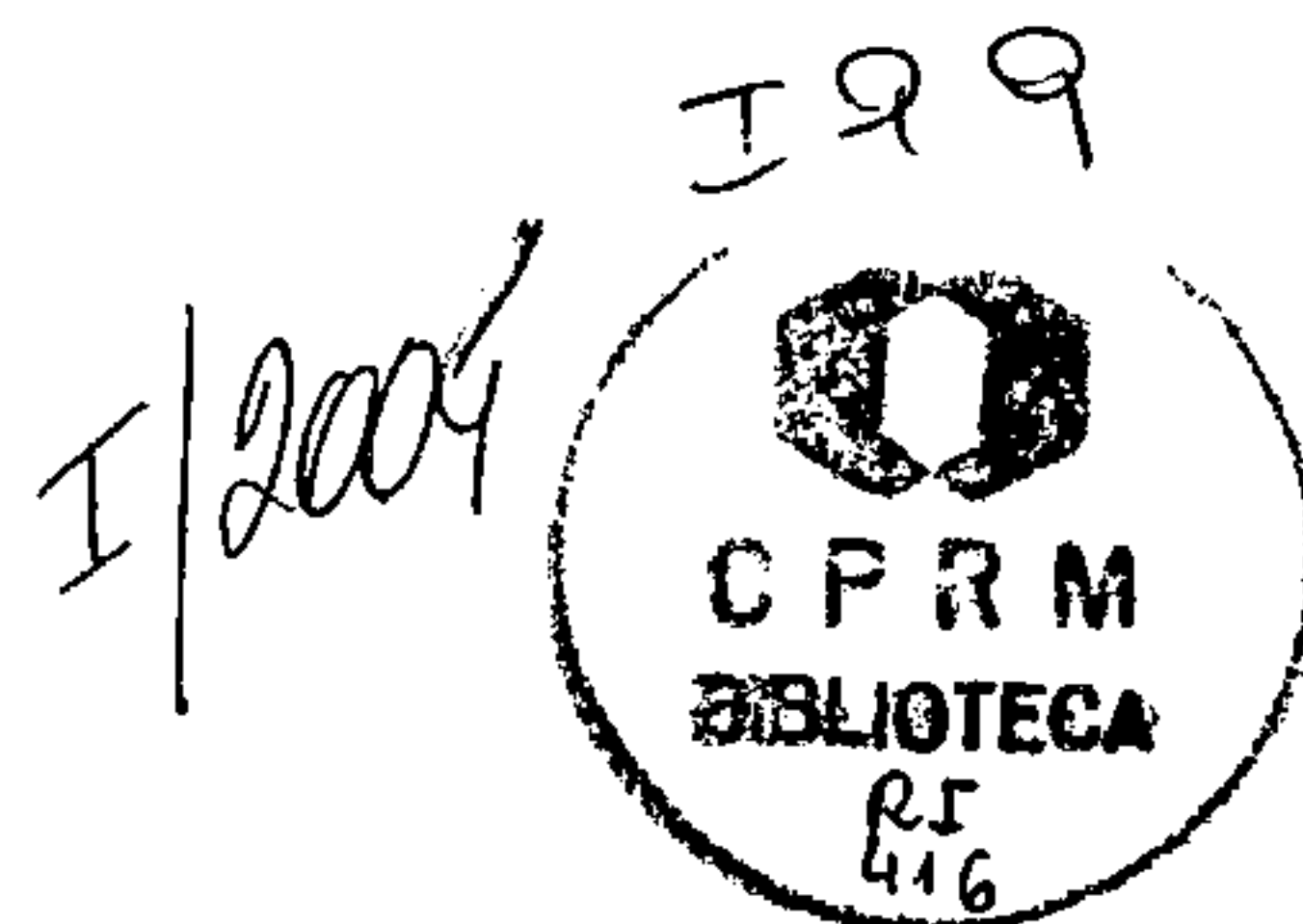


RI

APRECIACÃO SOBRE A TECNOLOGIA DO MINÉRIO "SEIS LAGOS"

(PROJETO UAUPÉS)



APRECIACÃO SOBRE A TECNOLOGIA DO MINÉRIO "SEIS LAGOS" (PROJETO UAUPÉS)

Reporto-me ao meu memorando de junho de 86, no qual sugeria a obtenção de uma escória desse minério em alto forno para nela, sem dúvida enriquecida em NIÓBIO, se tentasse a concentração do mineral niobífero.

