laboratório	156
TABELA 13.2.	Valores de refletância difusa para as superfícies internas de vias mineiras	157
TABELA 14.1.	Valores do fluxo luminoso devido a múltiplas reflexões em função da refletância	165
TABELA 14.2.	Fatores de manutenção (FM) para minas subterrâneas	168
TABELA 14.3.	Índices de área I (área) e coeficientes de utilização (CUT) para três tipos de luminária.	169
TABELA 14.4.	Valores de refletância de superfícies mineiras antes da calação e após dois anos ...	170
TABELA 15.1.	Níveis de iluminação normalmente recomendados na literatura	174
TABELA 15.2.	Valores mínimos de iluminação recomendados pela IES americana	175
TABELA 15.3.	Alguns valores constantes na Norma Brasileira NB - 57 da ABNT	176
TABELA 15.4.	Luminâncias recomendadas e iluminamentos horizontais correspondentes	177
TABELA 15.5.	Classes de mina para fins de iluminação	194
TABELA 15.6.	Níveis de iluminação em áreas de transporte.	194
TABELA 15.7.	Iluminamentos para áreas de trabalho	195
TABELA 15.8.	Iluminamentos para faces de produção	195
TABELA 16.1.	Valores de iluminação (iluminância) para os diversos locais pesquisados	204
TABELA 16.2.	Valores de refletância expressos em porcentagem	208

LISTA DE SÍMBOLOS UTILIZADOS E UNIDADES

Letras latinas

- a - absorvância, adimensional
- A - área, m²
- c - velocidade da luz num meio, km/s
- C - contraste luminoso, adimensional
- CUT - coeficiente de utilização, adimensional
- e - eficiência, adimensional
- E - iluminamento (ou iluminância), lx
- f - frequência, Hz ou fator de luminosidade, adimensional
- FA - fator de absorção atmosférica, adimensional
- FM - fator de manutenção, adimensional
- h - altura, m
- H - altura, m
- I - intensidade luminosa, cd
- l - comprimento, m
- L - luminância, nit
- L' - luminância, lx
- n, n_λ - índice de refração, adimensional ou número de luminárias
- P - produtividade
- Pel - potência elétrica, W
- r - refletância, adimensional
- R - distância radial, m
- S - área, m²
- t - transmitância, adimensional
- tu - transmissividade (transmitância unitária), l/km
- T - período, s

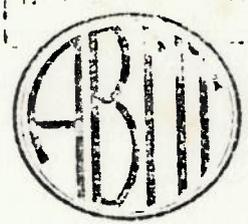
- v - velocidade, km/s ou m/s
V - visibilidade, adimensional
x - distância, m
X - distância, m
y - distância, m
Y - distância, m

Letras gregas

- λ - comprimento de onda, nm
 ϕ_l - fluxo luminoso, lm
 ϕ_r - fluxo radiante, W
 η - rendimento, adimensional
 η_g - eficácia (rendimento global), adimensional
 $\Omega, \Delta\Omega$ - ângulo sólido, sr
 $\theta, \Delta\theta$ - ângulo plano, rad ou graus
 φ, ψ - coordenadas esféricas, rad ou graus

ANEXO A

NORMAS DE ILUMINAÇÃO DA ABNT



ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 26º andar
CEP 20003 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Telex: (021) 34333 ABNT - BR
Endereço Telegráfico:
NORMATECNICA

Copyright © 1990,
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

CDU: 628.9.06 | MAIO/1991 | NB-57

Iluminância de interiores

Procedimento

Registrada no INMETRO como NBR 5413
NBR 3 - Norma Brasileira Registrada

Origem: Projeto 03:340.02-001/90
CB-3 - Comitê Brasileiro de Eletricidade
CE-03:340.02 - Comissão de Estudo de Iluminação Interna
NB-57 - Interior lighting - Specification
Esta Norma substitui a NB-57/82

Palavra-chave: Iluminância

13 páginas

1 Objetivo

Esta Norma estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras.

2 Documentos complementares

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

- MB-207 - Verificação da iluminância de interiores - Método de ensaio
- TB-23 - Iluminação - Terminologia

3 Definições

Os termos técnicos utilizados nesta Norma estão definidos em 3.1 e 3.2 e na TB-23.

3.1 Iluminância

Limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para o zero.

Nota: A iluminância em serviço é determinada segundo a MB-207.

3.2 Campo de trabalho

Região onde, para qualquer superfície nela situada, existem condições de iluminância apropriadas ao trabalho visual a ser realizado.

4 Condições gerais

4.1 A iluminância deve ser medida no campo de trabalho. Quando este não for definido, entende-se como tal o nível referente a um plano horizontal a 0,75 m do piso.

4.2 No caso de ser necessário elevar a iluminância em limitado campo de trabalho, pode-se usar iluminação suplementar.

4.3 A iluminância no restante do ambiente não deve ser inferior a 1/10 da adotada para o campo de trabalho mesmo que haja recomendação para valor menor.

4.4 Recomenda-se que a iluminância em qualquer ponto do campo de trabalho não seja inferior a 70% da iluminância média determinada segundo a MB-207.

5 Tabelas de iluminâncias

5.1 Iluminâncias por classe de tarefas visuais

Ver Tabela 1.

Tabela 1 - Iluminâncias por classe de tarefas visuais

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	20 - 30 - 50	Áreas públicas com arredores escuros
	50 - 75 - 100	Orientação simples para permanência curta
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos
	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
B Iluminação geral para área de trabalho	500 - 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	1000 - 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 - 3000 - 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5000 - 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	10000 - 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

Nota: As classes, bem como os tipos de atividade não são rígidos quanto às iluminâncias limites recomendadas, ficando a critério do projetista avançar ou não nos valores das classes/ tipos de atividade adjacentes, dependendo das características do local/tarefa.

5.2 Seleção de iluminação

Para determinação da iluminação conveniente é recomendável considerar os procedimentos de 5.2.1 a 5.2.7.

5.2.1 Da Tabela 1 constam os valores de iluminâncias por classe de tarefas visuais. O uso adequado de iluminação específica é determinado por três fatores, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Fatores determinantes da iluminação adequada

Características da tarefa e do observador	Peso		
	-1	0	+1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30 a 70%	Inferior a 30%

5.2.2 O procedimento é o seguinte:

a) analisar cada característica para determinar o seu peso (-1, 0 ou +1);

b) somar os três valores encontrados, algebricamente, considerando o sinal;

c) usar a iluminação inferior do grupo, quando o valor total for igual a -2 ou -3, a iluminação superior, quando a soma for +2 ou +3; e a iluminação média, nos outros casos.

5.2.3 A maioria das tarefas visuais apresenta pelo menos média precisão.

5.2.4 Em 5.3, para cada tipo de local ou atividade, três iluminâncias são indicadas, sendo a seleção do valor recomendado feita da seguinte maneira:

5.2.4.1 Das três iluminâncias, considerar o valor do meio, devendo este ser utilizado em todos os casos.

5.2.4.2 O valor mais alto, das três iluminâncias, deve ser utilizado quando:

- a) a tarefa se apresenta com refletâncias e contrastes bastante baixos;
- b) erros são de difícil correção;
- c) o trabalho visual é crítico;
- d) alta produtividade ou precisão são de grande importância;
- e) a capacidade visual do observador está abaixo da média.

Nota: Como exemplo de precisão, pode-se mencionar a leitura simples de um jornal versus a leitura de uma receita médica, sendo a primeira sem importância e a segunda crítica.

5.2.4.3 O valor mais baixo, das três iluminâncias, pode ser usado quando:

- a) refletâncias ou contrastes são relativamente altos;
- b) a velocidade e/ou precisão não são importantes;
- c) a tarefa é executada ocasionalmente.

5.3 Iluminâncias em lux, por tipo de atividade (valores médios em serviço)

5.3.1 Acondicionamento

- engradamento, encaixotamento e empacotamento 100 - 150 - 200

5.3.2 Auditórios e anfiteatros

- tribuna 300 - 500 - 750
- plateia 100 - 150 - 200
- sala de espera 100 - 150 - 200
- bilheterias 300 - 150 - 750

5.3.3 Bancos

- atendimento ao público 300 - 500 - 750
- máquinas de contabilidade 300 - 500 - 750
- estatística e contabilidade 300 - 500 - 750
- salas de datilógrafas 300 - 500 - 750
- salas de gerentes 300 - 500 - 750

- salas de recepção 100 - 150 - 200
- salas de conferências 150 - 200 - 300
- guichês 300 - 500 - 750
- arquivos (incluindo acomodações para trabalhos de menor importância) 200 - 300 - 500
- arquivos 200 - 300 - 500
- saguão 100 - 150 - 200
- cantinas 100 - 150 - 200

5.3.4 Barbearias

- geral 150 - 200 - 300

5.3.5 Bibliotecas

- sala de leitura 300 - 500 - 750
- recinto das estantes 200 - 300 - 500
- fichário 200 - 300 - 500

5.3.6 Centrais elétricas

- equipamento de ar condicionado, instalação de ventilação, condensadores de cinza, instalação ventiladora para fuligem e cinza 100 - 150 - 200
- ferramentas acessórias, como baterias acumuladoras, tubulações alimentadoras de caldeiras, compressores e jogos de instrumentos afins 100 - 150 - 200
- plataformas de caldeiras 100 - 150 - 200
- alimentação de combustível 100 - 150 - 200
- transportadores de carvão, trituradores e instalação para pó de carvão 100 - 150 - 200
- embasamento da turbina 100 - 150 - 200
- sala da turbina 100 - 150 - 200
- instalações de hidrogênio e CO 100 - 150 - 200
- salas para amolecimento de água 100 - 150 - 200
- laboratório químico 300 - 500 - 750
- salas de controle (quadro distribuidor) e salas grandes de controle centralizado 300 - 500 - 750
- salas pequenas de controle simples 200 - 300 - 500

- parte posterior dos quadros de distribuição (vertical) 100 - 150 - 200
- salas de centros telefônicos automáticos 100 - 150 - 200

5.3.7 Cervejarias

- câmara de fermentação 100 - 150 - 200
- fervura e lavagem de barris 150 - 200 - 300
- enchimento (garrafas, latas, barris) 150 - 200 - 300

5.3.8 Cinemas e teatros

- sala de espetáculos:
 - . durante o espetáculo (luz de guia) 1
 - . durante o intervalo 30 - 50 - 75
- sala de espera, "foyer" 100 - 100 - 200
- bilheteiras 300 - 500 - 750

5.3.9 Consultórios médicos (ver 5.3.28)

5.3.10 Corredores e escadas

- geral 75 - 100 - 150

5.3.11 Correios e telégrafos (ver 5.3.3)

5.3.12 Encadernação de livros

- dobragem, montagem, colagem, etc. 200 - 300 - 500
- corte, perfuração e costura 200 - 300 - 500
- gravação e inspeção 750 - 1000 - 1500

5.3.13 Escolas

- salas de aulas 200 - 300 - 500
- quadros negros 300 - 500 - 750
- salas de trabalhos manuais 200 - 300 - 500
- laboratórios
 - . geral 150 - 200 - 300
 - . local 300 - 500 - 750
- anfiteatros e auditórios:
 - . platéia 150 - 200 - 300
 - . tribuna 300 - 500 - 750

- sala de desenho 300 - 500 - 750
- sala de reuniões 150 - 200 - 300
- salas de educação física 100 - 150 - 200
- costuras e atividades semelhantes 300 - 500 - 750
- artes culinárias 150 - 200 - 300

5.3.14 Escritórios

- escritórios de:
 - . registros, cartografia, etc. 750 - 1000 - 1500
 - . desenho, engenharia mecânica e arquitetura 750 - 1000 - 1500
 - . desenho decorativo e esboço ... 300 - 500 - 750

5.3.15 Esportes (salão para)

- bilhares:
 - . geral 100 - 150 - 200
 - . mesas 300 - 500 - 750
- bocha 150 - 200 - 300
- boliche:
 - . local de arremesso e pista 150 - 200 - 300
 - . local dos pinos 300 - 500 - 750
- bola ao cesto e voleibol:
 - . local de jogos 150 - 200 - 300
 - . locais recreativos e de treinamento 100 - 150 - 200
- esgrima 300 - 500 - 750
- frontão 300 - 500 - 750
- ginástica 150 - 200 - 300
- hóquei:
 - . locais grandes 300 - 500 - 750
 - . locais recreativos e de treinamento 150 - 200 - 300
- futebol de salão:
 - . quadra 150 - 200 - 300
 - . locais recreativos e de treinamento 100 - 150 - 200

- tamborete:	
. quadra	150 - 200 - 300
. locais recreativos e de treinamento	100 - 150 - 200
- piscina (iluminação geral)	100 - 150 - 200
- patinação:	
. corridas	150 - 200 - 300
. recreação	100 - 150 - 200
- pugilismo e luta livre:	
. ringue	750-1000-1500
. locais recreativos e de treinamento	150 - 200 - 300
- tênis:	
. quadra de jogos	300 - 500 - 750
. locais recreativos e de treinamento	150 - 200 - 300

5.3.16 Estações ferroviárias e rodoviárias

- sala de espera	100 - 150 - 200
- escritórios e guichês	300 - 500 - 750
- sala de refeições	100 - 150 - 200
- depósitos de bagagens	150 - 200 - 300
- plataformas	100 - 150 - 200
- lavatórios	100 - 150 - 200

5.3.17 Estações de tratamento de águas e esgotos

- operações químicas (laboratórios):	
. geral	150 - 200 - 300
. mesa de trabalho	300 - 500 - 750

5.3.18 Estaleiros

- salão de montagem	150 - 200 - 300
- modelagem	300 - 300 - 750
- oficina de solda	150 - 200 - 300
- rampa de lançamento:	
. guindastes	100 - 150 - 200

. zonas de trabalho	150 - 200 - 300
. zonas de transporte	100 - 150 - 200

5.3.19 Fabricação manual de tapetes ou similares

- geral	300 - 500 - 750
---------------	-----------------

5.3.20 Farmácias e drogarias (ver 5.3.28)

5.3.21 Fundições

- área de carregamento e enchimento	100 - 150 - 200
- fabricação de moldes e machos (trabalho fino)	300 - 500 - 750
- fabricação de moldes e machos (trabalho grosseiro)	150 - 150 - 300
- moldagem grosseira	150 - 200 - 300
- fundição e classificação de peças fundidas	200 - 300 - 500
- limpeza e acabamento	150 - 200 - 300
- inspeção (material de precisão) ...	750-1000-1500
- inspeção (material grosseiro)	300 - 500 - 750

5.3.22 Funitaria

- bancada, prensa, tesoura, estampagem, máquinas para formar cilindros a frio, máquinas perfuradoras	200 - 300 - 500
- inspeção de chapas de metal estanhado e galvanizado, riscação de desenhos em chapas de metal	750 - 1000 - 1500

5.3.23 Gabinetes dentários (ver 5.3.28)

5.3.24 Galerias de artes (ver 5.3.58 e 5.3.61)

5.3.25 Galvanoplastia e operações similares

- banho	100 - 150 - 200
- polimento	150 - 200 - 300

5.3.26 Garagens

- oficinas	150 - 150 - 300
- bancadas	300 - 300 - 750
- áreas de lubrificação	100 - 100 - 200
- poços de lubrificação	150 - 200 - 300

- lavagem 150 - 200 - 300
- estacionamento interno 100 - 150 - 200
- loja 300 - 500 - 750

5.3.27 Hangares (ver 5.3.34)

- consertos e manutenção 300 - 500 - 750
- revisão de motores 300 - 500 - 750

5.3.28 Hospitais

- sala dos médicos ou enfermeiras:

- . geral 100 - 150 - 200
- . mesa de trabalho 300 - 500 - 750

- quarto de preparação 150 - 200 - 300

- arquivo 100 - 150 - 200

- farmácia:

- . geral 150 - 150 - 300
- . mesa de trabalho 300 - 500 - 750

- trabalho com radioisótopos:

- . laboratório radioquímico 300 - 300 - 750
- . salão de medidas 150 - 200 - 300
- . mesa de trabalho 300 - 500 - 750

- otorrinolaringologia:

- . sala de exame 300 - 300 - 750

- autópsias:

- . geral 300 - 500 - 750
- . depósitos de cadáveres 100 - 150 - 200

- terapia:

- . física 150 - 200 - 300
- . aplicada 150 - 200 - 300

- lavabos 100 - 150 - 200

- raio-X:

- . radiografias, fluoroscopia e câmara 100 - 150 - 200
- . radioterapia profunda e superficial 100 - 150 - 200
- . exames de provas 150 - 200 - 300
- . arquivos de filmes revelados 150 - 200 - 300

- . estocagem de filmes sem revelações 100 - 150 - 200

- dispensário:

- . geral 100 - 150 - 200
- . mesa 300 - 500 - 750
- . depósito de remédios 100 - 150 - 300

- banheiros:

- . geral 100 - 150 - 200
- . espelhos (iluminação suplementar) 200 - 200 - 500

- biblioteca 300 - 500 - 750

- pronto-socorro:

- . geral 300 - 500 - 750
- corredores e escadas 75 - 100 - 150

- escritórios (ver 5.3.14)

- cozinhas 150 - 150 - 300

- laboratórios de análises:

- . sala de pesquisa 150 - 200 - 300
- . mesa de trabalho 300 - 500 - 750

- salas de diagnósticos e terapêuticas:

- . geral 150 - 200 - 300
- . mesa de diagnóstico 300 - 500 - 750

- departamento cirúrgico:

- . sala de operação (iluminação geral) 300 - 500 - 750
- . sala de esterilização 300 - 500 - 750

- departamento dentário:

- . sala de dentista (iluminação geral) 150 - 200 - 300
- lavatórios 100 - 150 - 200

- departamento de maternidade:

- . sala de partos (iluminação geral) 150 - 200 - 300
- . berçário 75 - 100 - 150
- . sala de atendimento ao berçário 150 - 200 - 300

- lavanderia (ver 5.3.55)

- quartos particulares para pacientes:
 - . geral 100 - 150 - 200
 - . cama 150 - 150 - 300

5.3.29 Hotéis e restaurantes

- banheiros 100 - 150 - 200
- espelhos (iluminação suplementar) 200 - 300 - 500
- corredores e escadas 75 - 100 - 150
- lavanderia: (ver 5.3.55)
- sala de leitura:
 - . geral 100 - 150 - 200
 - . mesa 200 - 300 - 500
- cozinha:
 - . geral 150 - 200 - 300
 - . local 300 - 500 - 750
- quartos:
 - . geral 100 - 150 - 200
 - . cama (iluminação suplementar) 150 - 200 - 300
 - . escrivaninha 200 - 300 - 500
 - . penteadeiras 200 - 300 - 500
- salão de reuniões:
 - . salão de conferências 100 - 150 - 200
 - . tablados 300 - 150 - 750
- exposições e demonstrações 200 - 300 - 500
- sala de reuniões de hóspedes 100 - 150 - 200
- restaurantes 100 - 150 - 200
- lançamentos 150 - 200 - 300
- auto-serviço 150 - 200 - 300
- portaria e recepção 150 - 200 - 300
- centro telefônico 150 - 200 - 300

5.3.30 Igrejas e templos

- nave, entrada, auditórios, sem ofício 30 - 50 - 75
- nave, entrada, auditórios, com ofício 100 - 150 - 200

- púlpito, com ofício 200 - 300 - 500

5.3.31 Indústrias alimentícias

- seleção de refugos 150 - 200 - 300
- limpeza e lavagem 150 - 200 - 300
- classificação pela cor (saia de cortes) 750 - 1000 - 1500
- cortes e remoção de caroços e sementes 150 - 200 - 300
- enlatamento:
 - . mecânico (correia transportadora) 150 - 200 - 300
 - . manual 200 - 300 - 500
 - . inspeção de latas cheias (amostras para ensaios) 750 - 1000 - 1500
- trabalho com latas:
 - . inspeção 750 - 1000 - 1500
 - . selagem das latas 150 - 200 - 300
 - . arranjo de latas e acondicionamento em caixas de papelão 100 - 150 - 200

5.3.32 Indústria de artigos de ourivesaria e joalheria

- geral 750 - 1000 - 1500
- local 1500 - 2000 - 3000

5.3.33 Indústria de automóveis

- construção de carrocerias e chassis, montagem das partes componentes 200 - 300 - 500
- linha de montagem dos chassis 300 - 500 - 750
- montagem de carrocerias 200 - 300 - 500
- acabamento e inspeção 750 - 1000 - 1500

5.3.34 Indústrias de aviões

- fabricação:
 - . perfuração, rebtagem e pivagem 200 - 300 - 500
 - . cabines de pulverização 300 - 500 - 750
 - . riscagem de chapas de alumínio, fabricação de gabaritos ou modelos de braçadeiras, parte da fuselagem, peças das asas, etc 300 - 500 - 750

- solda:
 - . iluminação geral 150 - 200 - 300
 - . iluminação suplementar sobre o trabalho 1500 - 2000 - 3000
- montagem:
 - . trem de aterrissagem, montagens, peças das asas, casco de fuselagem e outras peças grandes 300 - 500 - 750
- montagem final:
 - . colocação dos motores, peças das asas, trem de aterrissagem, etc 300 - 500 - 750
 - . inspeção da fuselagem completa e equipamentos 300 - 500 - 750
 - . consertos das máquinas-ferramenta 300 - 500 - 750

5.3.35 Indústrias de borrachas

- processamento de matérias-primas:
 - . trituração, vulcanização 100 - 150 - 200
 - . calandragem 150 - 200 - 300
- outras operações:
 - . máquinas para pneumáticos de veículos, mangueiras de borracha, moldagem por compressão, moldagem por extrusão, refinação 150 - 200 - 300
- inspeção final 750 - 1000 - 1500

5.3.36 Indústrias de calçados

- couros:
 - . riscagem de modelos, cortes, costuras, formação de pares e classificação 750 - 1000 - 1500
 - . pregação com tachas, colocação de solas, pregueação, colocação nas fôrmas, colocação de vira, enrijecimento, limpeza, tingimento e polimento 750 - 1000 - 1500
- borracha:
 - . lavagem, tratamento de composto de borracha, confecção de lençóis de borracha 100 - 150 - 200
 - . envernizamento, vulcanização, calandragem, corte da parte superior e solas 150 - 200 - 300

- . rolamentos de solas, colagem do revestimento interno, montagem e acabamento 300 - 500 - 750

5.3.37 Indústrias de cerâmicas

- trituração, filtragem e prensa, secagem 100 - 150 - 200
- moldagem, acabamentos e limpeza 100 - 150 - 200
- coloração e vitrificação (grosseira) 300 - 500 - 750
- coloração e vitrificação (delicada) 750 - 1000 - 1500
- decoração manual 750 - 1000 - 1500

5.3.38 Indústrias de chapéus

- tingimento, impermeabilização, limpeza e refinação 300 - 500 - 750
- formação, dimensionamento, perfuração, confecção de aba, acabamento e passagem a ferro 750 - 1000 - 1500
- costuras e guarnecimento 1500 - 2000 - 3000

5.3.39 Indústrias de cimentos

- moagem, fornos 100 - 150 - 200
- ensacamento 100 - 150 - 200
- escalas, painéis e instrumentos ... 300 - 500 - 750

5.3.40 Indústrias de doces

- seção de chocolates:
 - . quebra, seleção, extração de gordura, alisamento e purificação, transporte 150 - 200 - 300
 - . fabricação de balas 300 - 500 - 750
- recheios:
 - . mistura, fervura, amassamento .. 150 - 200 - 300
 - . decoração manual 300 - 500 - 750
- doces consistentes:
 - . mistura, fervura, amassamento 150 - 200 - 300
 - . corte, classificação e acondicionamento 300 - 500 - 750

5.3.41 Indústrias de conservas de carnes

- abate de gado 100 - 150 - 200
- limpeza e corte 300 - 500 - 750

- cozimento, moagem, enlatamento e acondicionamento..... 150 - 200 - 300

5.3.42 Indústrias de couros

- tanques 100 - 150 - 200

- limpeza, curtimento, estriagem, tingimento 100 - 150 - 200

- divisão, descarnamento e preparação 150 - 200 - 300

- acabamento e inspeção 300 - 500 - 750

5.3.43 Indústrias de fumos

- secagem, rasgamento, corte e mistura 150 - 200 - 300

- preparação de melados, essências e goma 150 - 200 - 300

- inspeção e classificação 750 - 1000 - 1500

- máquinas para cigarros, charutos e filtros 300 - 500 - 750

- encarteiramento e empacotamento 300 - 500 - 750

5.3.44 Indústrias de gelo

- geral 150 - 200 - 300

5.3.45 Indústrias de gravação de desenhos e dizeres

- geral 1500 - 2000 - 3000

5.3.46 Indústrias de luvas

- cortes, prensagem, perfuração 750 - 1000 - 1500

- confecção de malhas, classificação 300 - 500 - 750

- costuras, guarnecimento, inspeção 1500 - 2000 - 3000

5.3.47 Indústrias de materiais elétricos e telecomunicações

- impregnação 150 - 200 - 300

- isolamento 300 - 500 - 750

- enrolamento, bobinagem 300 - 500 - 750

- ensaios, inspeção 300 - 500 - 750

- trabalhos mecânicos e de montagem (ver 5.3.33)

5.3.48 Indústrias metalúrgicas

- usinagem grosseira e trabalhos de ajustador 150 - 200 - 300

- usinagem média e trabalhos de ajustador, trabalhos grosseiros de plainas, tornos e polimento 300 - 500 - 750

- usinagem de precisão de trabalhos de ajustador, máquinas de precisão automática, plainamento, tornos de precisão e polimento de alta qualidade 750 - 1000 - 1500

- usinagem de alta precisão e trabalhos de ajustador 1500 - 2000 - 3000

5.3.49 Indústrias de papéis

- abertura e trituração, calandragem 150 - 200 - 300

- máquinas de papel, cortes, usinagem e refinação 150 - 200 - 300

- máquinas de papel - lado úmido 150 - 200 - 300

- máquinas de papel - lado seco, inspeção, laboratório 300 - 500 - 750

5.3.50 Indústrias químicas

- fornos de operação manual, secadores estacionários, caldeiras e tanques de cristalização 150 - 200 - 300

- fornos mecânicos e tanques de cristalização, vasos de evaporação, filtração, alvejarimento 150 - 200 - 300

- caldeiras de engrossamento, extração, filtração e equipamento de filtração, eletrolise 150 - 200 - 300

- indústria e reparação de relógios, cronômetros e equipamento de precisão:

 . geral 1500 - 2000 - 3000

5.3.50.1 Indústrias de sabão

- fervura, cortes, fabricação de pó e flocos 150 - 200 - 300

- prensagem, acondicionamento e embalagem, enchimento das caixas de papelão com sabão em pó e acondicionamento das caixas 150 - 200 - 300

5.3.51 Indústrias têxteis

- algodão:
 . abertura de fardos, batedores, misturas, classificação 150 - 200 - 300

. cardação, estragem, engomagem, enrolamento de bobinas e carretéis, fiação	200 - 300 - 500
. espulagem, classificação, urdimento	300 - 500 - 750
. preparação dos rolos de urdume	300 - 500 - 750
. tecelagem	300 - 500 - 750
. inspeção (peças estacionárias)	300 - 500 - 750
. inspeção (peças em movimento rápido)	750 - 1000 - 1500
. engrupagem automática	750 - 1000 - 1500
. engrupagem manual	300 - 500 - 750
- sedas e fibras sintéticas:	
. desengomagem, tingimento, secagem	150 - 200 - 300
. enrolamento de bobinas e carretéis, retorção	150 - 200 - 300
. urdimento, fiação	300 - 500 - 750
. tecelagem	300 - 500 - 750
- lã:	
. abertura de fardos, batedores, misturas, classificação	150 - 200 - 300
. lavagem, massaroqueiras	150 - 200 - 300
. mistura	150 - 200 - 300
. inspeção	300 - 500 - 750
. cardação, estragem, engomagem, retorção, enrolamento de espulas	150 - 200 - 300
. fiação (branca)	150 - 200 - 300
. fiação (colorida)	300 - 500 - 750
. tecelagem (branca)	300 - 500 - 750
. tecelagem (colorida)	750 - 1000 - 1500
. urdimento	300 - 500 - 750
. engrupagem	150 - 200 - 300

5.3.52 Industrias de tintas

- geral	150 - 200 - 300
- igualação de cores de acordo com os padrões (localmente na fábrica)	750 - 1000 - 1500

5.3.53 Industrias de vestuário

- inspeção do material	1500 - 2000 - 3000
- corte e passagem	750 - 1000 - 1500
- costura e guarnecimento	750 - 1000 - 1500

5.3.54 Industrias de vidros

- salas de mistura e salões de fornos, moldagem e pressão, resfriamento e soprimento à maquina	150 - 200 - 300
- esmerilhamento, corte dimensional, prateamento	300 - 500 - 750
- esmerilhamento fino, polimento, chanframento	300 - 500 - 750
- gravação, polimento e inspeção	750 - 1000 - 1500

5.3.55 Lavanderias

- lavagem de roupas	150 - 200 - 300
- passagem de peças a ferro, pesagem, contagem e marcação	150 - 200 - 300
- calandragem, classificação	150 - 200 - 300
- passagem manual a ferro de peças delicadas (saias e golas de vestidos)	300 - 500 - 750

5.3.56 Lavatórios

- geral	100 - 150 - 200
- espelho	200 - 300 - 500

5.3.57 Locais de armazenamento

- armazéns gerais (não usados frequentemente)	75 - 100 - 150
- armazéns de fábricas (usados frequentemente):	
. armazenamento de volumes grandes	150 - 200 - 300
. armazenamento de volumes pequenos	150 - 200 - 300
. armazenamento de volumes muito pequenos	200 - 300 - 500

5.3.58 Lojas

- vitrinas e balcões (centros comerciais de grandes cidades):	
. geral	750 - 1000 - 1500

. iluminação suplementar com
facho concentrado 3000 - 5000 - 7500

- vitrinas e balcões (outros locais fora dos centros comerciais):

. geral 300 - 500 - 750

. iluminação suplementar com
facho concentrado 1000 - 1500 - 2000

- interior de:

. loja de artigos diversos 300 - 500 - 750

. centros comerciais 300 - 500 - 750

. outros locais 300 - 300 - 750

3.59 Marcenaria e carpintaria

- serragem e aparelhamento,
trabalho grosseiro 150 - 200 - 300

- dimensionamento, plainagem,
lixamento grosso, aparelha-
mento semipreciso, colagem,
folheamento e montagem 200 - 300 - 500

- aparelhamento de precisão,
lixamento fino e acabamento 300 - 500 - 750

5.3.60 Moínhos de farinhas

- moagem, peneiramento,
purificação 150 - 200 - 300

- embalagem 150 - 200 - 300

- inspeção do produto 300 - 500 - 750

- limpeza de peneiras, passagem,
inspeção de tanques 150 - 200 - 300

5.3.61 Museus

- geral 75 - 100 - 150

- quadro (iluminação suplemen-
tar) 150 - 200 - 300

- esculturas e outros objetos 300 - 500 - 750

5.3.62 Padarias

- sala de mistura 150 - 200 - 300

- porta-massa (iluminação verti-
cal) 100 - 150 - 200

- sala de fermentação 100 - 150 - 200

- sala de preparação 150 - 200 - 300

- espaço de forno 150 - 200 - 300

- decoração de moldagem 200 - 300 - 500

- sala de embalagem 150 - 200 - 300

5.3.63 Pinturas

- imersão, pulverização, remoção
de camadas antigas, lixamento,
pintura e acabamento 200 - 300 - 500

- pintura e acabamento de alta
qualidade 300 - 500 - 750

- pintura e acabamento de
qualidade superior (auto-
móvel, piano, etc.) 750 - 1000 - 1500

- polimento e brunimento 200 - 300 - 500

5.3.64 Produtos de papel (caixas de papelão)

- sala de fabricação 200 - 300 - 500

- armazenamento 100 - 150 - 200

5.3.65 Residências

- salas de estar:

. geral 100 - 150 - 200

. local (leitura, escrita, bordado,
etc.) 300 - 500 - 750

- cozinhas:

. geral 100 - 150 - 200

. local (fogão, pia, mesa) 200 - 300 - 500

- quartos de dormir:

. geral 100 - 150 - 200

. local (espelho, penteadeira,
cama) 200 - 300 - 500

- hall, escadas, despensas, garagens:

. geral 75 - 100 - 150

. local 200 - 300 - 500

- banheiros:

. geral 100 - 150 - 200

. local (espelhos) 200 - 300 - 500

5.3.66 Restaurantes (ver 5.3.29)

5.3.67 Siderúrgicas

- depósito de matérias-primas 100 - 150 - 200

- áreas de carregamento 150 - 200 - 300

- enchimento de fornos:
 - . poço de resíduos 150 - 200 - 300
 - . aberturas para inspeções 150 - 200 - 300
- fundição de lingotes 150 - 200 - 300
- depósitos de lingotes 150 - 200 - 300
- conserto de portas do forno e material refratário 150 - 200 - 300
- depósito de refugo 150 - 200 - 300
- fabricação de aço 150 - 200 - 300
- compartimento de trituração 150 - 200 - 300

5.3.68 Soldas

- iluminação geral 150 - 200 - 300
- solda de arco de precisão (manual) 1500 - 2000 - 3000

5.3.69 Tapeçarias

- estofamento de móveis 300 - 500 - 750

5.3.70 Terminais de vídeo

- leitura de documentos (para catilografia) 300 - 500 - 750
- teclado 300 - 300 - 300

5.3.71 Tinturarias.

- marcação, classificação, lavagem e limpeza 150 - 200 - 300
- inspeção e remoção de manchas 1500 - 2000 - 3000
- passagem de roupas (a máquina ou manual) 300 - 500 - 750
- consertos e modificações 750 - 1000 - 1500

5.3.72 Tipografias

- fundição de tipos:
 - . confecção de matrizes 300 - 500 - 750
 - . fundição de tipos (mecânica ou manual), classificação 200 - 300 - 500
- oficinas tipográficas:
 - . inspeção de cores 750 - 1000 - 1500
 - . montagem de tipos na máquina, sala para a montagem manual de tipos 200 - 500 - 750

- . impressão 200 - 300 - 500
- . mesas de fôrmas 300 - 500 - 750
- . revisão 300 - 500 - 750

- seção eletroquímica:

- . gravação, retocagem e acabamento de matrizes 300 - 500 - 750
- . estereotipagem 200 - 300 - 500

- litografia:

- . gravação, tiragem de provas ... 200 - 300 - 500
- . retocagem e inspeção 300 - 500 - 750
- . preparação de cores 300 - 500 - 750
- . cobrimento (máscaras) 300 - 500 - 750

5.3.73 Trabalhos com couros

- prensagem, enrolamento e polimento 750 - 1000 - 1500
- inspeção, classificação, corte e costura 750 - 1000 - 1500

5.3.74 Tratamento de carvão

- trituração, peneiramento, lavagem 150 - 200 - 300
- classificação (correia transportadora) 200 - 300 - 500

5.3.75 Usinas de aço

- forjas 150 - 200 - 300
- laminação:
 - . uma fase de laminação, laminação a quente de tiras, laminação a frio de tiras e chapas 150 - 200 - 300
 - . trefilação de tubos, vergalhões e fios 150 - 200 - 300
- fabricação de chapas:
 - . estanhagens, galvanização, laminação a frio 150 - 200 - 300
 - . salas de máquinas 150 - 200 - 300
- inspeção:
 - . chapas pretas, chapas laminadas 300 - 500 - 750
 - . chapas estanhadas e outras superfícies claras 300 - 500 - 750

3.76 Usinas de açúcar

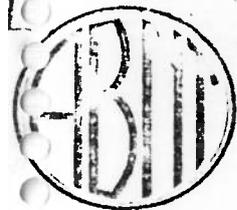
- moagem, mistura, fervura, transporte 150 - 200 - 300
- usinagem centrífuga, purificação, peneiramento 300 - 500 - 750
- Inspeção de cor 750 - 500 - 750
- armazenamento 100 - 150 - 200

3.77 Usinas de leite

- sala de esterilização, armazenamento de garrafas, instalações de lavagem de latas pa-

ra leite, instalações de resfriamento, salão de resfriamento, pasteurização e separação de cremes 150 - 200 - 300

- classificação de garrafas 150 - 200 - 300
- inspeção na máquina de lavar ... 300 - 500 - 750
- inspeção durante o enchimento 300 - 500 - 750
- sala de pesagens 100 - 150 - 200
- balanças 150 - 200 - 300
- laboratórios 300 - 500 - 750



ABNT-Associação
Brasileira de
Normas Técnicas

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
C. Postal 20003 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel. PABX (021) 210-3122
Telex (021) 34333 ABNT - BR
Endereço Telegrafico:
NORMATÉCNICA

Copyright © 1990,
ABNT-Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

CDU: 628.9.06

MAIO 1991

NB-57

Iluminância de interiores

Procedimento

Registrada no INMETRO com o NBR 5413
NBR 3 - Norma Brasileira Registrada

Origem: Projeto 03:340.02-001/90
CB-3 - Comitê Brasileiro de Eletricidade
CE-03:340.02 - Comissão de Estudo de Iluminação Interna
NB-57 - Interior lighting - Specification
Esta Norma substitui a NB-57/82

Palavra-chave: Iluminância

1 página

Esta Errata tem por objetivo alterar a NB-57 na seguinte parte:

- no item 5.2,

onde se lê: "... procedimentos de 5.2.1 a 5.2.7."

leia-se: "... procedimentos de 5.2.1 a 5.2.4."

Errata
Jul./1991

ANEXO B

NORMAS REGULAMENTARES DE MINERAÇÃO DO DNPM - ILUMINAÇÃO

- 12.2.4 Trânsito em planos inclinados com inclinação menor que 35° e galerias
 - 12.2.4.1 A via de trânsito de pessoal, preferencialmente, ficará em uma das laterais.
 - 12.2.4.2 Onde haja circulação de pessoal e/ou material, deve haver uma via de, no mínimo, 0,60 m de largura, uma altura mínima de 1,80 m e uma faixa de segurança de 0,30 m, para trânsito de pessoal.
 - 12.2.4.3 Em planos inclinados entre 35° e 50°, equipados para transporte com guinchos e vagonetas, esses devem permanecer parados enquanto houver circulação de pessoal.
- 12.2.5 Transporte de pessoal em vagonetas e veículos autônomos
 - 12.2.5.1 O transporte de pessoal em vagonetas e veículos só será permitido após adotadas as medidas de segurança necessárias.
 - 12.2.5.2 É obrigatória a existência de locais destinados ao embarque e ao desembarque de pessoal.
 - 12.2.5.3 Os veículos e vagonetas destinados ao transporte de pessoal devem ser equipados com assentos, teto e proteção lateral.

Capítulo 13: Iluminação

13.1 Generalidades

- 13.1.1 Na mina, quando em operação noturna e em condições de pouca visibilidade, as edificações e instalações devem ser iluminadas, interna e externamente, com níveis de iluminação adequados, conforme normas vigentes.
- 13.1.2 Todos os depósitos de explosivos devem ter iluminação exterior, conforme as normas vigentes.
- 13.1.3 As lâmpadas devem possuir suporte independente da fiação principal.

13.2 Lanternas

- 13.2.1 É obrigatório o uso de lanternas apropriadas para o acesso e o trabalho em mina subterrânea.
- 13.2.2 Cada usuário da lanterna deve verificar o seu funcionamento antes do acesso à mina.
- 13.2.3 Em minas com ocorrência de gás explosivo, só será permitido o uso de lanternas de segurança devidamente numeradas.

- 13.2.4 Na mina em que se usa lanterna de segurança deve existir uma oficina apropriada para manutenção e reparo das lanternas, operada por profissional habilitado e autorizado pelo responsável pela mina.
- 13.2.5 No caso do uso de lanternas à base de carbureto de cálcio, deve haver locais definidos para a troca de carga.
- 13.2.6 O pessoal que trabalha em minas a céu aberto deve utilizar lanternas apropriadas no período noturno e em ocasiões de pouca visibilidade para deslocamento na área de operação.

13.3 Iluminação em minas subterrâneas

- 13.3.1 Os acessos principais, as instalações elétricas e mecânicas, as oficinas de manutenção, os depósitos (exceto de explosivos e acessórios de fogo) e outros locais importantes da mina subterrânea devem estar iluminados de forma a garantir condições adequadas de trabalho e segurança.
- 13.3.2 Em todos os locais de carregamento, descarregamento e trânsito sobre transportadores contínuos deve ser reforçada a iluminação.
- 13.3.3 Todos os depósitos, instalações mecânicas e locais de manutenção devem ser adequadamente iluminados, com exceção de depósitos de explosivos, onde a iluminação interna é proibida.

