

Sessão – dia 06/08/1976

*GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRATAMENTO DO MINÉRIO
DE NÍQUEL DO MORRO DO NÍQUEL – MG*

Expositores:

Geol. Jean Claude Griffon
Geólogo, Morro do Níquel S/A.
Helmut Richter
Engenheiro Metalurgista, Morro do Níquel S/A.

Coordenador:

Eng^{ndo} Patrício Ambrósio Santos
– Dept.^o de Eng. de Minas –
EPUSP/ Centro Moraes Rego

INDEX

I	Localização
II	Histórico
III	Geologia do Morro
	1. Estudo por sondagem
	2. Litologia
	3. Divisões metalúrgicas
	4. Gênese do morro
IV	Lavra
V	Metalurgia
	1. Calcinação
	2. Fusão e redução
	3. Refinação do ferro-níquel
VI	Produção Ferro-Níquel
VII	Reservas
VIII	Bibliografia

I — LOCALIZAÇÃO

A usina da Morro do Níquel, situada no Município de Pratápolis (MG), é localizada a 300 Km em linha reta ao Norte de São Paulo ou a 380 Km por estrada. A usina hidrelétrica de Furnas que alimenta a Morro do Níquel em energia elétrica está a 60 Km da jazida.

II — HISTÓRICO

- 1925 — Primeira exploração, pela Cia. Metalúrgica Ribeirão Preto: cavação de 10 poços até uma profundidade de 3 m no lado SE do morro.
- 1935 — Observações geológicas feitas pelo Prof. Luciano Jacques de Moraes (Bol. DNPM n.º 9) que concluiu pela existência de uma jazida econômica de níquel.
- 1957 — Primeiros exames de campo e de laboratório realizados pela Mineração Sertaneja S/A.
- 1966 — Início da exploração pela Morro do Níquel S/A.

III — GEOLOGIA DO MORRO

As rochas regionais pertencem à série "Minas": xisto, gnaiss, anfíbolito e calcário.

No lado NE do morro aflora gnaiss com veios de aplita, de quartzo e de calcedônia. No lado W, as rochas predominantes são anfíbolito e talcoxisto segundo uma direção E-W.

O "morro do níquel" é alongado segundo a direção NW-SE com uma base de 900×400 m e um topo formando uma assentada de 300×150 m. O desnível máximo é de 200 m.

1. Estudo por sondagens

A orla do morro, formando flancos bastante íngremes, foi estudada na fase de pesquisa inicial por meio de poços e é ainda objeto de exploração.

A avaliação da reserva do núcleo do morro foi calculada a partir de um programa de sondagens implantado na assentada do morro (300×150 m) com as características seguintes:

- 120 sondagens rotativas em diâmetro AX, segundo uma malha retangular de 20 m.
- total de metros furados: 6.000 m
- profundidade das perfurações: média = 50 m, min = 25 m, max = 86 m.
- análise química: % Ni, Fe, SiO₂, MgO efetuada cada metro, abaixo da zona lixiviada.

2. *Litologia* (ver perfil transversal)

A descrição dos testemunhos de sondagens permitiu as 3 divisões principais seguintes:

a — Zona inferior

É o bed-rock dos mineradores, composto de uma rocha dura, densa, de cor cinza escuro, que indica de um modo prático o fim da mineralização. Trata-se de um peridotito com traços de serpentização. O peridotito propriamente dito não aflora e nem foi atingido por sondagem.

b — Zona intermediária ou intemperizada

Sua espessura é muito variável (70 a 60 m) com uma média de 30 m. Ela é representada por um serpentinito extremamente fraturado de cor amarelado a esverdeado, geralmente leve quando é mineralizado (P.S. = 1.8), atravessado por numerosos veios de garnierita, quartzo e calcedônia.

No detalhe, o fácies do serpentinito apresenta variações brutais de cor e peso, o que indica uma grande heterogeneidade na repartição da mineralização. Porém, pode-se distinguir 2 faixas:

— em profundidade, sobre alguns metros, a rocha é relativamente densa e compacta e forma uma zona de transição com um teor de Ni ao redor do cut-off de 1%. As características são as seguintes: rocha de cor geralmente cinza, fraturação com veios silicificados ou com preenchimento parcial de MgO (chapas brancas). A aparição dessas chapas indica, em termos práticos de lavra, o fim da mineralização;

— A parte superior que representa a quase totalidade da massa desta zona é constituída de uma rocha leve, pouco resistente até friável, de cor amarelada, marrom claro, bege ou creme, geralmente esverdeada devido a uma intensa microfissuração com preenchimento de garnierita.

Esta zona forma o horizonte níquelífero propriamente dito, com teor de Ni entre 1,0 e 2,0%, que excepcionalmente pode atingir 3,0 a 4,0%.

c — Zona superior ou lixiviada

Sua espessura é também muito variável, pois depende diretamente da erosão superficial. A espessura média é de 13 m variando de 0 a 40 m.

Esta formação determina um tabuleiro.

— A parte basal é formada por uma zona de transição de alguns metros com a zona intermediária. Ela é essencialmente terrosa, de cor marrom avermelhado com numerosas placas milimétricas a centimétricas de calcedônia. Testemunhos de serpentinito amarelado ou bege da zona subjacente são ainda conservados segundo uma repartição irregular.

— A parte superior é formada por uma trama dura de calcedônia, de cor marrom, lembrando macroscopicamente a trama da antigorita. Ela se

apresenta como uma rocha porosa devido à decomposição do serpentinito, particularmente leve com um peso específico inferior a 1,0. De fato, essa rocha, mergulhada na água, flutua um momento e se afunda depois do preenchimento das cavidades pela água.

É uma zona estéril, apesar de ser atravessada por raros veios de garnierita muito decomposta.

3. *Divisões Metalúrgicas* (ver perfil transversal)

A zona economicamente mineralizada com teor de Ni acima do cut-off (Ni = 1,0%) é dividida em 5 faixas segundo a relação ácido/base ou $R = \text{SiO} / \text{MgO}$: 1,0-1,7; 1,8-2,5; 2,6-3,0; 3,1-5,0; sup. 5,0, sendo a relação 1,5-1,7 correspondente à faixa ótima para fusão no forno elétrico.