Foi iniciado um programa com base nessa sugestão, conforme refere o meu memorando de junho de 87. Primeiro o CETEM se propôs fazer ensaio em quantidade reduzida (500 gramas de minério), não resultando porém nada de efetivo. A seguir consultamos o IPT de São Paulo, que fez orçamento não aceito pela CPRM. Então foi consultada a Cia. Siderúrgica de Volta Redonda que se prontificou a fazer ensaios com 500 - 1000gr, 40Kg, 120Kg e 350Kg. O orçamento da 1ª etapa com testes de 500 - 1000gr, também não foi aprovado pela CPRM. E o assunto morreu.

Agora, por intermédio de Roberto C. Villas Boas, Diretor do CETEM, foi obtido um trabalho em que dois pesquisadores chineses referem testes de produção de escória do minério "Seis Lagos" e tratamento posterior dessa escória para aumento da granulometria do mineral niobífero, possibilitando a sua concentração por métodos mecânicos.

O artigo dos pesquisadores chineses obtido por Villas Boas vem em inglês, mas o chefe do DEPEM, Arthur Schulz Junior, traduziu-o para o vernáculo.

Vejamos a essência do trabalho dos pesquisadores ZANG XI e YANG ZEQI do Instituto Tecnológico do BEIJING (PEKIM).

N'um convertedor da BAUTOU IRON AND STEEL CORP. foi obtida uma escória, a qual foi posteriormente britada, passada no eletroímã e moída.

Por meio do microscópio ótico, difractômetro de raios X, microscópio eletrônico de varredura e espectômetro de energia, verificou-se que essa escória era constituída de três fases: vidro, pirofanita e Knebelita. A pirofanita é um isomorfo de ilmenita. A knebelita é um mineral do grupo da olivina e sua composição é $(Fe\ Mn) Si_2O_4$. Adiante referem-se detalhes sobre a pirofanita.

A composição da escória do convertedor é a seguintes:

SiO_2 17,3% - Fe_2O_3 34,0% - MnO 37,7% - Nb_2O_5 3,27% - TiO_2 2,87% Al_2O_3 4,25% - Ca 0,32% - Mg 0,08% - S 0,05% -SOMA 99,95%.

Infelizmente não é revelada a composição original do minério tratado no convertedor.

Vejamos como se caracteriza a pirofanita, o mineral niobífero:

PIROFANITA - como referimos atrás, é um isomorfo da ilmenita (FeO , TiO_2) em que o ferro é parcial ou totalmente substituído por manganês. Assim, a pirofanita pode ser $(Fe,Mn)O \cdot TiO_2$. Já na pirofanita niobífera parte do titânio é substituído por NIÓBIO. Então teremos $(Fe, Mn) O \cdot (Nb, Ti)O_2$.

O nióbio pode substituir o titânio porque os seus raios iônicos são de tamanho semelhante ($Ti_4 + 0,64$ e $Nb_5 + 0,69$). Por outro lado, os potenciais iônicos destes dois elementos, respectivamente 6,25 e 7,246 e as eletronegatividades $Ti_4 + 260$ e $Nb_5 + 240$ indicam capacidade para formar compostos de ligação covalente. Realmente o sistema cristalográfico da ilmenita e da pirofanita é romboédrico, símbolo R3, isto é, tem três eixos da inversão rotatória. A pirofanita tem cor vermelho-sangue e se apresenta morfologicamente como escamas ou tabletes. Assim, tem boas características para flutuação com sabão, como a lepidolita e a espodumênio.

A densidade da pirofanita é 4,54 e os índices de refração são elevados (2,48 e 2,21).

Na escória original do convertedor a pirofanita se apresenta, nas partes mais cristalinas, como grãos de 3,78 micra. Ora, nessa granulometria é impossível tratamento mecânico para concentração do mineral niobífero.

Então Zang Xi e Yang Zéqui trataram de produzir grãos maiores de pirofanita. Para tanto moeram a escória original, juntaram 4-6% de um acelerador de cristalização, chamado NAC 23 (provavelmente barrilha - Na_2CO_3 , penso eu), aqueceram esse conjunto a $1300^\circ C$ (ponto de fusão da pirofanita) e deixaram o fundido resfriar lentamente, à razão de $0,31^\circ C$ por minuto.

Na escória lentamente resfriada mediram cristais até de $0,2 \times 2mm$, a média sendo 48 micra, tamanho já próprio para concentração por tratamento mecânico.

