

CONCENTRAÇÃO DOS MINERAIS PESADOS DO MINÉRIO PRIMÁRIO DE
PITINGA, AM. PARTE II: ALTERNATIVAS DE BENEFICIAMENTO

Kahn, H. (1)

O minério primário de Pitinga, AM, à semelhança dos depósitos aluvionares e colúvio-eluvionares atualmente explotados, apresenta importantes conteúdos de cassiterita, de zirconita e de minerais portadores de nióbio, além de alguma xenotima. Alternativas de fluxogramas para o beneficiamento do minério primário, envolvendo concentração densitária e separações eletrostática e magnética, são agora discutidas, em continuidade aos estudos de desenvolvimento de processos em escala descontinua, apresentados na parte I da presente publicação.

HEAVY MINERALS CONCENTRATION FOM THE PITINGA PRIMARY ORE.
PART II: ALTERNATIVES FOR MINERAL PROCESSING ROUTES

The Pitinga primary granitic ore, similarly to the alluvial and colluvial-eluvial exploited deposits, presents interesting contents of cassiterite, zirconite and niobium minerals, as well as minor contents of xenotime. Alternatives for a plant flowsheet, to be confirmed in continuous pilot plant tests, including gravity concentration, electrostatic and magnetic separation tests, to concentrate the heavy minerals from the granitic ore are discussed, in addition to the discontinuous mineral dressing studies presented in part I of the present paper.

(1) Departamento de Engenharia de Minas da Escola Pólitécnica da Universidade de São Paulo, Av. Prof. Mello Moraes, 2423, São Paulo - SP. Brasil; CEP 05508, FAX (011) 211-4308.

INTRODUÇÃO

A mina do Pitinga, AM, uma das maiores jazidas de estanho no mundo é explorada desde 1982 pela Mineração Taboca S.A., empresa do Grupo Paranapanema. A principal mineralização de cassiterita, associada a zirconita, minerais de nióbio, criolita disseminada e, secundariamente, xenotima, está geneticamente relacionada à porção central de uma intrusão granítica, denominada Granito Madeira (1 e 2).

A concentração dos minerais pesados, cassiterita, zirconita e "niobatos", foi objeto de ensaios de concentração densitária em escala descontínua; os concentrados de pesados foram processados através de separações eletrostática e magnética, com a definição dos produtos passíveis de serem obtidos e respectivas recuperações metalúrgicas. Estes resultados, expostos na parte I (3), são aqui brevemente referidos.

O fluxograma de beneficiamento resultante deste trabalho e a ser confirmado em escala piloto, compreende a concentração dos minerais pesados, através de métodos densitários, seguidos por separações eletrostática e magnéticas. Os rejeitos da concentração densitária deverão ser reprocessados para a concentração da criolita por meio de flotação (4).

ESTUDOS ANTERIORES

Caracterização do Minério Primário

O estudo de caracterização tecnológica do minério primário, a partir de uma amostra composta de um furo de sondagem (5), possibilitou não só detetar pela primeira vez a presença de criolita em Pitinga, como também forneceu as informações necessárias para o planejamento dos estudos de desenvolvimento de processo, em escala descontínua (3).

Um sumário das principais características dos minerais de interesse econômico presentes na amostra, tabela 1, destaca que estes apresentam granulometrias de liberação distintas.

TABELA 1

TEORES E GRAU DE LIBERAÇÃO DOS MINERAIS DE INTERESSE ECONÔMICO

	densidade	teores (%)	grau de liberação > 80% (acumulado abaixo de)
zirconita	4,7	1,4	0,595 mm
cassiterita	6,9	0,24	0,297 mm
niobatos	4,7 a 5,2	0,20	0,149 mm
criolita	3,0	4,7	0,105 mm

Valores obtidos para a amostra "Granito Cinza 1" (5)

Sumário dos Estudos de Desenvolvimento de Processos

Com base nas informações dos estudos de caracterização, foi processada, de acordo com o esquema então sugerido, outra amostra composta a partir de furos de sondagens, denominada "Granitos Cinza e Vermelho Compostos".

Os ensaios de concentração densitária indicaram ser a espiral o equipamento mais adequado para os estágios iniciais de concentração dos minerais pesados.