13.4 Iluminação em minas a céu aberto

- 13.4.1 Durante o trabalho noturno ou em condições de pouca visibilidade, todas as frentes de serviço em operação devem possuir iluminação adequada, principalmente nas pontas de aterro.
- 13.4.2 Todas as máquinas em operação na área de lavra devem possuir sistemas de iluminação própria, durante o trabalho noturno ou em condições de pouca visibilidade.

Capítulo 14: Proteção e combate à poeira

14.1 Generalidades

- 14.1.1 Em todos os locais onde haja geração de poeira na superfície ou no subsolo, devem periodicamente ser efetuadas medições, a fim de verificar sua concentração e serem adotadas as medidas de proteção e combate. Os resultados devem ser registrados.
- 14.1.2 Toda mina deve ter uma rede ou sistema alternativo disponível que permita levar água a todas as frentes de trabalho e a locais onde haja formação de poeira.

ANEXO C

NORMAS DE ILUMINAÇÃO DO MINISTÉRIO DO TRABALHO

LOCAL DE ATIVIDADE	LUX
Escolas:	
. Salas de aula	500 - 250
. Quadros-negros	1.000 - 500
. Salas de desenho	1.000 - 500
Escritórios:	
. Salas de datilografia	1.000 - 500
. Salas de conferências	500 - 250
. Salas de recepção	150
Fundições:	
. Área de carregamento e enchimento	150
. Moldagem grosseira	500 - 250
. Limpeza e acabamento	500 - 250
Indústria de Automóveis:	
. Linha de montagem dos chassis	1.000 - 500
. Montagem de carrocerias	500 - 250
. Acabamento e inspeção	2.000 - 1.000
Indústria de cimento:	
. Moagem, fornos	150
. Ensacamento	150
. Escalas, painéis e instrumentos	1.000 - 500
Indústria de Materiais Elétricos e Telecomunicações:	
. Impregnação	500 - 250
. Isolação	1.000 - 500
. Enrolamento, bobinagem	1.000 - 500

A coluna dos valores menores é o valor mínimo necessário para um desempenho visual normal. A coluna dos valores maiores é recomendada para se obter o melhor desempenho visual. Nos valores únicos, considera-se que o desempenho visual não melhora com maior iluminação, dada a própria natureza das tarefas nesses locais.

A Portaria 3.214 de 1978, do Ministério do Trabalho, em sua Norma Regulamentadora nº 15 - Anexo 4, estabelece níveis mínimos de iluminação, em lux, para as diversas atividades.

ANEXO D - MINA DE TAQUARI-VASSOURAS

D1. LOCALIZAÇÃO E HISTÓRICO

Potássio foi identificado pela primeira vez no estado de Sergipe durante as atividades de perfuração de petróleo em 1965. O primeiro mineral identificado foi a carnalita e logo em seguida identificou-se a silvinita, ambos ocorrendo na área dos campos petrolíferos de Carmópolis e Riachuelo.

Em 1977 foi criada a Petrobrás Mineração S/A - Petromisa encarregada de lavrar a jazida e construir a usina de tratamento em superfície, ocupando uma área de 100 hectares. O Complexo Mina-Usina de Taquari-Vassouras foi instalado no município de Rosário do Catete a 40 km de Aracaju na direção norte [38,39]. A figura D.1. apresenta a localização geográfica da jazida de sais de potássio.

D2. GEOLOGIA DA JAZIDA

A origem dos evaporitos de Sergipe está relacionada à separação do continente afro-brasileiro durante o período cretáceo. A bacia de Sergipe é composta de sub-bacias que são grábens preenchidos com espessos evaporitos de espessura média da ordem de 450 m. O maior depósito é o da sub-bacia de Taquari-Vassouras onde os evaporitos contêm halita, silvinita, carnalita e taquidrita intercaladas com xistos, e os sedimentos sobrejacentes são principalmente calcáreos e xistos. A sub-bacia de Taquari-Vassouras tem uma área aproximada de 85 km² e os evaporitos (sais solúveis de origem marinha) correspondem a fases de ambientes marinhos abertos e fechados [39].

A estratigrafia regional é representada pelas formações Barreiras, Riachuelo e Muribeca, as quais se sobrepõem ao embasamento cristalino. O membro Ibura da formação Muribeca contém os sais mineráveis dispostos em 9 ciclos de deposição, e o sétimo ciclo contém 5 fácies que são: halita bandeada, halita digitiforme, halita esquelética, halita de granulação fina e a zona potássica. A zona potássica é subjacente a halita de fina granulação e sobrejacente a uma inconformidade que define a base do sétimo ciclo, e tem uma espessura variando entre 2 e 31 metros, com um valor médio de 20,5 metros [39]. Ela contém halita (NaCl), silvinita (NaCl.KCl) e alguma carnalita (KCl.MgCl₂.6H₂O). A camada de interesse para a lavra é a de silvinita, que se subdivide em dois leitos de 11 m cada um, separados por uma camada de halita com espessura entre 3 e 6 metros. Abaixo da silvinita da zona potássica existe uma camada de taquidrita (2MgCl₂.CaCl₂.12H₂O) que apresenta baixa resistência mecânica, alta higroscopia e um comportamento reológico com alta porcentagem de fluência.

D3. ABERTURA, DESENVOLVIMENTO E METODOLOGIA DE LAVRA

As obras de implantação da mina foram iniciadas em 1979 com trabalhos de terraplanagem e escavação dos poços de acesso às

camadas de interesse econômico. Em 1982 os poços verticais atingiram a camada de silvinita à profundidade de 440 m, extraíndo-se pela primeira vez este minério.

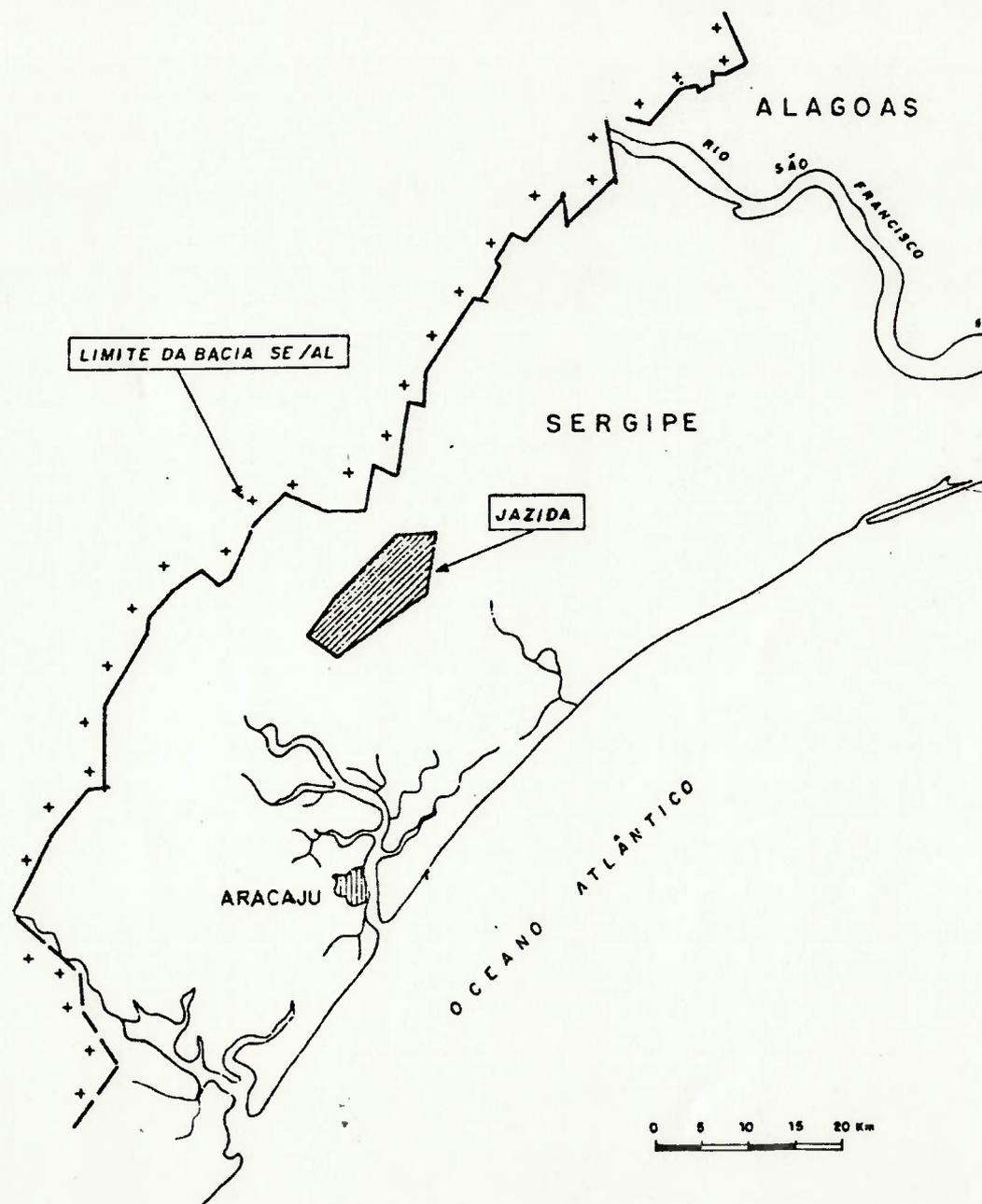


Figura D.1. Mina de sais de potássio da Petromisa em Sergipe, situada na parte sul da bacia sedimentar de Sergipe-Alagoas [39].

A maior dificuldade na escavação dos poços foi a superação de uma faixa de 50 m, entre os níveis 330 e 380 m abaixo da superfície, onde a presença de aquífero poderia inutilizar o projeto pela invasão de água na mina. A camada do aquífero era um arenito saturado com água a elevada pressão, com elevada concentração de cloretos (próxima a saturação), alta temperatura e gás sulfídrico em dissolução.

Os poços apresentam diâmetro interno de 5 m e tem cerca de 450 m de profundidade, sendo sua interligação concluída em 1983 por meio de uma galeria de 280 m de extensão. Um dos poços é utilizado para transporte de equipamentos, pessoal e entrada de ar fresco, sendo denominado de Poço II (poço de serviço). O Poço I é usado para transporte de minério, estéril e retorno do ar viciado, sendo o poço de produção.

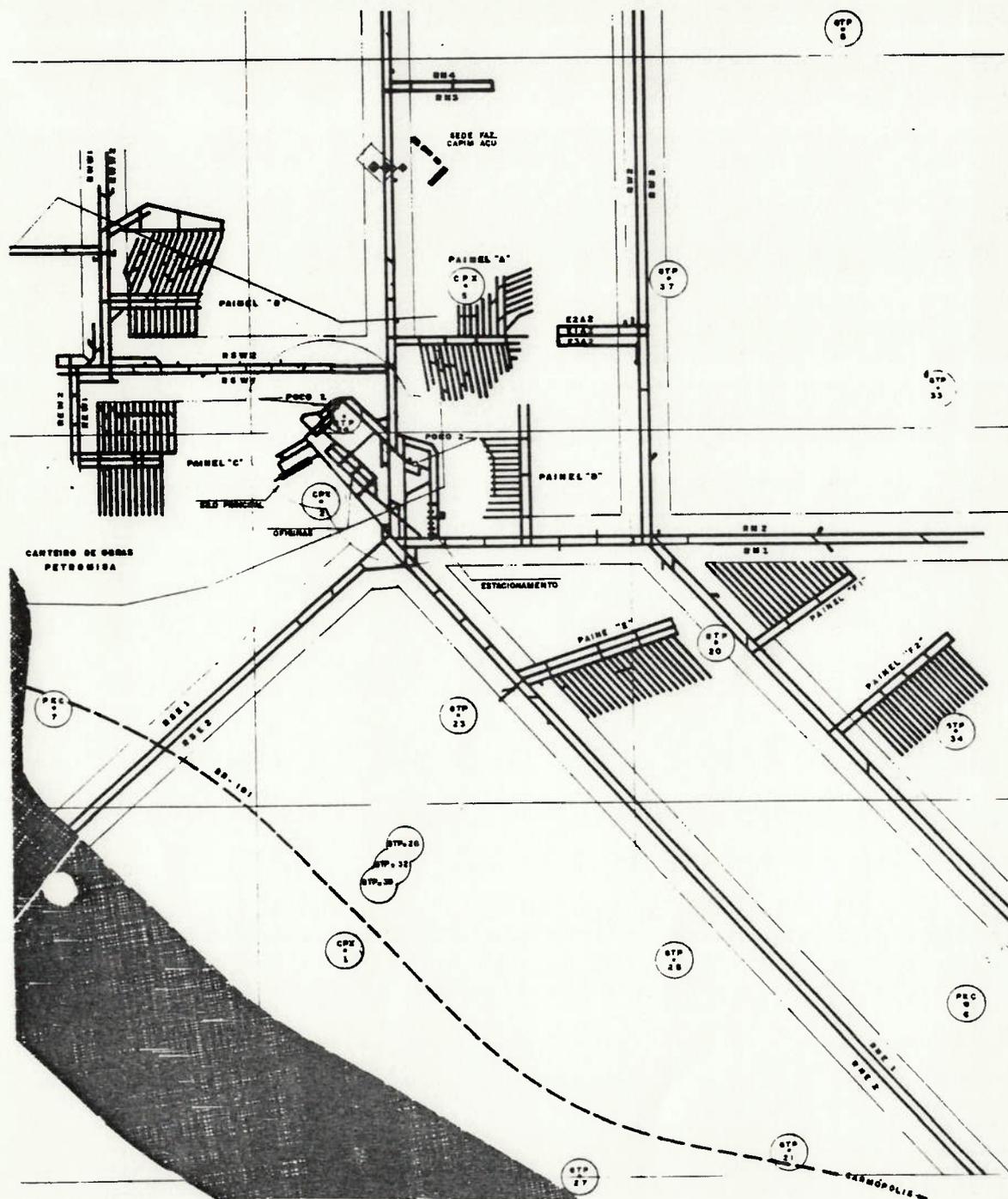
O poço de serviço tem uma gaiola de dois andares capaz de transportar 60 pessoas ou 12,5 toneladas de carga, e opera a uma velocidade de 6 m/s. O poço de produção tem dois esquipos com capacidade de carga de 9,5 toneladas, com velocidade de ascensão de 8 m/s. O tempo de ciclo médio é de 75 segundos o que permite uma produção de 390 toneladas por hora. O guincho servindo ao poço consome 570 kW, tem um tambor de diâmetro de 3,8 m e a casa de comando está instalada numa torre de 50 m de altura [39].

O método de lavra é por câmaras e pilares com extração em frentes longas. Em dezembro de 1989 as galerias de produção tinham largura de 5 m e podiam atingir a altura de 7 m dependendo da espessura de minério. As câmaras podiam ter comprimento de 180 m e os pilares em geral tinham largura cerca do dobro das galerias, ou seja, 10 m. Esta largura variava em função dos estudos de mecânica de rochas. A secção inicial das frentes (largura de 5 m e altura de 5 m) é obtida por minerador contínuo, e seu realçamento para uma altura de 7 m é feita por meio de jumbos de perfuração e detonação com explosivos marca Tovex. A figura D.2. apresenta uma visão geral dos painéis de lavra existentes em 1989 bem como os poços verticais, totalizando-se mais de 47 km de vias subterrâneas.

Os mineradores contínuos podem produzir 75 toneladas por hora e o material das frentes é transportado por carregadoras LHD ou caminhões de transferência ("shuttle cars") até os alimentadores de correias. Estes alimentadores efetuam uma britagem dos blocos maiores ("feed-breakers") e regulam o fluxo de material para as correias transportadoras. As correias transportam o material para silos de estocagem e regulagem junto ao pé do poço de produção, a partir de onde uma tremonha os coloca nos elevadores para alçamento até a superfície. A figura D.3. esquematiza a disposição do minerador contínuo e dos alimentadores de correia nas frentes de lavra.

D4. TRATAMENTO E PRODUÇÃO

A produção anual prevista no projeto original era de 2,4 milhões de toneladas de ROM, ou seja, 200 000 toneladas por mês. Em dezembro de 1989 a produção não atingia metade deste valor devido a inúmeros problemas operacionais, apesar do projeto já haver consumido mais de 900 milhões de dólares (três vezes a estimativa



inicial de 300 milhões de dólares).

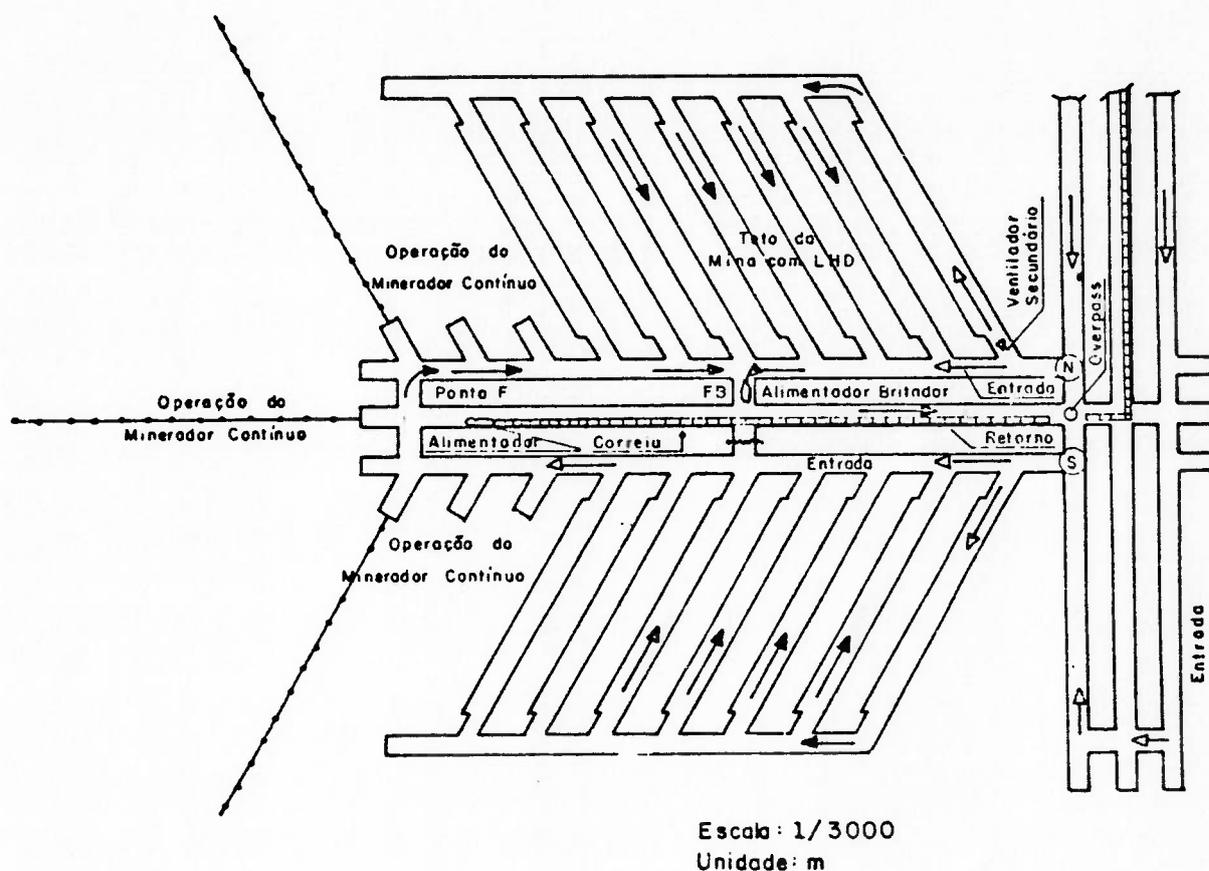


Figura D.3. Disposição de minerador contínuo e de alimentadores de correia nas frentes de lavra (painel em produção). [Desenho fornecido na própria obra].

Na superfície o minério é processado na usina composta basicamente pelas unidades de britagem, flotação, secagem, compactação, resfriamento, estocagem e expedição. Fazem parte também da usina os sistemas de dissolução e descarte do rejeito através de um salmouróduto. A usina iniciou suas operações em 1986 e sua capacidade instalada é para 500 mil toneladas anuais de KCl, apresentado em 3 granulometrias: padrão, granular e grossa. Como subproduto obtém-se cerca de 1,5 milhões de toneladas de NaCl.

D5. ENGENHARIA AMBIENTAL E SEGURANÇA

No âmbito da segurança destacam-se dois aspectos principais, um deles referente a estabilidade estrutural da mina e o outro associado a atmosfera em subsolo.

A. Estabilidade estrutural

A questão da estabilidade estrutural das aberturas subterrâneas está intimamente ligada aos seguintes fatores:

- a. presença de água, que se excessiva poderia inutilizar todo o projeto visto a mina lavrar sais solúveis;
- b. comportamento reológico dos evaporitos, em especial da taquidrita. Ela é extremamente higroscópica e sofre fluência sob as tensões a serem induzidas pela abertura das vias em subsolo.

Nas faces das galerias de desenvolvimento são executadas sondagens horizontais prévias que visam detectar a presença de água, bolsões de gás ou zonas de instabilidade, além da continuidade do minério. Estas sondagens são executadas com equipamentos especiais com válvulas de segurança para impedir qualquer influxo de água sob pressão para dentro da mina.

A estabilidade do maciço e do minério foi estudada por um amplo programa de mecânica de rochas que incluiu ensaios laboratoriais, simulações por computador e instrumentação de campo. Os ensaios laboratoriais foram feitos com todas as litologias e incluíram tração indireta, compressão uniaxial, cisalhamento (direto e Protodiakonov) e de fluência ("creep"). Os ensaios de fluência foram executados com diferentes estados de confinamento e de temperatura e umidade [38]. Os resultados foram utilizados para se estimar as dimensões das aberturas e pilares, a espessura da camada de proteção por sobre a taquidrita e as equações constitutivas de cada sal. As análises de simulação compararam os resultados de modelos visco-elásticos com as medidas de campo obtidas por meio de centenas de secções de convergência, células de carga em pilares e suportes. Como resultado nos trechos da mina com menor resistência foram adotadas medidas tais como:

- a. redução do vão livre das vias;
- b. alterações de traçado;
- c. colocação de estruturas metálicas de contenção;
- d. instalação de parafusos de rocha de até 4 m com fixação por meio de resina.

B. Atmosfera subterrânea

O controle da atmosfera da mina e do ambiente de trabalho é feito de modo sistemático com o monitoramento de agentes físicos (parâmetros de iluminação, ruído e conforto térmico) e agentes químicos (gases e aerodispersóides). Níveis de ruído de 109 dB(A) foram obtidos junto aos equipamentos de perfuração, de 106 dB(A) nos alimentadores de correia com britagem, e 104 dB(A) junto às plantas de refrigeração em subsolo. Nestes e outros locais onde os níveis de ruído estão acima dos limites legais os funcionários são obrigados a usar equipamento de proteção auditiva.

O conforto termo-corporal é analisado principalmente com

respeito ao parâmetro temperatura, pois a umidade se mantém ao redor de 60% (com alguns locais tendo picos de 70%). As temperaturas de bulbo seco não ultrapassam 41 graus centígrados enquanto que as temperaturas de bulbo úmido estão abaixo de 38,6 graus. As temperaturas efetivas ficam abaixo de 36 graus efetivos quando o limite recomendado é da ordem de 27 graus. Portanto a ventilação forçada é um importante parâmetro para reduzir as condições de desconforto, sendo utilizados ventiladores principais, ventiladores auxiliares e usinas de refrigeração em subsolo. As usinas de refrigeração permitem que se coloque nas frentes ar com temperatura de 22 graus de modo que se trabalhe com temperaturas inferiores a 34 graus. Nos realces sem muitos equipamentos a vazão de ar injetada é da ordem de 13 m³/s mas ela pode ser aumentada até 22,5 m³/s em função da colocação de novos equipamentos e pessoal. Nas galerias desativadas onde se tem apenas ventilação (sem refrigeração) a temperatura pode atingir 37 graus.

Medidas rotineiras de gás metano tem indicado teores sempre inferiores a 0,1% e nenhum problema grave surgiu até a data de nossa visita com relação a pequenos e bruscos influxos de gás retidos em bolsões no maciço. Os equipamentos são blindados e construídos especialmente para operar nas condições da mina, e os explosivos pertencem a categoria dos chamados explosivos permissíveis (não liberam gases tóxicos, tem chama curta e baixa temperatura de explosão). Medidas do teor de oxigênio no ar de retorno pelo poço II indicam valores na faixa de 19,5 a 20%.

C. O programa de segurança PREVER

Em 1983, três anos antes do início da produção, foi criado o Departamento de Segurança Industrial e Meio Ambiente, orientado a exigir das contratadas da Petromisa o cumprimento das regras de segurança. Este departamento elaborou o programa PREVER cujo objetivo era a redução das interrupções da produção, quaisquer que fossem as origens do problema. Ele era em realidade um programa de gerenciamento do controle de perdas aplicado a todos os trabalhadores em superfície e subsolo [39].

O Departamento de Segurança Industrial desenvolve atividades de treinamento, inspeção e aperfeiçoamento, repetidas anualmente, e é responsável pela brigada de resgate e pela brigada contra incêndio. Inspeções de segurança são efetuadas em todos os turnos e para as situações de risco encontradas um relatório é enviado ao responsável pelo trabalho em desenvolvimento no local. Mensalmente é emitido um relatório completo sobre as condições de higiene e segurança da mina e da usina, e nos casos de acidentes graves é instaurada uma comissão de sindicância. No início de cada turno o engenheiro responsável faz uma preleção de cinco minutos sobre segurança, e a empresa já imprimiu e distribuiu mais de 20 livretos sobre temas pertinentes a esta área.

O Departamento de Segurança Industrial ocupa uma área de 1 400 m², possuindo salas de aula e laboratório para treinamento. O acervo de instrumentos e equipamentos é muito grande podendo-se citar entre outros os seguintes: máscaras autônomas para 4 horas da Draquer (modelo 174), máscaras autônomas da MSA (modelo 500), autoresgatadores da Draquer (modelo 297) e da MSA (modelo SSR-

90), decibelímetros da Quest Eletronics (modelo R15), psicrômetro da Psychodyne (modelo ETC), anemômetro da Airflow (modelo AM500), metanômetro da MSA, indicadores de oxigênio e monóxido de carbono da MSA (modelo miniCO), tubos colorimétricos e de fumaça para detecção de gases e vapores, lâmpadas de segurança, etc. Estes equipamentos são em número adequado para controle diário das condições da mina, e para situações de emergência que envolvam os 150 operários que trabalham em subsolo em cada um dos 4 turnos de 6 horas.

D.6. ILUMINAÇÃO

Foram efetuadas diversas medidas em superfície e em subsolo, todavia em subsolo não existe um sistema de iluminação de rede a não ser em restritos locais como os centros de apoio. A iluminação é feita pelas lâmpadas de capacete, pelos faróis dos veículos e pelos holofotes associados aos mineradores contínuos. Quando não especificado está implícito que a iluminação é por lâmpadas fluorescentes.

Os locais pesquisados e os valores medidos foram os seguintes:

- a. escritórios dos técnicos e engenheiros da produção e da ventilação: cada sala com cerca de 4x8 m², 3 luminárias por sala, 4 tubos fluorescentes por luminária. Alguns dos tubos apresentavam piscamento (em geral 10 a 20% dos tubos piscava ou não funcionava).

Nos centros de 4 mesas de trabalho se obteve:

$$\bar{E} = \{ 190 + 235 + 240 + 242 \} / 4 = 226,8 \text{ lux}$$

- b. escritórios junto aos laboratórios e oficinas de mecânica de rochas, nas diversas mesas de trabalho:

$$\text{sala 1} - \bar{E} = \{ 255 + 262 + 260 \} / 3 = 259 \text{ lux}$$

$$\text{sala 2} - \bar{E} = \{ 240 + 240 + 232 \} / 3 = 237,3 \text{ lux}$$

- c. laboratório de mecânica de rochas: com área aproximada de 75 m², duas filas de luminárias com 2 tubos fluorescentes cada, com as paredes pintadas de bege claro e razoavelmente limpas. Foram efetuadas medições em 7 pontos como indicado na figura D.4. com os seguintes resultados:

$$\bar{E}(P1) = \{ 105 + 123 + 125 \} / 3 = 117,7 \text{ lux}$$

$$\bar{E}(P2) = \{ 144 + 145 + 145 \} / 3 = 144,7 \text{ lux}$$

$$\bar{E}(P3) = \{ 150 + 153 + 154 \} / 3 = 152,3 \text{ lux}$$

$$\bar{E}(P4) = \{ 157 + 158 + 157 \} / 3 = 157,3 \text{ lux}$$

$$\bar{E}(P5) = \{ 156 + 158 + 158 \} / 3 = 157,3 \text{ lux}$$

$$\bar{E}(P6) = \{ 171 + 178 + 185 + 185 \} / 4 = 179,8 \text{ lux}$$

$$E(P7) = \{ 170 + 176 + 177 \} / 3 = 174,3 \text{ lux}$$

Os pontos P5 e P7 apresentam uma sensível diferença em decorrência de um torno existente próximo ao ponto P5.

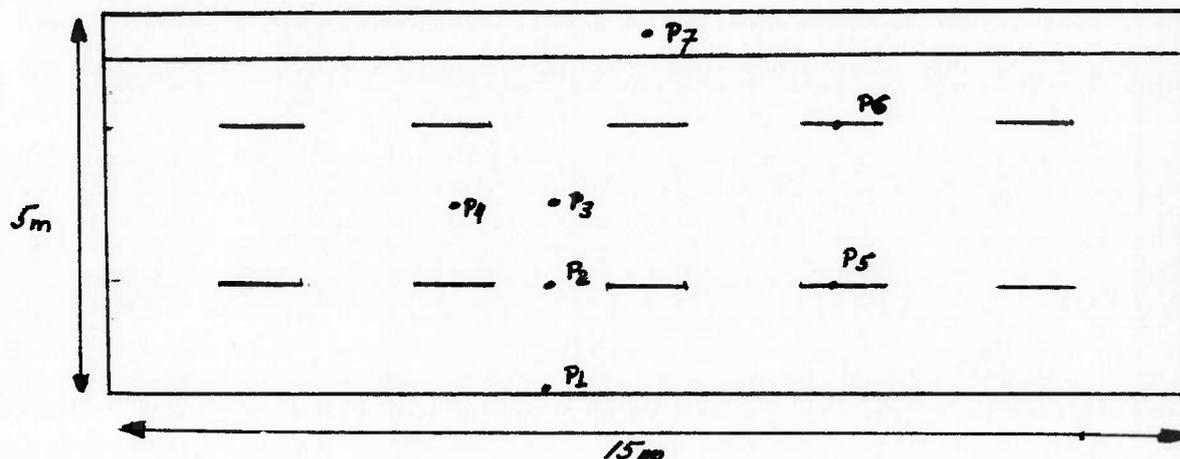


Figura D.4. Pontos de medida no laboratório de mecânica de rochas. Ponto P7 se localiza em cima de bancada a cerca de 1 m de altura com relação ao piso.

- d. sala de comando do guincho na torre do elevador: área de 20 m², com ar condicionado e temperatura de 20 graus, com 4 luminárias de 2 tubos fluorescentes cada. Dois tubos não funcionavam. As medições foram efetuadas na mesa de controle a cerca de 0,75 m do piso.

$$\bar{E} = \{ 175 + 180 + 180 \} / 3 = 178,3 \text{ lux}$$

- e. sala da brigada de resgate: temperatura de 23 graus e ar condicionado, 3 filas de 4 luminárias, cada uma com 2 tubos fluorescentes. Três tubos não funcionavam. Medições efetuadas sobre bancada com metanômetros e lâmpadas de segurança.

$$\bar{E} = \{ 74 + 77 + 84 + 85 \} / 4 = 80 \text{ lux}$$

- f. centro de apoio em subsolo: 8 luminárias com todos os oito tubos fluorescentes funcionando. Efetuadas medições bem embaixo de luminária e na vertical entre duas luminárias.

$$\bar{E}(\text{sob luminária}) = 143 \text{ lux}$$

$$\bar{E}(\text{entre luminárias}) = 48 \text{ lux}$$

- g. outros valores de iluminamento foram fornecidos pela empresa e são abaixo relacionados [40]:

setor de britagem /moagem:
 sala de controle da britagem: 64 lux
 britagem: 30 lux
 moagem: 20 lux
 filtração: 30 lux
 secagem: 19 lux
 sala de controle de secagem: 132 lux

usina:
 sala de controle: 100 lux
 moagem: 150 lux
 flotação: 250 lux
 filtração: 150 lux
 laboratório químico: 300 lux
 preparação de reagentes: 140 lux
 tratamento de água: 200 lux
 expedição: 100 lux

ambulatório: 180 lux
 torneraria: 200 lux
 restaurante: 250 lux
 salas de computação: 1 500 lux

- h. Não há técnico especializado responsável por projeto de iluminação da mina. São elaborados relatórios mensais pelo setor de segurança que contém medidas do iluminamento nas instalações de superfície. A sinalização de segurança está presente em diversos locais em superfície mas é deficiente em subsolo. De modo geral 20% dos tubos fluorescentes apresentam defeitos de operação, sendo a manutenção deficiente com relação a substituição e limpeza. Não se obteve dados de custo relativo do sistema de iluminação.

Existem 80 unidades de lâmpadas blindadas de segurança Wolf da Koelher, modelos 257-C e 257-E, que operam em locais com deficiência de oxigênio e presença de metano. São usadas nas sondagens de segurança para detecção de bolsões de grizu e água. Quando utilizadas dois turnos por dia duram cerca de um ano.

- i. medições da refletância: foram estimadas as refletâncias para halita e silvinita com as seguintes características:

halita - branca: cristalina com boa penetração da luz nos cristais
 escura: devido a impurezas e outros minerais

silvinita - branca: aspecto fosco ou leitoso, sem penetração da luz nos cristais

- vermelha: desde tom claro até tom mais escuro

Os valores obtidos foram:

halita branca: E = 28 lux, L' = 6 a 7 lux, r = 21,4 a 25%

escura: E = 28 lux, L' = 2 lux, r = 7,1%

silvinita branca: E = 30 lux, L' = 8 a 9 lux, r = 26,7 a 30%

vermelha: E = 26 lux, L' = 3 lux, r = 11,5%

ANEXO E - MINA DO BALTAR

E.1. HISTÓRICO E LOCALIZAÇÃO

A fábrica de cimento Votoran (Grupo Votorantin) localiza-se em Santa Helena, município de Votorantin e dista cerca de 120 km de São Paulo. A sua capacidade instalada de produção é para 7 700 toneladas diárias de clínquer, com um consumo máximo de 4 milhões de toneladas de calcário por ano. As suas fontes principais de calcário são as jazidas do Baltar, Pastinho e Placa.

Com a proximidade da exaustão das reservas a céu aberto os estudos técnicos e econômicos demonstraram a viabilidade da lavra subterrânea. Assim em 1975 era iniciada a abertura da mina subterrânea do Baltar, a qual lavraria a mesma jazida que já era minerada a céu aberto. A mina do Baltar dista pouco mais de um quilômetro da fábrica de cimento e iniciou sua produção em 1981, com um milhão de toneladas de calcário por ano.

E.2. GEOLOGIA

A jazida do Baltar apresenta uma extensão de 1 300 metros e espessura variando entre 40 e 220 metros, tendo sido lavrada a céu aberto nos seus primeiros 830 metros. Os corpos de calcário são lenticulares, com direção NE e mergulho predominante para SE, e todas as litologias apresentam-se fortemente falhadas e dobradas. Os teores médios de CaO e MgO no calcário são respectivamente de 48% e 1,5%. A sequência metamórfica na região de Santa Helena pertence ao grupo São Roque, sendo constituída por filitos, quartzitos, meta-arenitos, dolomitos, calcários, calcários dolomíticos além de rochas cálcio-silicatadas e metabasitos.

E.3. METODOLOGIA DE LAVRA

O método de lavra é o de realces abertos (subníveis com perfurações longas - "sublevel stoping"), alternando-se salões e pilares como ilustra a figura E1. As operações principais são o desmonte em salões por subníveis, o carregamento e transporte por equipamento convencional sobre pneus, a britagem primária em subsolo e a elevação do minério para a superfície por meio de correias transportadoras. Os serviços complementares incluem a ventilação, o bombeamento de água, a energização, a manutenção e outras atividades e instalações como refeitório e ambulatório.

O acesso principal ao minério é por meio de rampa inclinada de 7 graus (12,4%), traçada em zigzag, com 1 850 metros de extensão, e secção de 7,5 por 5,5 metros. Por esta rampa tem acesso máquinas, pessoal e equipamentos.

Os salões são definidos por 3 subníveis relativos às cotas 530, 500 e 460, e um subnível principal de transporte na cota 420 (vide figura E1). Nos subníveis 500 e 460 duas galerias de perfuração paralelas, com secção de 3,8 por 4 metros, definem a largura dos salões. Nos subníveis 530 e 420 uma galeria central ao salão define seu contorno final. A partir do nível 530 são desenvolvidas

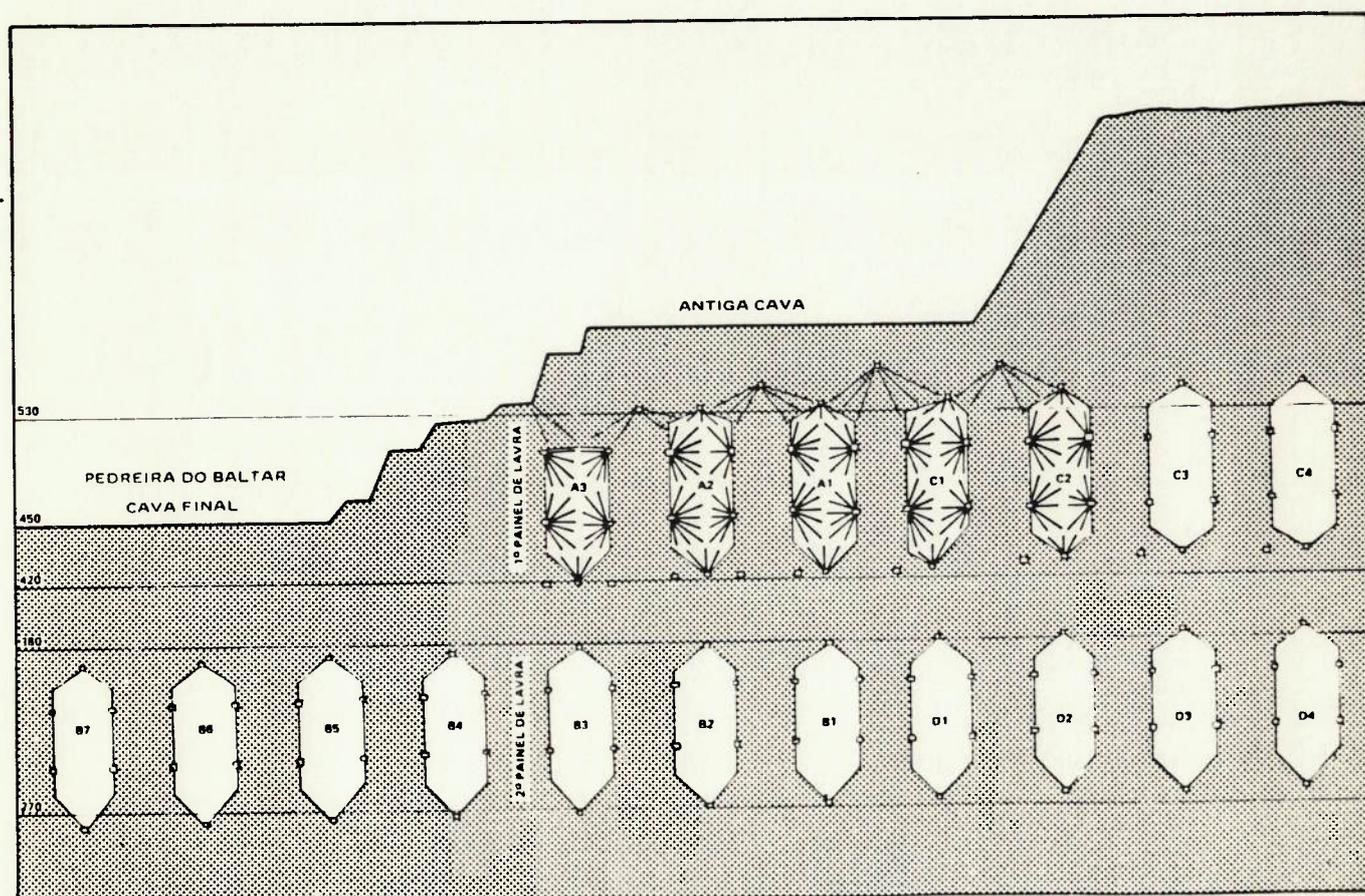


Figura E1. Secção longitudinal da mina do Baltar. Os trabalhos de desenvolvimento estão em andamento para o início da produção no segundo painel (segundo nível de salões) em 1995. No primeiro painel já foram lavrados e estão fechados os salões A1, A2 e A3. O salão C1 está em fase final de extração devendo ser fechado no final de 1992; C2 está em plena produção e C3 já está com face livre aberta e pronta para produção na ponta norte. As fileiras de salões irão até C7 e D6.

galerias ascendentes para a execução dos trabalhos de sustentação dos tetos dos salões.