Atentemos agora à composição química da escória original do convertedor de BAUTOU. Trata-se de uma escória muito baixa em SiO_2 e extremamente alta em MnO . Ora, o minério original "Seis Lagos" tem a composição abaixo:

SiO_2	2,09%
TiO_2	6,11
Al_2O_3	1,10
FeO	75,0 (Fe_2O_3 82,85)
MnO	0,8
P_2O_5	1,42
Nb_2O_5	4,31
SnO_2	0,3
WO_3	0,12
Ce_2O_3	1,57
	100,67

Essa composição foi obtida de uma amostra analisada na Alemanha, completada com Ce_2O_3 1,577 obtida de análise do LAMIN. É bom esclarecer que a GEOSOL e o LAMIN fizeram mais de dez análises clássicas do minério "Seis Lagos" (13 óxidos) e uma análise do minério médio, neste caso objetivando a parte econômica. Nas análises clássicas observam-se:

SiO ₂	0,57 a 1,4%
Al ₂ O ₃	1,4 a 5,2
Fe ₂ O ₃	47,9 a 78,8
Fe 0	0,12 a 0,32
Ti O ₂	2,1 a 6,9
Ca 0	0,07 a 0,14
PF	4,9 a 12,3
Humidade	1,1 a 2,5

No minério médio SiO₂ 0,79 - TiO₂ 4,23 - Al₂O₃ 2,46 - Fe₂O₃ 63,3 - P₂O₅ 1,56 - Nb₂O₅ 2,86 - Ce₂O₃ 1,57. Para escorificar o minério original "Seis Lagos" seria necessário ajuntar SiO₂ e CaO, como se faz com qualquer minério de FERRO baixo em SiO₂. Vejamos a comparação da escória obtida pelos pesquisadores chineses com outras de fornos siderúrgicos (quadro abaixo):

óxidos	1	2	3	4
SiO ₂	50,1	23,3	36,8	17,3
Al ₂ O ₃	3,0	0,3	11,7	4,28
Fe ₂ O ₃	30,3	26,6	3,4	34,0
Ti O ₂	1,5	1,0	0,5	2,87
Ca 0	2,3	38,0	43,4	0,32
Mg 0	0,9	7,0	2,5	0,08
Mn 0	11,7	1,2	0,9	37,76
K ₂ O+Na ₂ O	tr	0,1	0,6	-
Nb ₂ O ₅	-	-	-	3,27

- 1 - Forno Aberto, Processo Ácido
 - 2 - Forno Aberto, Processo Básico
 - 3 - Alto Forno
 - 4 - Convertedor BAUTOU (China)
- (1, 2 e 3 de Norton - Refractories, 1942)

Nesse quadro ressalta o baixo teor em SiO₂ e o muito alto teor em MnO da escória dos pesquisadores chineses. Ora, partindo de um minério original da análise anterior, n'um processo siderúrgico para obtenção de ferro guza, a escória respectiva teria a composição semelhante a de no. 3 do quadro acima, a menos do nióbio. Daí se deduz que o minério original utilizado pelos pesquisadores chineses não era o minério médio "Seis Lagos" e sim uma amostra de uma das ocorrências de minério de ferro - manganês daquele depósito (Projeto Uaupés, Relatório Final, pág. 147).

Enfim, passemos a examinar a pesquisa para obtenção de granulometria maior da pirofanita na escória.

Como dissemos, essa escória foi britada, passada no eletroímã, moída, acrescida de 4 a 6% do acelerador de cristalização, aquecida até o ponto de fusão do mineral niobífero (1300° C) e deixada resfriar lentamente à razão de 10° C por 33 minutos. Então, o tempo gasto nesse resfriamento lento, aproximadamente de 600° C foi de cerca de 2.000 minutos ou de 33 horas (considerando-se que a cristalização do mineral niobífero cessou a 600° C).

O elemento acelerador da cristalização da pirofanita foi o SÓDIO. O íon Na (raio iônico 0,89) às altas temperaturas tem a propriedade de quebrar a estrutura dos tetraedros SiO_4 , libertando oxigênio. Isso diminui a viscosidade da trama de SiO_4 do fundido vítreo, facilitando a difusão do íon NÍOBIO para os seus núcleos de cristalização. Então o número de núcleos é muito menor do que aquele de um meio de viscosidade mais alta e o cristal respectivo cresce mais em tamanho.