O concentrado de pesados gerado no processamento da amostra "Granitos Cinza e Vermelho Compostos" foi submetido a ensaios de separação eletrostática, seguido por separações magnéticas em Frantz dos produtos condutores e não-condutores.

Os produtos finais com os respectivos teores e recuperações metalúrgicas são apresentados na tabela 2. Estas estimativas não consideram a recirculação de produtos

intermediários, devendo serem reavaliadas após a realização de ensaios em escala piloto ora propostos, e discutidos adiante.

TABELA 2
 AMOSTRA "GRANITOS CINZA E VERMELHO COMPOSTOS"
 TEORES E RECUPERAÇÕES DOS PRODUTOS FINAIS OBTIDOS

	% PESO	TEORES (%)			RECUPERAÇÃO (%)		
		Sn	ZrO ₂	Nb ₂ O ₅	Sn	ZrO ₂	Nb ₂ O ₅
rej. magneticos	0,458	1,29	2,49	1,44	4,2	1,2	3,5
pré-conc. Nb (1)	0,090	14,3	3,01	22,4	8,3	0,3	11,3
pré-conc. Nb (2)	0,253	0,56	18,6	12,3	1,1	5,4	16,9
conc. cassit.	0,132	57,5	5,56	1,54	49,1	0,9	1,1
conc. zirconita	1,088	0,27	55,7	0,45	2,2	69,5	2,7

- (1) condutor magnético em alta intensidade
 (2) não condutor magnético em alta intensidade

Outra amostra, igualmente composta a partir de furos de sondagem, denominada "Granito Cinza 2", foi também objeto de ensaios de concentração densitária. Os concentrados de espirais resultantes foram remoídos a menos 0,3 mm e submetidos a um estágio "cleaner" em mesa vibratória. Os produtos então gerados evidenciaram a possibilidade de uma separação densitária entre cassiterita e zirconita. As principais características destes concentrados, denominados respectivamente de "A1" e "B1, 2 e 3", estão expostas na tabela 3.

A obtenção de um concentrado final de cassiterita por métodos densitários, ainda que apresente baixa recuperação, permite minimizar a massa de material a ser secada e alimentada ao circuito de separações eletrostática e magnética e reduzir as perdas de cassiterita magnética, cerca de 8 do total de estanho contido para o minério do Pitinga (tabela 2). Recuperação suplementar de estanho seria obtida através das

últimas operações citadas.

TABELA 3
AMOSTRA "GRANITO CINZA 2"
PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS PRÉ-CONCENTRADOS DE PESADOS

	% PESO	TEORES (%)			RECUPERAÇÃO (%)		
		Sn	ZrO ₂	Nb ₂ O ₅	Sn	ZrO ₂	Nb ₂ O ₅
conc. A1	0,183	29,9	8,35	5,4	33,9	2,2	6,5
conc. B1, 2 e 3	2,326	3,1	22,8	2,7	44,4	75,2	41,0
total	2,509	5,0	21,8	2,9	78,3	77,7	47,5

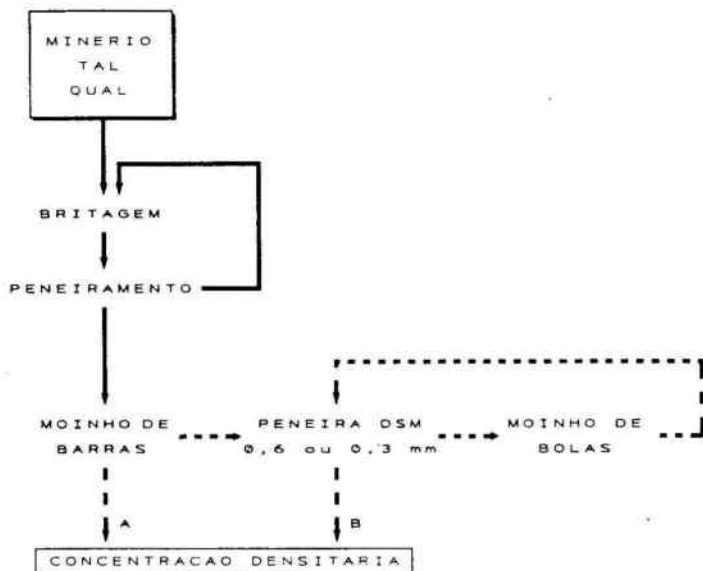
Em ambas as amostras estudadas são verificadas expressivas diferenças entre as recuperações metalúrgicas obtidas para o ZrO₂ e o Sn, quando relacionadas às de Nb₂O₅, conforme previsível a partir da tabela 1. Os minerais de nióbio ocorrem em agregados intercrescidos de columbita e pirocloro, dentre outros minerais de nióbio, apresentando liberação em granulação fina.