As dimensões dos salões são 40 m de largura, 110 m de altura e comprimento de 200 m, e dependendo da espessura lateral do corpo de minério é deixado um pilar de 40 m no centro do salão. Entre os salões os pilares tem larguras variando entre 32 e 40 m.

A figura E2 ilustra o desmonte do minério e seu carregamento em travessas que dão acesso aos pontos de escoamento. As galerias de transporte estão no nível 420 e são paralelas às demais galerias de produção dos níveis superiores. No desmonte é utilizado explosivo a base de Anfo e a primeira face livre é obtida por meio do alargamento por toda largura do corpo de um poço vertical. Após a abertura da face livre iniciam-se os desmontes em leques.

Para a abertura de túneis e galerias são utilizados dois jumbos de 3 braços e um jumbo de 2 braços e três carregadoras Caterpillar de 3 m³. Para a abertura dos salões são utilizadas duas perfuratrizes "Fan drill" com 2 braços e uma "Fan drill" de 1 braço, e a carga de explosivos é feita por dois carregadores automáticos. A abertura de chaminés é executada por meio de um "Raise Borer" marca Ingersoll Rand modelo RBM7. O transporte do minério é feito por meio de 2 carregadoras Cat 988B de 6 m³ e 6 caminhões Terex de 32 toneladas.

A abertura da face livre se inicia pela perfuração de um furo com diâmetro de 30,48 cm (12 polegadas) com extensão de 110 metros (altura do salão). Depois este furo é alargado como chaminé por meio do "Raise Borer" com diâmetro de 1,80 m. Finalmente são dados fogos para alargamento desta chaminé.

A instalação de britagem na cota 405 é composta de britador primário giratório com capacidade máxima de 1 500 ton/h associado a um silo de regularização de fluxo com capacidade para 2 200 toneladas. O túnel da correia transportadora tem traçado em linha reta, declividade de 26,8%, secção de 5,5 por 5 metros e comprimento de 1 100 metros. A elevação do minério para a superfície é feita a partir do silo através de um alimentador vibratório com transferência para a correia. Esta correia tem largura de 122 centímetros, 1 040 metros de extensão, velocidade de 3 m/s e é acionada por um motor de 1 215 kW.

O maior problema de lavra é a presença da chamada "rocha silicatada", contendo até 40% de sílica. Nos salões em que sua presença é mais acentuada o tempo de lavra é maior. Por exemplo o salão C1 (figura E.1) está em lavra a seis anos, com a rocha calcossilicatada sendo inclusive britada em separado, estocada e paulatinamente sendo blendada com outros produtos extraídos.

E.4. ENGENHARIA AMBIENTAL E SEGURANÇA

A mina do Baltar é uma mina mecanizada e bem cuidada no que tange a segurança estrutural de tetos, paredes e pilares. Também não apresenta problemas de gases como o metano nem de conforto termo-corporal porque é uma mina rasa e a influência do gradiente geotérmico é desprezível. Seu problema principal é a ventilação para os gases de explosivos e maquinário, a qual é efetuada por meio de chaminés de insuflamento e exaustão a partir da lavra a céu aberto. Existem para tanto 8 ventiladores axiais

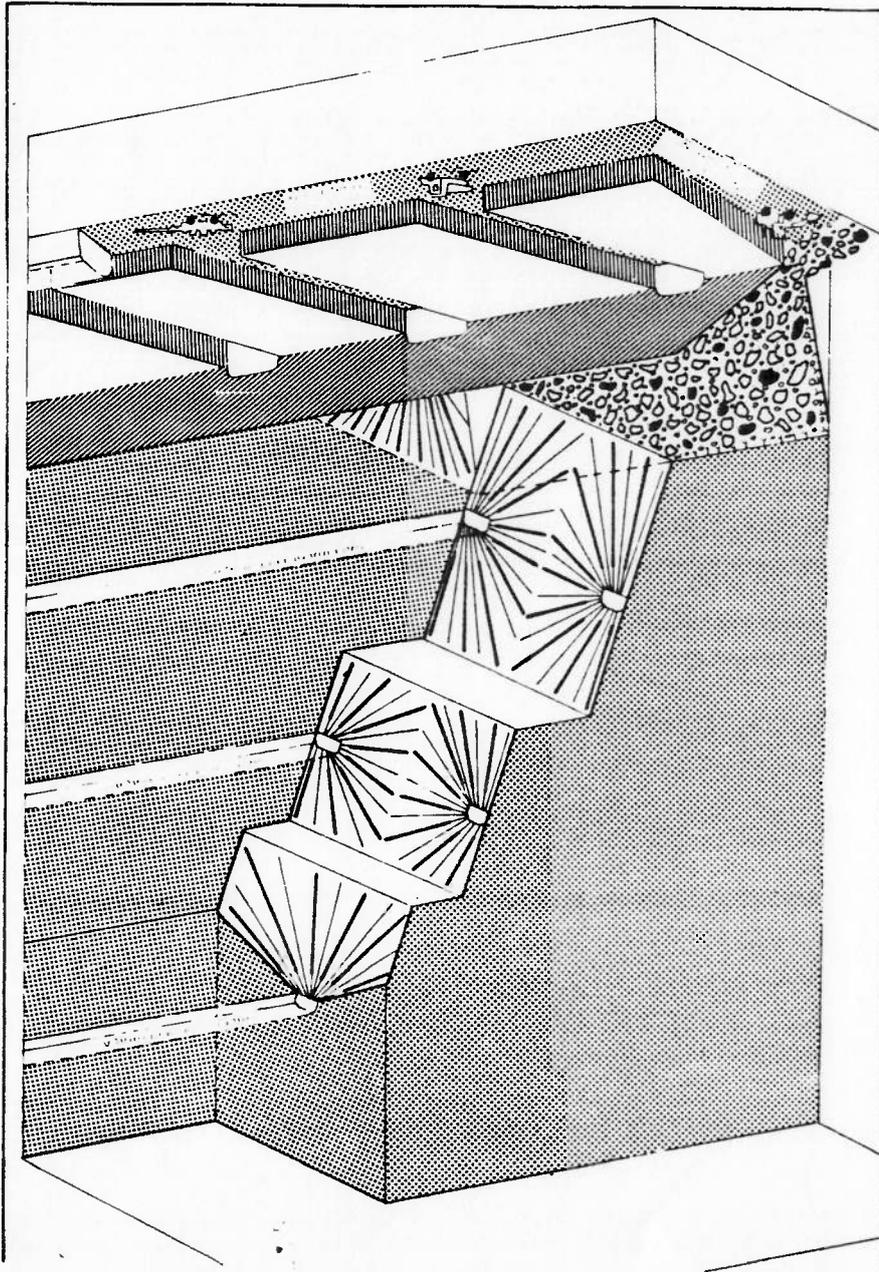


Figura E2. Esquema de desmonte de um bloco de min'erio com a criação de salão. Atualmente esta-se tentando a lavra de um salão com apenas 3 subníveis em vez de 4 como ilustrado.

marca Higrotec-Chicago Blower.

Dos dois poços para insuflamento está em operação apenas um deles, enquanto que estão operando os dois poços de exaustão. Em cada poço de exaustão operam em superfície e em paralelo 3 ventiladores. O ar fresco também entra pela rampa e sai pelo plano da correia transportadora, e o ventilador junto a boca do britador retira ar e poeira e joga no plano inclinado da correia.

Devido ao fato da mina subterrânea estar locada sob o rio Sorocaba foi instalada em subsolo uma estação de bombeamento com capacidade para até 1 500 m³/h, composta de 8 bombas sendo que apenas 2 são acionadas e não de modo contínuo.

A eletrificação da mina é feita em 24 kV por poço vertical, sendo rebaixada na mina sucessivamente para 6 600 V, 2 200 V e 440 V. Todas as instalações atuais são para atender preliminarmente a lavra do primeiro painel situado entre as cotas 420 e 530, já se executando os trabalhos de desenvolvimento para a entrada em produção dos blocos do painel inferior a partir de 1995.

A mina foi dimensionada para trabalhar um turno de 6 horas, seis dias por semana com a produção por turno de 5 000 toneladas.

E.6. ILUMINAÇÃO

Não obtivemos informações a respeito de projeto específico de iluminação nem de dados sobre custos, mas foi-nos permitido efetuar medições em todos os locais desejados. As galerias de produção e desenvolvimento não contém iluminação de rede.

As principais medidas efetuadas foram as seguintes:

- a. rampa de acesso: com secção de 6,5 m de largura por 5,5 m de altura, tem extensão de 2 800 m até o nível do primeiro salão. Está toda iluminada com lâmpadas fluorescentes com luminárias de um tubo, espaçadas entre si de cerca de 30 m.

$E(\text{sob}) = 15 \text{ lux}$

$E(\text{entre}) = 1 \text{ lux}$

- b. refletância das paredes da rampa (estéril), com muito pó:

$E = 8 \text{ a } 9 \text{ lux}$

$L' = 1 \text{ lux}$

$r = 11 \text{ a } 12,5 \%$

- c. refeitório: contém duas fileiras de luminárias, cada uma com dois tubos fluorescentes. A sala tem aproximadamente 8x25 m², com as paredes pintadas de branco, com teto cinza de concreto projetado, sendo ladrilhada até cerca de 2 m de altura.

$E(\text{sob}) = 149 \text{ a } 155 \text{ lux}$

$E(\text{entre}) = 134 \text{ a } 144 \text{ lux}$

- d. sala de comando da ventilação: contém 4 luminárias de 4 tubos fluorescentes, com área aproximada de 7x8 m².

E(sob lâmpada, sobre escrivaninha) = 268 a 271 lux

E(entre) = 215 a 225 lux

- e. salão de bombas de água: área de 10x25 m², 1 fileira central de 9 luminárias (2 bulbos fluorescentes), dos 18 3 queimados.

E(sob) = 63 lux

E(entre) = 18 a 22 lux

- f. refletância das paredes do salão de bombas de água: as paredes são de concreto projetado, com muito pouco pó.

E = 22 a 25 lux

L' = 5 a 6 lux

r = 20 a 27,2%

- g. plano da correia: luminárias com um tubo fluorescente ortogonal ao eixo da via, espaçamento de 10 m, bastante pó.

E(sob) = 14 a 16 lux (no nível da correia)

E(entre) = 2 a 3 lux (")

- h. pátio do britador em subsolo: contém 4 lâmpadas incandescentes junto a boca do britador primário.

E(médio) = 30 a 31 lux (junto a boca)

- i. oficina mecânica: contém fileiras de lâmpadas incandescentes nas paredes laterais (alguns pontos com 2 lâmpadas em cada fila. Dimensões: altura de 5,5 m, largura 9 m e comprimento 80 m.

E(sob) = 66 a 72 lux (junto a tambores de óleo)

E(centro da oficina) = 17 a 22 lux

- j. refletância: paredes da oficina (concreto projetado pouco sujo)

E = 20 a 26 lux

L' = 4 lux

r = 15,4 a 20%

- k. ambulatório: área aproximada de 4x8 m², com 5 luminárias de 4 tubos fluorescentes cada. Paredes e tetos brancos.

E(sob) = 650 lux

E(entre) = 330 lux

- l. galerias principais: espaçamento variável das luminárias.

E(sob) = 22 lux

E(entre) = 0 lux

ANEXO F - MINA DE MORRO AGUDO

F.1. HISTÓRICO E LOCALIZAÇÃO

A primeira ocorrência de minério sulfetado na região foi detectada em 1936 na Fazenda Traíras, localidade de Morro Agudo, Município de Paracatu. A primeira extração mineral no local ocorreu no final da década de 1960, com a rudimentar extração de chumbo e sua posterior comercialização no sul do país. As pesquisas geológicas sistemáticas iniciais foram desenvolvidas pela AEMSA - Companhia Auxiliar de Empresas de Mineração, e em 1973 a AEMSA foi substituída pela METAMIG - Metais de Minas Gerais S.A. Esta assumiu todos os trabalhos de pesquisa e definiu uma jazida estratiforme de sulfetos de zinco e chumbo.

Em julho de 1974 foi criada a Mineração Morro Agudo S.A. sob o controle acionário da METAMIG e do BNDES, e cujo objetivo era a lavra e o beneficiamento da jazida de Morro Agudo. Os trabalhos iniciais incluíram o detalhamento da pesquisa em subsolo, a abertura das principais vias de transporte e os acessos às zonas mineralizadas.

Em 1984 a Morro Agudo foi privatizada passando seu controle para a Companhia Paraibuna de Metais e para a Companhia Mineira de Metais (grupo Votorantin), em igualdade de condições. Entre 1984 e 1988 os novos acionistas investiram mais de 62 milhões de dólares no projeto, incluindo-se a estruturação do complexo industrial, a aquisição de equipamentos, a instalação da lavra experimental e a implantação da usina experimental.

F.2. TIPOS DE MINERIO E PRODUÇÃO

Os minérios da jazida se compõe de sulfetos de zinco e chumbo em rocha dolomítica, com uma reserva em 1988 de 11,7 milhões de toneladas com teores de 6,4% de zinco e 2,2% de chumbo. Com a taxa prevista de extração esta reserva seria lavrada durante 20 anos, produzindo concentrado de zinco, concentrado de chumbo, pó de calcário dolomítico e o metal cádmio (contido no sulfeto de zinco).

Em 1988 a previsão era se atingir nos anos seguintes uma produção de 42 mil toneladas de concentrado de zinco com teor de zinco contido de 50%, 12,5 mil toneladas de concentrado de chumbo com um teor de 50% e 400 mil toneladas de pó de calcário de fina textura para calagem do solo.

Toda a produção da Morro Agudo seria destinada ao abastecimento do mercado interno, e o concentrado de zinco seria vendido aos próprios acionistas para a produção de zinco metálico e de outros metais não ferrosos. Cumpre notar que o grupo Votorantin era responsável em 1988 por cerca de 80% da produção brasileira de zinco.

Os metais zinco e chumbo são matéria prima básica para a elaboração de centenas de produtos industriais, e a produção da Morro Agudo permitiria uma economia de 25 milhões de dólares por ano. Não por problemas técnicos mas por variados problemas de política interna e estratégia de longo prazo, quando de nossa

visita em 1991 a mina estava quase em estado apenas de manutenção, com uma produção mínima apenas para completar as pilhas de estoque para a usina, que por sua vez não estava operando. Este estoque atingia cerca de 90 000 toneladas de minério.

F.3. METODOLOGIA DE LAVRA

A jazida é lavrada por câmaras e pilares e a inclinação do filão é de cerca de 14 graus. A figura F.1. apresenta em planta a sequência de alargamento das galerias de produção bem como de recorte dos pilares longos; em perspectiva se tem o aspecto final dos pilares deixados.

A mina possui mais de 21 km de rampas, poços e galerias. A rampa principal tem secção a partir da superfície com largura de 5 m e altura de 3,5 m; após 250 m sua secção se reduz para uma largura de 4,5 m e uma altura de 3 m. Finalmente há uma redução para 4 m de largura e 2,75 m de altura. Oito corpos principais de minério tem sido lavrados e as câmaras tem altura variável, chegando a 42 m com comprimento de 40 m. Visitou-se mais demoradamente a câmara número zero, aberta no corpo L, e com espessura do veio entre 3 e 4 m.

As galerias de frente de lavra são abertas com largura de 4 m, sofrendo dois alargamentos para 7 e 10 m. Suas alturas variam de 2,75 a 20 m.

A mina é mecanizada e utiliza para a produção:

- a. na perfuração - 12 perfuratrizes manuais, 4 jumbos de um braço e 5 jumbos de dois braços;
- b. desmonte por explosivos;
- c. no carregamento - 4 carregadoras de 2 m³ e 5 carregadoras de 3,8 m³;
- d. no transporte - 3 caminhões e um guincho de capacidade de 200 toneladas por hora que lança o material diretamente no britador primário.

A figura F.2. apresenta uma perspectiva da atual malha de vias subterrâneas.

F.4. TRATAMENTO

O tratamento de minérios na Morro Agudo utiliza os seguintes sistemas:

- a. sistema de britagem e homogenização;
- b. sistema de moagem de 2 000 HP de potência;
- c. circuitos de flotação para chumbo e zinco;
- d. sistema de pré-lixiviação da polpa de zinco para eliminação do cálcio e do magnésio;
- e. sistema de desaguamento com filtragem das polpas.

A capacidade da mina é para uma produção de 500 000 toneladas anuais de ROM, originando 40 000 toneladas de concentrado de zinco e 12 500 toneladas de concentrado de chumbo, ambos com teor médio de 50% de metal contido.

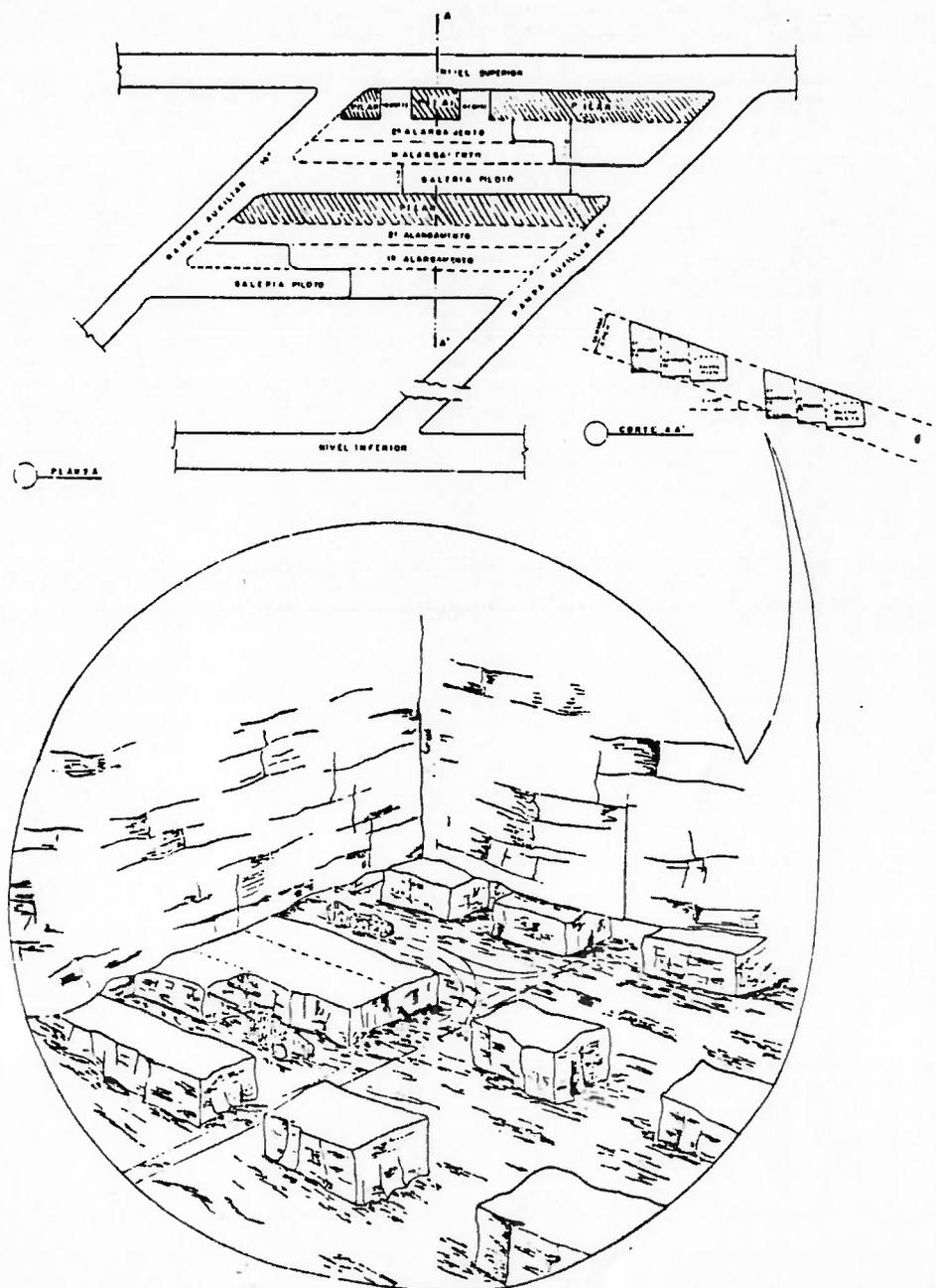


Figura F.1. Em planta seqüência de alargamento das galerias horizontais de produção e do recorte dos pilares. Em corte a disposição das câmaras no filão. Em perspectiva a disposição final dos pilares.

F.5. ENGENHARIA AMBIENTAL E SEGURANÇA

A ventilação da mina é feita por dois ventiladores axiais de pás reguláveis, ambos com capacidade para 3 250 m³/min de vazão. Um deles é da marca Aerovento e possui potência de 100 HP, enquanto que o outro é da marca Darma e possui apenas 75 HP. O poço vertical para entrada de ar fresco tem 230 m de profundidade e tem diâmetro de 5 m. Portanto para a máxima vazão de 6 500 m³/min se teria uma velocidade de fluxo de ar de 5,5 m/s. A vazão de ar necessária em subsolo foi dimensionada com base nos requerimentos de diluição para gases de explosivos e de motores, mas não considerou as necessidades humanas apesar de já terem trabalhado em subsolo 185 homens simultaneamente. Todavia o valor adotado é largamente suficiente.

O bombeamento de água da mina está na faixa de 30 a 35 m³/h, dos quais 25 m³/h escoam pelo poço e 10 m³/h pela rampa. A estação principal de bombeamento se encontra no nível 150 m.

Em termos de controle ambiental existe junto a unidade industrial uma barragem para contenção de rejeitos com capacidade para 1 400 000 m³, de onde o calcário é retirado rotineiramente, e a água após a decantação é devolvida ao processo. Interessante notar que o ponto de captação de água potável e para uso industrial é a jusante das instalações industriais.

Na época de maior quadro de pessoal a empresa possuía 560 funcionários e no período de 1984 a 1991 não ocorreram acidentes fatais, sendo-nos relatado dois casos de acidentes graves.

O deslocamento de um bloco de maior dimensão linear da ordem de 10 m atingiu um técnico de mineração que adentrava junto com um geólogo a uma área na qual ainda não havia sido executado batimento de choco. Foi gravemente atingido no ombro e nas pernas mas sobreviveu. Outro acidente grave ocorreu com um furador que estava dentro da caçamba de uma carregadora. Ao pedir para que ela avançasse, o cabo foi puxado pela roda da máquina e ele caiu em frente a perfuratriz. Sua cabeça foi atingida pela broca e até hoje apresenta uma perfuração na testa onde nenhum implante conseguiu se fixar.

F.6. ILUMINAÇÃO

Apesar da produção da mina estar num nível mínimo algumas das características principais do sistema de iluminação puderam ser observadas. Pelas informações obtidas não existia um projeto específico de iluminação nem uma equipe diretamente envolvida com o assunto.

As medições efetuadas são resumidas a seguir:

- a. rampa principal de acesso: iluminada até o nível 150, e no futuro pretendem iluminá-la até o nível 316. As lâmpadas são incandescentes.

E(sob) = 30 a 67 lux (grande variação em função da conservação e características)

E(entre) = zero lux

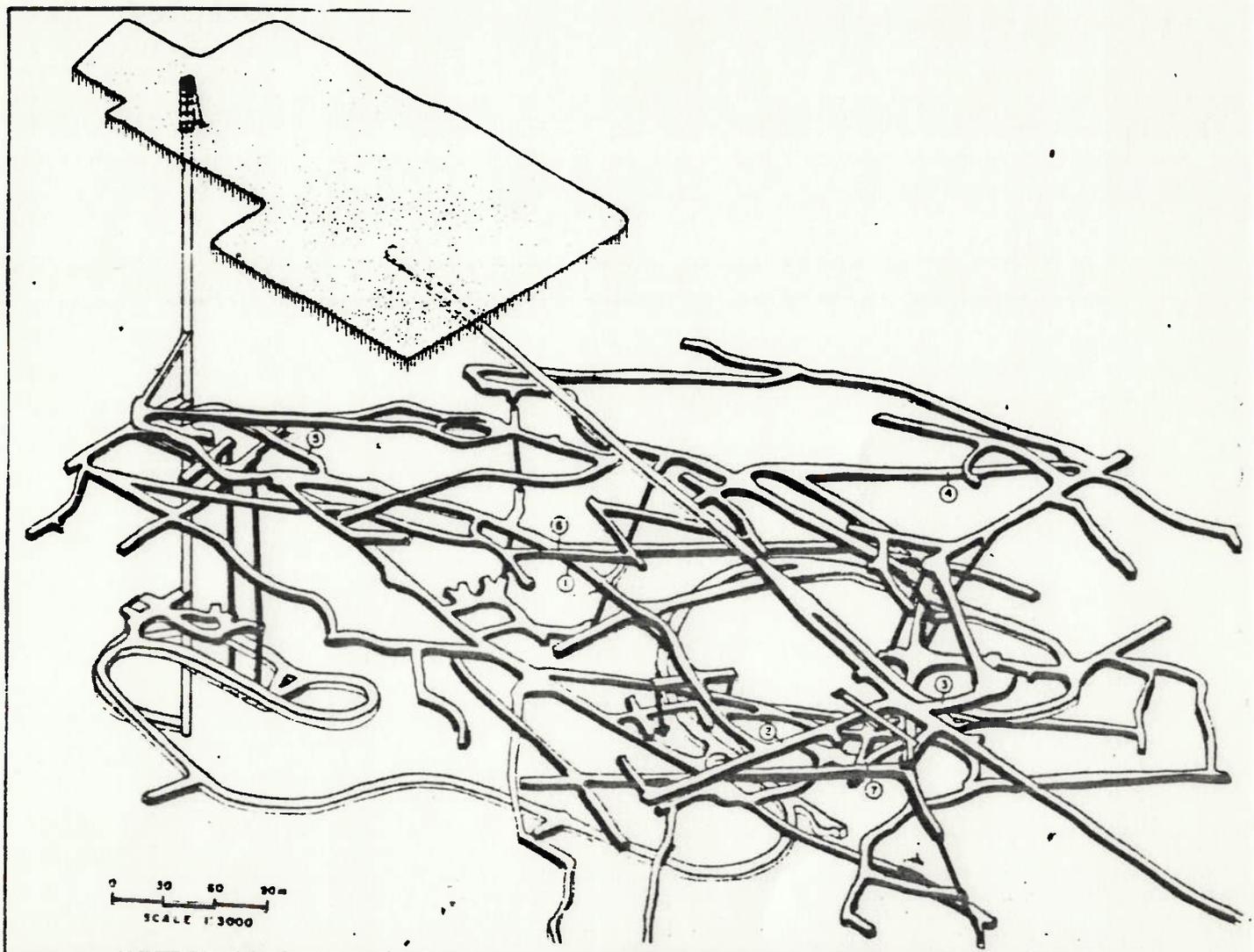


Figura F.2. Perspectiva isométrica da malha de vias subterrâneas num total de 21 km.

b. estação de bombeamento: uma lâmpada incandescente.

$E(\text{sob}) = 95 \text{ lux}$

c. refletância nas paredes da estação de bombeamento. O material é estéril (dolomito).

$E = 49 \text{ a } 50 \text{ lux}$

$L' = 10 \text{ a } 11 \text{ lux}$

$r = 4,5 \text{ a } 5\%$

d. galeria de acesso próxima a estação de bombeamento.

$E(\text{sob}) = 48 \text{ a } 55 \text{ lux}$

$E(\text{entre}) = 20 \text{ lux}$

e. refletância das paredes do salão do corpo de minério J:

$E = 300 \text{ a } 450 \text{ lux}$

$L' = 8 \text{ a } 12 \text{ lux}$

$r = 1,8 \text{ a } 4\%$

ANEXO G - MINA DE LEÃO I

G1. LOCALIZAÇÃO E HISTÓRICO

No Brasil as reservas medidas de carvão somam 32,4 bilhões de toneladas, das quais cerca de 28 bilhões estão no estado do Rio Grande de Sul. Neste estado as minerações estão próximas às cidades de Candiota, Charqueadas, Butiá, São Gerônimo, Triunfo e Cachoeira do Sul.

No município de Candiota (antigo Bagé) encontram-se aproximadamente 40% das reservas riograndenses, enquanto outra grande reserva está localizada na região do vale do rio Jacuí [41]. No vale do Jacuí estão localizadas as minas de Leão I, II e Iruí da CRM e várias minas da COPELMI como a de Charqueadas. A figura G1 apresenta as principais minas e jazidas existentes no Rio Grande do Sul.

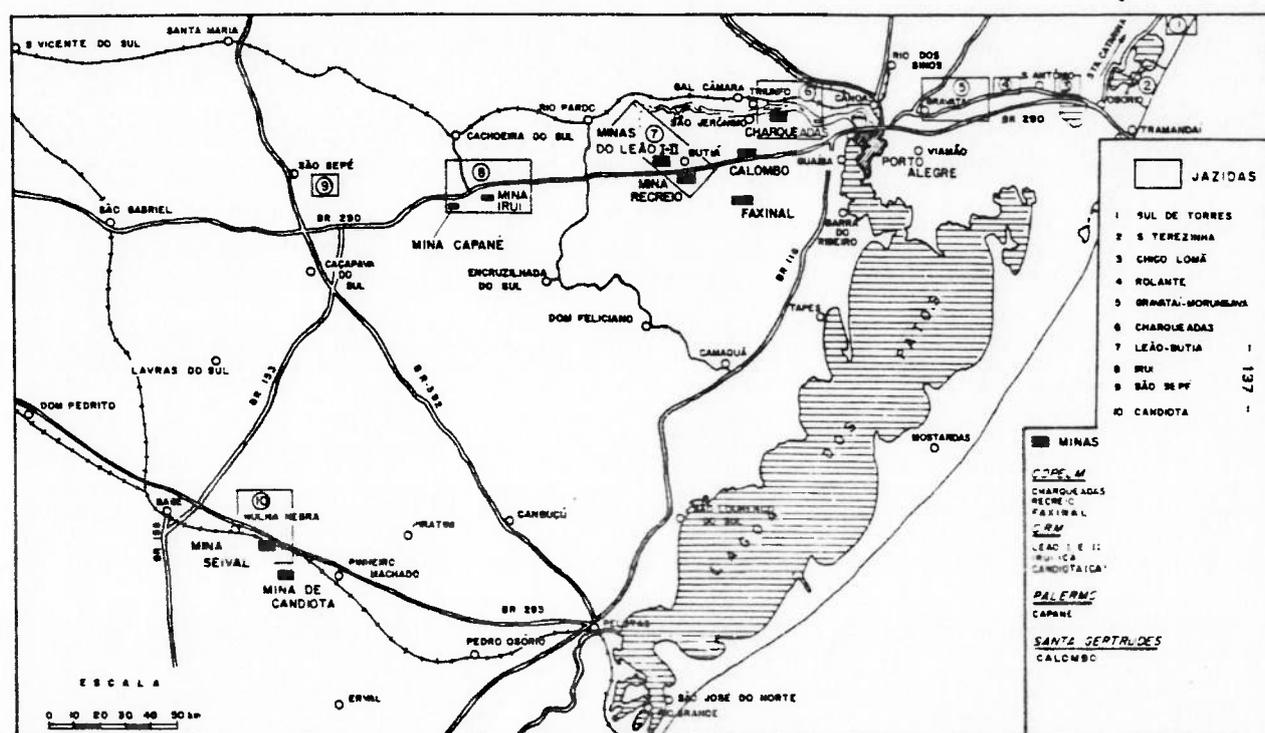


Figura G1. Principais minas e jazidas no estado do Rio Grande do Sul [42].

No município de Butiá, situado a 80 km de Porto Alegre, a CRM - Companhia Riograndense de Mineração possui diversas jazidas e sob a denominação de Minas do Leão encontramos as seguintes:

- a. mina do Leão I - subterrânea e em produção;
- b. mina do Leão II - subterrânea mas ainda não em produção;
- c. mina de São Vicente do Sul - a céu aberto e hoje esgotada;
- d. mina de São Vicente do Norte - a céu aberto e em produção.

G2. GEOLOGIA

Comparativamente às reservas de carvão do Paraná e de Santa Catarina o carvão gaúcho é o de pior qualidade pois não é coqueificável. Ou seja o carvão gaúcho é basicamente um carvão não metalúrgico, com aplicações voltadas a área energética, sendo utilizado em termoelétricas, na indústria cimenteira e na produção de celulose. É um carvão considerado xistoso com massa específica média de 1,75 ton/m³ enquanto que a rocha encaixante tem massa específica de cerca de 2,3 ton/m³ [42]. Apresenta baixo teor de enxofre (cerca de 2%) e elevado teor de cinzas.

Denomina-se de carvão total (CT) a espessura da camada de carvão prevista para ser extraída em conjunto por um dado método de lavra, e de carvão na camada (CC) a soma das espessuras dos diversos leitos de carvão existentes na camada total. Para o carvão gaúcho a relação entre CC e CT é da ordem de 80% [G2].

G3. LAVRA

A mina do Leão I iniciou sua produção em 1961 com a abertura do poço de produção Pl, e atualmente o acesso ao corpo de minério é feito por dois poços. Um poço é específico para produção e transporte de pessoal enquanto que o outro é utilizado para ventilação e transporte de equipamentos. A profundidade do poço de produção é de 130 metros e em 1981 foi construída em sua boca uma torre de concreto de 36 metros e instalado um sistema de esquipas que permitiram a elevação da produção que atinge hoje 200 toneladas de ROM por hora. Em dezembro de 1991 a produção da mina se encontrava no patamar de cerca de 18 000 ton/mês, e a previsão do setor de planejamento era de atingir 45 000 ton/mês em junho de 1992 e talvez 90 000 ton/mês em 1993 se for implantado o sistema de lavra por frentes longas ("longwall"). Cumpre notar que a capacidade da usina locada junto a mina é de apenas 60 000 ton/mês e as reservas medidas existentes em 1989 eram de 26 milhões de toneladas [42,44].

A lavra hoje se desenvolve no setor oeste da mina e caminha em direção às reservas da mina Leão II, visto que as reservas à margem esquerda da rodovia BR-290 sentido Porto Alegre-interior estão esgotadas. No futuro as últimas reservas da mina Leão I poderão ser extraídas pela Leão II caso se opte pela desativação da primeira. O carvão lavrado é dos tipos CE-3700 e CE-4700 que possuem respectivamente poderes caloríficos de 3 700 e 4 700 Kcal/kg [43].

Os atuais painéis de lavra estão a profundidades entre 120 e 130 metros, bem menos portanto que na mina de Charqueadas onde se lavrava a cerca de 300 metros abaixo da superfície. Os painéis tem dimensões de 120 por 147 m², e o melhor leito de carvão tem espessura oscilando entre 0,30 e 0,40 m, com um teor de cinzas de

30%. Para a lavra como um todo o teor de cinzas atinge cerca de 40%. A espessura da camada é de 1,80 m, com cerca de 1,20 m sendo carvão e 0,60 m sendo folhelho.

A lavra é desenvolvida tanto pelo processo cíclico convencional como pelo processo contínuo. No cíclico se tem 1 metro de avanço por desmonte, 7 frentes, uma detonação por turno, 3 turnos diários de produção e 1 turno de manutenção (0 horas às 6 horas), e a perfuração é efetuada por meio de perfuratrizes manuais.

Na extração contínua se utiliza minerador tipo Alpine com avanço de 3 metros por turno, mas estão sendo efetuados estudos de redimensionamento de painel devido a problemas de estabilidade que tem surgido. Nesta metodologia a lavra utiliza um equipamento de abertura de vias ("tunnel boring machine"), carregamento por "bobcats", transporte por correias e ascensão por esquipas.

Tradicionalmente tem sido empregados realces abertos, método de câmaras e pilares, mas durante o período de 1982 a 1985 foi utilizado o método de frentes longas que permite maiores produções. Este método foi abandonado devido a problemas de manutenção de equipamento e dificuldades de importação de peças. Na fase de frentes longas suas dimensões eram de 70 m por 700 m de comprimento.

A abertura das galerias principais tem sido feita por minerador contínuo inglês, marca DOSCO, tipo MK2A, com possibilidade de abrir 200 m de galeria por mês. Seu início de operação ocorreu em 1979 já tendo aberto até hoje mais de 10 km de vias subterrâneas; o escoramento das galerias é executado com arcos e vigas metálicos.

A mina de Leão I é isoladamente deficitária e portanto normalmente é lavrada em conjunto com uma operação a céu aberto. Objetivando uma melhoria de produtividade (não de produção) tem-se tentado um aprimoramento constante das tecnologias utilizadas. Atualmente uma melhoria sendo implantada é a substituição do escoramento de madeira por atirantamento com resina na coluna total. Esta substituição permite um aumento da mecanização pois ocorre um desimpedimento das galerias e também facilita-se o abastecimento de material usado para de reforço estrutural.

Com o sistema de atirantamento as secções das galerias poderão ser aumentadas atingindo 4,3 m por 2 m, as secções dos pilares poderão ser aumentadas para 15 m² e a lavra semi-mecanizada poderá se tornar totalmente mecanizada. Inclusive as perfuratrizes manuais poderão ser substituídas por jumbos de perfuração. Outra melhoria sendo implantada é a substituição dos guinchos elétricos por tratores a diesel nas operações de abastecimento em subsolo.

G4. TRATAMENTO

Depois da extração o carvão é colocado na boca da mina (ROM ou "run of mine"), sendo submetido a processos de tratamento que se iniciam pela chamada pré-lavagem. Nesta operação efetuada em meio aquoso o carvão que é mais leve é separado das porções argilosas e dos minerais piritosos, obtendo-se em valores médios 25% de pré-lavado e 75% de rejeitos que contém muito enxofre e ferro. A

figura G2 ilustra esquematicamente as principais etapas do tratamento a que é submetido o carvão .

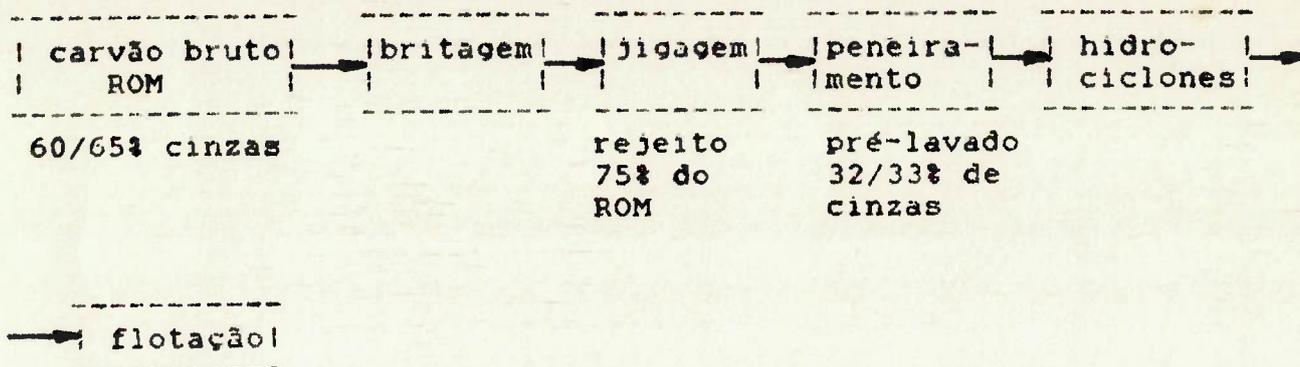


Figura G2. Principais etapas do tratamento a que é submetido o carvão lavrado no Rio Grande do Sul.

G5. ENGENHARIA AMBIENTAL

Mesmo a lavra subterrânea apresenta sérios problemas de controle ambiental tais como:

- a. a subsidência superficial associada ao colapso de aberturas em subsolo;
- b. a contaminação das águas subterrâneas que se tornam sulfurosas e ácidas e ao serem bombeadas para a superfície poluem a rede de drenagem;
- c. a quantidade de rejeitos da ordem de 150 000 toneladas para cada 200 000 toneladas de carvão lavrado;
- d. a poluição da atmosfera da mina por gases e aerodispersóides, com o risco de explosão de gás ou poeira, e a existência de graves problemas de saúde ocupacional. Sérios são os problemas de pneumoconiose entre os mineiros de carvão em todo o mundo.

A mina não apresenta problemas de metano e as medidas semanais nas frentes indicam porcentagens mínimas deste gás. Cuidados especiais são necessários apenas em locais abandonados há vários meses. A ventilação principal é feita por exaustão por meio de ventilador com capacidade de 1 500 m³/minuto. O controle da estabilidade dos tetos é efetuado por meio de medidas de convergência diárias em todos os locais considerados de maior risco.