Essas faixas formam níveis perfeitamente correlacionados na totalidade da jazida e mostram uma sucessão e uma progressão vertical da base para o topo do serpentinito mais básico a mais ácido.

Observam-se as seguintes concentrações:

- o teor de SiO (% média = 48; max = 75) aumenta da base para o topo.
- os teores de Ni e MgO (% Ni = 1,0-2,0); (% MgO = média 28, máxima 40), aumentam do topo para a base.
- o teor de Fe se mantém constante (% média = 6,1), com uma transformação da base para o topo do Fe++ para Fe+++.

4. *Gênese do Morro*

A — *Observações diretas*

a — estrutural

- Existência de um sistema retangular de “falhas” de reajustamento NW-SE e NE-SW de caráter local. Na realidade, essas “falhas” são descontinuidades de idade relativa anterior à mineralização. De fato, não há correspondência entre as espessuras dos níveis mineralizados de cada lado desses planos que assim serviriam parcialmente de drenagem para os elementos mineralizados.
- Os contatos zona inferior — zona intermediária e zona intermediária — zona lixiviada são grosseiramente paralelos.
- Existência de uma fraturação intensa em todo o maciço, com um sistema de diaclases em todas as direções sem nenhuma direção constante. Esse tipo de fraturação é provocado por efeitos dinâmicos: hidratação vertical Per ascensum do peridotito sem perda dos elementos constituintes. Esse fenômeno provoca um enchimento da rocha, daí a aparição das diaclases, pseudo-filões, milonitas, brechas sem direção privilegiada, mas bem mineralizadas e que constitui a própria jazida.

2. *Litologia* (ver perfil transversal)

A descrição dos testemunhos de sondagens permitiu as 3 divisões principais seguintes:

a — Zona inferior

É o bed-rock dos mineradores, composto de uma rocha dura, densa, de cor cinza escuro, que indica de um modo prático o fim da mineralização. Trata-se de um peridotito com traços de serpentinização. O peridotito propriamente dito não aflora e nem foi atingido por sondagem.

b — Zona intermediária ou intemperizada

Sua espessura é muito variável (70 a 60 m) com uma média de 30 m. Ela é representada por um serpentinito extremamente fraturado de cor amarelado a esverdeado, geralmente leve quando é mineralizado (P.S. = 1.8), atravessado por numerosos veios de garnierita, quartzo e calcedônia.

No detalhe, o fácies do serpentinito apresenta variações brutais de cor e peso, o que indica uma grande heterogeneidade na repartição da mineralização. Porém, pode-se distinguir 2 faixas:

— em profundidade, sobre alguns metros, a rocha é relativamente densa e compacta e forma uma zona de transição com um teor de Ni ao redor do cut-off de 1%. As características são as seguintes: rocha de cor geralmente cinza, fraturação com veios silicificados ou com preenchimento parcial de MgO (chapas brancas). A aparição dessas chapas indica, em termos práticos de lavra, o fim da mineralização;

— A parte superior que representa a quase totalidade da massa desta zona é constituída de uma rocha leve, pouco resistente até friável, de cor amarelada, marrom claro, bege ou creme, geralmente esverdeada devido a uma intensa microfissuração com preenchimento de garnierita.

Esta zona forma o horizonte niquelífero propriamente dito, com teor de Ni entre 1,0 e 2,0%, que excepcionalmente pode atingir 3,0 a 4,0%.

c — Zona superior ou lixiviada

Sua espessura é também muito variável, pois depende diretamente da erosão superficial. A espessura média é de 13 m variando de 0 a 40 m.

Esta formação determina um tabuleiro.

— A parte basal é formada por uma zona de transição de alguns metros com a zona intermediária. Ela é essencialmente terrosa, de cor marrom avermelhado com numerosas placas milimétricas a centimétricas de calcedônia.

Testemunhos de serpentinito amarelado ou bege da zona subjacente são ainda conservados segundo uma repartição irregular.

— A parte superior é formada por uma trama dura de calcedônia, de cor marrom, lembrando macroscopicamente a trama da antigorita. Ela se

apresenta como uma rocha porosa devido à decomposição do serpentinito, particularmente leve com um peso específico inferior a 1,0. De fato, essa rocha, mergulhada na água, flutua um momento e se afunda depois do preenchimento das cavidades pela água.

É uma zona estéril, apesar de ser atravessada por raros veios de garnierita muito decomposta.

3. *Divisões Metalúrgicas* (ver perfil transversal)

A zona economicamente mineralizada com teor de Ni acima do cut-off (Ni = 1,0%) é dividida em 5 faixas segundo a relação ácido/base ou $R = \text{SiO} / \text{MgO}$: 1,0-1,7; 1,8-2,5; 2,6-3,0; 3,1-5,0; sup. 5,0, sendo a relação 1,5-1,7 correspondente à faixa ótima para fusão no forno elétrico.

Essas faixas formam níveis perfeitamente correlacionados na totalidade da jazida e mostram uma sucessão e uma progressão vertical da base para o topo do serpentinito mais básico a mais ácido.

Observam-se as seguintes concentrações:

- o teor de SiO (% média = 48; max = 75) aumenta da base para o topo.
- os teores de Ni e MgO (% Ni = 1,0-2,0); (% MgO = média 28, máxima 40), aumentam do topo para a base.
- o teor de Fe se mantém constante (% média = 6,1), com uma transformação da base para o topo do Fe++ para Fe+++.