PROPOSIÇÃO DE CIRCUITO PARA ENSAIOS EM ESCALA PILOTO

Para a continuidade dos estudos e levantamento dos parâmetros de processo e de engenharia, sugere-se a realização de ensaios contínuos, em escala piloto, de acordo com os fluxogramas e discussões apresentadas a seguir.

O minério deverá ser inicialmente britado, em dois ou três estágios, até granulometria adequada para a alimentação da etapa de moagem.

Duas alternativas são cogitadas para a etapa de moagem, figuras 1 e 2.



OPCOES A ESTUDAR:

- A - MOINHO DE BARRAS, COM OBTENCAO DE PRODUTO A - 0,6mm
- B - MOINHOS DE BARRAS E BOLAS, ESTE ULTIMO EM CIRCUITO FECHADO COM PENEIRA ESTATICA E OBTENCAO DE UM PRODUTO A - 0,3 mm

FIGURA 1

ALTERNATIVAS DE COMINUCAO A SEREM ESTUDADAS

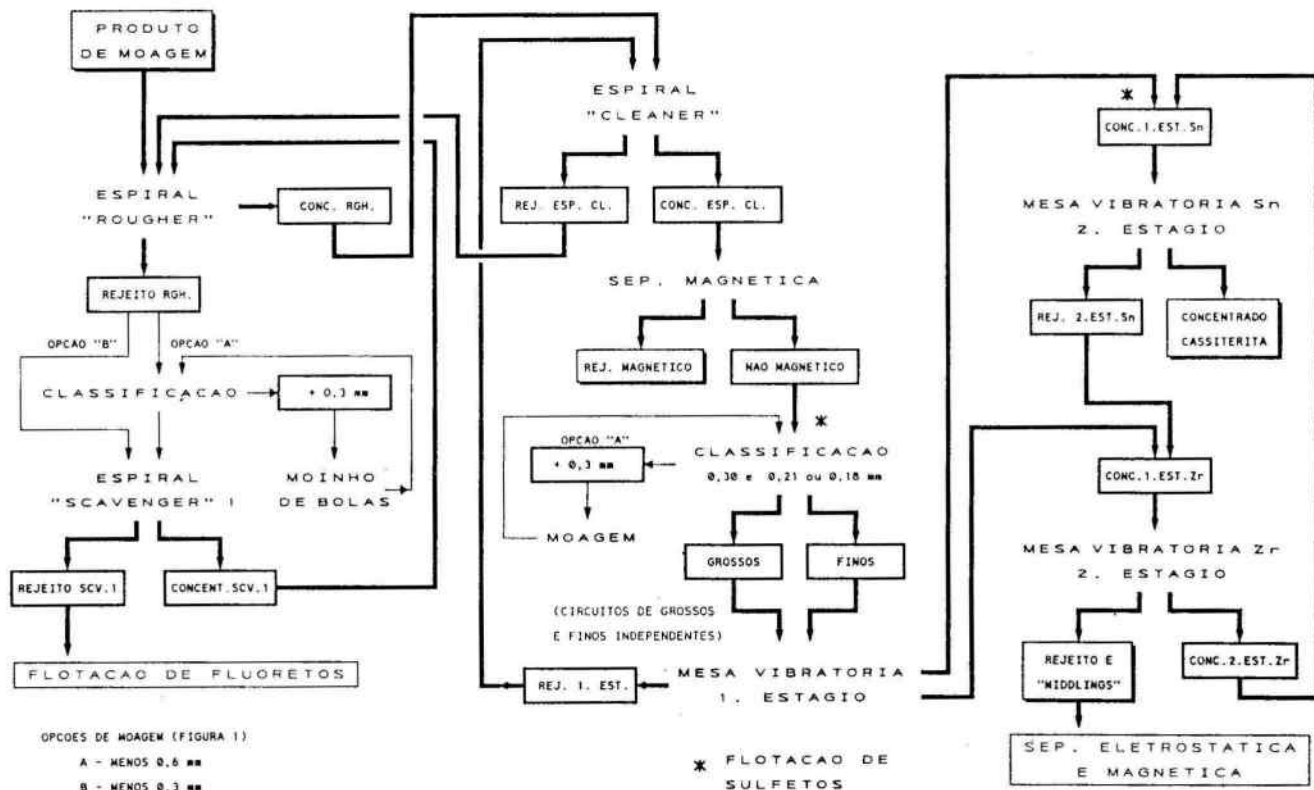


FIGURA 2

PROPOSICAO DE CIRCUITO PARA A CONCENTRACAO DOS MINERAIS PESADOS

A primeira sugere uma cominuição inicial mais grosseira, a menos 0,6 mm (opção "A"), num fluxo de operações mais complexo, com etapas de moagem intercaladas com estágios de concentração densitária por meio de espirais ("rougher", "scavenger" e "cleaner"). Este procedimento teria por objetivo um maior controle da cominuição dos minerais pesados de forma a minimizar as perdas destes nas frações finas. Nesta alternativa o rejeito "rougher" deverá ser submetido a um peneiramento em 0,6 mm, através de peneira estática (tipo DSM), seguido da moagem do "oversize" em circuito fechado, mediante a utilização de um moinho de bolas, previamente ao estágio "scavenger" de concentração densitária.

A opção "B", mais simples, compreende a cominuição em moinho de barras, seguido de moagem em circuito fechado, através de peneira estática, a menos 0,3 mm. O produto de moagem alimentará um conjunto de espirais "rougher", "scavenger" e "cleaner".

As configurações das espirais deverão ser adequadas ao conteúdo de minerais pesados presentes em cada um dos estágios, por exemplo, espirais modelo LG7 da Mineral Deposits Ltd. para o "rougher" e "scavenger" e modelos HG7 ou HG8 para o "cleaner".

O concentrado "cleaner" deverá ser submetido a uma etapa de separação magnética a úmido em separador de baixa intensidade, para a remoção dos minerais ferromagnéticos (rejeito magnético).