A empresa conta em seu quadro com cerca de 500 funcionários, apresentando uma redução de quase 100 funcionários nos 2 últimos anos. Na mina trabalham cerca de 300 homens distribuídos em 4 turnos de 6 horas e em seu quadro existe um engenheiro de minas voltado para a ventilação, um engenheiro de minas especializado em segurança no trabalho e um engenheiro electricista responsável pela parte elétrica e pela manutenção.

G6. ILUMINAÇÃO

Durante nossa visita fomos acompanhados por engenheiro de minas que portava um "candelímetro" importado, analógico e com unidades não métricas, o que demonstrou uma certa preocupação com o tema de nossa pesquisa. No pé do poço para pessoal verificamos a existência de placa indicando o código utilizado para as lanternas pessoais portáteis. A sinalização adotada está ilustrada na figura G.3.

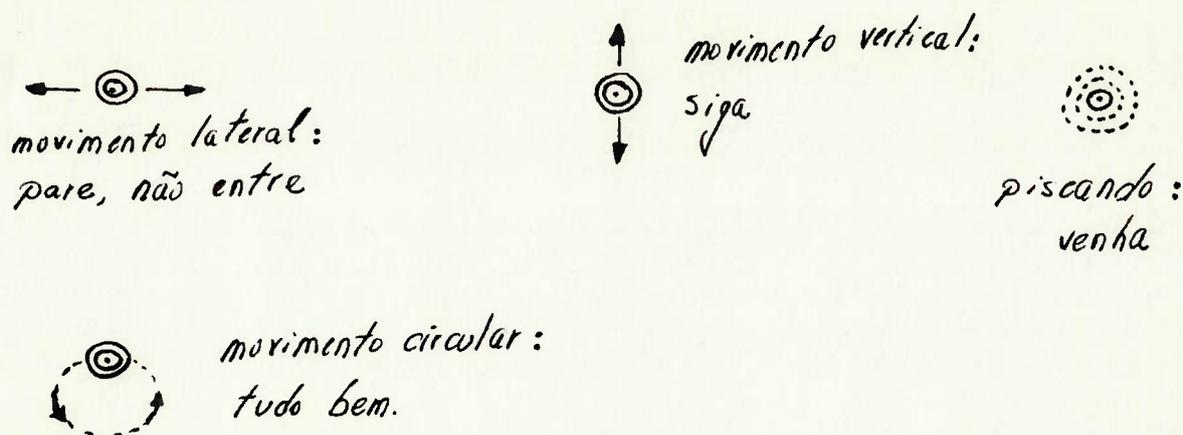


Figura G3. Código para sinalização com lanternas pessoais.

Não tivemos acesso a dados de um projeto de iluminação específico para a mina, e não existe um engenheiro de minas que cuide deste parâmetro. Acreditamos que não exista um projeto de iluminação da mina mas existe alguma preocupação com este fator, o qual é parte do campo de atuação do engenheiro de segurança da empresa.

As medições efetuadas são resumidas a seguir:

- a. vestiário do pessoal da mina: uma luminária com dois tubos fluorescentes, medida sob a luminária.

$E = 210 \text{ lux}$

- b. boca do poço de serviço: havia lâmpadas fluorescentes mas também muita luz solar direta, não se visitando a mina de novo a noite.

- c. pé do poço de serviço: se inicia uma galeria horizontal, com revestimento de tijolos caiados de branco. A conservação da caiação é ruim havendo várias lâmpadas fluorescentes distribuídas de modo irregular.

$E(\text{sob lâmpada}) = 110 \text{ lux}$

$E(\text{entre lâmpadas}) = 15 \text{ lux}$

- d. galeria com correia transportadora: com extensão de 800 m, com esteios de madeira e entelamento do teto. Lâmpadas fluorescentes espaçadas de cerca de 40 metros, com sujeira e

muitas queimadas.

E(sob lâmpada) = 9 a 10 lux E(entre lâmpadas) = 0 lux

Quando havia lâmpada queimada se obtinha longo trecho de quase 80 metros muito escuro.

- e. ponto de transferência da correia: local com bastante movimentação de pessoal, com telefone, roupas e equipamentos pendurados, etc. Apenas um tubo fluorescente.

E(próximo a vertical sob tubo) = 9 lux

- f. travessas e nichos laterais nas galerias principais de transporte: contém subestações, extintores, pequenos almoxarifados de ferramentas, etc. Em geral com apenas um tubo fluorescente. Medidas sob lâmpada em vários nichos. Lâmpadas bastante sujas.

E = 8 a 10 lux

- g. oficina principal de manutenção: área de cerca de 60 m², com 3 luminárias, cada uma com 2 tubos fluorescentes. Efetuadas medições em vários pontos da oficina.

E = 150 a 260 lux

- h. nas frentes: lâmpadas incandescentes de 220 V junto a máquinas operando a 380 V; lâmpadas sem globo ou qualquer proteção, sendo penduradas diretamente do teto. Face a produção foi impossível efetuar medições apropriadas. Muita poeira e sujeira presentes.

- i. de modo geral a instalação e manutenção do sistema de iluminação é precária. Faróis e holofotes mal conservados. Vários locais que poderiam ser caiados de branco não o são.

- j. estimativa de refletância: efetuadas nas paredes dos nichos, onde existe carvão e intercalações.

E = 10 lux L' = 0 a 1 lux r = 0 a 10%

A sensibilidade do luxímetro não permitiu maior rigor das medições, mas a faixa de zero a 10% é normal para o carvão.

ANEXO H - MINA DE LEÃO II

H.1. HISTÓRICO

A CRM produz carvão atualmente nas minas de Candiota e Leão I, a primeira a céu aberto e a segunda subterrânea. Em 1990 Candiota produziu 1,6 milhões de toneladas enquanto que Leão I produziu cerca de 150 mil toneladas [41]. Todavia a CRM possui outras jazidas que devem entrar em fase produtiva e entre elas citamos as de Jacuí, São Vicente do Norte, Poacá e Leão II. A entrada em produção destas minas depende do rumo a ser seguido pelo mercado o qual não parece muito promissor a curto prazo.

Em 1989 a produção nacional de carvão metalúrgico foi de 1,006 milhões de toneladas, e de carvão energético foi de 6,18 milhões de toneladas. Com relação ao ano anterior o primeiro teve um decréscimo de 15% devido a introdução de carvão importado, e o segundo um decréscimo de 1% devido ao fato da indústria cimenteira estar substituindo carvão por óleo diesel [41]. Uma alternativa que viabilizaria a mina de Leão II seria um contrato em discussão com a Eletrosul, e pelo o qual se forneceria 1,1 milhão de toneladas a usina de Jacuí.

H.2. GEOLOGIA E RESERVAS

As reservas totais da jazida são de cerca de 145 milhões de toneladas de carvão englobando 3 camadas denominadas "I", "S2" e "remanescente" [42]. O projeto foi elaborado considerando apenas a camada "I" a qual contém 97 milhões de toneladas a uma profundidade de 220 metros, com índices CC de 1,2 m e CT de 1,78.

O projeto inicial desta mina foi concebido em 1976 por equipe inglesa em conjunto com a Promon Engenharia, e previa a produção de carvão energético para uso na indústria cimenteira, em termoelétricas, na gaseificação, na indústria siderúrgica, na produção de celulose e para outros usuários de energia e vapor. Seria a primeira mina brasileira lavrada especificamente pelo método de frentes longas e teria uma produção anual de 2,4 milhões de toneladas de ROM. Cerca de 60% das fases de abertura e desenvolvimento da mina já foram executadas, consumindo 70 milhões de dólares. Todavia em 1985 as obras foram interrompidas por falta de recursos e alterações do mercado consumidor.

Em 1989 foi feita uma revisão técnico-econômica do projeto por técnicos poloneses, a qual previa investimentos de 66 milhões de dólares para se iniciar em 2 anos uma produção de 2,05 milhões de toneladas [43].

No aspecto econômico a revisão previa a produção dos carvões CE-6300 e CE-3700. O tipo CE-6300 seria inédito no país, com uma recuperação de 17% e teor de cinzas na faixa 14 a 16%. Seria usado na indústria do cimento e na siderurgia por redução direta (como na Aços Finos Piratini). Já o CE-3700 teria uma recuperação de 80% e seria para a usina de Jacuí, e teria um conteúdo de cinzas de até 47% e de enxofre de 1%. A vida útil da mina seria de pouco mais de 40 anos.

H.3. LAVRA

No aspecto técnico houve uma re-orientação dos painéis com relação aos falhamentos principais, conseguindo-se uma melhora na extração e na segurança operacional. A equipe da mina seria composta por 1 400 homens e se obteria uma recuperação superior a 90% através de uma total mecanização [43].

A revisão alterou a sequência de extração de recuo por avanço, e manteve apenas uma galeria lateral por painel de modo a se eliminar pilares de proteção. O escoramento que seria feito por barras metálicas passaria a ser feito por arcos flexíveis de 3 peças, que são mais leves, mais baratos e descarregam as tensões induzidas gradualmente para os pilares de borda. Todavia sua instalação seria mais complexa.

O acesso ao corpo de minério é feito por dois planos inclinados com a extensão de 850 m cada um, com uma declividade de 10 graus. Ou seja nos pés dos planos a profundidade atinge cerca de 150 m.

Já existem mais de 8 km de vias subterrâneas abertas, com as galerias principais tendo secção em forma de ferradura com altura de 5 m e largura também de 5 m. Estas galerias estão revestidas com arcos colocados topograficamente e espaçados de 0,40 m. A abertura das galerias foi efetuada com cortadores contínuos tipo Alpine e também já estão concretados dois silos de altura 40 m e diâmetro de 6 m.

As galerias de produção deverão ter secção quadrada de altura 2 m pois as camadas lavradas terão esta espessura. Os painéis de lavra deverão ter as dimensões de 200 por 700 metros, com 5 frentes simultâneas, e a sustentação do teto será obtida por macacos tipo "Dowty". Os pilares de proteção terão largura de 200 m.

O transporte será efetuado por meio de locomotivas para pessoal e equipamentos, e por correias para o material. Nas rampas também existirão correias e quinchos.

H.4. ENGENHARIA AMBIENTAL

A ventilação da mina nos seus primeiros 15 anos seria feita por um único poço de 220 m de profundidade e diâmetro de 6 m, onde estariam instalados 2 exaustores de 1 000 kW cada um, obtendo-se uma vazão de 153 m³/s de ar. O desenvolvimento total da mina requererá que se tenha ao final 3 poços de ventilação.

Não tivemos acesso ao projeto desta mina mas se colocada efetivamente em operação será com certeza a melhor mina de carvão do Brasil. Deverá ser uma mina moderna, mecanizada, de amplas dimensões e esperamos que o parâmetro iluminação seja alvo das atenções que merece ter. A iluminação atual é apenas provisória e de manutenção, visto que os investimentos previstos em 1990 para serem aplicados em 1991 não ocorreram. Em 1991 deveriam ter sido aplicados mais de 3 milhões de dólares que permitiriam a conclusão do primeiro poço de ventilação e as galerias principais a ele interligadas. A visita a esta mina teve os seguintes objetivos:

a. analisar a iluminação empregada durante a fase de implantação de uma mina; como esta fase também está paralisada neste

momento este objetivo foi prejudicado. Todavia pode-se perceber não existir ainda nenhuma planificação global de iluminação para a mina. Como as lâmpadas são poucas e provisórias não teria sentido efetuar medições.

- b. ter uma base de comparação entre uma mina "moderna" e as antigas minas existentes no Brasil;
- c. verificar os cuidados de iluminação para uma mina ampla lavrada em frentes longas. Pelo que pudemos observar o projeto tem tudo para se tornar uma mina com alto padrão de segurança no trabalho e com boas condições de higiene ocupacional. Devido às dimensões das galerias problemas ergonômicos posturais deverão ser mínimos.

ANEXO I - MINAS DO CAMAQUÃ (SÃO LUIZ E URUGUAI)

I.1. LOCALIZAÇÃO E HISTÓRICO

A CBC - Companhia Brasileira de Cobre é a empresa de mineração que explora a jazida de cobre das Minas do Camaquã, que se localiza no 3o. Distrito de Caçapava do Sul no estado do Rio Grande do Sul. Desde 1989 o controle acionário da CBC pertence a Bom Jardim S/A de propriedade dos funcionários e administradores da própria CBC. A produção atual de concentrado é vendida à Caraíba Metais S/A sendo sua metalurgia efetuada em Camaçari na Bahia. A figura I.1. apresenta no mapa do Brasil a localização das minas e da metalurgia empregadas para o minério de Camaquã.



Figura I.1. Localização das Minas do Camaquã no Rio Grande do Sul e da metalurgia do concentrado que é feita em Camaçari na Bahia. A produção anual de cobre da CBC é de 10 000 toneladas [figuras e informações de apostila cedida na empresa].

O bem sucedido processo de privatização da CBC se deve a uma competente equipe que administrou o processo de compra das ações do BNDES e ao fato de que em 1989 o preço do cobre atingiu o valor pico de US\$ 3 200 por tonelada, estando hoje na faixa de US\$ 2 600. Deste modo todo o pagamento que era previsto para ser feito em 5 anos pode ser efetuado em cerca de um ano.

As minas do Camaquã distam cêca de 300 km de Porto Alegre, 70 km de Caçapava do Sul e 310 km do Porto do Rio Grande por onde o concentrado é embarcado para a Bahia. A figura I.2. ilustra a localização das minas com relação à Porto Alegre e ao porto do Rio Grande.

A primeira identificação de minérios de cobre na região ocorreu em 1865 por mineiros ingleses que garimpavam ouro em Lavras do Sul. Em 1888 foi iniciada em pequena escala a lavra de cobre e o minério escolhido era exportado para a Inglaterra. Em 1900 foi fundada em Bruxelas a "SOCIÉTÉ ANONYME DES MINES DE CUVRE DU CAMAQUAN", que retomou a lavra em 1901. O minério era separado manualmente numa fração rica (30% de cobre) e numa fração pobre (7% de cobre). A fração pobre era tratada mecanicamente para se obter uma teor de 30% e a produção era exportada para a Inglaterra. Devido a queda nos preços do metal a lavra foi paralizada em 1903. Em 1935 e 1942 houve tentativas de retomada da lavra e em 1942 após uma sistemática pesquisa geológica foi fundada a CBC cujos acionistas eram o estado e o Grupo Pignatari. A produção de concentrado se iniciou em 1944 com a capacidade de 120 toneladas por dia mas foi interrompida no após guerra em 1945.

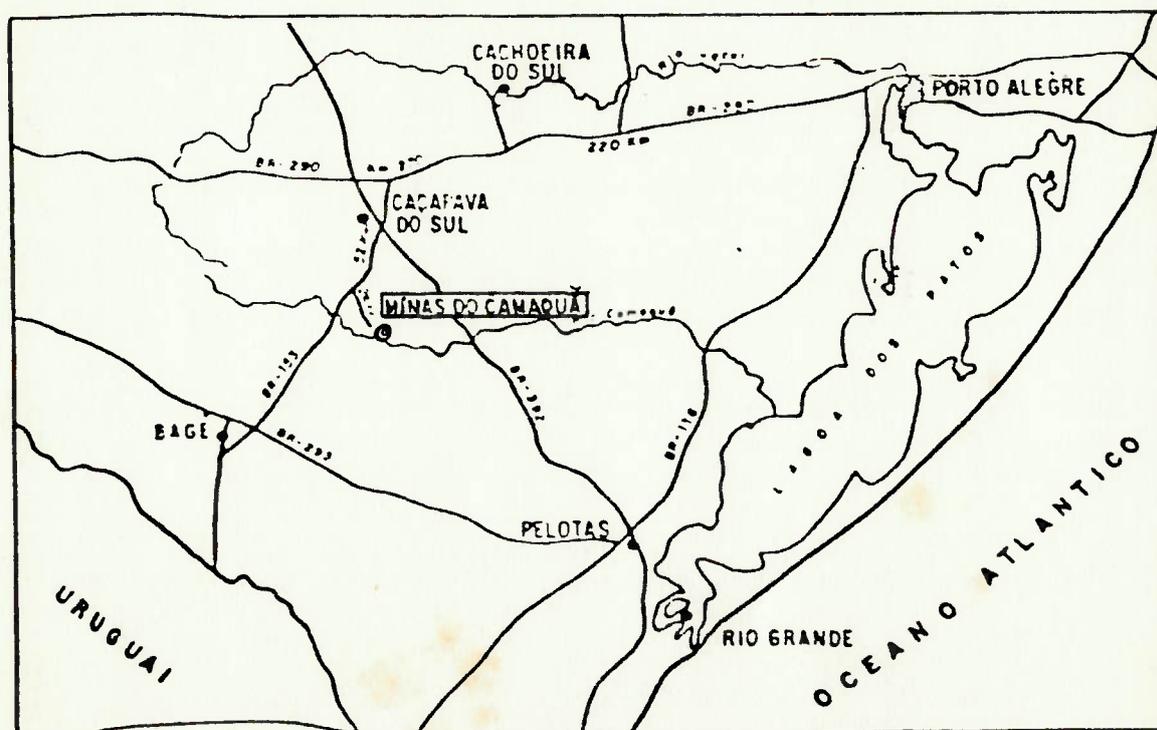


Figura I.2. Minas do Camaquã no estado do Rio Grande do Sul. O concentrado é embarcado no porto do Rio Grande [vide figura I.1]

A lavra foi retomada em 1952 e em 1956 a capacidade de tratamento foi ampliada para 800 toneladas por dia. Entre 1958 e 1968 a gerência técnica da mina ficou sob a responsabilidade da Mitsubishi Metal Mining Co. e apenas a partir de 1969 é que esta passou a ser feita por técnicos da própria CBC. Em 1971 entrou em operação a nova usina com capacidade para processar 1 500 toneladas de minério por dia. Em 1974 a FIBASE - Financiamento de Insumos Básicos assumiu o controle acionário da CBC, e em 1975 foram suspensas as atividades de lavra e desativada a única unidade de metalurgia existente em Camaquã.

A partir desta data os esforços se concentraram na pesquisa geológica sendo criado em 1976 o Projeto Expansão Camaquã. Um extenso programa de pesquisa foi desenvolvido sob a orientação da DOCEGEO - Rio Doce Geologia e Mineração, o qual incluiu mapeamentos geológicos nas escalas de 1:10 000 em área de 80 km² e de 1:1 000 em área de 5 km², e mais de 32 km de sondagens, além de levantamentos geofísicos com a execução de 134 km de perfis.

A partir de 1980 iniciou-se uma nova escala de produção com processamento de 5 500 toneladas de minério por dia. Em 1988 o Governo Federal incluiu a CBC no programa Nacional de Desestatização e a partir de 1989 ela passou a ser gerida por um grupo de funcionários através do Grupo Bom Jardim.

1.2. GEOLOGIA, TIPOS DE MINÉRIOS E PRODUÇÃO

As minas do Camaquã estão situadas na parte central de um graben intracratônico de direção NE-SW, sendo limitado por grandes falhas de expressão regional. Ocorrem na área rochas sedimentares clásticas da Formação Arroio dos Nobres, do Grupo Bom Jardim, de idade pré-cambriana superior. Estas litologias estão sobrepostas pelo Grupo Camaquã. A mineralização é considerada como sedimentar pois não foi detectado vulcanismo de grande porte, a menos de um grande dique de diabásio de espessura 20 metros que existe na Mina São Luiz. Este dique é todavia recente, do período cretáceo.

O grupo Camaquã é composto por conglomerados e arenitos conglomeráticos horizontais ou levemente inclinados (5 a 10 graus), e a mineralização ocorre tanto na forma de filões como disseminada. As Minas do Camaquã incluem dois depósitos principais: ao sul a jazida Santa Maria e ao norte a jazida das minas São Luiz e Uruguai.

Na jazida Santa Maria a mineralização é composta essencialmente por galena e blenda disseminados nos arenitos e conglomerados, ocorrendo secundariamente sulfetos de cobre.

A jazida das minas São Luiz e Uruguai como o próprio nome indica é formada por dois depósitos principais, e a mineralização cuprífera é representada por calcopirita ($CuFeS_2$), por bornita (Cu_5FeS_4) e por calcosita (Cu_2S). A forma filoniana ocorre encaixada em falhas com direção noroeste e a disseminada se apresenta nos conglomerados e arenitos do Membro Vargas.

A minas São Luiz apresenta lavra a céu aberto e em subsolo, enquanto que a mina Uruguai apresenta apenas lavra em subsolo. Atualmente as minas subterrâneas estão interligadas por uma galeria de cerca de 800 metros e a figura I.3. ilustra o arranjo geral destas minas. Nesta figura a cava está representada por uma

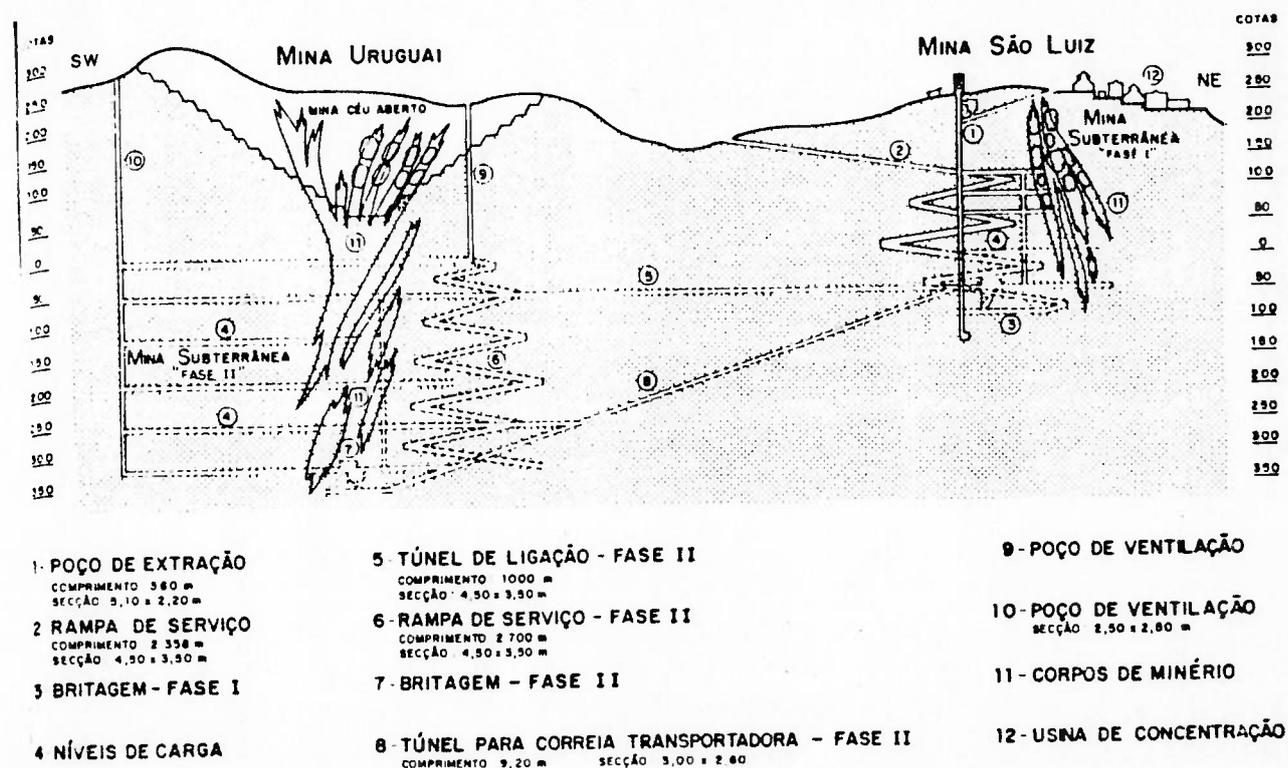


Figura 1.3. Arranjo das minas São Luiz e Uruguai onde a cava atualmente lavrada a céu aberto compõe-se de duas escavações vizinhas denominadas Cava Principal e Cava Piritosa (até 1982 era apenas uma escavação) [vide figura 1.1].

Única escavação mas atualmente o projeto foi modificado e existem duas frentes de lavra denominadas Cava Principal e Cava Piritosa.

Na mina São Luiz o minério de maior importância é o filoniano o qual é constituído por filões de quartzo com calcopirita. Em menor proporção surgem filões de calcosita e bornita, principalmente nas extremidades noroeste da mina. O minério disseminado é basicamente constituído de calcosita e ocorre a sudoeste da zona dos filões, principalmente nos contatos entre arenito intermediário e conglomerado inferior. As condições de estabilidade estrutural na mina são muito boas devido ao preenchimento silicoso existente nas zonas de falha.

A mina Uruguai lavra o maior depósito de cobre das Minas do Camaquã sendo o minério filoniano o mais importante. Este é constituído por filões maciços de calcopirita, calcopirita-bornita, bornita-calcosita e menos frequentemente apenas calcosita. Sulfetos de cobre disseminados pelos arenitos e conglomerados são constantes pela mina, e tem teor normalmente mais baixos. Podem todavia se apresentar em zonas de teor elevado quando as disseminações são a base de calcosita e bornita.

Na região central da mina o intenso fraturamento originou uma zona mineralizada com dezenas de metros de largura, com filonetes e alta disseminação de calcopirita e bornita. Existem associados minerais de ouro, de prata e especularita (hematita friável), e a ganga é constituída principalmente por hematita, quartzo, argila ou clorita. O ouro surge associado a calcopirita mas em proporção muito variável, enquanto que a prata (associada à bornita e à calcosina) permite uma correlação do tipo "teor de Ag/teor de bornita".

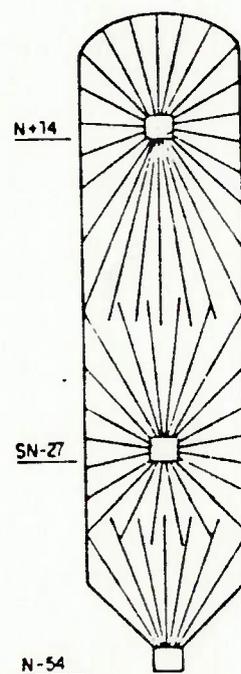
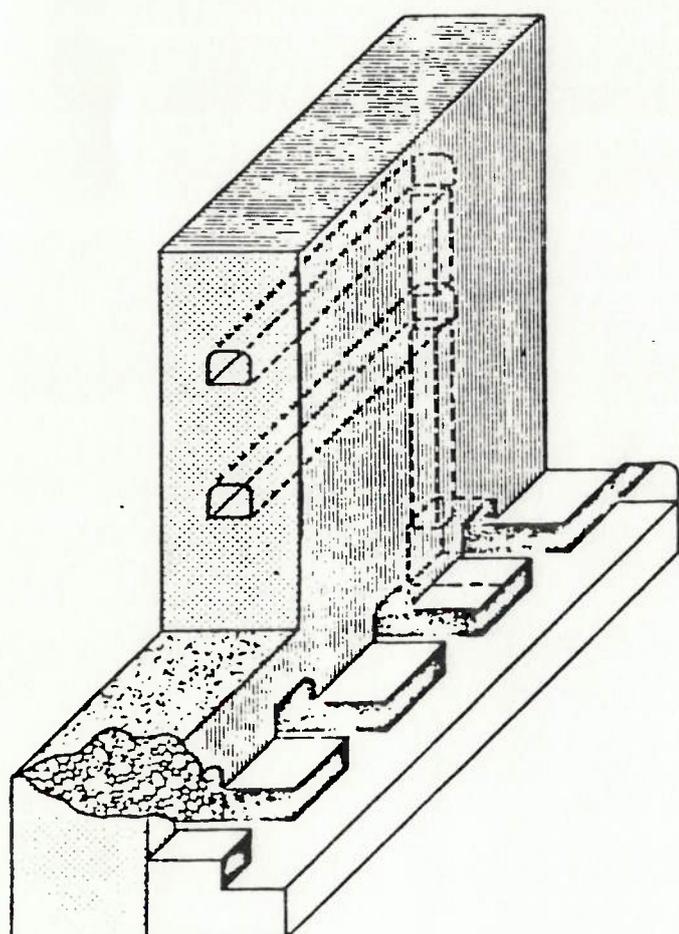
As reservas permitem uma produção nas atuais condições por mais cerca de 2 anos, tendo em vista que a medida que a lavra se aprofunda os custos aumentam. Todavia não acreditamos nesta previsão e achamos que as minas serão lavradas ainda por pelo menos uma década. Nossa posição se baseia em dados de reservas totais e teores existentes, bem como na possibilidade de extração em menor escala de zonas de menor dimensão. Os teores mínimos de cobre hoje considerados são de 0,68% em subsolo e 0,3% a céu aberto. Para 1990 os dados que nos foram apresentados indicavam :

- a. produção de minério com 0,65% de cobre - 1 700 000 ton/ano;
- b. produção de concentrado com 30% de cobre - 33 000 ton/ano;
- O teor médio é de 30% mas existe uma oscilação na faixa entre 27 e 33%.
- c. produção de cobre contido - 10 000 ton/ano.

A mineração subterrânea tem uma capacidade de produção de 600 000 toneladas anuais de minério, ou seja cerca de 2 000 toneladas por dia, com um teor de corte de 0,6% de cobre.

I.3. METODOLOGIA DE LAVRA

O arranjo atual da lavra subterrânea reflete a preocupação de se aproveitar ao máximo as instalações já existentes e minimizar os investimentos efetuados desde o Projeto Expansão Camaquã. Deste modo o antigo poço São Luiz foi aprofundado de 154 m e é o atual poço de extração de minério. O material desmontado na mina Uruguai é transportado através de uma galeria para a primeira fase de



LEQUE FURAÇÃO

Figura I.4. Disposição geométrica das vias subterrâneas das minas São Luiz e Uruguai. O bloco sendo desmontado na mina Uruguai fornece minério que alimenta a britagem junto ao poço de extração locado na mina São Luiz [vide figura I.1].

britagem em subsolo ocorrente junto ao poço de extração. A figura I.4. ilustra o arranjo geométrico atual das vias subterrâneas, com um realce em produção na mina Uruguai e a britagem na mina São Luiz.

O principal método de lavra utilizado é o de subníveis com perfurações verticais em leque. Neste método o minério *in situ* é desmontado em fatias verticais utilizando-se perfuratrizes locadas nos 3 subníveis de perfuração como ilustra a figura I.5.

As dimensões médias dos blocos são largura de 10 m, comprimento de 60 m e altura variável entre 30 e 40 m. Os blocos maiores chegam a alturas de 60 m e comprimento de 70 m. A profundidade máxima da mina é de 430 m mas a lavra está atualmente a cerca de 220 m abaixo da superfície. A perfuração é feita por meio de 5 jumbos TAMROCK e a operação é totalmente mecanizada.

O primeiro método de lavra utilizado foi o de armazenamento temporário ("shrinkage stoping") mas hoje ele é apenas usado em corpos de minério de menor espessura, ou aonde razões econômicas não justifiquem a execução de grandes trabalhos de desenvolvimento tal qual ocorre com o método dos subníveis. No armazenamento temporário o desmonte é feito por meio de fatias horizontais, utilizando-se perfuratrizes manuais.

Na mina São Luiz ainda existem cerca de 500 000 toneladas de minério com 0,8% de cobre, localizadas principalmente em pequenos corpos e pilares. Sua extração é complicada pois a lavra de pilares exige que se execute um preenchimento dos vazios criados. Na mina Uruguai já ocorreram problemas de estabilidade estrutural de teto com a queda de bloco, tendo-se utilizado um preenchimento de 250 000 toneladas de estéril britado. Na mina toda o preenchimento já requereu cerca de 400 000 toneladas.

A mina opera em 3 turnos diários de 8 horas cada um, com início às 8, 14 e 22 horas.

I.4. TRANSPORTE E BENEFICIAMENTO

O acesso ao corpo de minério é feito por um poço e uma rampa, sendo que o principal acesso é a rampa de serviço com comprimento de 2 358 metros, secção de 3,5 por 4,5 m e declividade de 8 graus. As rampas e planos inclinados tem secções desta ordem enquanto que as galerias dos níveis tem secção de 3,9 por 3,9 m. As galerias secundárias tem secção de 3,5 por 3,5 m e todas as galerias tem secção em forma de "ferradura". A figura I.3. apresenta as principais vias subterrâneas atualmente existentes nas minas do Camaquã.

O minério desmontado é carregado por LHDs marca Jarvis Clark com capacidades de 2 e 4 m³ para um chute de onde é retomado novamente por carregadoras LHD. É então carregado por caminhões rebaixados Jarvis Clark de 20 toneladas através de rampa de ligação com a mina São Luiz, num percurso de cerca de 1 000 m. A britagem primária é feita em subsolo na mina São Luiz e o minério britado é alçado por meio de esquipos pelo poço de extração. O poço de extração tem secção de 5,1 por 2,2 m e comprimento de 360 metros, e nele operam dois esquipos de 5 toneladas cada um. A velocidade de ascensão é de 5 m/s e são realizadas 34 viagens de produção por hora.

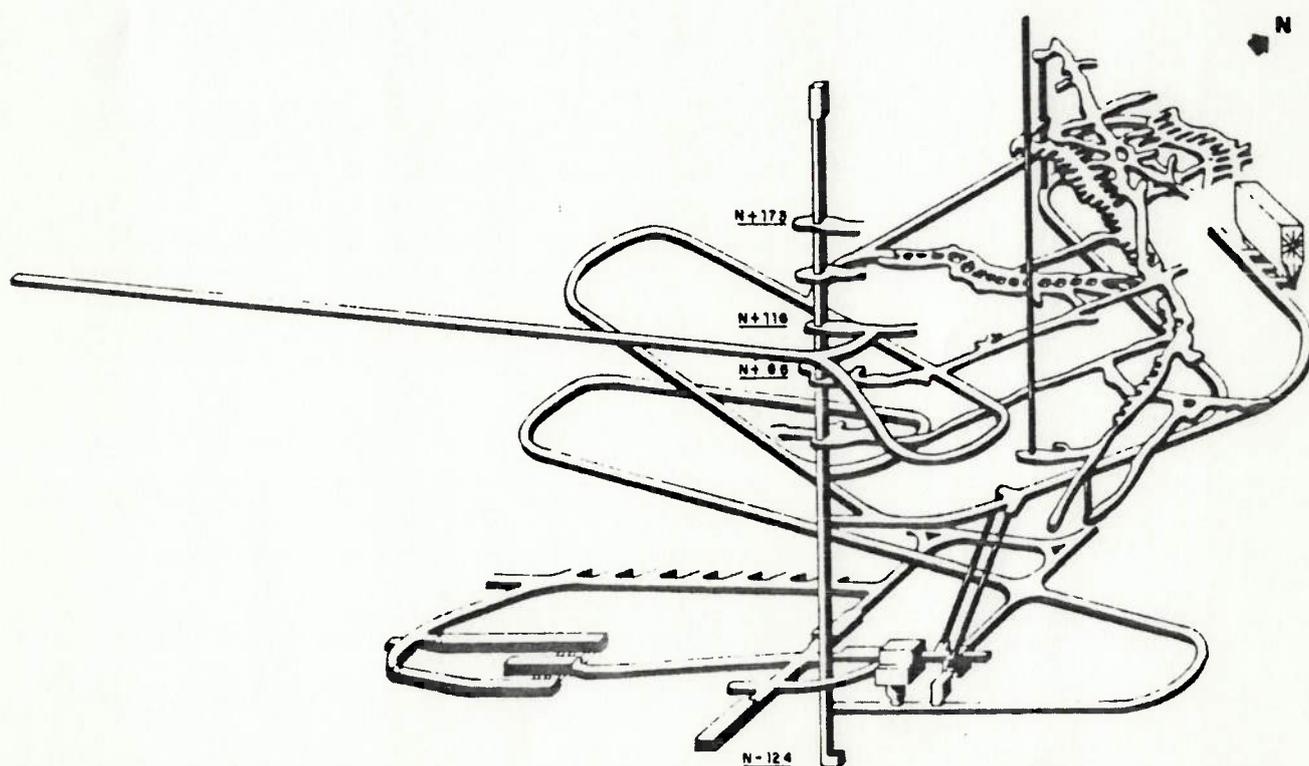


Figura I.5. Método de subníveis com perfurações em leque usado na lavra subterrânea. Este é o principal método de lavra mas o método por armazenamento temporário é também utilizado quando se tem pequenos corpos de minério [vide figura I.1].

Em superfície ocorre uma mistura com minério proveniente da mina a céu aberto, o qual vem por correia transportadora. Após a concentração o produto final é transportado por caminhões para Pelotas e daí para o porto de embarque em Rio Grande. Do Rio Grande segue por navio para Aratu na Bahia, com uma frequência de 1 navio a cada 60 dias.

Em subsolo encontramos também uma série de instalações auxiliares tais como central de bombeamento, oficinas de manutenção, depósitos de combustível, refeitório, subestação e outras áreas de serviço.

I.5. ENGENHARIA AMBIENTAL E SEGURANÇA

O setor de segurança tem prédio próprio e envolve diretamente 39 funcionários, sendo subdividido nas áreas de segurança no trabalho e segurança patrimonial. A segurança no trabalho por sua vez é subdividida com relação a lavra a céu aberto e a lavra subterrânea, existindo brigada contra incêndio e brigada de primeiros socorros.

A ventilação em subsolo é feita por meio de 2 poços operando em sistema de exaustão através de 2 ventiladores com capacidade de 400 000 m³/hora (111,1 m³/s). São efetuadas sistematicamente medidas de velocidade de ar, vazão, conteúdo de gases, temperatura e ruído. Para tanto a empresa dispõe de decibelímetro, de "candelímetro", de higrômetro, de psicrômetro e de tubos colorimétricos marca Draquer.

As medições de gases são efetuadas em pontos definidos da mina e também junto aos escapamentos das máquinas; neste último caso medidas são efetuadas também a qualquer momento a pedido de operadores de carregadoras e caminhões. Para os pontos da mina são seguidas as Normas NR-15 (Anexo 11) e NR-4, referentes a Portaria 3214. Os limites considerados para diversos gases de mina são:

CO - 39 ppm; CO₂ - 3 900 ppm; NO₂ - 4 ppm; NO+NO₂ - 24 ppm.

Para as medidas junto a escapamentos são utilizados valores médios constantes da literatura internacional e que são:

CO - 1 000 ppm; CO₂ - 40 000 ppm; NO₂ - 30 ppm; NO+NO₂ - 300 ppm.

A temperatura de bulbo seco em subsolo é da ordem de 22 graus e são efetuadas medidas diárias de umidade relativa no paiol de explosivos locado em superfície.

É constante a exigência de uso de equipamento de proteção individual (EPI) e na ficha de contratação de funcionário consta sua assinatura comprovando o recebimento de EPI e de instruções e procedimentos para uso adequado.

Constatamos durante a visita que os operadores de perfuratrizes e caminhões usavam máscaras marca Draquer para gases ácidos e poeira, além de protetor auricular e capacetes. Nas usinas de britagem e moagem poderia existir melhor sinalização de saída e deslocamento de emergência, e notamos um extintor mal colocado junto ao pé de uma escada que atrapalhava o fluxo de pessoal pela escada.

São poucos os problemas de estabilidade nas vias em subsolo, utilizando-se em pequeno trecho da rampa na mina Uruguai arcos metálicos. Em alguns locais são utilizados parafuso de rocha

("split set") de comprimento 1,8 m e também telas.

Uma interessante e eficaz atitude da CBC se refere 'as técnicas utilizadas para motivar funcionários, aumentar a produtividade, diminuir custos e aumentar a segurança. Citaremos resumidamente dois procedimentos:

- a. área de segurança ocupacional - todos os funcionários sem acidentes com afastamento por um período de 5 anos recebem um diploma e um brinde comemorativo.
- b. área de produtividade - é utilizado o sistema denominado de CCQ-Círculos de Controle de Qualidade. Esta técnica surgiu no Japão em 1962, foi utilizada em 1971 na Wolks em São Bernardo do Campo e no Rio Grande do Sul em 1981. Na CBC são enfatizadas a criatividade, a participação, a valorização e a integração, existindo presentemente 12 grupos em funcionamento. Cada grupo é composto de líder, secretário, padrinho e 6 membros, tendo registro oficial e logotipo. A entrada de novo membro só ocorre se houver vaga e o grupo aceitar. As reuniões do grupo podem ocorrer dentro do expediente e se ocorrerem fora os componentes recebem hora extra.

Anualmente ocorre um concurso em que são julgados projetos desenvolvidos (número máximo de 2 por grupo). O grupo vencedor recebe premiação em dinheiro mas todos recebem brindes como camisetas e calculadoras.