4. *Gênese do Morro*

A — *Observações diretas*

a — estrutural

- Existência de um sistema retangular de “falhas” de reajustamento NW-SE e NE-SW de caráter local. Na realidade, essas “falhas” são descontinuidades de idade relativa anterior à mineralização. De fato, não há correspondência entre as espessuras dos níveis mineralizados de cada lado desses planos que assim serviriam parcialmente de drenagem para os elementos mineralizados.
- Os contatos zona inferior — zona intermediária e zona intermediária — zona lixiviada são grosseiramente paralelos.
- Existência de uma fraturação intensa em todo o maciço, com um sistema de diaclases em todas as doreções sem nenhuma direção constante. Esse tipo de fraturação é provocado por efeitos dinâmicos: hidratação vertical Per ascensum do peridotito sem perda dos elementos constituintes. Esse fenômeno provoca um enchimento da rocha, daí a aparição das diaclases, pseudo-filões, milonitas, brechas sem direção privilegiada, mas bem mineralizadas e que constitui a própria jazida.

b — fácies

Do topo para a base pode ser esquematizada a coluna litológica seguinte:

- solo recente pelicular (não laterítico)
- zona totalmente lixiviada estéril: esqueleto de calcedônia residual com ausência dos elementos constituintes do peridotito original.
- zona de transição superior, terroso, muito silicosa, irregularmente mineralizada,
- zona inintermediária intemperizada: serpentinito níquelífero
- zona de transição inferior com concentração de MgO (= fim da mineralização em Ni)
- bed-rock: peridotito serpentinizado estéril.

B — Gênese

O conjunto dessas observações mostra uma migração per descensum do Ni em solução dentro do serpentinito tornando-se poroso e permeável por vários sistemas complexos e superpostos de fraturação. Esse fenômeno é responsável por uma distribuição muito heterogênea da mineralização, com teor mais alto de Ni nos planos de micro diaclases e de brechas ou pseudo-filões.

Neste movimento descendente, o MgO acompanha o Ni, e o excesso de magnésio é como empurrado para um nível mais baixo constituído do peridotito serpentinizado impermeável formando obstáculo, onde forma uma concentração. É o nível conhecido de chapas brancas de MgO, que indica realmente o final da mineralização do Ni em teor econômico.

A parte superior do maciço exposta à intemperização e à erosão se enriquece em SiO₂ e transforma Fe⁺⁺ em Fe⁺⁺⁺ até criar uma nova rocha derivada do serpentinito, mas totalmente lixiviada e resistente, formando um capeamento.

IV — LAVRA

O processo pode se esquematizar como segue:

1. Preparação das frentes com tratores
2. Amostragem por canal (l=10 cm) e análises de Ni, Fe, SiO₂, MgO
3. Lavra propriamente dita com cortes feitos por tratores e reamostragem e análises
4. Transporte do material extraído das frentes para estoques de homogeneização (4 pilhas com total de 120.000 t) (ver fluxograma em anexo, elaborado por Jasminor Martins Vivas, engenheiro da Morro do Níquel S.A. e Vladimir APS da Escola Politécnica, da USP)
5. Homogeneização: Descarga longitudinal e amostragem no estoque sendo 1 amostra de 100 kg aprox. representativas das cargas de 25 caminhões.

Daí é calculado a média ponderada do dia, completada por nova análise dos elementos citados no item 2.

Os objetivos principais da homogeneização são:

- diminuir ao máximo as diferenças na análise química do minério procedente das partes diferentes da mina;
 - obter um minério com características constantes para facilitar sua fusão, com uma análise média de: 1,3% Ni, 6,1% Fe, 48,7% SiO₂, 28,4% MgO, 11,0 P.
 - garantir o suprimento da planta metalúrgica durante chuvas prolongadas quando a mina não puder ser operada.
6. Cortes transversais do estoque de homogeneização para transporte do minério para um estoque coberto (10.000 t) e, em seguida, no britador de mandíbulas.

V — METALURGIA

A recuperação do níquel na “Morro do Níquel” S.A. é feita por via pirometalúrgica (ver fluxograma).

1. Calcinação

Os principais objetivos da calcinação são:

- a) eliminação da umidade do minério que pode atingir 25-30%;
- b) eliminação da água de constituição que está entre 10-12%;
- c) pré-aquecimento da carga, que é consequência dos itens a) e b).

Estas medidas são necessárias para garantir uma operação do forno elétrico controlada, além de implicar na substituição de energia elétrica por óleo combustível.

A calcinação do minério é feita em dois fornos rotativos, um com 56 m de comprimento e 2,5 m de diâmetro e o outro com 66 m de comprimento e 3 m de diâmetro. Cada um alimenta um forno de redução. A capacidade dos dois fornos é de 620 t minério seco/dia, descarregando minério acima de 800° C. O revestimento é sílico-aluminoso. O aquecimento é feito com óleo combustível cujo consumo específico por tonelada de minério seco é de 70 Kg.

Durante o aquecimento do minério serpentínico $6(\text{Ni}, \text{Mg})\text{SiO}_3 \cdot (\text{OH})$, ocorrem diversas reações detectadas na análise termo-diferencial.

- a) 100-120° C: liberação da água mecanicamente presa no minério acompanhado por um ligeiro “pico” endotérmico.
- b) 630-670° C: dependendo do teor de Ni e Fe, aparição de um forte “pico” endotérmico quando a água de constituição é desprendida. Em geral, nota-se a tendência de deslocamento do pico endotérmico para temperaturas mais altas com a diminuição do teor do Ni.

c) 800-840°C: Pico exotérmico explicado pela recristalização da antigorita para forsterita (?). Isto significa que, abaixo desta temperatura, o níquel e o magnésio estão em suas formas de óxidos e, acima destas temperaturas, após a recristalização, sob formas de silicatos, fatos importantes quando se pensa em redução seletiva do minério.

O minério calcinado é transferido dos fornos rotativos para os fornos de redução, evitando o máximo possível a perda de calor latente do minério. Como o calor específico do minério está em torno de 0,25 Kcal/Kg°C, cada 100° C em uma tonelada de minério significam quase 30 kWh.