Verificação análoga tinha sido realizada no maciço gabrico de SKAERGARD, Groenlandia, por L.R. WAGER, que publicou sua investigação no Geol. Magazine, 1961, Vol. 98, pg. 353 - 366. Nesse trabalho Wager contou a quantidade de piroxenios e olivinas de 1 cm³ de amostra tomada no "contato frio" do maciço e na rocha a 30 metros dentro do corpo rochoso. O resultado foi este:

	PIROXENIO	OLIVINA
Contato	38	1.900
Rocha grosso granular	16	75

Termodinamicamente, a explicação disso é a seguinte:

A taxa de nucleação é inversamente proporcional a entropia de fusão (AS_m)² e temperatura (AT)² ao passo que a taxa de crescimento do cristal é proporcional a AS_m e AT . Isso quer dizer que no resfriamento rápido de um sistema (fundido) forma-se muito maior número de núcleos do que no resfriamento lento, quando então o crescimento do cristal é maior.

A entropia de fusão da faialita (olivina) é 2.11, a da ilmenita é 2.64 e a da albita 0.75 (Carmichael, Igneous Petrology, 1974, pg 167). Assim, o crescimento do cristal da pirofanita é muito mais rápido que o da albita. É por isso que a albita que aparece na escoria lentamente resfriada dos pesquisadores de Beijing se forma depois da pirofanita e da Knebelita e o sódio não entra no retículo destes dois minerais.

Do exposto, conclue-se que os pesquisadores chineses imitaram sabiamente a natureza e basearam-se nas propriedades termodinamicas do sistema da escoria.

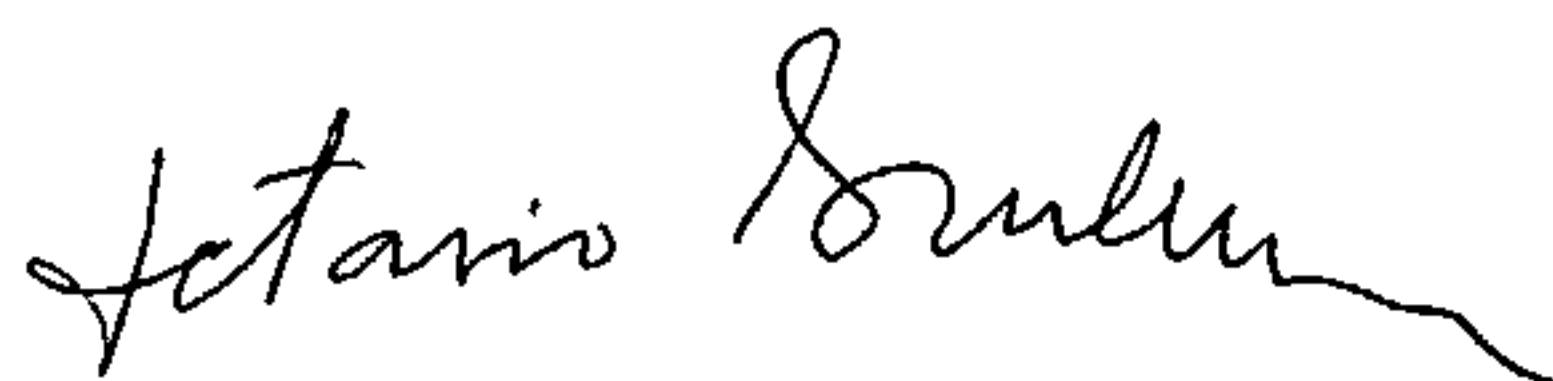
SUGESTÕES

Para prosseguimento dos testes tecnológicos sobre o minério "Seis Lagos" recomenda-se à CPRM:

- 1 - Obtenção de pelo menos 100 quilos de minério médio;

- 2 - Tratamento desse minério em VOLTA REDONDA para obtenção da escoria. O redutor do processo seria CARVÃO DE MADEIRA e o escorificante seria calcário de Monte Alegre Pará, associado a areia de praia do rio Uaupés. O ensaio definitivo seria no forno de 40 kg de carga na CSN;
- 3 - A escoria desse teste seria analisada quimicamente e submetida a investigações de caracterização pelos meios mais sofisticados existentes no País ou fora dele;
- 4 - A escoria seria britada, passada no eletroiman, moída e juntada com 5% de barrilha (Na_2CO_3) para ser fundida, a 1300°C . Obtido o fundido, este seria resfriado lentamente, a razão de 30 minutos cada 10°C , até 600°C de temperatura;
- 5 - Essa escoria lentamente resfriada seria investigada como referido em 3;
- 6 - Tendo sucesso o teste desenvolvido em 4, prosseguir-se-ia com ensaios de concentração mecânica do mineral niobífero (flutuação e outros).

Rio de Janeiro, de Outubro de 1993.



OCTÁVIO BARBOSA
Consultor