Esta técnica entusiasticamente defendida pelo setor de segurança tem dado entre outros resultados os seguintes:

- ano de 1990 - investimentos da empresa nos projetos: US\$ 1 827;
 número de projetos desenvolvidos: 7;
 economia anual conseguida: US\$ 128 911.
- ano de 1991 - investimentos da empresa nos projetos: US\$ 4 515;
 número de projetos desenvolvidos: 10;
 economia anual conseguida: US\$ 200 000 (apenas 4 dos projetos permitiram economia de US\$ 165 640.

I.6. ILUMINAÇÃO

A grande maioria das medições foi efetuada em subsolo e os principais resultados são apresentados a seguir. Quando não especificado o local de medição é subterrâneo.

- a. rampa de acesso à mina São Luiz: sem iluminação fixa de rede.
- b. galeria de acesso à oficina principal: com 150 m, os 100 m iniciais com apenas duas luminárias mas o 50 m finais com 3 luminárias com 2 tubos fluorescentes. Para os 50 m finais:

$$E(\text{sob lumin'aria}) = 64 \text{ lux} \quad E(\text{entre luminárias}) = 29 \text{ lux}$$

- c. oficina principal: para caminhões, apresentando lâmpadas incandescentes e fluorescentes como o esquema da figura I.6.

Os pontos de medição estão indicados por P1, P2 e P3 na figura I.6.

$$E(P1) = 56 \text{ lux} \quad E(P2) = 131 \text{ lux} \quad E(P3) = 136 \text{ lux}$$

Das 10 incandescentes 2 tinham tubos queimados, e as luminárias fluorescentes continham 2 ou 4 tubos. Cerca de 20% deles estavam inoperantes. O forte cheiro de fumaça na oficina obrigava muitas vezes o uso de máscaras.

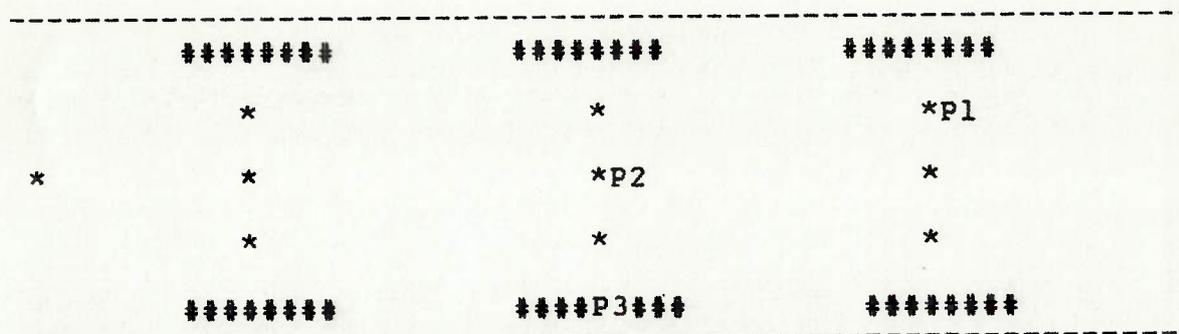


Figura I.6. Esquema simplificado da localização das lâmpadas na oficina principal em subsolo. Lâmpadas incandescentes são indicadas por asteriscos (*) e fluorescentes por (*****).

- d. oficina secundária: para soldas e motores, apresentava as paredes caiadas de branco. Continha luminárias com 2, 3 ou 4 tubos fluorescentes, com cerca de 15% destes inoperantes.

E(centro da oficina, sob fluorescente) = 146 lux

E(bancada) = 192 lux

- e. oficina para perfuratrizes e jumbos: todas as lâmpadas eram incandescentes e as paredes caiadas de branco. Medição entre 2 lâmpadas.

E(centro da oficina) = 70 lux

- f. câmara de britagem em subsolo: 2 lâmpadas incandescentes, com paredes sujas e muita poeira. Deveria-se cair pelo menos a região de manobra dos caminhões. Medição efetuada sob lâmpada e junto a borda da grelha.

E = 21 lux

- g. estimativas de refletância: efetuadas em diversos locais.

paredes caiadas e limpas da oficina secundária:

lo. ponto: E = 58 a 60 lux L' = 23 a 25 lux

r = 35,4 a 43,1%

2o. ponto: $E = 63$ a 66 lux $L' = 22$ a 23 lux
 $r = 33,3$ a $36,5$ %

parede caiada da oficina secundária mas com visível presença de pó marrom:

$E = 69$ a 70 lux $L' = 18$ a 21 lux
 $r = 25,7$ a $30,4$ %

parede de madeira pintada de branco e limpa, junto a galeria de acesso a oficina principal:

$E = 31$ a 35 lux $L' = 16$ a 18 lux
 $r = 45,7$ a $58,1$ %

parede da câmara de britagem:

$E = 13$ a 14 lux $L' = 0$ a 2 lux
 $r < 15,4$ %

O valor zero de luminância indica apenas que o instrumento não foi sensibilizado para aquele nível de iluminação.

- h. rampa de interligação entre as minas São Luiz e Uruguai: sem iluminação fixa de rede. Quando os caminhões se cruzam aquele sem carga manobra e se enquadra em um dos nichos laterais existentes a intervalos regulares. Observamos marcas de raspadas e batidas nos nichos, sugerindo-se caia-los de branco.
- i. salão dos encarregados: existente a 300 m de profundidade e servindo de base de apoio. As paredes não são caiadas e existem 3 lâmpadas incandescentes.
- $E(\text{centro da sala}) = 24$ lux $E(\text{mesa principal}) = 35$ lux
- j. sala da chefia da segurança: em superfície, com amplas janelas e boa iluminação. Medições efetuadas ao meio dia.
- $E(\text{mesa de trabalho}) = 750$ lux
 $E(\text{mesa de reuniões}) = 1\ 100$ lux
- k. sala de comando da britagem superficial: contém uma luminária com 4 tubos fluorescentes. Medição efetuada no painel.
- $E = 135$ lux
- l. sala de comando da moagem superficial: 2 luminárias com 2 tubos fluorescentes. Medição efetuada no centro da sala.

E = 160 lux

- m. tivemos acesso ao código de cores usado para os capacetes, o qual era função dos diversos setores de atividades.

branco - chefias

branco com cruz verde - chefias do setor segurança

amarelo - pessoal de subsolo (variadas atividades)

azul - pessoal da manutenção automotiva

verde - pessoal da manutenção elétrica

vermelho - pessoal da manutenção industrial

laranja - pessoal da usina em superfície

preto - pessoal da limpeza em superfície

ANEXO J - MINA SANTA CATARINA

J.1. LOCALIZAÇÃO E HISTÓRICO

Relatos históricos indicam que a primeira ocorrência de fluorita descoberta no Estado de Santa Catarina remonta ao ano de 1950, no Município de Armazém. O primeiro decreto de lavra foi expedido para a MIBRAS-Mineração Sulbrasileira Ltda em 30 de dezembro de 1960, e durante as décadas de 50 e 60 foram descobertas outras significativas ocorrências na região leste do estado. Entre outras são citadas as ocorrências de Santa Rosa de Lima, Rio Fortuna, Imaruf, Orleans e Pedras Grandes.

Em 1961 foi descoberto um excepcional afloramento na propriedade de Alberto Sartor em 2a. Linha Torrens, Município de Morro da Fumaça. Este afloramento ficou conhecido como filão 2a. Linha Torrens e se mostrou o maior depósito de fluorita do estado. Foi posteriormente constatada a continuidade deste filão para propriedades vizinhas onde se instalaram outras minas. A figura J.1. mostra a localização do filão 2a. Linha Torrens dentro do Estado de Santa Catarina, e a figura J.2. ilustra a subdivisão deste filão que foi lavrado por 3 minas contíguas, a saber, mina Santa Catarina, mina Nossa Senhora do Carmo e mina Floral.

Em 1951 o grupo Votorantin adquiriu 50% da MIBRAS e em 1968 obteve o controle acionário total da empresa. Em 1972 adquire a MICAL-Minérios Catarinenses Ltda e suas empresas associadas, e finalmente em 1975 adquire a Mineração Santa Catarina e suas coligadas. O objetivo primordial da entrada do grupo Votorantin na mineração de fluorita era assegurar a produção de insumos essenciais para a obtenção de alumínio metálico.

Intensos trabalhos de pesquisa geológica foram efetuados e até 1987 já haviam sido abertos mais de 32 000 metros de galerias, 6 800 metros de chaminés, 2 600 metros de poços e 25 000 metros de sondagens rotativas a diamante. O envolvimento do grupo Votorantin foi muito grande com a lavra de fluorita e em 1987 a Mineração Santa Catarina possuía 14 concessões de lavra que correspondiam a 9 minas e mais duas com pedido de autorização de lavra.

J.2. GEOLOGIA, TIPOS DE MINÉRIO E PRODUÇÃO

O corpo de minério da 2a. Linha Torrens está encaixado em falhamento regional que corta as rochas do embasamento cristalino (quartzo-monzonito) e as rochas sedimentares do grupo Itararé (conglomerados, arenitos, siltitos e ritmitos). O falhamento tem direção N20-30E, sendo semi-vertical a noroeste e caracterizado por cataclasitos e milonitos.

A mineralização é hidrotermal de baixa temperatura e composta principalmente por quartzo e fluorita, aparecendo secundariamente barita, pirita e calcita. A fluorita se apresenta em diversas cores tais como amarela, lilás, verde e incolor.

A figura J.2. mostra esquematicamente o veio 2a. Linha Torrens em planta e subdividido nas 3 minas que o lavraram. Em superfície

sua extensão era de aproximadamente 1 000 metros sendo que a mina

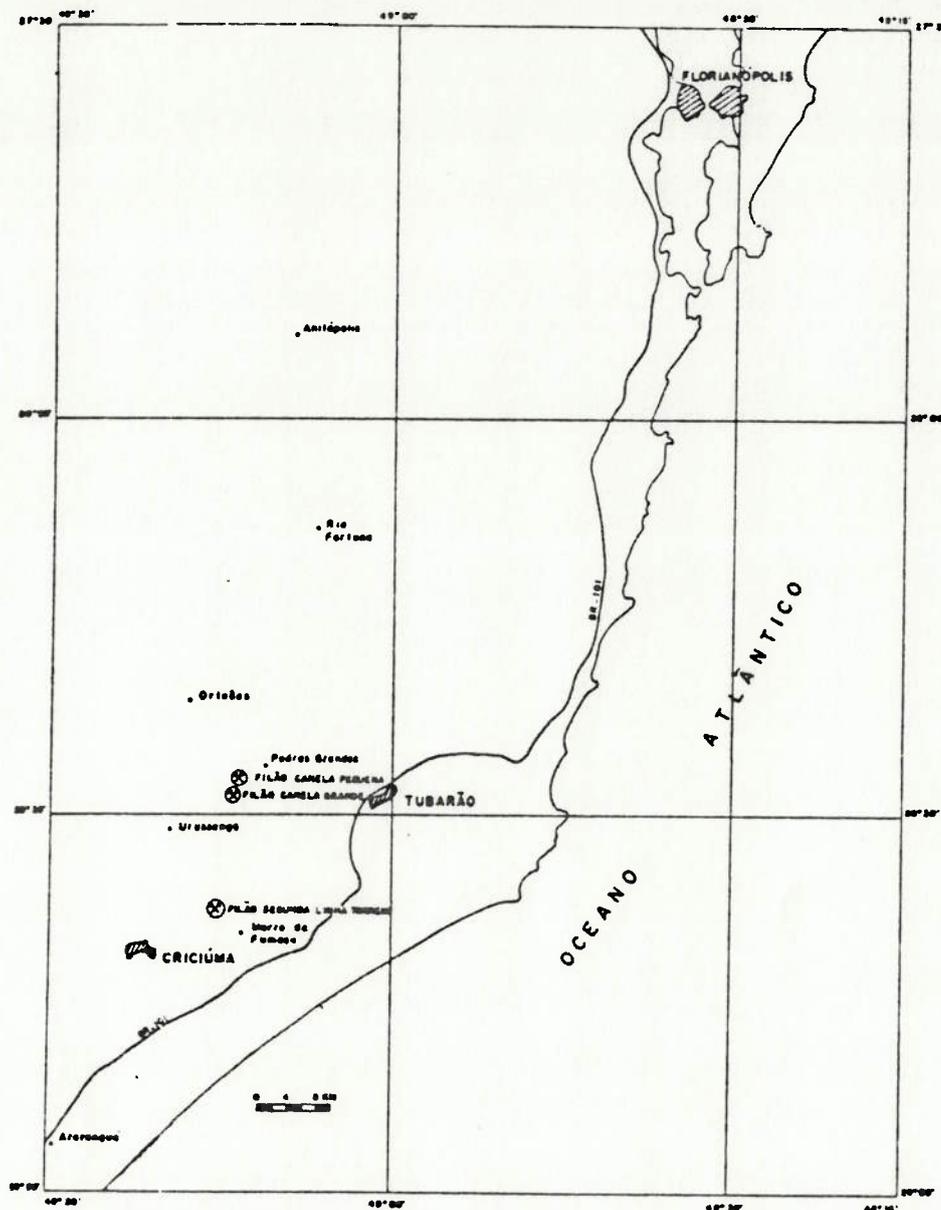


Figura J.1. Município de Morro da Fumaça em Santa Catarina.

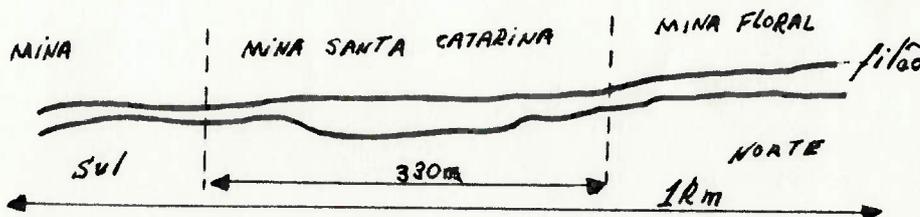


Figura J.2. Subdivisão do filão 2a. Linha Torrens, Município de Morro da Fumaça, Distrito Estação Cocal a 26 km de Criciúma.

Santa Catarina englobava cerca de 300 metros de sua porção central. Sua espessura atingia 11 metros em um trecho de quase 100 metros próximo à superfície, mas com o aumento da profundidade sua espessura diminui tendo-se um valor médio de 3 metros. O filão principal apresenta-se subvertical (75 a 80 graus), com mergulho para noroeste e com direção de N25. Filões secundários tem direções na faixa N10 a N15.

Com o aumento da profundidade se constata uma sensível diminuição do teor de fluorita (CaF_2) com os seguintes valores aproximados:

na superfície - teor de 85 a 90%;
 na cota 80 m - teor de 60 a 65%;
 na cota 120 m - teor de 55%;
 na cota 180 m - teor de 30%;
 na cota 232 m - teor de 6 a 7 % (enriquecimento rico apenas em sílica, apesar de se manterem as mesmas estruturas e fraturamento).

A mina chegou a atingir a cota de 232 metros onde a espessura do filão situava-se na faixa de 2 a 4 metros. Atualmente foi definido um teor de corte de 25%, limitando a profundidade de lavra a 204 metros.

Até 1979 a mina Santa Catarina produzia fluorita dos tipos metalúrgico e ácido, e a partir de então apenas o tipo ácido que é mais apropriado às características de seu minério. Em dezembro de 1991 a produção de minério bruto colocado na boca da mina (ROM) oscilava entre 5 000 e 5 500 toneladas. A esta produção era adicionada a produção de duas minas menores trazida por caminhões de 12,5 toneladas, pois o beneficiamento é centralizado na mina Santa Catarina. Deste modo são destinados cerca de 7 300 toneladas de ROM por mês para a usina, a um teor médio de 37% de CaF_2 .

Estimativas relativas a níveis de produção e teores médios desde o início da produção em 1961 indicam que a extração total de minério bruto está em torno de 1 000 000 de toneladas, com teor médio de 42%. Atualmente as reservas totais são estimadas em cerca de 290 000 toneladas mas a lavra está prevista para apenas mais 2 anos em face do teor de corte estabelecido. A mina Santa Catarina lavrou nestes anos um corpo de minério com as seguintes características médias: extensão de 330 m, espessura de 4,8 m, e altura de 215 m.

As 7 300 toneladas de ROM enviadas à usina de tratamento geram cerca de 2 400 toneladas por mês de um concentrado tipo ácido com teor de 97% CaF_2 . Este concentrado é transportado por rodovia para a Cia. Nitroquímica Brasileira (grupo Votorantin) para a fabricação de ácido fluorídrico, fluoreto de alumínio e criolita sintética, os dois últimos sendo insumos básicos para a metalurgia do alumínio desenvolvida pela CBA-Companhia Brasileira de Alumínio (também do grupo Votorantin).

Os principais usos da fluorita são: como fundente na metalurgia, na indústria química do flúor, na indústria do alumínio, na indústria cerâmica, na indústria do vidro, na indústria de soldas, no tratamento de água e na fundição de metais. No Brasil as aplicações se subdividem aproximadamente em 57% para fabricação de ácido fluorídrico, 37% para a siderurgia e 6% para as demais.

J.3. METODOLOGIA DE LAVRA

As primeiras atividades extrativas eram executadas a céu aberto ou em galerias de meia encosta nos afloramentos, numa ação predatória que visava a obtenção de fluorita tipo metalúrgico com teores superiores a 80%. O desmonte era manual (feito com marretas) e a escolha era por catação também manual. O material fino (com teores acima de 60%) era na maior parte desperdiçado, sendo utilizado até como revestimento de estradas.

No filão da mina Santa Catarina a lavra a céu aberto se iniciou no extremo sul, e com o aumento da profundidade foi aberto um poço vertical em cima do minério até o nível 50 m. A lavra era efetuada em recuo a partir de galerias horizontais que partiam do pé do poço, sendo empregadas perfuratrizes manuais e explosivos. Não se empregava nenhuma metodologia racional ocorrendo muitas perdas de minério nos pilares.

A partir do conhecimento do método por armazenamento temporário ("shrinkage") utilizado nas minas do Camaquã, alguns blocos no nível 50 foram experimentalmente lavrados por esta metodologia. Este método se mostrou mais apropriado para as condições da mina e passou a ser sistematicamente adotado.

Em 1971 foi concluído o poço 2, aberto em rocha granítica da lapa do minério, a cerca de 40 m do anterior e atingindo o nível 82 m. Posteriormente este poço foi aprofundado até o nível 132 m, definindo-se painéis de maior altura (50 m) e blocos de comprimento padronizado (80 m). A lavra se tornou mais racional ocorrendo aumento da recuperação. Finalmente foi aberto o poço auxiliar 3, a 60 m do filão e atingindo o nível 132 m, e as 3 chaminés que atingem a superfície. A figura J.3. ilustra estas aberturas através de um perfil longitudinal, com as chaminés locadas fora do veio por motivos de segurança.

A partir de então passaram a ser empregados dois métodos de lavra, o por armazenamento temporário e o por corte e aterro ("cut and fill"). O método por armazenamento temporário é usado nas zonas de maior estabilidade e com espessura de 3 m ou menos, tendo sido lavrados por este método os blocos 182/00, 182/02, 182/04 e 182/05 da figura J.3. A essência deste método pode ser visualizada geometricamente na figura J.4.

Neste método a perfuração nas frentes é executada com perfuratrizes pneumáticas tipo BBC-17W da Atlas Copco enquanto que nas chaminés são usadas as perfuratrizes pneumáticas tipo BBD-46WS ("stopper"); a carga dos furos é com dinamite em cartuchos de diâmetros de 7/8" ou 1", escorvados com espoleta comum e estopim. O minério desmontado é carregado por gravidade em vagonetas de ferro com capacidade para uma tonelada sendo usados os dois procedimentos seguintes:

- a. chutes com tampa de ferro localizados na parte inferior dos blocos e junto as galerias de transporte;
- b. chutes com pás carregadoras pneumáticas EINCO-12B usadas para o carregamento das vagonetas.

Um dos problemas do armazenamento temporário está associado a diluição do minério, que apresenta teor de 30% ao ser desmontado mas chega na boca da mina com apenas 17%. Esta diluição tem origem nos deslocamentos das paredes e tetos, e todas as galerias são abertas na encaixante devido a incompetência do minério.

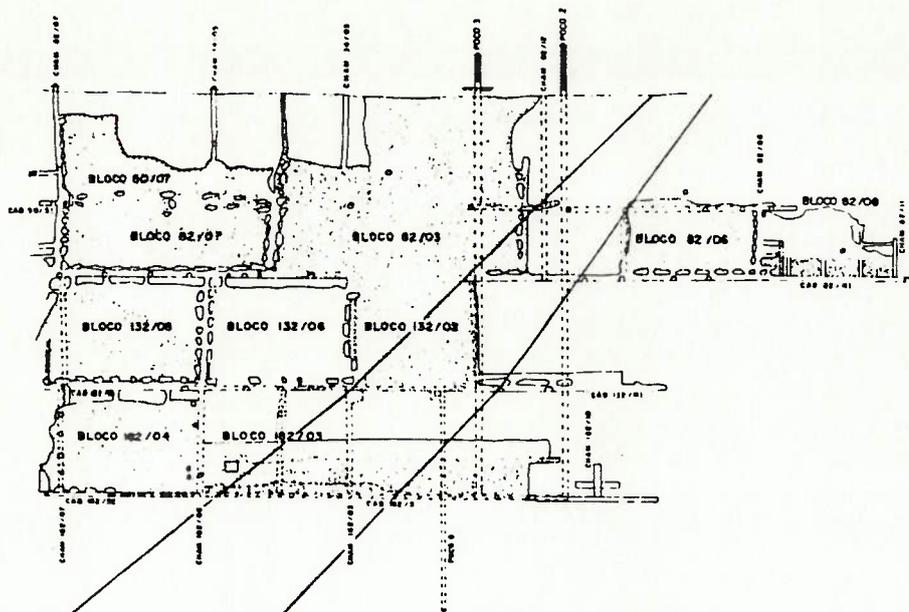


Figura J.3. Perfil longitudinal da mina Santa Catarina onde se percebe os poços 2 e 3 e as 3 chaminés.

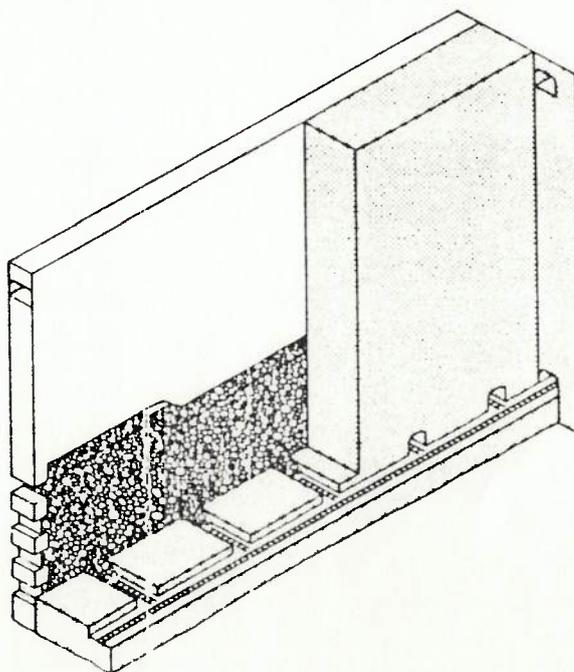


Figura J.4. Método de lavra por armazenamento temporário.

Em locais de maior instabilidade e junto às bifurcações do filão, onde a ocorrência de quedas de blocos era verificada, o método de lavra utilizado é o corte e aterro. O avanço da lavra no realce pode progredir tanto no sentido ascendente ("overhand") como descendente ("underhand").

No avanço ascendente a perfuração pode ser horizontal ou vertical, mas neste último caso surgem problemas de deslocamento de teto tendo sido utilizados tirantes e cabos para minimização destas situações indesejáveis. A queda de blocos de dimensões avantajadas requer também a execução de fogachos. A figura J.5. ilustra geometricamente a essência deste método com avanço ascendente.

O corte e aterro descendente foi um método inicialmente concebido para a extração de pilares submetidos a altas tensões, sendo depois adaptado para maciços altamente fraturados e/ou alterados. A aplicação desta metodologia na mina Santa Catarina tem permitido a lavra de todo o veio e tem evitado as paralizações temporárias devido a instabilidades. A recuperação obtida tem sido da ordem de 85% devido a existência de antigas zonas já mineradas. Se a lavra fosse iniciada hoje por este método a recuperação seria praticamente de 100%, devido principalmente ao uso de lajes de solo-cimento como ilustra a figura J.6. Esta laje além de permitir o avanço descendente vai substituindo os pilares e permitindo portanto sua recuperação.

Tanto no avanço ascendente como no descendente o minério desmontado é transportado no interior do próprio bloco por meio de carregadoras elétricas tipo "bobcat" até o chutes. Estes são mais espaçados que no caso de armazenamento temporário e possuem tampas de ferro na parte inferior onde são carregadas as vagonetas.

Os blocos lavrados por armazenamento temporário são posteriormente preenchidos com areia (de rio ou praia), granito ou com a fração grossa do rejeito ciclonado da usina. O material de preenchimento é introduzido pelas chaminés a partir da superfície.

Nos blocos lavrados por corte e aterro o preenchimento é retomado no interior dos blocos pelas "bobcats", que efetuam a deposição e a compactação. A partir de 1982 passou-se a utilizar também preenchimento hidráulico transportado por mangueiras de diâmetro de 1,5 a 2 polegadas e instaladas nas chaminés ou furos de sonda. O material de preenchimento é o "underflow" obtido na ciclonação do rejeito e se constitui numa polpa com cerca de 55% em massa de sólidos, e que corresponde a 70% do rejeito total (fração grossa).

A mina já chegou a ter 14 frentes em lavra tendo hoje apenas duas, sendo que uma está em processo de reativação. O limite provável de lavra será o nível 214 m e após o esgotamento da jazida, daqui a 2 anos, a empresa deverá estar operando sua nova mina de fluorita em Rio Fortuna, a 120 km de distância.

J.4. TRANSPORTE E BENEFICIAMENTO

As galerias de transporte são paralelas ao veio e locadas na encaixante granítica. As vagonetas são empurradas manualmente sobre linhas férreas com declividade de 0,5 a 1% até o poço 2 por onde é feito o alçamento. No poço as vagonetas são içadas para a

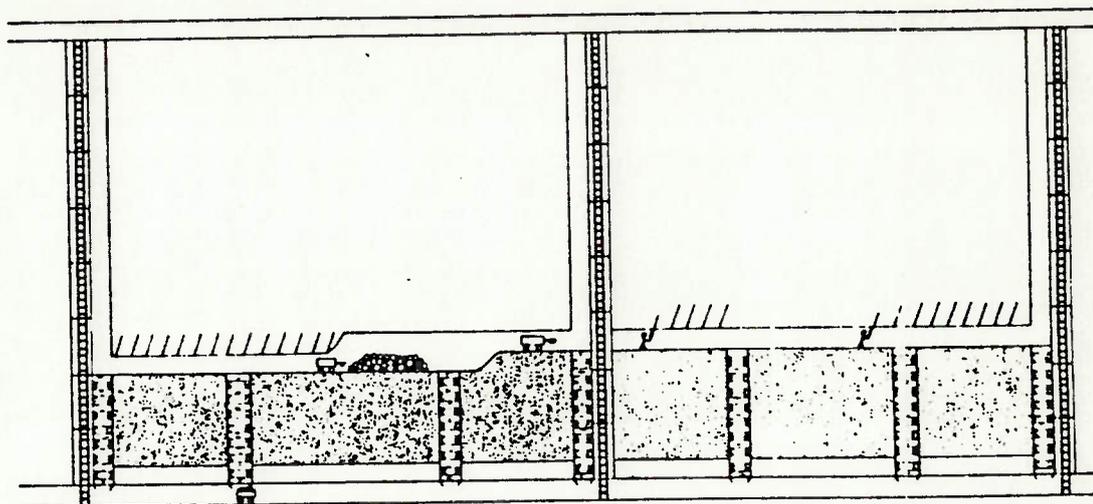


Figura J.5. Representação geométrica simplificada do método de lavra por armazenamento temporário com avanço ascendente.

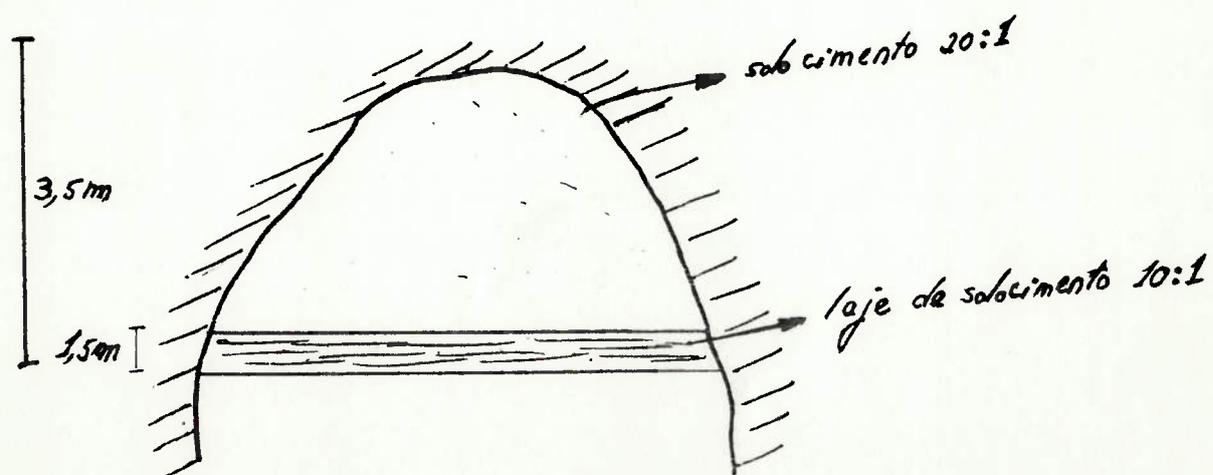


Figura J.6. Seção de laje de solo-cimento utilizada no corte e aterro. Atualmente esta laje é utilizada tanto no avanço ascendente quanto descendente.

superfície através de 2 gaiolas de ferro tracionadas por um guincho de fricção (Polia Koepe) de 63 kW, e a velocidade média de subida é de 3 m/s.

A usina opera com minério bruto argiloso com teor de 35% de CaF₂. Após a britagem primária grande parte da argila é eliminada por meio de tambor desagregador e peneiras vibratórias em série com classificador espiral. A britagem secundária é efetuada por meio de britador cônico originando um material com granulometria de meia polegada.

O produto britado é homogenizado em pilhas por meio de "stacker" e depois enviado para um moinho Denver com alimentação de 11 toneladas por hora (base seca). O "overflow" do classificador helicoidal é um produto 95% passante na malha 65 mesh, e alimenta o circuito de flotação. Esta é feita usando-se carbonato de cálcio como corretor de pH, silicato de sódio como depressor e "tall oil" como coletor. O concentrado passa então pelo espessador cujo precipitado é bombeado para um flitro rotativo a vácuo obtendo-se um produto com 7 a 8% de umidade. O concentrado final, do tipo ácido com teor de CaF₂ de 97%, é estocado para embarque a granel. A recuperação total em massa (incluindo a rejeição de argila na britagem) atinge a 31% (concentrado úmido/ROM). O rejeito do beneficiamento e a fração grossa (correspondente a 70% da quantidade total em massa) são utilizados como material de preenchimento, enquanto que a fração fina é lançada na bacia de rejeitos. A produção de concentrado para embarque a granel atingia em dezembro de 1991 a 2 400 toneladas.

J.5. ENGENHARIA AMBIENTAL E SEGURANÇA

Na empresa Santa Catarina trabalham mais de 500 funcionários, sendo que 107 na mina e 55 na usina de tratamento. Na lavra tem-se 4 turnos de trabalho de 6 horas, 25 dias por mês pois se opera também aos sábados, sendo que em subsolo trabalham 85 homens. O turno de 12 às 18 horas é específico para perfuração e manutenção.

Existe um manual interno da empresa sobre normas de segurança, com 39 páginas, e que contém inclusive uma secção relativa a iluminação. A energia elétrica desce com 6 000 V até o nível 132 m, a partir da qual é distribuída com 380 V.

A ventilação é natural com sistema forçado acionado nas situações críticas tais como a diluição dos gases de detonação. O sistema de exaustão forçada utiliza 4 ventiladores maiores de 25 HP cada um, e nos realces se utiliza ventiladores menores de 7,5 HP. O circuito maior opera com vazão de 40 000 m³/h ou cerca de 11,1 m³/s. A temperatura em subsolo oscila entre 18 a 19 graus, com a máxima em torno de 23 graus. A umidade relativa é de 85 a 90%.

A drenagem da mina é feita por meio de bombas centrífugas (total de 700 HP), localizadas nos níveis 82, 132 e 232 m. A vazão é da ordem de 110 m³/h. A parte potável desta água é bombeada para a vila.

I. ILUMINAÇÃO

A iluminação é feita por lâmpadas incandescentes porque as fluorescentes apresentavam problemas por causa das vibrações das detonações. Praticamente toda a mina contém iluminação fixa de rede a não ser nas chaminés para acesso de pessoal aos realces. Estas foram os locais onde encontramos uma situação de risco desnecessário visto se usar as escadas sem cinto de segurança, tendo-se risco de escorregamento, além de em alguns pontos os degraus estarem mal colocados.

Nas frentes tem-se também iluminação de rede e as vezes holofotes. As medições efetuadas estão resumidas a seguir:

- a. galeria de acesso ao poço de pessoal: na cota 182 m, está caiada de branco, com lâmpadas sem luminária espaçadas entre 5 e 6 m, e com potência de 150 W cada uma. Medição efetuada a 1 m do piso, no centro da galeria, entre lâmpadas.

$E = 38 \text{ lux}$

- b. salão junto ao pé do poço de produção: algumas lâmpadas com bulbo fosco, sem luminária e paredes caiadas.

$E(\text{sob lâmpada não fosca}) = 80 \text{ lux}$

$E(\text{sob lâmpada fosca}) = 50 \text{ lux}$

$E(\text{entre lâmpadas}) = 20 \text{ lux}$

- c. galeria na cota 132 m: em granito da encaixante, sem caiação:

$E(\text{sob lâmpada}) = 190 \text{ lux}$

- d. percurso nas galerias até acesso ao realce: variadas condições de iluminação devido a localização das lâmpadas.

$E(\text{máximo medido}) = 70 \text{ lux}$

$E(\text{mínimo medido}) = 11 \text{ lux}$

- e. realce: lavra por corte e aterro ascendente e preenchimento hidráulico, com uso de "bobcat". Havia iluminação fixa de rede mas a lâmpada da entrada estava queimada.

$E(\text{entre lâmpadas}) = 2 \text{ lux}$

$E(\text{na parede próxima a uma lâmpada}) = 34 \text{ lux}$

- f. refatório na cota 182 m: paredes caiadas. Efetuadas medições em diversos pontos e mesas.

$E(\text{mínimo medido}) = 60 \text{ lux}$

$E(\text{máximo medido}) = 184 \text{ lux}$

- g. oficina de manutenção em subsolo: na cota 182 m, com as paredes caiadas. Medição em diversos locais junto às

prateleiras.

E(máximo medido) = 115 lux

E(mínimo medido) = 45 lux

- h. estimativa de refletância: nas paredes da galeria de acesso ao poço na cota 182 m, caiada.

E = 24 a 25 lux L' = 9 a 10 lux r = 36 a 41,7%

- i. estimativa de refletância: paredes de granito sem caiada da galeria da cota 132 m.

E = 157 a 187 lux L' = 27 a 29 lux r = 14,4 a 18,5%

ANEXO K - MINA POÇO SÃO PEDRO

K.1. LOCALIZAÇÃO E HISTÓRICO

A mina São Pedro pertence a mineração Nossa Senhora do Carmo, que até recentemente lavrava uma parte do mesmo filão de fluorita denominado de 2a. Linha Torrens (vide figuras J.1. e J.2). Todavia a mina neste filão recentemente se esgotou e a empresa atualmente tão somente opera a mina São Pedro no município de Pedras Grandes, a cerca de 9 km das minas Floral e Santa Catarina sendo no momento a maior produtora de fluorita no estado.

K.2. GEOLOGIA E PRODUÇÃO

A figura K.1. ilustra o estrangulamento do filão entre os níveis 110 e 150 metros, pois a falha praticamente se extingue neste trecho e não ocorre mineralização.

A produção da mina já teve picos de 10 000 toneladas por mês mas atualmente se situa na faixa de 6 000 toneladas mensais. Os teores estão na faixa de 30 a 70% com a média em torno de 46%.

Na região norte da jazida quase não se tem presença de água e a lavra atinge a profundidade de 190 metros; todavia na extremidade sul existem sérios problemas de infiltração de água nos realces. Esta água vem de zonas subjacentes e surge no nível de 70 metros. É uma água quente conhecida desde o início do século pois em 1903 o local já havia sido requerido para termas, e se pode encontrar junto a boca do poço restos do antigo Hotel São Pedro. Em 1992 a extração será reduzida pois a empresa inicia a produção da Mineração Volta Grande no Município de Cerro Azul, no Paraná.

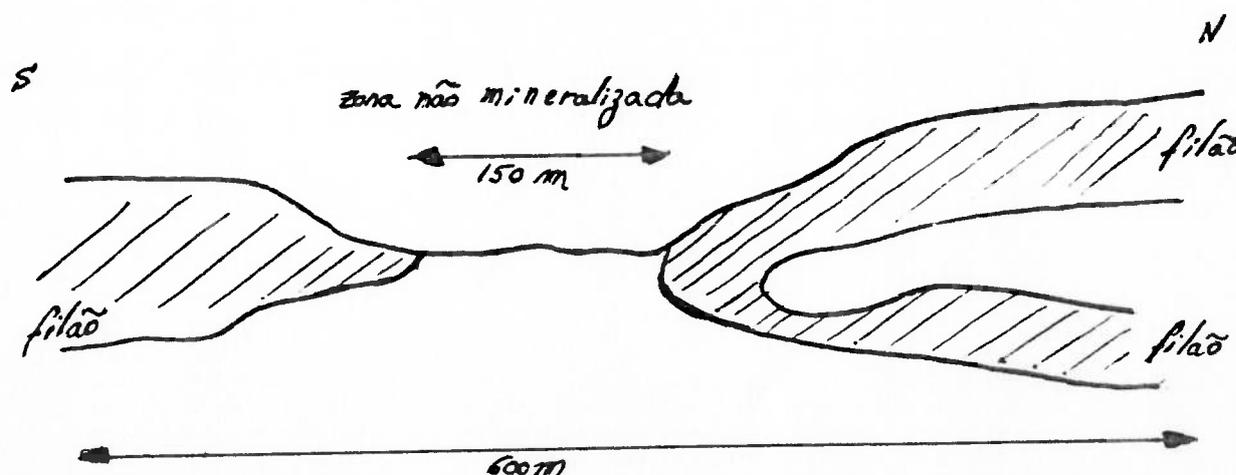


Figura K.1. Estrangulamento do filão mineralizado na jazida da mina Poço São Pedro. O fechamento da falha ocorre entre os níveis 110 e 150 metros, numa extensão da ordem de 150 m. A extensão do filão na mina São Pedro é de cerca de 600 metros.

K.3. METODOLOGIA DE LAVRA

O método de lavra é por corte e aterro e o preenchimento é feito apenas com material seco, não sendo bombeado como na mina Santa Catarina. O material é distribuído nos realces por meio de "bobcats", e as dimensões atuais dos blocos são altura de 40 m e espessura de 3 m. Para a mina toda já se abriu mais de 10 km de vias subterrâneas como galerias, chaminés e poços e o transporte do minério é semelhante ao executado na minas vizinhas.

O local na extremidade sul onde se tem altos teores da ordem de 70% apresenta o problema crítico de infiltração de água. Atualmente se bombeia 1 500 m³ por hora mas já ocorreram situações onde se bombeava 3 000 m³ por hora. O custo de bombeamento atinge quase 50% dos custos de lavra, sendo maior que a própria folha de pagamento dos funcionários da empresa (160 pessoas). A título comparativo o custo de bombeamento da mina Santa Catarina é de apenas 8% dos custos de lavra. Para se tentar minimizar o problema da água foram feitas injeções de poliuretano objetivando a criação de uma "parede" impermeável.

K.4. TRANSPORTE E TRATAMENTO

As minas que lavram o filão 2a. Linha Torrens (Santa Catarina e Floral) e a mina São Pedro operam de modo semelhante e um problema encontrado no beneficiamento desta usina se refere ao enxofre que surge associado a pirita e a barita.