2. Fusão e Redução

Para executar esta fase do processo estão instalados dois fornos elétricos de redução com capacidade nominal de 4.800 kVA e 13.500 kVA, respectivamente. Os fornos são do tipo redondo, trifásicos, com eletrodos de pasta Soderberg submersos na carga. O revestimento que está em contato com as fases líquidas é de refratário básico. O minério calcinado é carregado, junto com o redutor carvão vegetal, em silos que alimentam continuamente o forno, onde se opera a fusão e redução parcial. O metal formado decanta e acumula-se no cadinho do forno. O metal e a escória essencialmente livre de níquel são retirados periodicamente. As análises típicas desses dois produtos são:

— Ferro-níquel (FN-4)

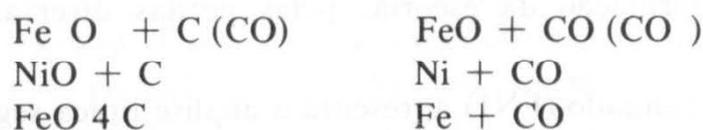
%	Ni	Si	C	Cr	S	P	Mn
	20,0	3,0	2,0	1-2	0,12	0,14	0,50

— Escória

%	Ni	SiO ₂	MgO	Fe
	0,05	59,5	35,4	2,7

A composição química da escória explica as altas temperaturas de fusão atingidas (1590-1630° C), as energias gastas para a fusão do minério, em parte a composição do metal e o alto fator de potência observada (cos em torno de 0,95).

As reações principais são:



É necessário reduzir certa quantidade de ferro para garantir uma recuperação razoável do níquel. No total, cerca de 4,5% do minério seco são reduzidos e formam o ferro-níquel cru (FN-4). O pouco monóxido de carbono produzido, proveniente das reações de redução, queima na sua maior parte na superfície da carga dentro do forno e outra parte deve participar na pré-redução observada em amostras retiradas da carga quente misturada com carvão vegetal.

São consumidos em média nos dois fornos, para a fusão do minério e redução dos metais, 5-6 Kg de pasta Soderberg, 620 kWh e 25 Kg de carvão vegetal, para uma tonelada de minério seco (em estado pré-aquecido). 80 a 100 t de minério seco são necessárias para produzir uma tonelada de níquel.

Uma parte do metal assim obtido é lingotado numa máquina de lingotamento contínuo, quando é destinado para venda como ferro-níquel FN-4 ou FeNi AI. A outra parte é refinada.

3. Refinação do ferro-níquel FN-4

A refinação consiste basicamente na diminuição dos teores dos elementos: carbono, silício, manganês, cromo, fósforo e enxofre para níveis fixados por normas. O produto refinado denomina-se FN-1 ou, conforme ABNT, FeNi B1 (baixo carbono).

Eliminação do enxofre

A maior parte do enxofre é eliminada do ferro-níquel cru, durante o vazamento do forno de redução em panela que transporta o metal líquido. São usados carbonato de sódio, cal e fluorita como agentes de dessulfuração. Uma outra parte do enxofre é eliminada do metal, durante o refino no conversor LD.

Eliminação dos outros elementos com conversos LD

Silício, carbono, manganês, cromo e fósforo são oxidados e diminuídos abaixo dos limites permitidos pelas normas no conversor LD, usando oxigênio tecnicamente puro e produzido numa instalação própria da Morro do Níquel. As adições para a formação das escórias necessárias são cal e fluorita. Com calcário e sucata de retorno da máquina de lingotar, controla-se a energia gerada pela oxidação dos elementos mencionados, especialmente silício e carbono, que não é consumida no aumento necessário da temperatura do metal refinado, na formação da escória, pelas perdas diversas (radiação, resfriamentos, etc).

O ferro-níquel assim refinado (FN1) apresenta a análise típica seguinte:

%	Ni	Si	C	P	Cr	Mn	Co	Cu	Fe
Max.		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	1,0	0,10	o resto
Min.	18,0								

VI — PRODUÇÃO FERRO-NÍQUEL (1975)

1975	Minério úmido (T)	Minério seco (-15%) (T)	PRODUÇÃO (T)			
			FN-4	Ni	FN-1	Ni
T/ano	250.000	215.000	2.700	550	6.700	1.700
T/mês	20.000	18.000				

VII — RESERVAS

As reservas medidas são de 1.000.000 t de minério seco com teor médio de Ni = 1,3% (cut-off = 1,0%) e SiO₂/MgO = 1,7, o que corresponde no ritmo atual de produção a 5 anos.

Atualmente está em estudo em fase experimental o beneficiamento do minério mais ácido por um processo econômico meramente físico de separação de uma parte da sílica livre.

Conforme os resultados obtidos e dependendo da flutuação dos preços dos mercados interno e externo, a reserva da mina do Morro do Níquel S/A. poderá variar entre 5 a 10 anos.

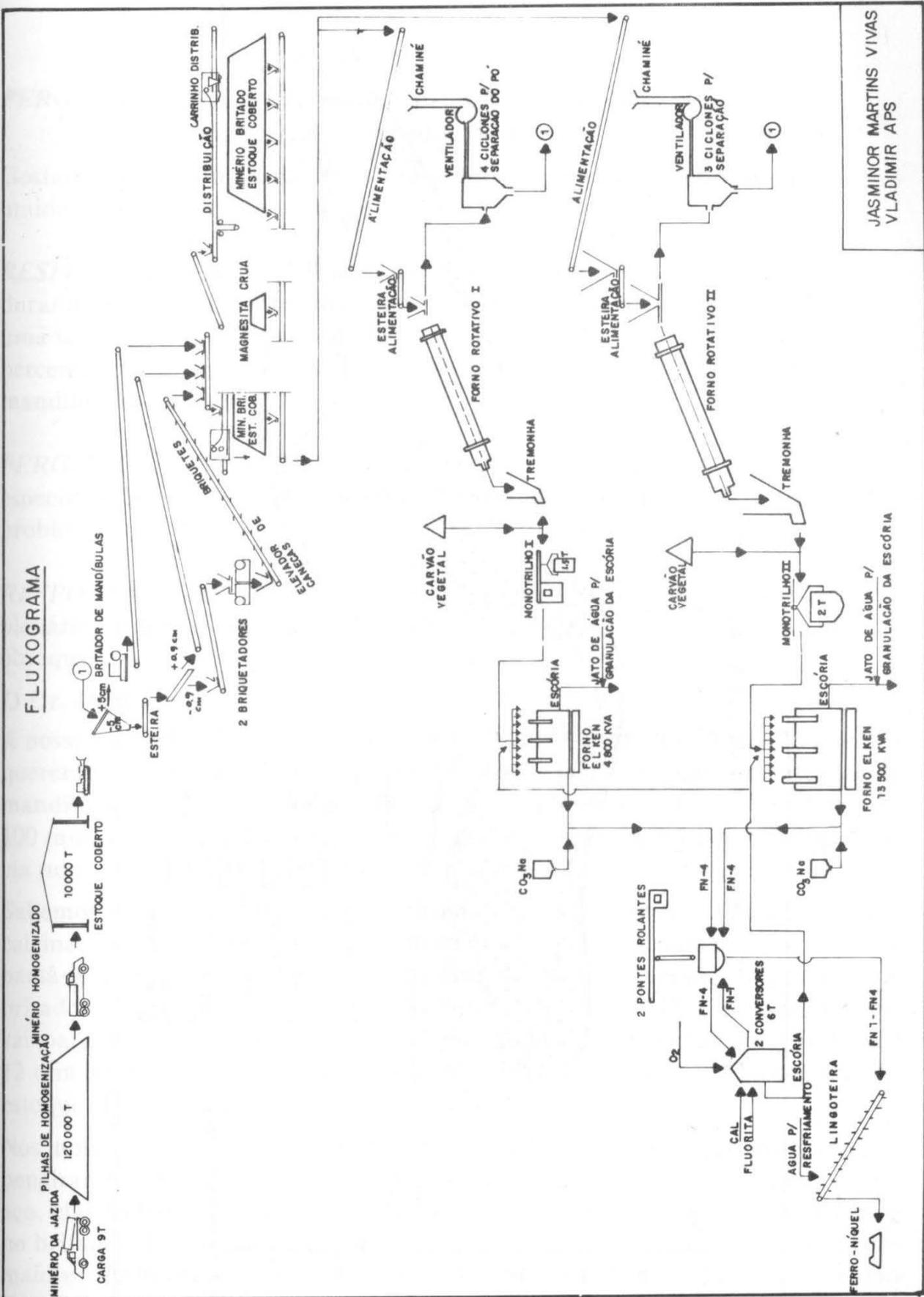
VIII — BIBLIOGRAFIA

A lista seguinte é somente restrita às publicações editadas no Brasil sobre o níquel no Brasil, Morro do Níquel e a tecnologia do níquel.

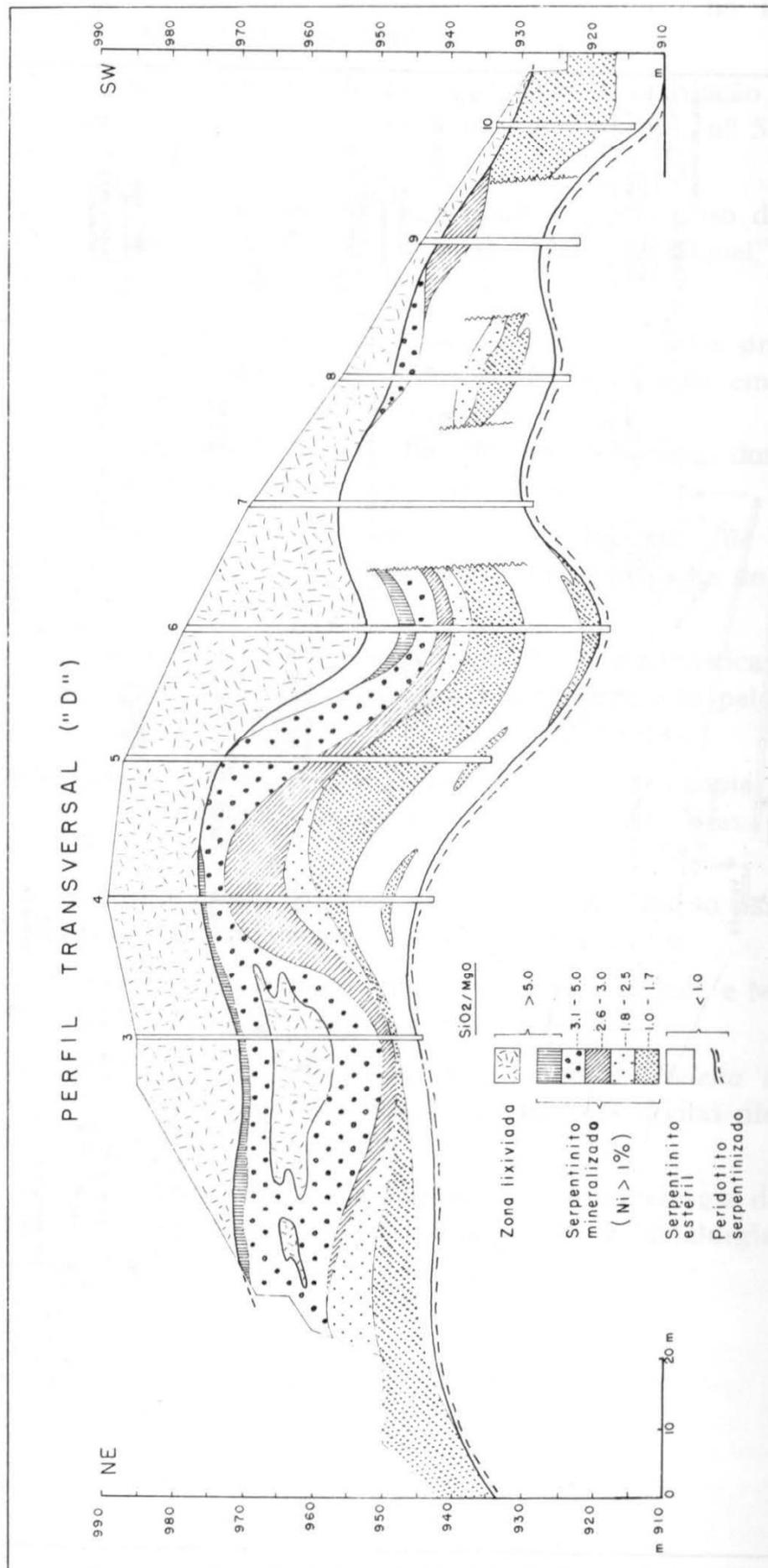
- 1935 — Luciano J. de Moraes: Níquel no Brasil — DNPM, Bol. nº 9, Rio de Janeiro
- 1959 — Souza Santos T.D.: Refino experimental de gusa niquelífera em forno elétrico básico — A.B.M., vol. 15, nº 55, São Paulo
- 1959 — Souza Santos T.F.: Estudo sobre a produção de ferro-níquel a partir de garnierita de Pratápolis (MG), Rel. IPT nº 2935, São Paulo