K.5. ENGENHARIA AMBIENTAL E SEGURANÇA

A grande característica desta mina está associada ao verdadeiro rio de águas quentes que existe em subsolo numa extremidade da jazida, que surge com uma temperatura de 34 graus e cria nas galerias um microclima quente, úmido e abafado. Na extremidade oposta não se tem nenhum problema de condicionamento ambiental perceptível devido a esta fonte de calor em subsolo. Das 160 pessoas da empresa cerca de 67 trabalham diretamente na mina e na usina.

As maiores situações de risco desnecessário se encontram nas chaminés de acesso aos realces. Não contém iluminação de rede e as observações seguintes são válidas também para a mina Santa Catarina:

- a. os degraus são as vezes de difícil encaixe dos pés;
- b. existe um trecho que ocorre inversão da inclinação da escada;
- c. os maiores lances contínuos deveriam ter no máximo 5 metros, existindo lances muito maiores;
- d. nas junções de cada lance deveriam ser colocadas as aberturas do piso em locais diametralmente opostos para evitar uma possível queda ou continuidade desta; isto nem sempre ocorre;
- e. haver sistema de cinto e mosquetão de segurança nas escadas;
- f. os pisos intermediários de madeira entre cada lance são escorregadios devido a presença de água e lama; deveriam ser colocadas nervuras nestes pisos de madeira.
- g. o espaçamento dos degraus é muito variável sendo as vezes

demasiadamente grande;

- h. as escadas nem sempre estão bem apoiadas e fixas dos dois lados.

K.6. ILUMINAÇÃO

É uma das minas melhor iluminada tendo tal qual a mina Santa Catarina uma extensa iluminação de rede. Junto às frentes são utilizadas apenas lâmpadas incandescentes devido ao problema com vibrações das detonações e a necessidade de mobilidade. Abaixo temos um resumo das medições efetuadas:

- a. salão junto ao poço de produção e pessoal: paredes caiadas, com lâmpadas fluorescentes de um tubo.

E(sob a lâmpada) = 78 lux

E(entre lâmpadas) = 11 lux

- b. galeria principal de transporte: as lâmpadas fluorescentes estão espaçadas de cerca de 6 m, havendo lâmpadas de 40 W junto ao poço e de 20 W ao longo da extensão da galeria. As paredes são caiadas.

E(sob lâmpada) = 66 lux

E(entre lâmpadas) = 8 lux

- c. galeria de produção a 110 m: lâmpadas incandescentes espaçadas de 5 a 15 m, com 110W e 220 V. Região sem problema com água.

E(entre lâmpadas) = 27 lux

E(próximo a parede com lâmpada) = 150 lux

- d. galeria de produção a 150 m: distribuição muito irregular de lâmpadas, com muita água pingando.

E(mínimo) = 1 lux

E(máximo) = 80 lux

- e. realce no nível 150 m: lavra de um bloco de 40 m de altura e 3 m de espessura. Medições efetuadas na parede oposta a aquela onde estavam fixas as lâmpadas incandescentes.

E(mínimo) = 5 lux

E(máximo) = 28 lux

- f. junto ao acesso ao poço de produção no nível 150 m:

E(mínimo) = 17 lux

$E(\text{máximo}) = 110 \text{ lux}$

- g. estação de bombeamento a 70 m: próxima a rio subterrâneo quente, com temperatura de 34 graus. Atmosfera abafada e úmida, lâmpadas fluorescentes.

$E(\text{mínimo}) = 57 \text{ lux}$

$E(\text{máximo}) = 115 \text{ lux}$

- h. refeitório em subsolo: paredes caiadas e lâmpadas fluorescentes.

$E(\text{sob lâmpada}) = 110 \text{ lux}$

$E(\text{entre lâmpadas}) = 30 \text{ lux}$

- i. estimativa de refletância: para a parede caiada da galeria principal de transporte.

$E = 42 \text{ a } 44 \text{ lux}$ $L' = 13 \text{ a } 15 \text{ lux}$ $r = 29,5 \text{ a } 35,7\%$

- j. estimativa de refletância: parede não caiada da galeria de produção locada na encaixante.

$E = 34 \text{ a } 36 \text{ lux}$ $L' = 4 \text{ a } 6 \text{ lux}$ $r = 11,1 \text{ a } 17,6\%$

ANEXO L - MINA ESPERANÇA

L.1. LOCALIZAÇÃO E GEOLOGIA

Ao contrário do Rio Grande do Sul as minas catarinenses de carvão estão todas próximas, locadas numa área ao redor da cidade de Crisciúma. A figura L.1. ilustra as regiões carboníferas de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

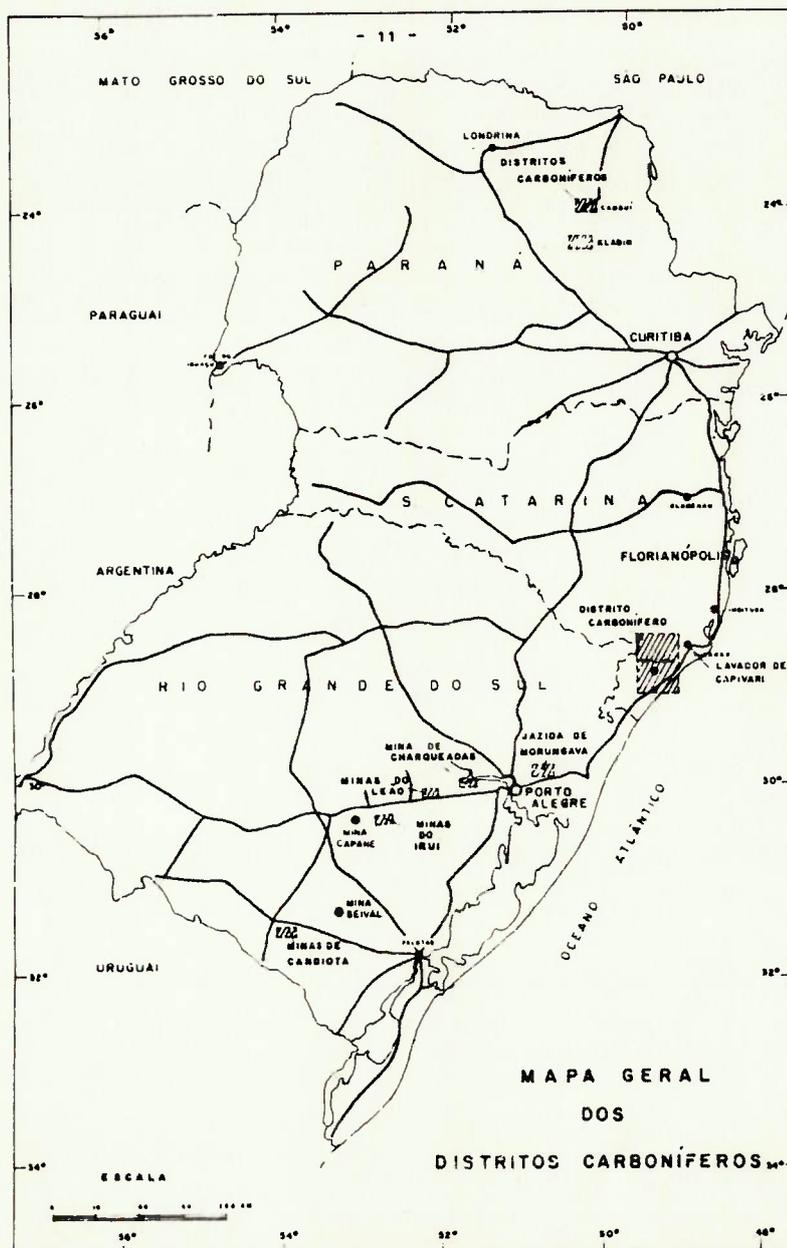


Figura L.1. Regiões carboníferas do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. O distrito catarinense se situa ao redor da cidade de Crisciúma, e no porto de Tubarão se encontra o hoje desativado lavador de Capivari [42].

O distrito carbonífero catarinense engloba as cidades de Orleães, Urussanga, Araranguá e Tubarão, com as reservas de carvão concentradas numa faixa alongada no sentido norte-sul entre os municípios de Araranguá e Lauro Miller. Esta faixa tem comprimento de 70 km e largura entre 15 e 20 km. A figura L.2. ilustra este distrito.

A localização das minas de carvão dentro deste distrito é apresentada na figura L.3., incluindo-se as minas a céu aberto e subterrâneas.

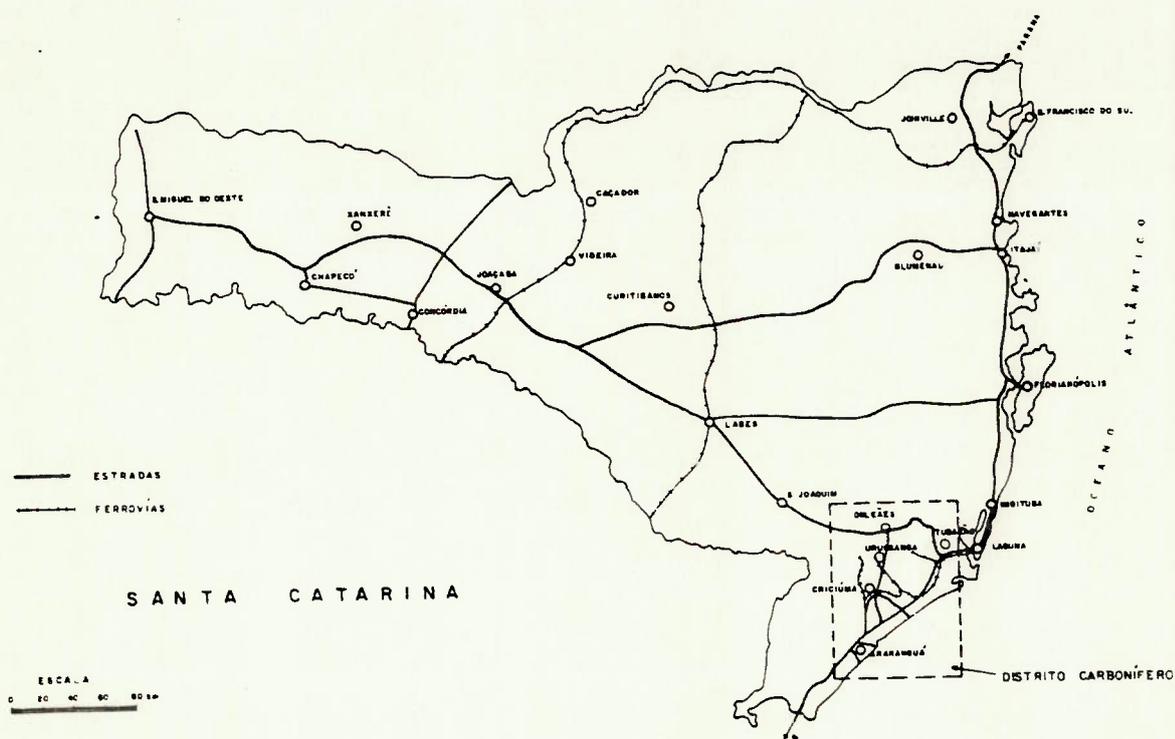


Figura L.2. Distrito carbonífero de Santa Catarina [42].

As reservas estão individualizadas nas camadas Barro Branco, Irapuá e Bonito, e Santa Catarina produz praticamente o único carvão metalúrgico nacional (coqueificável). O carvão catarinense tem alto teor de enxofre e de cinzas, e também um alto índice de fluidez, extraíndo-se para cada tonelada de carvão metalúrgico cerca de três toneladas de carvão energético.

A camada Barro Branco tem seu nome derivado da camada de siltito e chega a possuir até 30% de carvão metalúrgico, apresentando uma espessura média de 2 metros. A figura L.1.

apresenta uma secção litológica da camada Barro Branco com a nomenclatura típica local de forro, quadração e banco [45]. Esta divisão é feita do teto para a base e no forro se encontra o carvão maciço de melhor qualidade; na quadração as finas camadas de carvão se intercalam em folhelhos dominantes; e o banco é predominantemente constituído por carvão com intercalações finas de folhelhos.

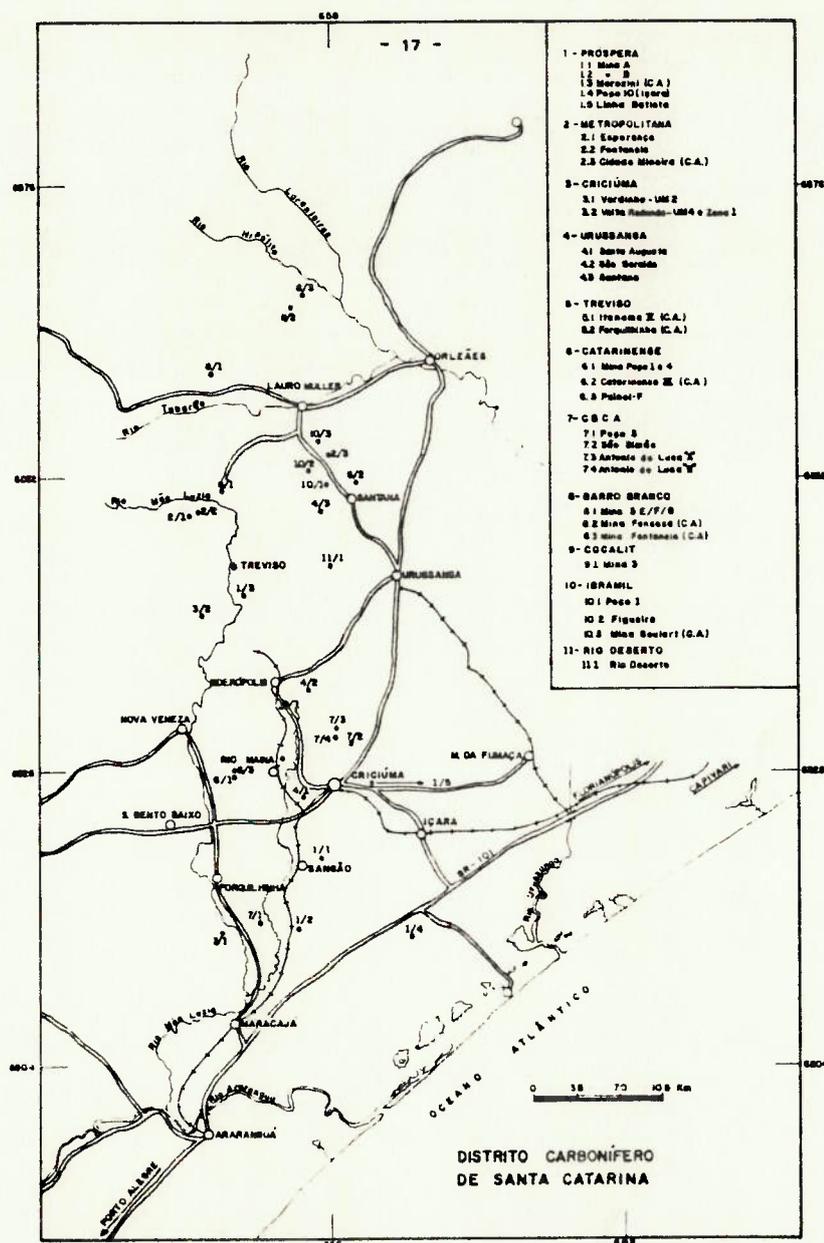


Figura L.3. Localização das principais minas de carvão dentro do distrito catarinense. As minas visitadas são aquelas referentes aos códigos 2/1 (mina Esperança), 4/2 (mina São Geraldo) e 7/1 (mina 02 da CBCA) [42].

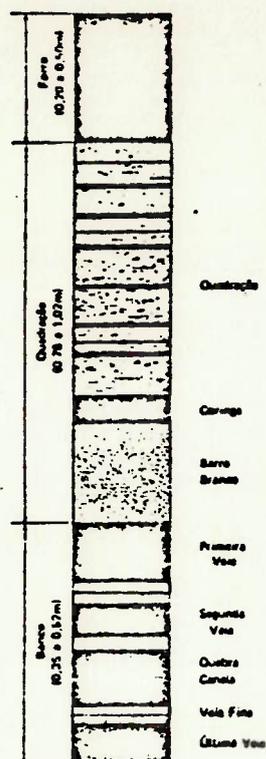


FIGURA 1 - PERFIL CARACTERÍSTICO DA CAMADA BARRO BRANCO.

Figura L.4. Subdivisão da camada Barro Branco em 3 zonas denominadas de forro, quadração e banco [45].

A camada Bonito tem espessura média de 2,5 metros e é na realidade um folhelho muito carbonoso, com o qual pelo beneficiamento não se consegue atingir menos de 45% de cinzas. Abaixo apresentamos algumas características gerais dos carvões de cada camada:

camada Barro Branco - até 30% de carvão metalúrgico, 40% de carvão energético, 40% de rejeito piritoso. Contem muita argila e teor de cinzas de 9 a 10% (contra 0,5% do importado). O rejeito piritoso é aproveitadop pela ICC-Indústria Carboquímica Catarinense (subsidiária da Petrobrás) para a produção de ácido sulfúrico, ácido fosfórico e enxofre (para o qual é a única produtora nacional). O índice CC atinge 40 a 45% com relação a CT. As massas específicas do carvão e rocha são 1,65 ton/m³ e 2,3 ton/m³.

camada Bonito - basicamente 10% de carvão metalúrgico.

camada Irapuá - poderia conter carvão metalúrgico mas o maior problema é sua descontinuidade.

L.2. RESERVAS E PRODUÇÃO

Santa Catarina tem menores reservas que o Rio Grande do Sul mas produz quase todo o carvão metalúrgico nacional devido aos teores de cinza existentes. Sua contribuição à produção atingiu 50% apesar de 90% das reservas estarem no Rio Grande do Sul [41]. A Carbonífera Treviso que opera jazidas a céu aberto em Urussanga tem carvão com a maior fração de metalúrgico, cerca de 60%, enquanto que a média das demais mineradoras é de 25%. Em 1989 havia mais de duas dúzias de minas operadas por um dúzia de empresas maiores tais como Carbonífera Metropolitana, Carbonífera Urussanga, Carbonífera Próspera, Carbonífera Crisciúma e Companhia Brasileira de Carvão Araranguá, todas nacionais de capital privado. Em outubro de 1989 a produção das empresas catarinenses equivalia a 35 000 barris diários de petróleo, ou seja 250 milhões de dólares [46].

Os municípios mais envolvidos e ambientalmente atingidos com a mineração de carvão são os de Crisciúma, Lauro Miller, Siderópolis, Imbituba, Urussanga e Tubarão. Ao final da década passada estimava-se que cerca de 150 000 pessoas estavam direta ou indiretamente ligadas a mineração de carvão [46]. No início de 1990 a população de Crisciúma era de 120 000 habitantes e abrigava cerca de 10 000 funcionários das 22 minas de carvão da região, as quais produziam 250 000 toneladas por mês. O salário médio do mineiro era o dobro daquele da construção civil e 70% dos empregados tinham casa própria [47]. Apesar da cidade ser um polo produtor de pisos e azulejos e ter um pequeno parque manufatureiro de confecções, sua dependência da indústria carbonífera era muito grande.

Os principais clientes do carvão catarinense eram as siderúrgicas, as indústrias de cimento, alimentos, papel e celulose, cerâmica e transportes.

Em termos mundiais a produção de carvão mineral ("hard coal") tem uma trajetória histórica de crescimento. No período de 1975 a 1987 o crescimento total foi de 43%, ou seja, uma média anual de cerca de 3% [48]. China, USA e antiga URSS respondiam por 65% desta produção.

A produção nacional de carvão ROM cresceu 51% no quinquênio de 1981 a 1985, e 29% no quinquênio 1985 a 1990. Todavia o setor sempre enfrentou problemas tais como [49]:

- a. alto custo de extração;
- b. condições adversas de trabalho, com uma recuperação na mina da ordem de 30%;
- c. qualidade do carvão;
- d. mão de obra pouco qualificada.

Em 1985 começou a se delinear a chamada "crise do carvão", devido a alterações na estrutura de consumo. Estas alterações estão basicamente associadas a siderurgia, a termoeletricidade e a indústria cimenteira.

O parque siderúrgico que comprava carvão brasileiro há várias décadas, chegando a picos de 40%, em 1988 utilizou apenas 24% do seu consumo com carvão nacional [48]. E em 1989 comprou apenas 8% de carvão nacional (800 000 toneladas para um consumo metalúrgico de 10,5 milhões de toneladas) [46].

Em termos de termoeletricidade a Eletrobrás diminuiu seus investimentos e passou a adiar sistematicamente suas metas. Isto pode gerar problemas para o seu Plano 2010 que prevê aumento da

participação do carvão na matriz energética brasileira, passando de 1,6 para 4%. A produção nacional de carvão em 1989 foi de 6,18 milhões de toneladas e o plano prevê uma produção de 22 milhões ao final do milênio e de 44 milhões no ano 2010 [41].

A indústria cimenteira passou a substituir o carvão por óleo diesel e insumos energéticos não tradicionais, devido principalmente aos preços e dificuldades de abastecimento. Em 1989 a indústria de cimento reduziu seu consumo em 35% e a indústria de celulose em 34% [48].

Deste modo profundas modificações começaram a ocorrer na indústria carbonífera brasileira. Em 1988 o consumo brasileiro foi de 15,1 milhões de toneladas distribuídos em 63% para a siderurgia, 15% para termoeletricidade e 22% para uso industrial [48]. Santa Catarina contribuía com 60% da produção nacional, o Rio Grande do Sul com 36% e o Paraná com 4%.

A partir de 1989 a chamada "crise do carvão" se acentuou, e o governo que detinha o poder sobre a extração, o transporte, a venda e os preços, começou a diminuir seus mecanismos de controle. A Portaria 801 de 17/09/1990 do governo federal liberou o produto nacional do controle de preços e autorizou as importações. Como a formação geológica do carvão nacional não permite uma competição com a maioria dos exportadores estrangeiros, devido a impurezas e uma recuperação na mina de apenas 30%, o consumidor optou por importar.

A decisão das siderúrgicas de não comprar carvão nacional implicou numa redução de 50% no faturamento das 11 maiores empresas catarinenses, que empregavam 12 000 pessoas. A desativação do lavador de Capivari, que pré-lavava e homogenizava a produção de 15 minas diferentes do entorno de Crisciúma (teor de cinzas entre 40 e 42%), também foi um rude golpe para a economia da região. Apenas o processo de privatização da Carbonífera Próspera da Companhia Siderúrgica Nacional implicou em 1139 demissões em 1/9/1990, e sua paralização desde maio do mesmo ano. Ela detinha 35% das reservas do estado e até a data de nossa visita não recomeçara a produção. Um grave acidente com seu poço de produção em novembro de 1991 adiou os planos do novo proprietário (Nova Próspera) por cerca de 6 meses. Isto gerou conflitos com o sindicato dos mineiros para o qual havia uma promessa de recontração de 200 demitidos em dezembro de 1991. Estávamos em Crisciúma nesta época e pudemos sentir a gravidade da situação. Os conflitos incluíram a destruição e queima de caminhões da companhia, e ameaça de incêndio nos escritórios na cidade.

O setor carbonífero por sua vez tem sugerido ao governo uma série de alternativas para a minimização do problema tais como [41]:

- a. redirecionamento da produção para o mercado termoelétrico e industrial não siderúrgico. Neste contexto é importante o início de operações da Usina Jorge Lacerda IV, previsto para 1992, e que a plena carga gerará 832 MW com consumo de 11 000 toneladas diárias de carvão. Este valor é superior a toda a produção atual do estado de Santa Catarina.
- b. liberar a importação de explosivos, estopins, espoletas, pneus e resinas para tirantes. Os explosivos representam 14% do custo final de produção e os importados são 30% mais baratos. Até o

momento o governo tem negado esta abertura com o argumento de proteção a indústria nacional.

- c. elaborar uma política de preços para o óleo combustível e para o carvão nacional, de modo que o carvão brasileiro adquira condições de competitividade.

A mina Esperança é de propriedade da Carbonífera Metropolitana S/A, cujo controle acionário pertence a família Guglielmi, e se situa em Treviso, Município de Siderópolis. Em 1987 suas reservas eram estimadas em [42]:

- a. camada Barro Branco - 42,6 milhões de toneladas ROM, com CC de 1,07 e CT de 2,12;
b. remanescentes - 0,503 milhões de toneladas.

Atualmente as reservas são estimadas em 7 milhões de toneladas, suficientes para produção nos próximos 5 anos. As camadas mineradas são a Barro Branco na faixa de profundidade entre 140 e 180 metros, e a camada Bonito cerca de 70 metros abaixo desta. Estão procurando a camada Irapuá, descontínua e existente abaixo da Barro Branco a uma distância entre 8 e 12 metros. O carvão da Irapuá é um carvão de boa qualidade e metalúrgico.

A produção mensal está ao redor de 200 000 toneladas de ROM que ao serem beneficiadas geram cerca de 50 000 toneladas de produto. Este produto se compõe do tipo CE 5200, com teor de cinza de 35% e utilizado pela indústria cimenteira; e do tipo CE 4500 com teor de cinza de 43% e utilizado para geração elétrica.

Em 1990 a produção total de ROM atingiu 2 241 927 toneladas.

A Carbonífera Próspera possui uma reserva de 65 milhões de toneladas de carvão da camada Irapuá, na mina Fontanela aberta em 1985 mas não totalmente desenvolvida. Existem planos de operá-la por meio de minerador contínuo porque as condições do teto e piso são muito ruins para uma lavra cíclica convencional, mas o mercado atual não oferece perspectivas animadoras.

L.3. METODOLOGIA DE LAVRA

A evolução da tecnologia de lavra pode ser analisada de vários modos e uma classificação de sua evolução pode ser feita utilizando-se os termos: manual, semi-mecanizada, mecanizada, por controle remoto, automatizada e robotizada. Neste contexto a lavra de carvão em Santa Catarina apresenta as fases manual, semi-mecanizada e mecanizada, enquanto no mundo se está iniciando a fase da robótica na mineração.

Na lavra manual todas as operações essenciais são feitas manualmente; assim o desmonte é executado por picaretas, o carregamento é por paleamento, e o transporte na melhor das hipóteses se faz via o deslocamento de vagonetas. A catação manual para a escolha do carvão representa um princípio de beneficiamento.

Na lavra semi-mecanizada o desmonte envolve uma perfuração com perfuratrizes manuais, carga manual dos furos com explosivos, e carregamento com "bobcats". Na lavra mecanizada são utilizados jumbos de perfuração e sistemas de transporte por correias ou caminhões. As produtividades para estes sistemas de lavra estão nas seguintes faixas:

sistema manual	- 3,7 a 6,6	ton ROM/homem-turno
sistema semi-mecanizado	- 3 a 11,8	ton ROM/homem-turno
sistema mecanizado	- 8,1 a 21,2	ton ROM/homem-turno

A partir da década de 1970 as minas de Santa Catarina passaram da fase manual para a semi-mecanizada e algumas até para a mecanizada, desaparecendo a típica figura do mineiro de picareta e lanterna. A picareta foi substituída pelos explosivos e a pá pelas "bobcats", as quais podem carregar 500 kg ou mais de material desmontado. A mecanização traz uma série de vantagens, inclusive com respeito a segurança e a higiene ocupacionais, mas o custo de mecanizar uma mina é alto. Estima-se atualmente que a entrada em operação de uma mina mecanizada exija investimentos da ordem de 30 milhões de dólares, excluída a aquisição da área.

A mina Esperança é uma mina considerada mecanizada, ou seja, ela utiliza um sistema mecanizado elétrico aplicado à lavra por câmaras e pilares num esquema cíclico. As operações básicas são as seguintes:

- abertura de corte inferior ou rafa pela rafadeira;
- perfuração efetuada por jumbo de um braço;
- desmonte por meio de explosivos;
- controle da estabilidade estrutural do teto por meio de jumbo de atirantamento e colocação de parafusos de rocha;
- carregamento por meio de carregadora de braços móveis;
- deslocamento do material por meio de caminhões de transferência ("shuttle car"; esta máquina é também denominada de vagoneta-automotora [50]). Eles são carregados pela frente e descarregados por trás.
- transporte do material por meio de correias, em cujo início existe um alimentador com britagem para os blocos de dimensões muito grandes.

A energia elétrica para o sistema mecanizado vem da superfície com 6 200 volts e nas frentes transformadores fornecem 440 volts para as máquinas e equipamentos.

A largura das frentes é de 6 metros, com galerias de 2 metros de altura e pilares de 14 metros (correspondente a uma distância de 20 metros entre centros das galerias). Já foram abertos mais de 500 km de galerias tendo-se uma área minerada de cerca de 3 km². Os pilares não são recuperados porque as tentativas efetuadas deram origem a problemas de subsidência superficial e de ondulações de terreno. Casos de subsidência provocada por minas da região geraram a fendas que chegaram a engolir casas e gado. O atirantamento do teto é feito com linhas transversais de 3 tirantes, espaçadas entre si de 1,2 m, tendo os tirantes comprimentos de 1 ou 1,2 m. A fixação é por meio de resina.

A lavra já chegou a ser feita à profundidade de 232 metros, tendo ocorrido uma tentativa de lavra a 290 metros. Nesta profundidade mesmo os pilares de 3 m de altura e 18 metros de largura começaram a indicar início de colapso, observando-se fraturas e descascamentos. O sistema de lavra por câmaras e pilares aplicado a carvão é adequado para profundidades pequenas, da ordem de 100 a 300 metros, pois do contrário a relação largura/altura dos pilares torna a extração anti-econômica, exigindo que se aplique outro método como o de frentes longas. Deste modo a lavra tem sido planejada para não ultrapassar a

profundidade de 250 metros. O acesso ao subsolo é feito por dois poços e um plano inclinado, e trabalham nas frentes dois conjuntos mecanizados.

L.4. TRATAMENTO

As figuras L.5., L.6. e L.7. apresentam os esquemas gerais do beneficiamento do carvão catarinense antes da paralização do lavador de Capivari.

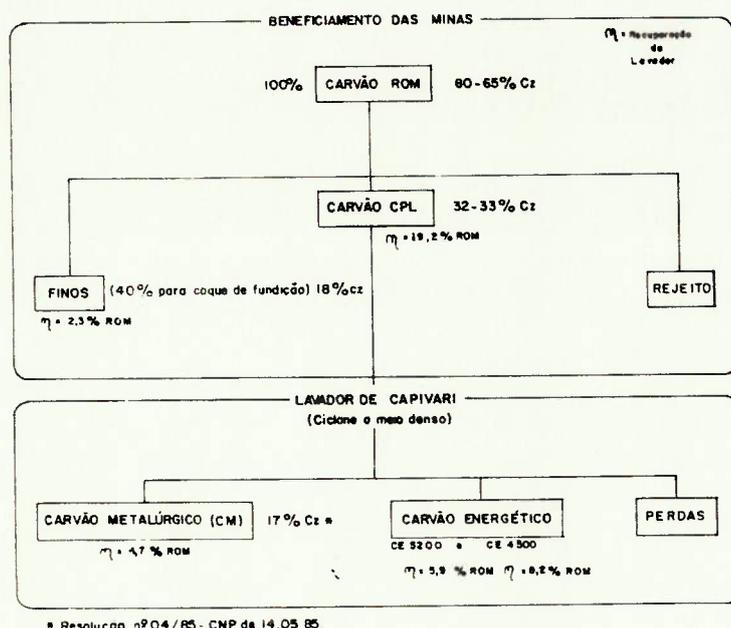


Figura L.5. Esquema padrão de beneficiamento do carvão produzido em Santa Catarina [42,51].

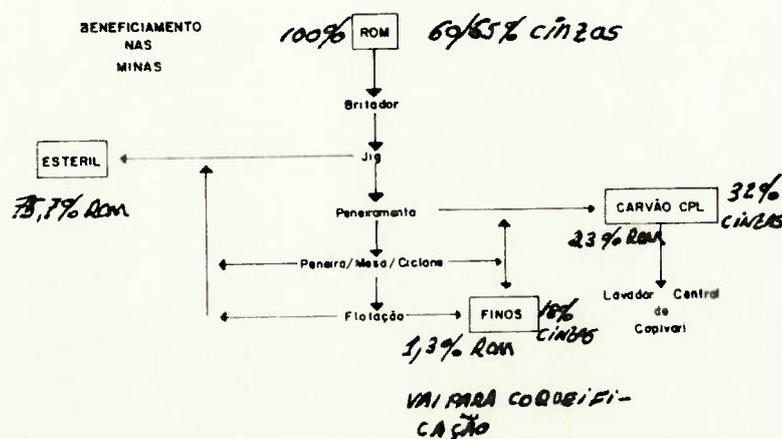
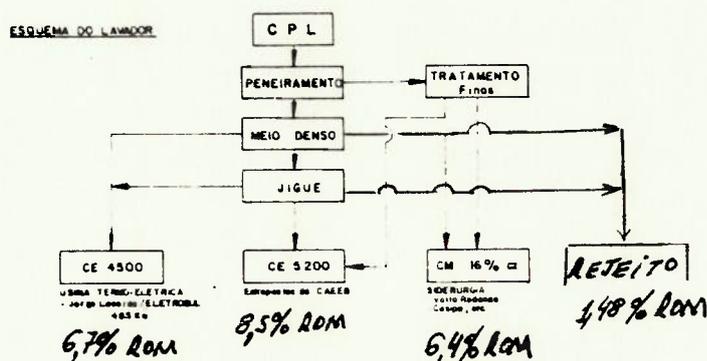


Figura L.6. Esquema geral de beneficiamento nas minas [42,51].

A usina da mina Esperança tem capacidade para 700 toneladas por hora com uma recuperação de 24%, tendo produzido em 1987 cerca de 539 000 toneladas de produto beneficiado. Este total englobava 377 000 toneladas de CPL, 34 000 toneladas de finos, 4 toneladas de CE-3300, 110 000 toneladas de CE-4500, e 14 000 toneladas de CE-5200 [42].



CAPACIDADE DO LAVADOR: 800 t/h

PRODUÇÃO: (1986)

CPL Recebido	2.848.533	100%
Carvão Ret. (17% C2)	895.530	24,42
CE 4500	1.217.782	42,75
CE 5200	877.370	30,00
Perdas	57.851	2,03

Figura L.7. Esquema do lavador de Capivari [42,51]

L.5. ENGENHARIA AMBIENTAL E SEGURANÇA

A empresa conta atualmente com cerca de 700 funcionários, dos quais 300 na superfície e 400 em subsolo. Apesar da política da empresa obrigar o uso de máscara contra poeira e abafador de ruído observamos que eram pouco utilizados na prática diária. A explicação dos trabalhadores sempre se apoia na tecla do desconforto que a nosso ver não se justifica. Na literatura encontramos a porcentagem de 20% como relativa aos trabalhadores de carvão que pegam pneumoconiose, com a subdivisão de gravidade da doença nas classes P1, P2 e P3 [47]. Quando um operário se encontra no nível P1 ele deveria ser deslocado para trabalho em superfície; quando constatado que seu estado se enquadra em P2 ele deveria ser aposentado e quando no nível P3 sua expectativa de vida é de poucos anos. Não tivemos acesso a dados médicos específicos para a mina Esperança mas as informações que nos foram fornecidas verbalmente indicavam número de doentes bem abaixo de 20%. Para os 400 trabalhadores da mina os casos de pneumoconiose seriam de 18 (contra 100 se a porcentagem fosse de 20%). Além disso nos informaram que a maioria destes operários tinham vindo de outras minas, e portanto já podiam estar com a doença em estágio inicial.

Para minimizar o problema do pó as máquinas e equipamentos como as rafadeiras, perfuratizes e caminhões de transferência utilizam "spray" de água em suas operações. Até a limpeza dos furos de detonação é feita com água.

O problema de metano não é grave, e há mais de um ano não se encontra um bolsão deste gás. As medidas são efetuadas diariamente e a temperatura média em subsolo é de 35 graus em termômetro de bulbo seco.

O controle da atmosfera da mina é feito por ventilação forçada por meio de um ventilador marca JOY (cuja concessionária brasileira é a Darma do Brasil). É um ventilador axial, de pás reguláveis, com motor de 600 cv, diâmetro das pás de 6 pés (1,8 m), com carga estática de até 300 mm de coluna de água (2940 Pa). Foi adquirido há 20 anos e fornece 120 m³ de ar por segundo.

Interessantes discussões técnicas sobre segurança de mina foram levadas a termo com o engenheiro Arilto Valente. Nos relatou um caso de acidente relativo a incêndio em subestação no qual a fumaça se deslocava em direção ao fundo da mina onde se encontrava uma equipe de produção. A retirada dos funcionários só foi possível após se inverter o sentido do fluxo de ar e provocar um "curto-circuito" na rede de ventilação. Discutiu-se também sobre as chamadas áreas especiais de segurança, locais para onde os trabalhadores devem se dirigir em casos de acidentes graves e onde podem ficar em relativa segurança até o resgate. Foi uma destas áreas que salvou a vida de 26 mineiros em julho de 1991 em uma mina de carvão da África do Sul. Um bloco de carvão de dimensões 110 por 200 metros desabou e isolou os trabalhadores numa área especial de segurança, na qual tinham água, alimentos, e ar fresco insuflado por furo já existente até a superfície. Em 24 horas a brigada de resgate efetuou um furo de 60 centímetros de diâmetro até o abrigo e através de um tubo de aço retirou um a um os 26 mineiros. Em menos de 48 horas após o acidente todos estavam salvos.

Outro tema interessante que foi abordado foi o do "Safety Scan System", sistema de código de barras que permite que se saiba a qualquer momento quem está aonde em subsolo.

A água é bombeada a uma vazão de 1 000 m³/h com um pH médio de 3.

L.6. ILUMINAÇÃO

As lâmpadas port'ateis de capacete são da marca alemã CEAG havendo número suficiente para todos que trabalham em subsolo. Todavia as condições gerais de manutenção das lâmpadas e faróis de veículos em subsolo não são boas. A mina contém muita água, lama e poeira, e os caminhões e carregadoras elétricas apresentam muitos faróis queimados ou recobertos com sujeira. Isto faz com seja diminuído em muito o fluxo luminoso útil.

Foi visitada uma frente em operação e uma frente que está sendo preparada; esta última não conta com iluminação alguma de rede porque esta virá da desativação de outra frente. Será feita então a transferência de 4 km de fios e de centenas de lâmpadas.

Devido a extensão das vias, as condições de piso e as atividades de produção a maior parte do nosso deslocamento em subsolo foi feito por meio de jipe com motorista gentilmente cedidos pela empresa. As medidas efetuadas foram as seguintes:

- a. rampa de acesso para veículo: não caiada, com lâmpadas fluorescentes de 20 W, espaçadas em média de 6 a 10 m. Todavia o espaçamento era irregular em alguns locais. Todas as rampas e galerias em subsolo são escoradas e utilizam parafusos de rocha nos tetos.

$E(\text{máximo sob lâmpada}) = 80 \text{ lux}$

$E(\text{mínimo entre lâmpadas}) = 0 \text{ lux}$

- b. galeria com correia transportadora: não caiada, com lâmpadas fluorescentes com espaçamento irregular variando entre 6 a 50 m. Cada lance de correia com até 750 m. Profundidade de 130 m.

$E(\text{máximo sob lâmpada}) = 65 \text{ lux}$

$E(\text{mínimo entre lâmpadas}) = 0 \text{ lux}$

- c. pontos de transferência de correias: uma ou duas lâmpadas fluorescentes.

$E(\text{máximo}) = 40 \text{ lux}$

$E(\text{mínimo}) = 15 \text{ lux}$

- d. oficina junto a frente: não caiada, aspecto geral de penumbra, apenas duas lâmpadas fluorescentes junto a uma bancada.

$E(\text{bancada}) = 112 \text{ lux}$

e. refeitório a profundidade de 80 m: apenas duas fluorescentes muito espaçadas.

E(mesa centralizada) = 1 lux

ANEXO M - MINA SÃO GERALDO

M.1. INTRODUÇÃO E GEOLOGIA

A mina São Geraldo pertence a C.C.U. - Companhia Carbonífera Urussanga (grupo João Zanetti) sendo uma mina de meia encosta. Possui 3 galerias de acesso paralelas, uma para pessoal a pé e onde se localiza a correia principal, uma para veículos e equipamentos e uma para ventilação, como ilustrado na figura M.1. A profundidade de lavra varia em função do relevo da superfície chegando a cerca de 140 metros sob os morros mais altos. É uma mina "seca", onde a água existente provém em sua maior parte das operações de perfuração, e seu bombeamento requer o funcionamento de apenas uma das duas pequenas bombas disponíveis. Estas bombas são fabricadas pela própria empresa tendo 60 HP e capacidade para 20 m³/min.

A camada lavrada é a Barro Branco e sua espessura varia entre 1,5 e 2 metros. Existem 5 painéis de lavra, com galerias de largura de 5 m e espaçadas entre si de 15 m. Os pilares de sustentação tem largura de 10 m, e o pilar de proteção ao redor da mina tem largura de 20 m. O avanço médio das frentes é de 50 m por mês e o teor de cinzas é muito variável.