- 1964 — *E. Langer*: Produção e aplicação do ferro-níquel no Brasil — A.B.M. n.º 84, vol. 20, São Paulo
- 1970 — *M. Rodrigues de Moraes, H. Lodewijk Radino*: Lixiviação amoniacal de minério oxidados de níquel — C.T.A., vol. 13, n.º 5, S.J. dos Campos
- 1971 — *Cadorin, F.*: Alguns aspectos tecnológicos sobre o uso de silicatos de níquel nos fornos elétricos da usina “Morro do Níquel”, Publ.Int. “Morro do Níquel” S.A., São Paulo
- 1971 — *P.C. de Andrade Neves, J.C. Loureiro Legey*: Estudos preliminares de extração de níquel pelo processo de segregação em minérios oxidados — C.T.A. vol. 14, n.º 4
- 1971 — *A. Lakschevitz Jr.*: Processos utilizáveis no tratamento dos minérios oxidados de níquel — C.T.A. vol. 14, n.º 14
- 1972 — *E. da Gama Câmara, A. Lakschevitz Jr.*: Processos de separação magnética e segregação aplicados aos minérios oxidados de níquel do Brasil — C.T.A., vol. 15, n.º 8
- 1972 — *E. da Gama Câmara, A. Lakschevitz Jr.*: Características de uma laterita niquelífera tendo em vista a sua concentração pelo processo de segregação — C.T.C., vol. 15, n.º 9
- 1973 — *Souza Campos Persio, Souza Santos Helena*: Microscopia eletrônica de argilas niquelíferas brasileiras — An. Acad. Bras. Ciências, vol. 45, n.º 3/4
- 1974 — *N. Novaes de Almeida, A. Luiz de Almeida*: A redução das lateritas de níquel em leito fluidizado — C.T.A., vol. 17, n.º 6
- 1974 — *Axel de Ferran*: Panorama do níquel no Brasil — Geol. e Metalurgia n.º 35, Publ. Centro Moraes Rego, São Paulo
- 1975 — *Jefferson Vida Souza, Pérsio de Souza Santos, Helena de Souza Santos*: Caracterização mineralógica de algumas argilas niquelíferas brasileiras. Rel. IPT, São Paulo
- 1975 — *S. Benedito Alvarinho, Souza Santos T.D.*: Mineralurgia do níquel, conjuntura atual e perspectiva futura. Geol. e Metalurgia, n.º 37, Publ. Centro Moraes Rego, São Paulo.

FLUXOGRAMA



JASMINOR MARTINS VIVAS
VLADIMIR APS



DEBATES

PERGUNTA — Eng^o Aparecido Sisti — S. Paulo - SP.
Mineração S. Benedito S/A.

Gostaria de saber mais detalhes a respeito da cominuição e britagem. Se essa umidade não dá problema na britagem e na cominuição.

RESPOSTA — Quando o minério chega a 25,30% de umidade, ele fica durante uma certa temporada num estoque coberto. Nesse estoque então há uma secagem do minério de até 15% de umidade. Na parte de britagem com a percentagem de água, não existe nenhum problema. É só abrir um pouco as mandíbulas, no início.

PERGUNTA — Gostaria de saber ainda, no forno de calcinação quais são as especificações da entrada, quanto à granulometria e se há algum outro problema.

RESPOSTA — Eu pediria, se possível, ao Dr. Richter que se encontra no plenário, e que é o geologista do “Morro do Níquel”, que respondesse, por obséquio.

O Dr. Richter:

A nossa especificação para a entrada no rotativo é um pouco acima do que nós queremos, porque a nossa instalação de britagem tem apenas um britador de mandíbula, que é para uma produção a qual não permite britar abaixo de 100 mm. E sabemos que 100 mm para este tipo de minério é para permanência no rotativo, e a temperatura é um pouco acima do normal.

Sabemos de que precisaríamos em torno de 30 a 35 mm para obtermos uma calcinação quase 100%. Então a nossa preparação do minério, consiste em passá-lo primeiramente numa grelha fixa de 50 mm, depois de passá-lo no britador. Aquela fração abaixo de 50 mm é peneirada a 12 mm, aquela parte vai para a triquetagem, aqueles 3 fluxos depois da triquetagem, entre 50 e 12 mm se reúnem, e com a produção do britador, depois, ele fica coberto no estoque. De lá então vai para o forno rotativo.

Nós notamos que somente abaixo de 17,18% de água é que conseguimos peneirar esse minério, acima disto com estas peneiras, que temos e que são de aço, elas fecham e grudam e é difícil então peneirar. A mesma coisa acontece no britador de mandíbulas, quando se sobe a 25,27% de umidade. As peças maiores deslizam e as mandíbulas não conseguem britar. Neste caso então deveríamos tentar os britadores de rolos, mas não dispomos disso, e temos que agüentar estas dificuldades.

PERGUNTA Eng.^o Nicolino Viola (I.G.G.).

Eu perguntaria se na calcinação, essa granulometria heterogênea não iria dificultar o mais fino, o 12 mm e 50 mm, se não haveria problema na parte melhor calcificada, ou na parte menos calcinada.

Sobre a reserva, o Sr. falou, de início, numa elevação de 200 a 300 m, depois reduziu com platô para 150 e 40 ou 45 m, eu me refiro à parte do morro. Qual o tempo de duração do projeto, reduzido o volume de 1,7?

RESPOSTA — Quando eu falei na base do morro de 900/400 m, essa parte que está em branco, já foi extraída há 12 anos. Não foi objeto de pesquisa porque foi pesquisado diretamente sem sondagem. A primeira hipótese do morro do Níquel onde então, os geólogos pensaram haver uma alteração apenas na orla do morro, considerando o núcleo do morro estéril.

Foi feito anteriormente, nas primeiras pesquisas, umas galerias para mostrar que no Centro desse famoso núcleo existia um teor de até, ou acima de 2% de níquel. Como este teor era bastante alto interpretaram que a galeria atravessara uma zona de fraturação, alguns veios altamente mineralizados, que não foi o caso. Então, decidimos fazer esta pesquisa e obtivemos uma reserva atual de 2 milhões de toneladas, com uma produção de minério, atual, de 50.000 t/a. Temos então 8 anos de reserva ainda.

Como frisei, estamos fazendo um estudo no sentido de tirar a sílica livre e poder então aproveitar essa zona superior que tem um nível de até 2%, e que infelizmente por causa dessa relação de C_2MgO não pode ser aproveitado. Mas neste caso, poderemos talvez baixar o vetor de 1 a 0,6 para então aumentar a vida da mina. Mas estamos ainda na fase experimental, e não é o objetivo da palestra, pois não é ainda muito concreto.

PERGUNTA — Eng.^o Aparecido Sisti — Mineração São Benedito.

Gostaria de ter alguns dados referentes ao consumo de combustível por tonelada seca, no forno de calcinação.

Também gostaria de saber o consumo de kW/h/t no forno de redução.

Ainda quanto a limitantes na redução, se seria só a relação sílica/magnésio, ou se haveria outro limitante na redução.

RESPOSTAS — Não há limitação. A limitação é unicamente em função da sílica/magnésio. Poderia haver outros, como o cobre, por exemplo, mas no caso do Morro do Níquel, não existe o cobre, apenas uma porcentagem média de 0,15, o que não dificulta a formação do fogo do níquel. É diferente do cobre de outros serpentinitos, que naturalmente dificulta muito.

Sobre a parte dos kW, eu pediria ao Dr. Richter para responder, por obséquio.

O Dr. Richter — Estamos em torno de 600 kW/h/t e o minério seco varia entre 550 e 610 kW/h/t. 70 kg de óleo combustível.

PERGUNTA — Dr. Carlos Ostronoff — S.A. Mineração de Amianto.

Gostaria de saber o teor de níquel na peridonita.

RESPOSTA — O teor de níquel é de 0,5, 0,6. Mas provavelmente com uma zona de serpentinização, uma zona de transição, mas sem continuidade. Não tem disseminação.

PERGUNTA — Dr. Carlos Ostronoff — SAMA:

Gostaria de saber também o destino que é dado às frações com relação maior do que 2, entre o material ácido e o material básico.

O Senhor disse que as frações que têm uma relação sílica/magnésio acima de 2, não são exploráveis. Essas frações ficam na parte superior da jazida. Elas têm que ser removidas. Gostaria de saber que destino é dado a essas frações.

RESPOSTA — Nas condições atuais não são aproveitáveis. Mas, com a mistura de amarelo e alaranjado são aproveitáveis, para a mistura. É preciso remover toda essa parte superficial, a parte lixiviada completamente, como um rejeito definitivo e essa parte mineralizada que corresponde a essas partes coloridas, são estocadas por igual. O objetivo é dar o que nós chamamos beneficiamento do mineral ácido, que é uma eliminação inicial da parte muito oxidável, uma eliminação manual. Depois vem o serpentinito, a qual após análise vai diretamente para o forno rotativo.

A outra vai passar por um espessador, um flocculante e vai dar então um minério a 2%, eliminado da parte silicosa. Mas são testes que estamos fazendo sobre este minério nesta zona de alto teor, de alta reação.

PERGUNTA — Já que essas frações com um alto teor de sílica parecem, se bem me lembro, ter um maior teor de níquel, o Senhor disse que tem zonas de até 2%, existiria a possibilidade de diluir este material com um material como o dolomita ou o calcáreo para diminuir a relação de sílica para magnésio.

RESPOSTA — Já foi tentado. Mas assim mesmo tivemos muita sílica para tirar e a operação foi anti-econômica, devido ao volume de minério ácido que entra nesta mistura.

PERGUNTA — Gostaria de saber se a umidade é incluída com água de cristalização? O Sr. se referiu em umidades na ordem de 25%.

RESPOSTA — Esta é a umidade total. Sem a cristalização temos 15% mais ou menos. É proveniente de infiltrações, e de águas de chuva, etc. No caso de mineração de amianto, sim, porque estão britando o minério praticamente, nesta zona. Nós temos o minério argiloso, que é extremamente potente com a água de inibição, tem 25 a 30% de teor de aumento.

PERGUNTA — Gostaria ainda de maiores esclarecimentos sobre o método de lavra. O desmonte é feito com tratores?

RESPOSTA — Sim. Primeiro vamos tirar com o trator toda a zona estéril que naturalmente é o rejeito definitivo.

Depois temos que limpar a área correspondente a certa quadrícula. Depois de limpa, tirar a primeira amostragem por canais. Fazemos os canais diretamente no chão, pegando toda a superfície com suas irregularidades topográficas. Isto é a limpagem. É apenas para se ter uma idéia, para se confirmar os dados de sondagem, para saber se estamos bem nesta zona e para corrigir os erros que podem ocorrer a partir da sondagem. Quando a malha é muito estreita, 20 m, naturalmente há grandes surpresas, mas não tão grandes, porque a uma profundidade até 80 m dá positivo.

Na segunda fase então eu corto o material com trator. Então estes asfaltos são cortados e transportados num estoque. Este estoque se apresenta assim (mostra no quadro). Então os caminhões vão descarregar. Depois de descarregado tudo isso, vão ser empurrados e o são por trator, até em cima, o que ajuda à fazer a homogeneização. Depois de feito isso, o corte será feito transversalmente e vai diretamente para um estoque coberto, com britador, etc. e reanalisado.

PERGUNTA — Dr. Décio Casadei — Escola Politécnica — SP.

Quero cumprimentar o geol. Jean Claude Griffon pela interessantíssima conferência.