M.2. LAVRA E TRATAMENTO

A mina é semi-mecanizada apresentando as operações de perfuração, detonação por explosivos, carregamento por "bobcats" e transporte por correias. Em alguns locais o material é descarregado diretamente nas correias e em outros, antes das correias, são utilizadas calhas de arraste por correntes. Estas calhas são de difícil mobilidade e deverão ser substituídas por correias rebaixadas que permitirão o descarregamento em qualquer ponto. Para as correias secundárias (frentes e painéis) o apoio utilizado é por cabos de aço, enquanto que as correias principais tem base de concreto.

As "bobcats" utilizadas ou são compradas ou são de fabricação própria. As compradas tem capacidade para 450 kg e requerem realce do teto nos pontos de descarregamento nas calhas porque exigem ascensão das conchas; já as fabricadas pela empresa tem capacidade para uma tonelada e são denominadas de modelos MT e SL. A sua concha ejeta o material não exigindo realce do teto nos pontos de descarregamento, e por serem mais baixas permitem a lavra de até uma espessura de apenas 1,8 m da camada sendo extraída.

As tentativas de recuperação de pilares feitas a quase uma década não foram bem sucedidas porque ocorreram desabamentos e colapsos. Até hoje ainda ocorrem afundamentos em zonas de lavra e o DNPM está proibindo esta recuperação.

M.3. ENGENHARIA AMBIENTAL

A ventilação utiliza um ventilador de pás móveis de 200 HP e o

problema de gases de mina não é grave.

A empresa tem cerca de 500 funcionários e do que podemos observar na mina existe uma preocupação notória com o meio ambiente e o local das instalações. Os escritórios e a usina ficam rodeados por mata, havendo muitos jardins inclusive com a criação de pavões e galinhas de angola. Existe junto aos escritórios e à entrada da mina um lago com patos e peixes, e todas as paredes das edificações são caiadas de branco. O refeitório é limpíssimo, todo pintado de branco e com mesas em fórmica branca, em acordo com o cuidado demonstrado em toda as demais instalações. A empresa gasta 0,6% de seu faturamento com conservação ambiental, chegando a pormenores como o da correia principal que sai da mina e se dirige para a usina cortando os jardins. Mas o impacto visual é praticamente nulo pois ela segue dentro de uma depressão ajardinada.

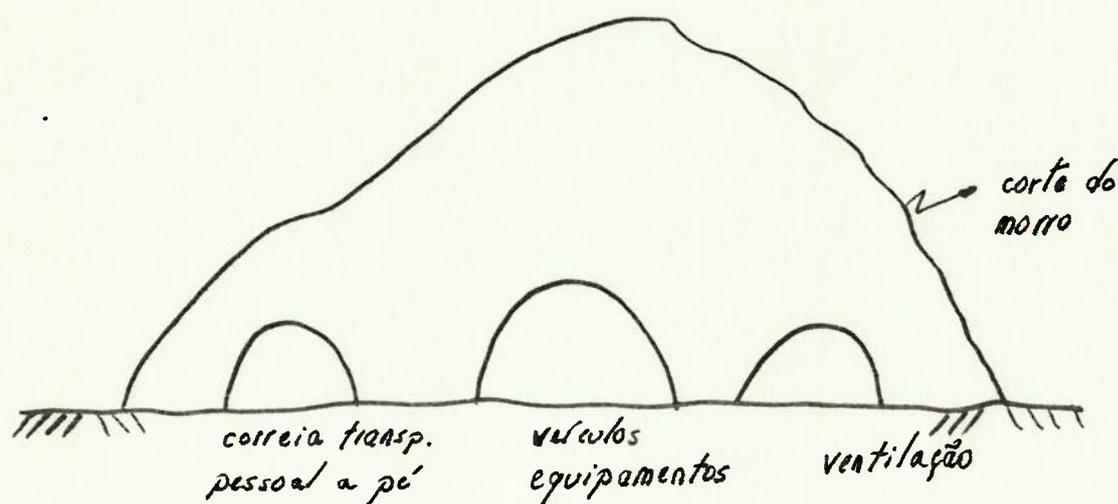


Figura M.1. Acessos à mina por meio de 3 galerias de meia encosta paralelas em seus trechos iniciais.

M.4. ILUMINAÇÃO

As lanternas de capacete são alemãs da marca CEAG ou são nacionais da marca Puggina que recentemente começaram a ser fabricadas. Cada mineiro tem sua lâmpada individualizada com armário e cadeado sob sua responsabilidade.

As medidas foram efetuadas num dia em que era feriado e fomos acompanhados por um engenheiro mecânico. Todas as vias foram percorridas a pé e as medições foram as seguintes:

- a. rampa de acesso, parte inicial: os primeiros 100 m são revestidos com concreto, as lâmpadas são incandescentes com luminárias, e existe proteção de segurança junto á correia.

E(sob lâmpada) = 45 lux

$E(\text{entre lâmpadas}) = 7 \text{ lux}$

- b. rampa de acesso de pessoal, parte interna: secção de $5 \times 4 \text{ m}^2$, numa extensão de 1500 m sem revestimento, teto atirantado com fixação com resina e hastes de $5/8$ polegadas. As lâmpadas são fluorescentes, localizadas sobre a correia e espaçadas de cerca de 50 m.

$E(\text{máximo}) = 42 \text{ lux}$

$E(\text{mínimo}) = 1 \text{ lux}$

- c. cruzamentos de vias e pontos de transferência de correia: em geral uma única lâmpada fluorescente.

$E(\text{máximo}) = 40 \text{ lux}$

$E(\text{mínimo}) = 30 \text{ lux}$

- d. refeitório junto a frente: sem caiação, 2 lâmpadas fluorescentes.

$E(\text{mínimo}) = 35 \text{ lux}$

$E(\text{máximo}) = 70 \text{ lux}$

- e. estimativa de refletância: paredes do refeitório sem caiação.

$E = 23 \text{ a } 25 \text{ lux}$ $L' = 1 \text{ lux}$ $r = 4,0 \text{ a } 4,4 \%$

ANEXO N - MINA CBCA

N.1. INTRODUÇÃO

Até 1987 os proprietários da C.B.C.A. - Companhia Brasileira Carbonífera Araranguá eram Alvaro Catão, Sebastião Campos e a Indústria Brasileira do Coque. Neste ano foi pedida a falência da empresa e a sua massa falida (MFCBCA) passou a ser gerida em sistema de auto-gestão pelos seus funcionários.

A nova gerência reduziu a jornada de trabalho de 36 para 30 horas semanais, investiu em segurança e distribuiu gratificações, o que de imediato causou uma queda de produtividade e atraso em salários [47]. Aos poucos o Sindicato reduziu o quadro e fez acordos pessoais e hoje a mina parece se encaminhar para uma situação menos dramática. O ponto crítico a nosso ver continua sendo a existência de um único acesso às frentes, feito através de plano inclinado havendo previsão de se iniciar a construção de um segundo acesso por poço de 140 metros de profundidade.

Quando de nossa visita em dezembro de 1991 pudemos notar o entusiasmo de seu corpo técnico com relação a significativos avanços da empresa tais como [52]:

- a. recente inauguração de unidade de coqueria, que não existia na gestão anterior que usava a unidade existente em Lauro Miller;
- b. funcionamento das novas instalações para beneficiamento de finos. Este setor prepara a matéria prima para a coqueria e procura adequar o teor de cinza a um coque de boa qualidade. Já se produz o CF17 (coque para fundição com 17% de cinzas) e em 1992 se deverá produzir o CF14 e o CF11. Junto com a coqueria isto permitirá um aproveitamento em mais 50% dos finos.
- c. desenvolvimento de programa para tratamento de efluentes gasosos (CO, CO₂, CH₄, SO₂, C₂H₆).

N.2. MÉTODO DE LAVRA E PRODUÇÃO

A metodologia de lavra é por câmaras e pilares, com sistema semi-mecanizado em processo cíclico convencional, ou seja: perfuração, detonação por explosivos, carregamento por "bobcats" e transporte por correia até a superfície. O acesso aos realces é feito por plano inclinado de 16 graus e com extensão aproximada de 600 metros. Pela plano trafegam pessoas, materiais e equipamentos, além da correia transportadora e dos dutos de ventilação.

Os painéis de lavra podem conter 7 ou 9 galerias paralelas; no primeiro caso tem-se galerias de largura 4 metros e pilares de largura 14 metros, com a distância entre galerias sendo de 18 metros. No segundo caso os pilares tem largura de 10 metros e a distância entre galerias é de 14 metros centro a centro. O painel principal tem dimensões de 130 m por 1080 m, e a área total minerada já atinge mais de 780 000 metros quadrados. Isto representa cerca de 200 km de galerias em subsolo.

A produção diária de ROM é da ordem de 3 000 toneladas, de modo que a um rendimento de 32% se chega a 20 000 toneladas mensais de carvão, o qual é vendido a US\$ 18,00 a tonelada. A empresa tem

metas de produção mínima, que em caso de não cumprimento obrigam a uma compensação no sábado.

Em 1991 a média mensal de produção de carvão pré-lavado (CPL) foi de 19 000 toneladas, com um pico em outubro de 23 000 toneladas. Em 1990 a contribuição da CBCA era de 3,6% da produção nacional [41].

A mina visitada é semi-mecanizada mas a empresa possui 2 minas ainda lavradas manualmente, a São Pedro e a São Simão (através da empreiteira São Simão).

N.3. ENGENHARIA AMBIENTAL

A ventilação é feita por um ventilador radial, de 200 HP, com vazão de 120 m³/min e operando por exaustão. A empresa tem 595 funcionários dos quais 320 trabalham na mina, e destes metade nas frentes de lavra.

O grande problema da segurança da mina é a existência de uma única via de acesso, o que contraria as normas mais elementares da mineração subterrânea. Todavia os gestores da massa falida já receberam a mina deste modo, indicando que a responsabilidade inicial por este estado era da gerência anterior.

N.4. ILUMINAÇÃO

A iluminação em subsolo é feita por meio das lâmpadas individuais de capacete e por lâmpadas fluorescentes.. As lâmpadas incandescentes são utilizadas apenas com objetivos de sinalização principalmente junto à correias transportadoras.

As principais medições efetuadas foram:

- a. plano inclinado de acesso: extensão de 600 m, com paredes não caiadas, com limpeza precária. Lâmpadas fluorescentes espaçadas de cerca de 10 m.

E(sob lâmpada) = 20 lux

E(entre lâmpadas) = 1 lux

- b. galerias principais com correias transportadoras: ambiente mais escuro que o plano inclinado, com lâmpadas fluorescentes de 20 W espaçadas de 10 a 20 m.

E(sob lâmpada) = 20 lux

E(entre lâmpadas) = zero lux

- c. galerias sem correia transportadora: para pessoal e tratores, com esteios a cada 2 m. A galeria não está caiada mas as paredes de alvenaria nas travessas interdidas devido a rede de ventilação estão caiadas. As lâmpadas fluorescentes estão espaçadas de 30 a 40 m, havendo sempre uma nos cruzamentos.

E(sob lâmpada) = 20 lux

E(entre lâmpadas) = zero lux

d. travessas de produção: sem iluminação de rede.

e. pontos de carga e transferência: as vezes coexistem nestes locais lâmpadas fluorescentes e incandescentes. Num dos principais locais de transferência, próximo ao pé do plano inclinado existiam 4 lâmpadas.

E(máximo) = 60 lux

E(mínimo) = 28 lux

f. oficina junto a frente de lavra: para manutenção de perfuratrizes e afiação de brocas. Possuía 4 lâmpadas fluorescentes e as paredes não estavam caiadas.

E(máximo) = 67 lux

E(mínimo) = 25 lux

g. oficina junto ao plano inclinado: a mais antiga, caiada há muito tempo e com bastante sujeira nas paredes.

E(máximo) = 60 lux

E(mínimo) = 28 lux

h. oficina para martelos pneumáticos: com várias ferramentas e morsas, tornos, etc. Possuía 5 lâmpadas fluorescentes e as paredes não eram caiadas.

E(máximo) = 80 lux

E(mínimo) = 20 lux

i. estimativas de refletância: junto a parede da oficina mais antiga e para duas situações distintas.

região com deslocamento, ausência de caiação:

E = 31 a 34 lux L' = 1 a 2 lux r = 2,9 a 6,4%

região caiada mas muito suja:

E = 32 a 34 lux L' = 2 a 4 lux r = 5,9 a 12,5%

j. estimativa dos custos relativos de iluminação: esta foi a única mina para a qual conseguimos uma estimativa de custos através do engenheiro mecânico responsável. O resumo dos cálculos que nos foram fornecidos foi o seguinte:

número de lâmpadas fluorescentes: 250

potência de cada unidade: 20 W

Portanto: potência total: 5 000 W = 5 kW

número de horas por mês: 720
Portanto: consumo mensal: 3 600 kW/mês

custo mensal (dezembro 1991): 3 600 x preço kW = CR\$ 80 000,00

custos totais de lavra: US 20 000,00/dia x 20 dias =
= US\$ 400 000,00/mês = CR\$ 400 milhões

porcentagem relativa ao custo de iluminação em subsolo: 0,02%

Esta porcentagem não considerou a substituição de lâmpadas mas apenas o custo de operação do sistema de rede.

ANEXO O - MINA MORRO DO OURO

0.1. INTRODUÇÃO

Em 1989 a produção brasileira registrada de ouro foi de 55,6 toneladas, das quais cerca de 30 provieram de empresas de mineração e as restantes tiveram origem em garimpos. Estima-se que a produção registrada proveniente dos garimpos seja apenas um terço da real produção garimpeira.

As maiores produtoras de ouro não aluvionar (primário e eluvionar) eram a Companhia Vale do Rio Doce-CVRD, a Rio Paracatu Mineração-RPM, a Mineração Morro Velho, a São Bento Mineração e a Companhia de Mineração e Participações-CMP. A RPM produziu no mesmo ano 4 500 kg de ouro, o que representou cerca de 20% da produção não aluvionar nacional. O controle acionário da empresa se compõe de 51% pertencentes a RTZ Mineração Ltda (controlada pela Rio Tinto Zinc Intern.), e 49% pertencentes a Autram Mineração e Participações [53].

A cidade de Paracatu se situa no estado de Minas Gerais, a 230 km a sudeste de Brasília, e a lavra de ouro na região data de 1722. Apenas em 1980 a RTZ se interessou pelo depósito que já havia sido descartado por inúmeros outros interessados devido ao baixo teor de apenas 0,65 g/ton. Uma análise da RTZ indicou que o baixo teor poderia ser compensado por uma série de fatores favoráveis tais como a uniformidade dos teores, a dimensão das reservas, a ausência de capeamento e a metalurgia não complexa [53].

0.2. GEOLOGIA E RESERVAS

A implantação da mina do Morro do Ouro foi iniciada em 1985 com a produção iniciando-se em 1987. A jazida se compõe de um corpo horizontal de filitos e siltitos que contém quartzo segregado e também em pequenas lentes de até 50 cm de comprimento.

A maior parte do ouro está associado ao quartzo e a bolsões de grafite e de sulfetos, com grande parte do depósito sendo intemperizado. Em alguns locais há uma cobertura laterítica de 0,5 a 2 metros contendo algum enriquecimento supérgeno, e que é utilizada como reforço do piso das vias de transporte na época das chuvas [54].

As reservas atualmente consideradas para lavra são as seguintes:

- a. região intemperizada superficial -
 - medida: 72 milhões de toneladas a 0,61 g/ton;
 - indicada: 38 milhões de toneladas a 0,60 g/ton;
- b. região semi-intemperizada subjacente (sulfetos e grafite):
 - inferida: mais de 150 milhões de toneladas.

0.3. LAVRA E TRATAMENTO

O minério é friável, pouco resistente com 60% abaixo de 20 um, com excelente resposta à flotação onde se obtém elevação do teor para 600 g/ton com uma recuperação de 85%.

Inicialmente a lavra não utilizava explosivos mas em 1991 metade da produção provinha de escarificação e metade provinha de detonação de bancadas. O uso de explosivos deveu-se a um aumento da produção de 600 ton/h para 1 200 ton/h, gerando uma produção de ouro superior a 4,5 toneladas anuais.

A lavra utiliza bancadas de 8 metros de modo que haja completa compatibilidade com os equipamentos nacionais utilizados no carregamento e transporte, que são duas carregadoras Demag H55, quatro carregadoras frontais Cat 966 e 19 caminhões de 25 toneladas.

0.4. ENGENHARIA AMBIENTAL

A empresa tem sérias atitudes com relação aos aspectos de engenharia ambiental nos meios interno e externo a mina, bem como de higiene e segurança ocupacional. No interior da mina e da usina as normas são rígidas e há uma fiscalização constante, havendo um monitoramento rotineiro das condições de ruído, poeira, contaminação das águas pluviais e subterrâneas, lançamento de efluentes e da barragem de rejeitos. O problema mais grave se relaciona às poeiras fugitivas durante a época de seca, havendo uma constante irrigação das vias com uma frota de caminhões pipa. A entrada de um carro pipa na oficina é considerada como prioridade zero para a manutenção. Durante nossa visita estava sendo testada uma mistura de 2 a 5% de cal em água para ser pulverizada nas superfícies expostas para criar uma película protetora e diminuir as poeiras fugitivas.

Na cidade existem instalados medidores HI-VOL para análise de poeira sedimentável e a RPM tem demonstrado uma preocupação com possíveis vibrações causadas pelas detonações. No sistema de britagem primária foi instalado um coletor de pó por via úmida que custou 1,5 milhões de dólares e resolveu o problema de poeira ao redor das instalações.

A mina Morro do Ouro segue as normas da NOSA-National Organization for Safety Administration da África do Sul, sendo considerada uma mina cinco estrelas. Em 1991 foi classificada em segundo lugar num concurso internacional da NOSA.

O cuidado com segurança e asseio é extremo sendo exigido inclusive das empreiteiras contratadas o mesmo padrão de comportamento.

0.5. ILUMINAÇÃO E SINALIZAÇÃO

A mina Morro do Ouro é lavrada a céu aberto mas o seu alto grau de envolvimento com os aspectos de segurança inclui um rígido controle dos agentes físicos dentre os quais se encontra a iluminação. Todos os locais e equipamentos são monitorados e inspecionados quanto ao nível de iluminamento, ao estado de conservação e limpeza da pintura, ao código de cores empregado e à sinalização.

Apesar das salas, oficinas e locais de trabalho serem em superfície o cuidado com os aspectos acima mencionados é exemplar e nos serve de padrão de referência para a situação brasileira.

O espírito e a conscientização relativos a segurança e a engenharia ambiental estão disseminados por todos os funcionários os quais participam diariamente de uma "reunião de 5 minutos" no início da jornada de trabalho.

Pequenas melhorias poderiam ser efetuadas com relação aos faróis traseiros dos veículos onde notamos algumas lâmpadas queimadas, principalmente em caminhões. Além disso poderia ser instalado um sistema de duplo aviso sonoro-visual quando os caminhões e máquinas executassem a marcha ré.

As medições efetuadas foram sempre ao final do dia onde a luz natural era já pequena e mesmo à noite como no caso das oficinas que funcionam continuamente.

- a. salas de aula: área de 5 por 9 m, com 10 luminárias fluorescentes com dois tubos cada uma, além de duas lâmpadas incandescentes centrais. Um tubo apresentava piscamento e as paredes, teto e piso eram de cor branco ou gelo.

$$\bar{E} = \{ 360 + 365 + 370 + 385 \} / 4 = 370 \text{ lux}$$

- b. sala de testes de seleção: área de 4 por 4 m, com 6 luminárias fluorescentes de 2 tubos, um tubo com piscamento.

$$E(\text{mesa central}) = 757 \text{ lux}$$

- c. sala de treinamento: área de 3,5 por 5 m, com 4 luminárias fluorescentes de 2 tubos.

$$E(\text{mesa}) = 570 \text{ lux}$$

- d. sala de trabalho da psicologia industrial: área de 3,5 por 3 m, com 4 luminárias de 2 tubos fluorescentes.

$$E(\text{mesa}) = 1130 \text{ lux}$$

- e. oficina de lubrificação: da empreiteira IVAI, com área de 8 por 3 m, com 4 lâmpadas incandescentes e luminárias bem conservadas. Paredes de todas as oficinas limpas e de cores claras.

$$E(\text{sob lâmpada}) = 130 \text{ lux}$$

$$E(\text{entre lâmpadas}) = 42 \text{ lux}$$

- f. oficina e borracharia: da IVAI, com área de 8 por 10 m, com 6 lâmpadas incandescentes.

$$E(\text{sob lâmpada}) = 182 \text{ lux}$$

$$E(\text{entre lâmpadas}) = 93 \text{ lux}$$

- g. oficina geral de manutenção: da IVAI, área de 10 por 25 m, com 18 lâmpadas incandescentes localizadas a cerca de 7 m do piso. Os mecânicos trabalham auxiliados por lanternas, luzes móveis e holofotes portáteis.

$$E = \{ 70 + 74 + 82 + 82 \} / 4 = 78,5 \text{ lux}$$

- h. oficina de solda: da IVAI, com 4 lâmpadas incandescentes locadas a cerca de 3,5 m do piso. As medições foram efetuadas na bancada.

$$E(\text{sob lâmpada}) = 203 \text{ lux}$$

$$E(\text{entre lâmpadas}) = 116 \text{ lux}$$

ANEXO P

OBTENÇÃO DE CURVA DE INTENSIDADE LUMINOSA A PARTIR DE MEDIDAS DE ILUMINAMENTO

Consideremos um holofote num ambiente pintado de cores escuras para minimizar os reflexos secundários. Seja um plano horizontal que contenha a fonte de luz conforme mostra a planta da figura 7.2. Neste plano e a 5 m de distância foram efetuadas medidas de iluminamento para um dos lados do holofote e que forneceram os seguintes resultados:

θ (graus)	E (lux)	θ (graus)	E (lux)
0	1 000	25	50
5	900	30	30
10	600	35	20
15	200	40	10
20	90	45	0

Usando-se a lei do inverso do quadrado da distância podemos obter as intensidades correspondentes:

$$E = I / R^2 \quad \text{----->} \quad I = E \times R^2 = 25 E$$

Calculamos então a tabela abaixo relacionando intensidades e ângulos com a qual podemos construir por simetria a curva de intensidade luminosa mostrada na figura 7.3.

θ (graus)	I (cd)	θ (graus)	I (cd)
0	25 000	25	1 250
5	22 500	30	750
10	15 000	35	500
15	5 000	40	250
20	2 250	45	0

Notemos que a curva da figura 7.3. não é uma curva de isointensidades e que ela é bem distinta daquela de uma lâmpada incandescente comum mostrada na figura 6.1.

ANEXO Q

OBTENÇÃO DE NÍVEIS DE ILUMINAMENTO EM FACE ILUMINADA POR HOLOFOTE
SITUADO A 3 METROS DE DISTÂNCIA

Admitamos que um holofote idêntico ao do exemplo anterior esteja montado num minerador contínuo de carvão que se encontra a 3 metros da face e para a qual queremos determinar os níveis de iluminamento em diversos pontos como ilustra a figura 7.4. O iluminamento num ponto P da face livre e para uma superfície normal ao raio incidente é dado pela lei do inverso do quadrado da distância:

$$E(P,n) = I(P,\theta) / R^2$$

Como a face em P não é normal ao raio incidente usamos a lei do cosseno:

$$E(P,\theta) = E(P,n) \times \cos \theta$$

Portanto:

$$E(P,\theta) = [I(P,\theta) \times \cos \theta] / R^2$$

Nesta expressão $I(P,\theta)$ representa a intensidade num ponto P caracterizado por um dado ângulo θ ; com o valor de θ podemos obter $I(P,\theta)$ a partir da curva de intensidade luminosa e as demais grandezas são obtidas da geometria da figura.

Temos:

$$R^2 = (X_p^2 + Y_p^2) = (X_p^2 + 9)$$

$$\cos \theta = Y(F)/R = 3 / \sqrt{X_p^2 + 9}$$

$$\theta = \arcsin [3 / \sqrt{X_p^2 + 9}]$$

Finalmente:

$$E(P,\theta) = [3 \times I(P,\theta)] / [(X_p^2 + 9) \sqrt{X_p^2 + 9}]$$

Podemos agora obter os iluminamentos para diversos pontos P, cujos cálculos são sumarizados na tabela A abaixo.

Tabela A. Cálculo do iluminamento numa face a partir da curva de intensidade luminosa e para 3 m de distância.

X_p (m)	$\cos\theta$	θ (graus)	$R \times R$ (m ²)	$I(P, \theta)$ (candelas)	$E(P, \theta)$ (lux)
0	1	0	9	25 000	2 777,8
0,5	0,99	9,46	9,25	15 500	1 658,9
1,0	0,95	18,43	10,0	4 500	427,5
1,5	0,89	26,56	11,25	2 000	158,2
2,0	0,83	33,69	13,0	1 000	63,8
2,5	0,77	39,80	15,25	500	19,6
3,0	0,707	45,0	18,0	0	0

Os dados da tabela A permitem que se construa para o plano horizontal que contém o holofote a figura 7.5., onde se visualiza a diminuição do iluminamento ao nos afastarmos do eixo do fecho. Admitindo-se que o holofote é simétrico sua curva de intensidade luminosa gera um "intensidoide" que é um sólido de revolução e a figura 7.5. teria neste caso que ser visualizada tridimensionalmente. Todavia existe uma outra representação bidimensional interessante e que é ilustrada na figura 7.6. As linhas de igual iluminamento na face são circunferências concêntricas centradas no ponto onde o eixo do fecho atinge a face, e como a intensidade luminosa é nula para ângulos superiores a 45 graus, para pontos distantes mais de 3 metros do centro das circunferências o iluminamento é nulo. Esta representação bidimensional corresponde a se olhar a figura 7.5. de cima onde as circunferências seriam linhas de mesmo nível de iluminamento tal qual curvas topográficas.

ANEXO R

NIVEIS DE ILUMINAMENTO EM FACE ILUMINADA A DISTANCIAS DE 3,
6 E 12 METROS.

Para o mesmo holofote considerado nos Anexos P e Q calculemos as curvas de isoluminamento para distancias a face de 6 e 12 m. As tabelas A e B mostram os resultados obtidos.

Tabela A. Niveis de iluminamento com a fonte a 6 metros da face.

X_p (m)	$\cos\theta$	θ (graus)	R_xR (m ²)	$I(P,\theta)$ (candelas)	$E(P,\theta)$ (lux)
0	1	0	36	25 000	694,1
0,5	0,99	4,76	36,25	22 000	600,8
1,0	0,98	9,46	37,0	15 500	410,5
1,5	0,97	14,0	38,25	9 000	228,2
2,0	0,94	18,4	40,0	4 500	105,3
2,5	0,92	22,6	42,25	3 000	65,3
3,0	0,89	26,8	45,0	2 000	39,6
4,0	0,83	33,7	52,0	1 000	16,0
5,0	0,76	39,8	61,0	500	6,2
6,0	0,707	45,0	72,0	0	0

Tabela B. Niveis de iluminamento a 12 metros da face.

X_p (m)	$\cos\theta$	θ (graus)	R_xR (m ²)	$I(P,\theta)$ (candelas)	$E(P,\theta)$ (lux)
0	1	0	144	25 000	173,6
0,5	0,99	2,4	144,25	24 000	164,7

Continuação da Tabela B

1,0	0,99	4,8	115,0	21 000	157,0
1,5	0,99	7,1	146,25	19 500	132,0
2,0	0,99	9,5	148,0	15 500	103,7
2,5	0,98	11,8	150,25	12 000	78,3
3,0	0,97	14,0	153,0	9 000	57,0
4,0	0,95	18,4	160,0	4 500	26,7
5,0	0,92	22,6	169,0	3 000	16,3
6,0	0,89	26,6	180,0	2 000	9,9
7,0	0,86	30,2	193,0	1 500	6,7
8,0	0,83	33,7	208,0	1 000	4,0
10,0	0,77	39,8	244,0	500	1,6
12,0	0,707	45,0	238,0	0	0

Os resultados das tabelas A e B, e da tabela A do Anexo Q, estão plotados na figura 7.8., com a qual se pode concluir que:

- quanto maior a distância da face maior a área iluminada;
- quanto maior a distância menor o pico de iluminamento;
- quanto maior a distância mais uniforme se torna o iluminamento da face.

ANEXO S

OBTENÇÃO DE CURVAS DE ISOILUMINAMENTO A PARTIR DE CURVA DE INTENSIDADE LUMINOSA.

A construção de uma curva de isoiluminamento a partir de uma curva de intensidade luminosa é ilustrada para o holofote da figura 7.1. Conhecida sua curva de intensidade luminosa vamos plotar curvas de isoiluminamento para os níveis de 20, 40, 60 e 80 lux.

A transformação de uma curva de intensidade luminosa em curva de isoiluminamento utiliza novamente a lei do inverso do quadrado da distância. Tomamos uma sequência de ângulos ao redor da fonte e para cada um determinamos a intensidade luminosa (colunas 1 e 2 da tabela A). Em seguida, para cada nível de iluminamento desejado calculamos a distância que deverá estar a superfície a ser iluminada; esta superfície é considerada normal ao raio luminoso valendo portanto a expressão:

$$E = I / R^2 \quad \text{-----} \quad R = \sqrt{I / E}$$

$$\text{Se } E = 20 \text{ lx} \quad \text{-----} \quad R = \sqrt{I / 20}$$

$$\text{Se } E = 40 \text{ lx} \quad \text{-----} \quad R = \sqrt{I / 40}$$

Deste modo são construídas as quatro últimas colunas da tabela A. Com os dados desta tabela é possível então se construir as curvas de isoiluminamento apresentadas na figura 7.9.

Se quisermos saber o padrão de iluminamento numa face a 20 metros de distância da fonte, basta traçar a superfície normal ao eixo do fecho e distante 20 metros. Na figura 7.9, esta face é representada pela reta horizontal tangente a circunferência de raio 20 metros.

Com as coordenadas dos pontos onde esta reta encontra as curvas de isoiluminamento podemos construir a figura 7.10, semelhante a figura 7.6.

Percebe-se que é mais fácil se determinar padrões de iluminamento na face quando são dadas as curvas de isoiluminamento da fonte do que quando se tem apenas curvas de intensidade luminosa.

Tabela A. Distâncias a fonte para certos níveis de
iluminamento e certos ângulos ao redor da fonte.

θ (graus)	I (cd)	R (m)			
		para 20 lx	para 10 lx	para 60 lx	para 80 lx
0	25 000	35,4	25,0	20,4	17,6
5	22 500	33,5	23,7	19,4	16,8
10	15 000	27,4	19,4	15,8	13,7
15	5 000	15,8	11,2	9,1	7,9
20	2 250	10,6	7,5	6,1	5,3
25	1 250	7,9	5,6	4,6	3,9
30	750	6,1	4,3	3,5	3,1
35	500	5,0	3,5	2,9	2,5
40	250	3,5	2,5	2,0	1,8
45	0	0	0	0	0

ANEXO T - PAISES MEMBROS DOS COMITES TÉCNICOS DA CIE
RELATIVOS A ILUMINAÇÃO DE MINAS

De acordo com a referência [30] os membros do Comitê Técnico 5.01 Iluminação de minas subterrâneas eram os seguintes em 1989:

1. África do Sul - H.D. Einhorn
2. Alemanha - J. Krochmann, G. Pawlowski, H. Riechert,
B. Weiss
3. Austrália - W.B. Bell, J.C. Munro
4. Bulgária - G. Ganchev
5. Canadá - J. Cluff
6. Estados Unidos - W.H. Lewis
7. França - M. Wachnick
8. Finlândia - R. Heikkinen
9. Inglaterra - R.J. Graves
10. Itália - G. Gecchele
11. Polónia - G. Peretiatkowicz

Em 1982 outros técnicos além dos acima citados representavam seus países [1]:

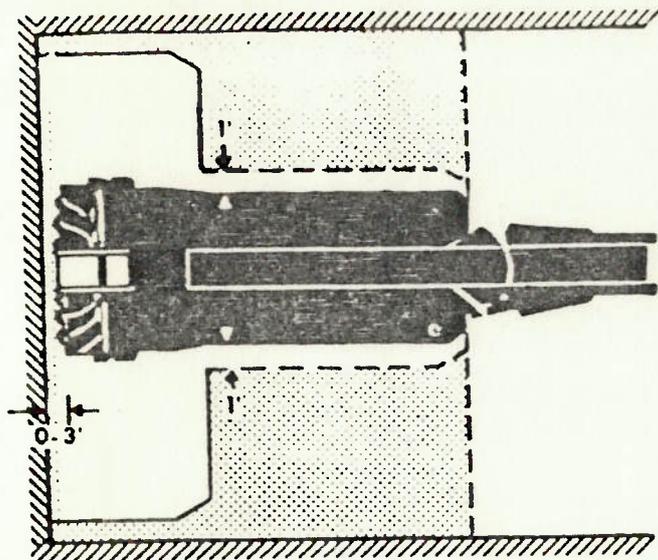
1. Dinamarca - H. Hildebe
2. Holanda - F. Burhout
3. Roménia - E. Sufrin
4. Japão - S. Kato
5. Espanha - S.P. Cutillas
6. URSS - V.I. Serov

ANEXO U

AREAS A SEREM ILUMINADAS AO REDOR DE MAQUINAS
E EQUIPAMENTOS MÓVEIS SEGUNDO AS NORMAS DOS USA

APPENDIX A.—FEDERAL SPECIFICATIONS FOR LIGHTING FACE EQUIPMENT AND COAL MINE LONGWALLS

A-1.—Continuous mining machine (except rope-propelled auger miners) and loading machines in seam heights greater than or equal to 42 in.



AREAS TO BE ILLUMINATED TO 0.06 fL

The entire coal face and the ribs, roof, floor, and exposed machine surfaces between the face and the point where the shuttle car or other conveying equipment abuts against the mining machine or loader when positioned to receive material.

Note 1.—To allow for most efficient deployment of machine headlights, no light measurements are taken in the floor area between the cutter-boom or gathering-head hinge pin and the face.

Note 2.—To permit location of fixtures in maintainable locations, no light measurements are taken within a 1-ft perimeter of the machine.

MACHINE POSITION FOR LIGHT MEASUREMENTS

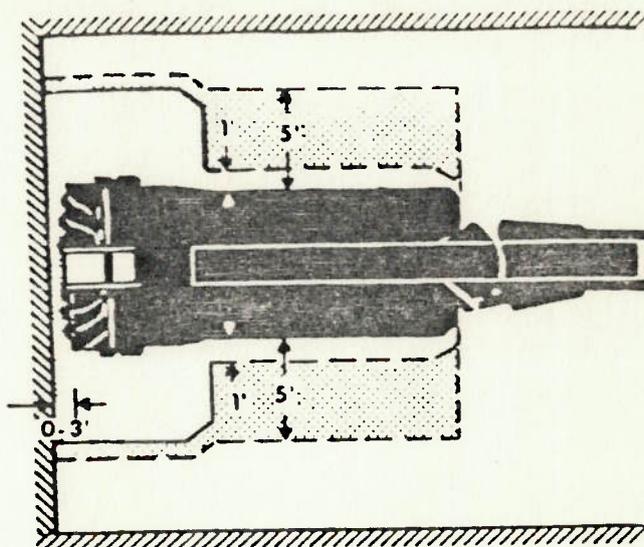
Centered in entry with inby end of cutterhead or gathering head no greater than 3 ft from the face.

ADDITIONAL COMMENTS

Pickup loader, i.e., loaders operated behind a continuous mining machine in surge material handling capacity, fall in this category. To prevent objectionable discomfort glare problems, the inby end of these machines are usually not lighting with directional luminaires (e.g., headlights).

Roof lighting not required if seam height is less than 12 in greater than machine frame height.

A-2.—Continuous mining machines (except rope-propelled auger miners) and loading machines in seam heights less than 42 in.



AREAS TO BE ILLUMINATED TO 0.06 fL

Same as A-1 including notes 1 and 2 except that light measurements are taken only within a 5-ft perimeter of the machine. Roof, floor, and ribs outside this perimeter need not be illuminated to the 0.06-fL standard. This accommodation is to prevent the necessity of employing undiffused or unshielded high-intensity fixtures to illuminate wide entries often found in low-coal mines. Otherwise, objectionable discomfort glare problems might result.

MACHINE POSITION FOR LIGHT MEASUREMENTS

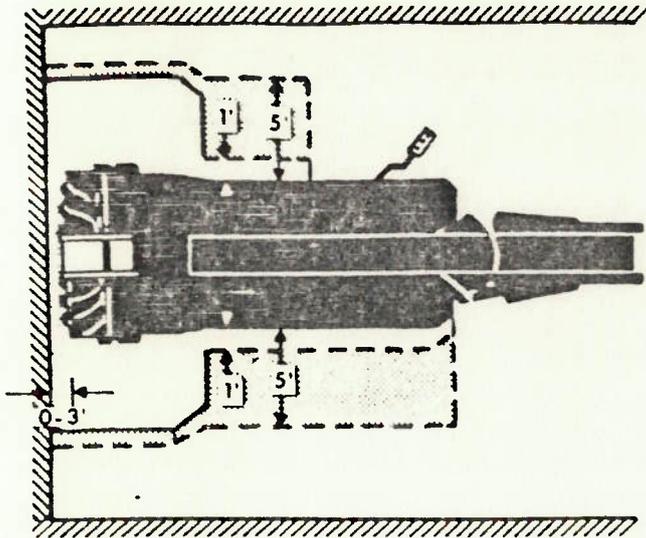
Centered in entry with inby end of cutterhead or gathering head no greater than 3 ft from face. In cases where ribs do not fall within 5 ft of machine, the machine is repositioned so that it is 5 ft from and parallel to the ribs to take these measurements.

ADDITIONAL COMMENTS

Pickup loaders, i.e., loaders operated behind a continuous mining machine in surge material handling capacity, fall in this category. To prevent objectionable discomfort glare problems, the inby end of these machines are usually not lighting with directional luminaires (e.g., headlights).

Roof lighting not required if seam height is less than 12 in greater than machine frame height.

A-3.—Remote control continuous mining machines in seam heights less than 42 in.



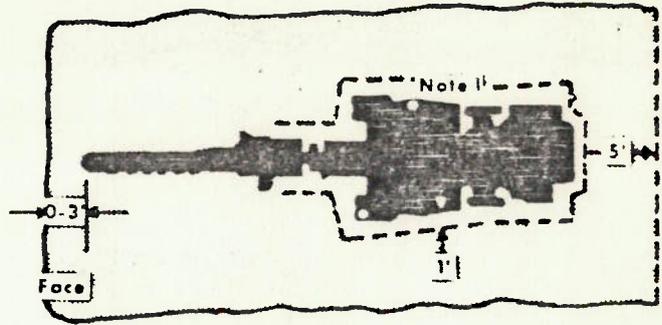
AREAS TO BE ILLUMINATED TO 0.06 fL

Same as A-2 except that light measurements are not taken on operator's side of the machine outby the center of the mainframe. This accommodation is to prevent objectionable discomfort glare for the remote control operator. Lack of a stationary operator's station prevents location of a fixture in this area that would not cause discomfort glare.

MACHINE POSITION FOR LIGHT MEASUREMENT

Centered in entry with inby end of cutterhead or gathering head no greater than 3 ft from face. In cases where ribs do not fall within 5 ft of machine, the machine is repositioned so that it is 5 ft from and parallel to the ribs to take these measurements.

A-4.—Face drills and cutters (excluding rope-propelled cutters) in seam heights greater than or equal to 42 in.



AREAS TO BE ILLUMINATED TO 0.06 fL

The entire coal face and the ribs, roof, floor, and exposed machine surfaces between the face and a plane 5 ft outby the machine.

Note 1.—To permit location of fixtures in maintainable locations, no light measurements are taken within a 1-ft perimeter of the machine.

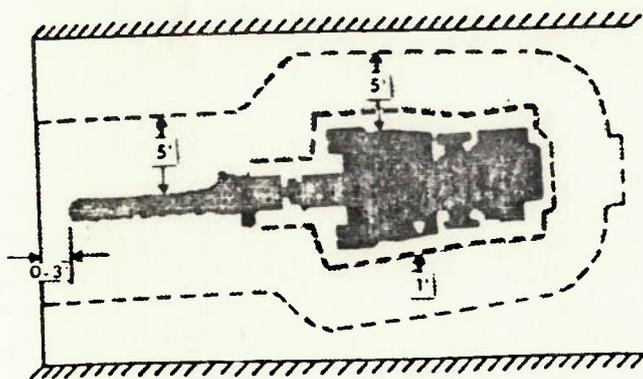
MACHINE POSITION FOR LIGHT MEASUREMENT

Centered in entry with inby end of cutter bar or drill no greater than 3 ft from the face.