De início gostaria de esclarecimentos a respeito da diluição eventualmente considerada na lavra, eu entendo que esse teor de 1,2, que é o teor de alimentação na usina metalúrgica, é proveniente de uma diluição na lavra, qual é essa diluição e chega a 1,2 de teor?

RESPOSTA — Essa diluição é na ordem de 0,1. 1,2 é o teor médio depois da diluição, é o resultado final (do minério).

PERGUNTA — Outra questão é sobre a obtenção, na metalurgia, de FeNi_4 na redução, esse teor de 20% é controlado pelo teor do minério ou existem outros fatores que controlam o resultado final nesse ferro-níquel?

RESPOSTA — O resultado final é analisado no laboratório.

PERGUNTA — O controle que eu digo é o que leva a 20% de ferro-níquel, o que leva a esses 20%, além do teor do minério original de 1,2, o que mais condiciona esses 20% de níquel?

RESPOSTA — O Dr. Richter:

A recuperação do níquel é normalmente a que queremos manter bem alta. Então para se ter uma boa recuperação de níquel, pouca perda na escória, temos que reduzir certa quantidade de ferro que está no minério. Então a relação ferro-níquel, no minério, normalmente é o desejo de recuperar o máximo possível de níquel, determina o teor de níquel que temos depois, que obtemos depois no FeNi_4 cru. Então no nosso caso temos 1,1 de níquel e 6 a 6,5% de ferro. Para se ter um rendimento com este minério de recuperação, em torno de 88, 90, 91% nós somos obrigados a reduzir, digamos, 2 a 3 partes do níquel contido no minério para obter essa recuperação chegando à escória nesses teores que o Sr. Griffon mostrou, de 0,05%, que é muito baixo, considerando-se com a Caledônia que está em torno de 0,20, e que como minério eles trabalham hoje com 2,4%, chegando até a 3%.

Estes são os fatores que determinam o teor de níquel no ferro-níquel. A recuperação ligada com a necessidade de reduzir uma certa quantidade de ferro para termos na carga suficiente redutora para dar esses equilíbrios.

PERGUNTA — Posso entender que no aumento do teor de níquel, na alimentação, deverá dar um Fe-Ni de melhor qualidade.

Ainda um esclarecimento (o mesmo perguntador):

Há alguma especificação a respeito desse carvão vegetal?

Com esse carvão vegetal se comporta como agente redutor, se comparado com o coque?

RESPOSTA — Dr. Richter.

Nós achamos que se comporta economicamente melhor porque o preço, quando fizemos as experiências, era 1/3. O coque tem uma vantagem: como nós carregamos o minério quente, o coque é que entra em contacto com o ar, a cobertura do forno não é perfeita. Então está entrando ar, o coque não queima, nesta temperatura de 500, 700°, ele queima, mas não como o carvão vegetal. O carvão vegetal quando pega fogo, as perdas neste sentido são bem maiores. Então se usa o carvão vegetal.

Mas do outro lado, o carvão vegetal me parece melhor porque a reatividade é maior. E além disso a resistência elétrica é maior e é mais barata justamente. Fizemos essas experiências com coque também. Adicionamos até o coque no forno rotativo para ver, mas ficamos com o carvão vegetal. O ideal, seria, conforme pretendemos fazer num futuro projeto, britar todo o minério abaixo de 12 mm, 15 mm e aglomerar outra vez, para ter outra vez pelotinhas com o máximo de 15 a 20 mm. Esta para mim é a solução ideal para este processo de

produzir ferro-níquel porque uma vez a distribuição no redutor é praticamente ideal e em forma fina, tem uma superfície imensa e essas experiências que fizemos mostraram uma regularidade da fusão muito grande com todos os benefícios a respeito consumo-energia, vinda do revestimento, etc. etc.

PERGUNTA — O Senhor se refere a essa pelotização, incorporando o carvão? Na fase de calcinação ou posterior à calcinação?

RESPOSTA — Com uma pré-redução, já no forno de calcinação.

PERGUNTA — Sr. Aparecido Sisti — Mineração S. Benedito.

Gostaria de saber se a produção do Morro do Níquel atende a todo o mercado interno, e se é exportada alguma parcela da produção. E quanto à granulação do ferro-níquel, a escória é granulada e parece que está sendo feita alguma granulação do ferro-níquel, por que isso?

E se poderíamos ter alguma informação quanto aos preços do FeNi_4 e FeNi .

RESPOSTA — O preço é em função do dólar/quilo, que corresponde a 2,20 dólares/lib/peso, que dá mais ou menos Cr\$ 49,00/50,00 por quilo.

O Dr. Richter - Antigamente, nós granulávamos o ferro-níquel porque houve consumidores com fornos pequenos, eles pediram, e nós paramos com isso, e só fornecemos agora lingotes com peso médio de 3, 15, 20 kg, coisa assim. Não temos mais o produto granulado.

O Geol. Griffon — Na circunstância atual, a produção do Morro do Níquel é um pouquinho para a produção da Mineração Liberdade e o resto é exportado naturalmente.

PERGUNTA — Dr. Rogério Tarsi — ACESITA-MG.

Quanto à escória, o que é feito dela?

RESPOSTA — A escória serve, já desprovida de todos os elementos, para colocar nas estradas do Morro do Níquel, que não são asfaltadas e outra parte é vendida para fazer termofosfatos.

No Morro do Níquel nós nos livramos da hapatita e os especialistas em termo-fosfatos fazem a mistura.

Talvez no fim da vida do Morro do Níquel, possamos misturar o que estiver sobrando, a serpentinita com a hapatita e venhamos a criar um projeto de termo-fosfatos. Mas é um futuro para o qual ainda não olhamos.

PERGUNTA — Dr. Jairo — S.A. Mineração de AMIANTO.

Poderia dizer quais as firmas que consomem material para termo-fosfatos?

RESPOSTA — Termo-fosfatos, naturalmente, só podem ser os japoneses, não é? A Mitsubishi, Mitsui, etc.

Não havendo mais perguntas, o Senhor coordenador encerra a sessão convidando os presentes para sessão da tarde, dando continuidade à programação.