ADDITIONAL COMMENTS

Roof lighting not required if seam height is less than 12 in greater than machine frame height.

A-5.—All face drills and all cutters (excluding rope-propelled cutters) in seam heights less than 42 in.



AREAS TO BE ILLUMINATED TO 0.06 fL

Same as A-4 including note 1 except that light measurements are taken only within a 5-ft perimeter of the machine. Roof, floor, and ribs outside this perimeter need not be illuminated to the 0.06-fL standard. This accommodation is to prevent the necessity of employing undiffused or unshielded fixtures to illuminate wide entries often found in low-coal mines. Otherwise, objectionable discomfort glare problems might result.

MACHINE POSITION FOR LIGHT MEASUREMENTS

Centered in entry with inby end of cutter bar or drill no greater than 3 ft from the face. In cases where ribs do not fall within 5 ft of the machine, the machine is repositioned so that it is 5 ft from and parallel to the ribs to take these measurements.

ADDITIONAL COMMENTS

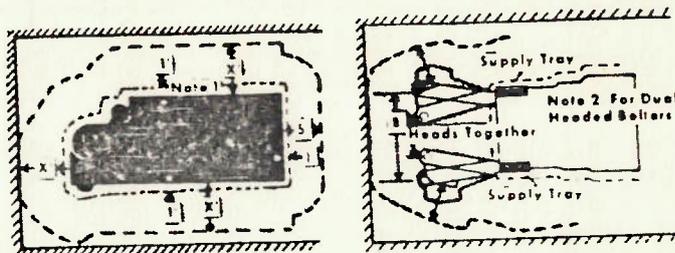
Roof lighting not required if seam height is less than 12 in greater than machine frame height.

A-6.—Rope-propelled cutters and rope-propelled auger miners in any seam height.

AREAS TO BE ILLUMINATED TO 0.06 fL

Pending development of low-glare illumination systems, no illumination is required on rope-propelled cutters. Design and operating procedures for these machines require that jackcutters work inby the machine where they would be exposed to objectionable discomfort glare and cap lamp signaling between these and other workers would be

A-7.—Roof bolters in seam heights greater than or equal to 42 in.



AREAS TO BE ILLUMINATED TO 0.06 fL

The roof and floor within 5 ft of the outby end of the machine, and the face, ribs, and exposed machine surfaces within X feet of the machine perimeter on all other sides where—

X = 5 ft when seam height is between 42 and 60 in; and
X = seam height, when seam height is greater than 60 in.

Note 1.—To permit location of fixtures in maintainable locations, no light measurements are taken within a 1-ft perimeter of the machine.

Note 2.—Luminaire-adjacent supply trays on dual-head bolters often cause objectionable discomfort glare for the machine operator. To permit location of these fixtures in locations where they will not cause glare, the system is viewed as being in compliance if the required luminance levels are met when the heads are together or when they are spread a distance of 8 ft and in position for installing roof bolts or drilling holes (heads raised). Boom-mounted luminaires can illuminate the supply tray vicinity with the boom spread and eliminate the necessity of locating a fixture here.

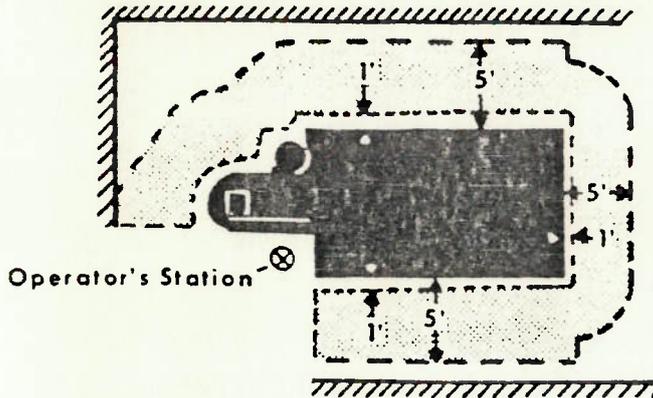
MACHINE POSITION FOR LIGHT MEASUREMENTS

Centered in entry with drill head distance X from the face. In this position, light measurements are taken on roof, floor, ribs, face, and exposed machine surfaces. In cases where ribs do not fall within distance X of machine, machine is repositioned to the distance X from the rib and light measurements are made (two repositionings required). As under note 2, measurements may be made on the supply tray vicinity with the drill heads together or spread a distance of 8 ft and in position for drilling or bolting on dual-head machines.

ADDITIONAL COMMENTS

Roof lighting not required if seam height is less than 12 in greater than machine frame height.

A-8.—Roof bolters in seam heights less than 42 in excluding roof bolters integral to continuous mining machines.



AREAS TO BE ILLUMINATED TO 0.06 fL

As in A-7 ($X = 5$ ft on all sides of the machine) including note 1 except that no measurements are taken in front of the machine at the side of the operator's station. Luminaires mounted in this area cause objectionable discomfort glare in low seam heights where operators would have to work in close proximity of the fixture.

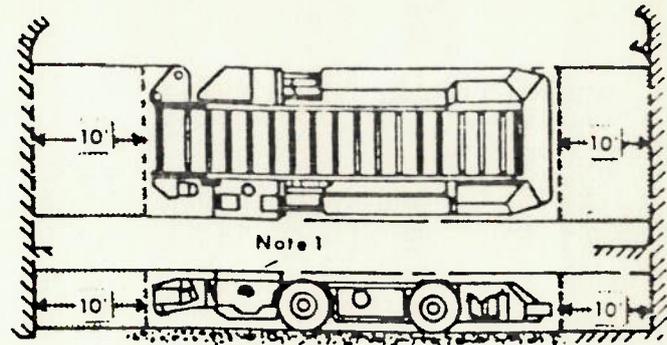
MACHINE POSITION FOR LIGHT MEASUREMENTS

Centered in entry with drill head distance X from the face. In this position, light measurements are taken on roof, floor, ribs, face, and exposed machine surfaces. In cases where ribs do not fall within distance X of machine, machine is repositioned to the distance X from the rib and light measurements are made (two repositionings required). As under note 2, measurements may be made on the supply tray vicinity with the drill heads together or spread a distance of 8 ft and in position for drilling or bolting on dual-head machines.

ADDITIONAL COMMENTS

On roof bolters integral to continuous mining machines, lighting to the 0.06-fL standard is still required in the vicinity of the operator's station. Roof lighting not required if seam height is less than 12 in greater than machine frame height.

A-9.—All shuttle cars, scoops, and load-haul-dump vehicles where specification can be met with fixtures in locations where they are maintainable.



AREAS TO BE ILLUMINATED TO 0.06 fL

The face or rib of coal within 10 ft of both the front and rear of the vehicle within the area defined by the height and width of the machine.

Note 1.—Height is determined by maximum height of machine including sideboards and canopies.

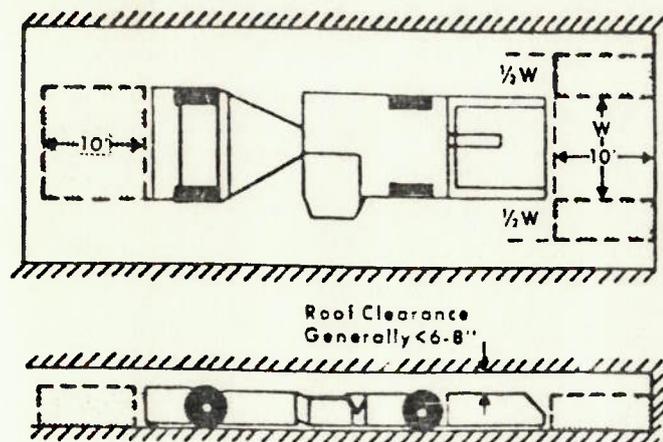
MACHINE POSITION FOR LIGHT MEASUREMENTS

Perpendicular to and between 9 and 10 ft from a relatively smooth coal surface.

ADDITIONAL COMMENTS

Lights only need be operated in the direction of travel at any given time. Lights may be turned off when they become a glare problem for personnel working on continuous mining machine or loader.

A-10.—Scoops and certain load-haul-dump vehicles where specifications of A-9 cannot be met with fixtures mounted at locations where they are maintainable (see "Additional Comments" section).



AREAS TO BE ILLUMINATED TO 0.06 fL

On the end of the vehicle where fixtures would have to be mounted in locations where they could not be maintained to meet the specifications of A-9, an area on each side of the vehicle defined by the height and one-half the width of the vehicle must be lighted. On the other end of the vehicle, specification is the same as A-9.

MACHINE POSITION FOR LIGHT MEASUREMENTS

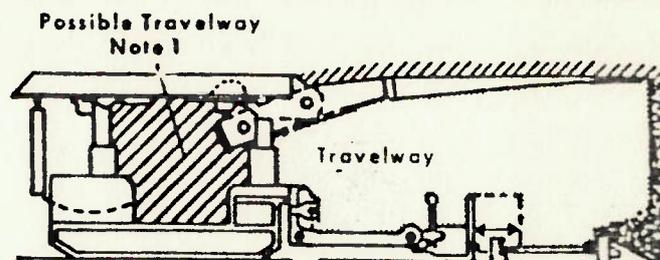
Perpendicular to and between 9 and 10 ft from a relatively smooth coal surface.

ADDITIONAL COMMENTS

On scoops in particular, luminaires at one end of the vehicle must be top-deck mounted to meet specifications. This applies to cases where seam height exceeds frame height by only 6 to 8 in or less. In such event, top-deck mounted fixtures would be unmaintainable.

Lights only need be operated in direction of travel at any given time. Lights may be turned off when they become a glare problem for personnel working on continuous mining machine or loader.

A-11.—All longwall face supports in seam heights greater than or equal to 42 in.



AREAS TO BE ILLUMINATED TO 0.06 fL

The face and all surfaces between the face and the gob side of the travelway.

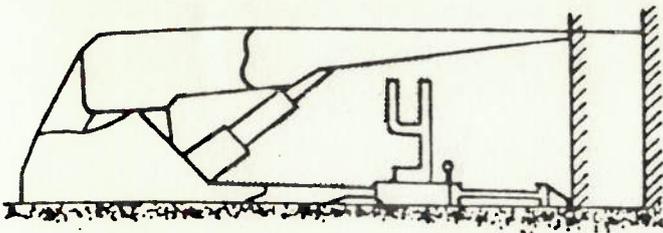
Note 1.—The travelway is the face throughway utilized by personnel for traveling along the face. It is designated by the operator, and such designation must be consistent with actual use. If both throughways are traveled by personnel, both are viewed as travelways and both must be illuminated.

Note 2.—No light measurements are taken on the face conveyor for a distance of 1 ft in by the spillboard. Light transmissions to this portion of the face conveyor would be impractical.

MACHINE POSITION FOR LIGHT MEASUREMENT

Support is pulled forward with roof-canopy tip against the face in its normal position prior to mining.

A-12.—All longwall face supports in seam heights less than 42 in.



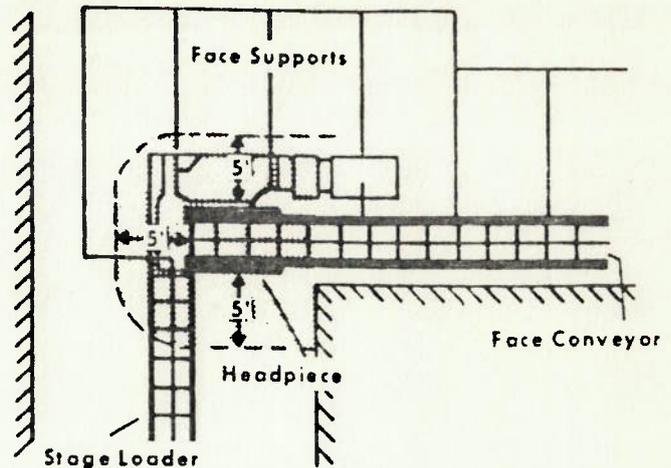
AREAS TO BE ILLUMINATED TO 0.06 fL

Same as A-11 including note 1 except that no light measurements are made in by the spillplate structure. Lack of clearance between the spillplate and roof canopy in low seam heights make light transmission to the face impractical.

MACHINE POSITIONING FOR LIGHT MEASUREMENT

Support is pulled forward with roof-canopy tip against the face in its normal position prior to mining.

A-13.—Longwall conveyor headpiece in all seam heights.



AREAS TO BE ILLUMINATED TO 0.06 fL

All surfaces within the area defined by a 5-ft perimeter measured horizontally from the face conveyor headpiece in the vicinity where it dumps onto the stage loader (also, see "Additional Comments" section).

ADDITIONAL COMMENTS

Areas upon which shadows are cast by manually set jacks or timbers need not be lighted to 0.06 fL.

Areas in this vicinity obscured by ventilation curtains need not be illuminated to 0.06 fL; however, the curtains must be part of the mine ventilation plan and must be used at all times.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BURROWS, J., ed. Environmental engineering in South African Mines. Capetown, Mine Ventilation Society of South Africa, 1988.
2. MINE VENTILATION SOCIETY OF SOUTH AFRICA. Les Roux's notes on mine environmental control. 4a. ed. Capetown, 1990.
3. VUTUKURI, V.S.; LAMA, R.D. Environmental engineering in mines. Cambridge, University Press, 1986.
4. TROTTER, D.A. The lighting of underground mines. Montreal, McGill Univ., 1982. (Séries on Mining Engineering, 2)
5. USA. Department of Interior. National Mine Health and Safety Academy. Mine illumination. s.l, 1976. (Workbook, 8)
6. LEWIS, W.H., comp. Underground coal mine lighting handbook: part 1 and 2. Washington, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1975. 2v. (U.S. Bureau of Mines. Information Circular, 9073/9074)
7. TROTTER, D.A. A report on lighting in Ontario underground mines. Ontario, Mines Accident Prevention Association Ontario, 1985.
8. ROBERTS, A. Underground lighting in mines, shafts and tunnels. London, The Technical Press, s.d.
9. MELNIKOV, N.; CHECNOKOV, M. Safety in open cast mining. Moscou, MIR, 1969.
10. VIDAL, V. Exploitation de mines. Paris, DUNOD, 1962. v.2.
11. JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. Mining Labor Accident Society. Mine safety textbook for mine safety engineer. s.l., 1983.
12. CHURCH, H.K. Excavation handbook. New York, McGraw-Hill, 1981. Cap. 16, p.16/18-16/29: Allied operations, machinery and components, and facilities.
13. BOKY, B. Exploitation des mines. Moscou, MIR, 1968
14. BIENIAWSKI, E.T. Rock mechanics design in mining and tunnelling. Boston, A.A. Balkema, 1984.
15. CROOKS, W.H.; PEAY, J.M. Developing luminance requirements for underground metal and nonmetal mines. In: BUREAU OF MINES TECHNOLOGY TRANSFER SEMINARS, Pittsburgh, St. Louis, Denver, 1981. Ergonomics - human factors in mining: proceedings. Washington, U.S. Department of the Interior,

- Bureau of Mines, 1981. p. 41-55. (U.S. Bureau of Mines. Information Circular, 8866)
16. BIRD Jr, P.B. Mine safety and loss control: a management guide. Georgia, Institute Press, 1980.
 17. SCHAFFER, L.; PEAY, J.M. A model of health and safety programs for mines. In: BUREAU OF MINES TECHNOLOGY TRANSFER SEMINARS, Pittsburgh, St. Louis, Denver, 1981. Ergonomics= human factors in mining: proceedings. Washington, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1981. p. 138-16. (U.S. Bureau of Mines. Information Circular, 8866)
 18. BRASIL. Ministério do Trabalho. Curso de supervisores de segurança do trabalho. 8. ed. São Paulo, Fundacentro, 1985.
 19. FERENEC Jr. M.; LEMON, H. B.; STEPHENSON, R. J. Curso de física: ondas (som e luz). Trad. J. Goldenberg. São Paulo, Edgard Blucher, 1970.
 20. SEARS, E. W.; ZEMANSKY, M.V. Física. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1962. v. 2,3.
 21. NAKANO, R. Iluminação externa visando a conservação de energia. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTALAÇÕES PREDIAIS, 2, São Paulo, 1986. Instalações prediais: anais. São Paulo, Departamento de Engenharia Civil da EPUSP, 1986, p. 147-64.
 22. SENGUPTA, M. Mine environmental engineering. Boca Raton, CRC Press, 1990. v. 1.
 23. GRIEVE, P.W. Measuring light. Glostrup, Bruel & Kjaer, 1983.
 24. AGRICOLA, G. De Re Metallica. New York, Dover Publications Inc., 1950
 25. WALD, G. Eye and camera. In: PERCEPTION: mechanisms and models. Readings from Scientific American. San Francisco, W.H. Freeman, 1972. Cap.10, pag. 94-103
 26. WEIS, B. Aus der Arbeit der CIE: Division 5 "Ausßenbeleuchtung andere Lichtanwendungen". LICHT, n. 3/4, p. 326-8, 1989.
 27. HEMP, R. Illumination in South African gold mines. In: INTERNATIONAL MINE LIGHTING CONFERENCE, 2., Beckley, 1981. Mine illumination: proceedings. Washington, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1981. p. 154-71. (U.S. Bureau of Mines. Information Circular, 8886)
 28. CHAMBER OF MINES OF SOUTH AFRICA. Mine Safety Division. Mine safety management system. Johannesburg, 1990. 1 v. (varias paginações)
 29. WEIS, B. Illumination of mines. s.n.t. p. D501/1-D501/3.

/Separata de COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
SESSION. 20., 1983/

30. COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE. Technical activities and publications. Vienna, CIE, 1989.
31. TROTTER, D.A. Refletance measurements in mining. In: INTERNATIONAL MINE LIGHTING CONFERENCE, 2., Beckley, 1981. Mine illumination: proceedings. Washington, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1981. p. 154-71. (U.S. Bureau of Mines. Information Circular, 8886)
32. USA. Department of Labor. Mine Health and Safety Administration. Code of federal regulations: title 30 - mineral resources. 1984.
33. INGLATERRA. National Coal Board Mining Department. Underground lighting standards: a schedule of recommended values of illumination for situations underground. London, 1974.
34. INGLATERRA. Mines and works. s.l., s. ed., 1988. v.2, Cap. 15, p. 114-18: Lighting, safety lamps and contraband - Regulations 15.1 - 15.11.2.
35. BUREAU OF MINES TECHNOLOGY TRANSFER SEMINARS, Pittsburg, St. Louis, Denver, 1975. Coal Mine Illumination: Proceedings. Washington, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1976. (U.S. Bureau of Mines Information Circular, 8709)
36. JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. Mining Labor Accident Prevention Society. Mine safety textbook for mine safety engineer. s.l., 1983
37. ORTEGA E SANTOS CONSULTORES EM MINERAÇÃO. Mineração a céu aberto e subterrânea: manual de segurança. Rio de Janeiro, Ortega e Santos, 1983.
38. FAIRHURST, C.; ST. JOHN, C.M.; MIDEA, N.F.; ESTON, S.M.; FERNANDES, A.C.; BONGIOVANI, L.A. Rock mechanics studies of proposed underground mining of potash in Sergipe, Brazil. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ROCK MECHANICS, 4., Montreux, 1979. Proceedings. Montreux, International Society for Rock Mechanics, 1979. v.1, p.131-8.
39. ESTON, S.M.; HENNIES, W.T.; ROCHA, R.O. Considerations on environmental engineering and mine safety at the underground potash mine of Taquari-Vassouras, Sergipe, Brazil. Phosphorus and Potassium, n.173, p.46, May/June 1991. /Apresentado ao 2. International Potash Technology Conference-KALI 91, Hamburg, Alemanha, 1991/
40. ESTON, S.M.; HENNIES, W.T. Investigações preliminares sobre a iluminação de minas subterrâneas no Brasil. In: CONVEGNO

MINERARIO ITALO BRASILEIRO, 1; CONGRESSO ITALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE MINAS, 1; Cagliari, 1990. Memorie. Cagliari, Dipartimento de Ingegneria Mineraria e Mineralurgica, Università degli Studi di Cagliari / Departamento de Engenharia de Minas da EPUSP, 1990. p. 147-66.

41. OLIVEIRA, M. Abertura à importação amplia crise do carvão. Brasil Mineral, vol. 8, n. 82, p. 12-16, out. 1990.
42. INFORMATIVO ANUAL DA INDUSTRIA CARBONIFERA. Brasília, MME/DNPM, v. 9, ago. 1988.
43. RIBEIRO, I.A. CRM - Modificação nas minas aumenta a produtividade. Brasil Mineral, v. 7, n. 71, p. 38-46, out. 1989.
44. RIBEIRO, I.A. CRM se recupera e obtém recordes de produção. Brasil Mineral, v. 7, n. 71, p.32-6, out. 1989.
45. HENNIES, W. T.; FUJIMURA, F.; OLIVEIRA, R. N. Características tecnológicas de carvões nacionais. Geologia e Metalurgia, n. 40, p.447-56, 1976. /Apresentado ao 6. Simpósio Brasileiro de Mineração, Centro Moraes Rego, São Paulo, 1976/
46. VILELA, R. Situação da indústria de carvão em Santa Catarina. Brasil Mineral, v. 7, n. 71, p. 28-31, out. 1989.
47. OLIVEIRA, R. A. Homens do carvão. VEJA, v. 23, n. 13, p. 12-14, abr. 1990.
48. CEZAR, S. B. Produção de carvão vem decaindo desde 1985. Brasil Mineral, v. 7, n. 71, p. 52-3, out. 1989.
49. PALADINI, E. P. Estratégia de ação para a industria carbonífera. Brasil Mineral, v. 8, n. 82, p. 17-23, out. 1990.
50. STELLIN Jr., A., OKAGAWA, H., NOGUEIRA FILHO, J. V., HENNIES, W. T. Glossário de termos técnicos de mineração: setor lavra de minas. São Paulo, APEMI, 1987. (Cadernos Técnicos da APEMI, 1)
51. FERREIRA, G. C. Impactos ambientais na mineração de carvão. São Paulo, EPUSP, 1986. / Apresentado ao Seminário de Pós-Graduação na disciplina Mineração subterrânea de carvão. Departamento de Engenharia de Minas. Xerocopiado/
52. CBCA HOJE: Órgão informativo dos trabalhadores da Massa Falida da Companhia Brasileira Carbonífera Araranguá. Crissiuma, v. 1, n. 1, nov. 1991.
53. SUTTILL, K.R. Brazilian gold - into a new era: as alluvials became scarcer, primary production increases in importance. Engineering and Mining Journal, v. 191, n. 6, p.22-4,

June 1990.

54. SUTTILL, K.R. Merro do Ouro - Brazil's hill of gold: no stripping, consistent grade, and astute concentrator design have made this exceptionally low grade mine profitable. Engineering and Mining Journal, v. 191, n. 6, p.25-8, June 1990.
55. NOVO, E.M.L.M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo, Edgard Blucher, 1988.
56. GOMES, J.M.; VELHO, L.C. Conceitos básicos de computação gráfica. São Paulo, IME-USP, 1990. /Apresentado a 7. Escola de Computação, São Paulo, 1990/
57. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Iluminância de interiores. NB-57. Rio de Janeiro, maio 1991. Errata de julho 1991.
58. IES Lighting Handbook. Illuminating Engineering Society, New York, 1966, 4a. ed.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. OLHO, um órgão maltratado. Proteção, p. 10-6, 2. sem. 1988.
2. Brasil. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Normas regulamentares de mineração. Brasília, 1988.
3. SANDERS, M.S. Determining what needs to be seen and what can be seen from underground mining equipment. In: BUREAU OF MINES TECHNOLOGY TRANSFER SEMINARS, Pittsburgh, St. Louis, Denver, 1981. Ergonomics - human factors in mining: proceedings. Washington, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1981. p. 56-69. (U.S. Bureau of Mines Information Circular, 8866)
4. KAUFMAN, J.E., ed. IES lighting handbook: reference and application volumes. s.l., Illumin. Eng. Society of North America, 1981.
5. LESTER, O.E. Mining enforcement and safety administration review of new rule-making in mine illumination. In: BUREAU OF MINES TECHNOLOGY TRANSFER SEMINARS, Pittsburgh, St. Louis, Denver, 1975. Coal mining illumination: proceedings. Washington, U.S. Department of Interior, Bureau of Mines, 1975. p. 3-9. (U.S. Bureau of Mines. Information Circular, 8709)
6. LIGHTING at work. London, Health and Safety Executive, 1987. (HS/G, 38)
7. INGLATERRA. Department of Trade and Industry. Safety and Health Division. Conditions of test and approval of safety-lamps and their component parts for use in mines. 5. ed. London, 1973. (M&Q Testing Memorandum, 1)
8. ROBBA, E.J. Visão e iluminação. São Paulo, Depart. de Eng. de Eletricidade da EPUSP, 1986. /Apostila/
9. BOARO, J. The development of a cap lamp peak illuminance photometer. Ontario, 1987. 30 p. Thesis (ENGR 4105) - School of Engineering, Laurentian University.
10. ARCHDEACON, S. Visão influi na produtividade. Proteção, p. 7-8, 2. sem. 1988.
11. TROTTER, D.A. Dealing with the new cap lamp standard. Ontario, Mines Accident Prevention Association Ontario, 1988. /Apresentado a 57. Annual Technical Sessions, Ontario, 1988/
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TÉCNICAS. Iluminamento de interiores P-NB-57. Rio de Janeiro, 1958. Revista 1966.

13. CHIRONIS, N.P. New lighting regulations to spark improved safety, production for coal mines. In: CHIRONIS, N. P., ed. Coal age operating handbook of underground mining. New York McGraw Hill, 1977. Cap. 10, p.314-20. (Coal Age Library of Operating Handbooks, 1)
14. CANADA. Ministry of Labor Offices. Mining Health and Safety Branch. The occupational health and safety act, 1978 and regulations for mines and mining plants. Ontario, s.d. Cap. 83, p. 1-308.
15. WHITEHEAD, K.L.; LEWIS, W.H., comp. Mine illumination. In: INTERNATIONAL MINE LIGHTING CONFERENCE, 2., Beckey, 1981. Mine illumination: proceedings. Washington, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1981. p. 1-10. (U.S. Bureau of Mines. Information Circular, 8886)
16. TROTTER, D.A. Mine lighting. Canadian Mining Journal, v.98, n. 7, p. 24-31, July 1977.
17. ESPINOSA, J.A. Necesidad de un reglamento nacional de higiene y seguridad minera. In: JORNADAS ARGENTINAS DE ENGENHARIA DE MINAS, 2; San Juan, 1981. Actas. San Juan, Universidad Nacional de San Juan/CADIM, 1981. p. 409-19.
18. HAMMER, W. Handbook of system and product safety. New Jersey, Prentice-Hall, 1972.
19. McTEER, J.D. Miner's manual - a complete guide to health and safety protection on the job. New York, Crossroad Press, 1981.
20. PERETIAKOWICZ, A. Mine underground illumination in Poland. In: INTERNATIONAL MINE LIGHTING CONFERENCE, 2., Beckley, 1981. Mine illumination: proceedings. Washington, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1981. p. 154-71. (U.S. Bureau of Mines. Information Circular, 8886)
21. MOREIRA, A.A. Segurança em mineração subterrânea. In: SEMANA DE ESTUDOS MINERO-METALURGICOS, 22, São Paulo, 1984. Anais. São Paulo, Centro Moraes Rego/ Escola Politécnica da USP, 1984. n.p.
22. RIBEIRO, B.A. Iluminação. São Paulo, Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 1972.
23. COSTA, J.C. Princípios de prevenção de acidentes do trabalho. Campina Grande, Departamento de Mineração e Geologia, Universidade Federal da Paraíba, 1987. /Apostila/
24. GANCHEV, G. Mine lighting research and development work in Bulgaria. In: INTERNATIONAL MINE LIGHTING CONFERENCE, 2., Beckley, 1981. Mine illumination: proceedings. Washington, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1981. p.

- 154-71. (U.S. Bureau of Mines. Information Circular, 8886)
25. USA. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. Mine injuries and worktime. Quaterly. Denver, Jan./Jun 1987.
26. SYLVANIA INFORMAÇÕES E ANÁLISES. Lâmpadas fluorescentes. São Paulo, 1987. (Boletim Técnico de Engenharia)
27. PERETIAKOWCZ, A. Problems of electrical mine lighting in the work of CIE. In: INTERNATIONAL MINE LIGHTING CONFERENCE, 2., Beckley, 1981. Mine illumination: proceedings. Washington, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1981. p. 154-71. (U.S. Bureau of Mines. Information Circular, 8886)
28. GUTH, S.K. Mine lighting and the CIE. In: INTERNATIONAL MINE LIGHTING CONFERENCE, 2., Beckley, 1981. Mine illumination: proceedings. Washington, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1981. p. 154-71. (U.S. Bureau of Mines. Information Circular, 8886)
29. HOLANDA. Philips. Manual de iluminação. s.l., 1981.
30. LEONETTI, A.C.; IERVOLINO, M.S. Economia de energia elétrica em edifícios comerciais: Projeto Paulista. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTALAÇÕES PREDIAIS, 2, São Paulo, 1986. Instalações prediais: anais. São Paulo, Departamento de Engenharia Civil da EPUSP, 1986, p. 131-45.
31. FINKE, R.A. Mental imagery and the visual system. Scientific American, v. 254, n.3, p. 76-83, Mar. 1986.
32. MASLAND, R.H. The functional architecture of the retina. Scientific American, v. 225, n. 6, p. 90-9, Dec. 1986.
33. ECKERT, C. Os homens da mina. Ciência Hoje, v. 7, n. 41, p. 31-42, abr. 1988.
34. Jogo de cores. Superinteressante, v. 2, n. 2, p. fev. 1988.
35. MESA reveals its tough surface work-area rules. In: CHIRONIS, N.P., ed. Coal age operating handbook of underground mining. New York, McGraw Hill, 1977, Cap. 10, p. 344-5. (Coal Age Library of Operating Handbooks, 1)
36. MULLIGAN, R. Reflections on safety: be seen, be safe. Ontario, Mines Accident Prevention Association, 1987. /Apresentado na 56. Annual Technical Sessions, Ontario, 1987/
37. PRADO, L.C. Física aplicada. São Paulo, FAU/EPUSP, 1950. /Apostila/

38. MANUAL de economia de energia elétrica no lar. São Paulo, CESP/CPFL/ELETRIPAULO/COMGAS. 1985. (Série Divulgação e Informação, 038)
39. CROOKS, W.H. et al. Human factors analysis of underground work areas and tasks in metal and nonmetal mines. In: BUREAU OF MINES TECHNOLOGY TRANSFER SEMINARS, Pittsburgh, St. Louis, Denver, 1981. Ergonomics-human factors in mining: proceedings. Washington, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1981. p. 33-40. (U.S. Bureau of Mines. Information Circular, 8866)
40. DONATELLI, M.A. Programas de conservação de energia. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTALAÇÕES PREDIAIS, 2, São Paulo, 1986. Instalações prediais: anais. São Paulo, Departamento de Engenharia Civil da EPUSP, 1986. p. 121-30.
41. ATETE, M.W.; GIAMPAOLI, E.; ZIDAN, L.N. Riscos físicos. São Paulo, FUNDACENTRO, 1987.
42. COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE. Technical activities and publications. Viena, 1989.
43. HANE, T. Application of solar daylighting systems to underground space. Tunneling and Underground Space Technology. v. 4, n. 4, p. 465-70, 1989.
44. LEWIS, W.H.; FERREIRA, E. New developments in personal lighting systems for miners. Washington, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1983. (U.S. Bureau of Mines. Information Circular, 8938)
45. LIINAMAA, M.A.; REED, L.D. Light and charge emissions from rock during fracture: applications to mining. Mining Science and Technology. v. 7, p. 227-83, 1988.
46. NIELSEN, O. Luminance contrast measurements. Technical Review, n. 1, p. 3-22, 1980.
47. OLIVEIRA, L.H. De olho no olho. Superinteressante, v. 4, n. 1, p. 22-8, jan. 1990.
48. ROBERTS, A. Mine lighting: review of progress in techniques and research in Great Britain. Transactions of the American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, v. 217, p. 458-67, 1960.
49. WEIC, B. Aus der arbeit der CIE. Light, v. 3, n. 4, p. 236-8, 1989.
50. CANADA. Ontario Ministry of Labour. Occupational Health and Safety Division. Occupational health and safety act and regulations for industrial establishments. Ontario, Queen's Printer, 1988.

51. USA. Department of Labor. National Mine Health and Safety Academy. Industrial hygiene for the mining industry. Beckley, 1986. (Programmed Instruction Workbook. 12)
52. USA. Department of Health and Human Services. National Institute for Occupational Safety and Health. Industrial hygiene measurements: 550. Cincinnati, 1979.
53. USA. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. Coal mine inspection manual: underground electrical inspections. s.l., 1983. v.4.
54. HENNIES, W. T.; WEYNE, G. R. DE S. Segurança na mineração e no uso de explosivos. São Paulo, Fundacentro, 1980.
55. COMMENT recycler la lumière? La Recherche, v. 22, n. 229, p. 150, fev. 1991.
56. HARTMAN, H. L. Excavation and the environment: a review. In: TUNNEL AND SHAFT CONFERENCE, Minneapolis, 1968. Rapid excavation - problems and progress: proceedings. New York, The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1970. Cap. 28, p. 360 - 8.
57. L'OEIL à portée du regard. La Recherche, v. 229, p. 150, fév. 1991.
58. DUCHON, J. C.; HUDOCK, S. D. Effects of environmental stressors on vigilance performance. Washington, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1988. (U.S. Bureau of Mines. Information Circular, 9224)
59. MAHOWALD, M. A.; MEAD, C. The silicon retina. Scientific American, v. 264, n.5, p. 40-6, May 1991.
60. WEAVER, B. Ergonomics also called - human engineering. Pit and Quarry, v. 84, n.4, p. 20-2, Oct. 1991.
61. STEINKOLHENBERGBAUVEREIN. Empfhlugen für die einrichtung von gurtförderern zur personenbeforderung. Essen, Verlag Gluckauf GmbH, 1978. (Schriftenreihe betriebsempfehlungen für den Steinkohlenbergbau, 17).
62. LAVILLE, A. Ergonomia. São Paulo, EPU/EPUCP, 1977.
63. MAYTON, A.G. Assesment and determination of illumination needs for operators of mobile surface mining equipment. Washington, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1987. (U.S. Bureau of Mines. Information Circular, 9153)
64. COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO. Mina de Candiota. s.l. , CRM. s.d.
65. PETROBRAS MINERAÇÃO S.A. Setor de segurança industrial e

meio ambiente. Relatório de atividades: outubro de 1989.
s.l., Petrobrás, s.d.

66. USA. Mine Safety Associates. Federal coal mine safety standards: 30 CFR 77: surface mines and surface areas of underground mines. 4 ed. Price, 1988.
67. WILLIAMS, W.R. Mine mapping and layout. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1983.
68. VERGUNST, J. Development of Ontario's cap lamp standart. CIM Bulletin, v. 82, n. 924, p. 30-6, Apr. 1989.
69. JACOTOT, P. L'éclairage des mines et carrières à ciel ouverte. Industrie Minérale. Mines et Carrières, v. 68, p. 309-11, mai 1986.
70. MINE lighting: stressful or helpful? World Mining Equipment, v. 9, n. 11, p.12-8, NOV. 1985.
71. ARNESON, J. Lighting for mining and petrochemical applications. Vector, n. 8, p. 18-21, Aug. 1989.
72. INTERNATIONAL MINE LIGHTING CONFERENCE, Johannesburg, 1982. Abstracts. Johannesburg, South African National Committee on Mine Illumination, 1982.
73. MENTRÉ, M. L'éclairage dans les exploitations souterrains de Charbonnages de France: situation actuelle et perspectives. Industrie Minérale. Mines et Carrières. Les Techniques, v. 67, n. 6, p. 299-306, juin 1985.
74. GELDENHUYS, H.J. Lighting protection of mining activities. Vector, n. 8, p. 7-10, Aug. 1989.
75. CAVALCANTE, I. Córneas a prova de rejeição. Jornal da USP, São Paulo, 9 dez. 1991, p. 5.
76. DERKMANN, G. Fortschrittliche beleuchtung im Streb. Gluckauf, v. 114, n. 5, p. 207-9, 1978.
77. GOODWIN, J.J. Developments in intrinsic safety. World Mining Equipment, v.15, n. 5, p. 41-2, May 1991.
78. STEINKOHLBERGGEBAUVEREIN. Empfehlungen für die einrichtung von gurtförderern zur personenbeförderung. Essen, Verlag Gluckauf GmbH, 1978. (Schriftenreihe Betriebsempfehlungen für den Steinkohlenbergbau, 17).
79. PECK, M.J. Improving productivity and safety with better lighting. /Trabalho apresentado ao MINTECH'91/.
80. LASERS Guide continuous miners. Coal, v. 96, n.9, p. 57, Sept. 1991.

81. USA. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. Coal mines inspection manual: underground electrical inspections. s.l., 1983. v. 4.
82. ADOLF SCHUCH KG. Explosion-proof and mine-gas-proof digital luxmeter: Model B 250. Worms, Schuch, s.d.
83. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Iluminamentos de interiores = NB 57. Rio de Janeiro, 1989.
84. LONEY, E. The impact of electrification on safety. Ontario, Mines Accident Prevention Association, s.d. /Apresentado a 57. Annual Technical Sessions, Ontario, 1988/
85. VAGENASN, N.; WIKSTROM, S.; GRANHOLM, S. A painted-line guidance technique for automatic load-haul-dump (LHD) vehicles in underground hard rock mines. Mineral Resources Engineering, v.1, n. 4, p. 3633-70, Oct. 1988.
86. WHITEWAY, P. Manless haulage: a laser-based guidance system promises to automate underground truck haulage. Canadian Mining Journal, v. 112, n. 6, p. 17-8, Jun./ Aug. 1991.
87. FOCAL DISPLAYS. Safety signs. Mitcham, Focal Displays Ltd, 1992. (MPW 2-92)
88. PHOENIX. SLXP series: the explosion-proof portable floodlights, high pressure sodium, 35-150 watts. Milwaukee, Phoenix Products Co. Inc., 1991. (N5610022A)
89. PHOENIX. Mining floodlights: designed and built specifically for the punishing demands of mining equipment. Milwaukee, Phoenix Products Co. Inc., 1990. (N5 6080)
90. OSRAM VIALOX: lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão. s.l., OSRAM, 1987. (OdB 07/37)
91. URUCUM. Sinalização viária. São Paulo, Urucum Comércio e Indústria Ltda., s.d.
92. DFV PILKINGTON. Óculos de visão noturna para diversas aplicações. São Paulo, DFV Pilkington Optrônica S.A., s.d.
93. HOPF, P.S. Designer's Guide to OSHA: a design manual for architects, engineers and builders to the occupational safety and health act. New York, McGraw-Hill, 1975. Section 1910.144-1910.145, p. 221-7.
94. BRITISH STANDARDS INSTITUTION. Specification for construction and testing of miner's caplamps in relation to the risk of explosion, for mines susceptible to firedamps = BS EN 10033: 1991. London, 1991.
95. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Verificação de iluminação de interiores = NBR 5392. Rio de Janeiro, 1985.

96. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Iluminação - TB 23. Rio de Janeiro, 1991.
97. PEELE, R. Mining engineer's handbook. 3 ed. New York, John Wiley/London, Chapman and Hall, 1948. v.2, Section 42, Art. 15, p. 42-32/42-34: Electric lighting.
98. FOLHA DE SÃO PAULO. A arte e a técnica de iluminação. São Paulo, 24 jul., 1992. Informe Publicitário/ GE Brasil.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

1. FEJEZET, V. Bányavilágítás. s.n.t. /Sz. Melleklet - Normas Húgaras/
2. WEIS, B. Beleuchtung unter tage. Licht, n. 8, p. 588-92, 1984.
3. WEIS, B.; PAWLOWSKI, G. Moderne bergwerksbeleuchtung in Deutschland. Licht, v. 32, n. 11, p. 568-77, Nov. 1980. /Separata/
4. CESKOSLOVENSKA STATNA NORMA. Nevybuzné elektrické svietidla. Praha, Vydavatelství UNM, 1983. (CSN 36 0607)
5. CESKOSLOVENSKA STATNA NORMA. Elektrické svietidla: vseobecne technické predpisy. Praha, Vydavatelství UNM, 1984. (CSN 36 0600. ST SEV 3182-82)
6. PAWLOWSKI, G.; WEIS, B. Beleuchtung unter tage. Licht, v.35, n. 1, p. 1-3, 1983. /Separata/
7. PAWLOWSKI, G.; WEIS, B. Moderne beleuchtungstechnik unter tage: neue konstruktionen, neue werstoffe und deren praktische erprobung. Licht, n. 2, p. 1-4, 1982. /Separata/