O produto não-magnético, a depender da alternativa de cominuição adotada, será classificado, por meio de ciclones, hidroclassificador ou mesmo peneiras circulares, gerando dois produtos na opção "B" ou três na opção "A". Nesta última alternativa o produto classificado retido em 0,3 mm será cominuído em circuito fechado. Os dois produtos finais desta

etapa, grossos e finos, com corte entre 0,21 e 0,18 mm, serão processados a seguir em unidades independentes de concentração densitária. Esta última etapa de concentração densitária será efetuada em dois estágios, por meio de mesas vibratórias. O rejeito gerado no primeiro estágio será incorporado à alimentação do estágio "cleaner" das espirais. No primeiro estágio serão obtidos dois pré-concentrados, um rico em cassiterita e outro em zirconita ("middlings"), que serão tratados separadamente no segundo estágio, obtendo-se um concentrado comercial de cassiterita, com teores da ordem de 60% de Sn, e um produto misto, o qual será secado e processado através de separações eletrostática e magnéticas, com a obtenção de concentrados de zirconita e nióbio, além de recuperação suplementar de cassiterita.

No fluxograma proposto a pequena quantidade de sulfetos presente no minério deverá acompanhar a cassiterita, resultando num concentrado final com teor de enxofre estimado entre 0,5 e 2,0%. Prevê-se a necessidade da inclusão de uma etapa de flotação para a remoção dos sulfetos, cuja localização no circuito deverá ser melhor estudada. Os possíveis pontos aventados de inserção desta etapa no circuito são:

- flotação de sulfetos a partir do não-magnético do separador de baixa intensidade
- flotação a partir dos pré-concentrados de cassiterita gerados no primeiro estágio de concentração em mesa vibratória, com o processamento de uma menor quantidade de material, porém em dois circuitos (finos e grossos);

Segundo experiência da Mineração Taboca S.A. e de acordo com fluxograma atualmente adotado na reconcentradora de Pitinga, a unidade de processamento de grossos da última etapa de concentração densitária poderá empregar jigues como alternativa às mesas vibratórias, com redução da área física, dos custos de investimento e operacional, bem como da complexidade de operação.

A proposição de um fluxograma para as etapas de separações eletrostática e magnética em escala piloto, deverá, em princípio, seguir as linhas gerais do procedimento estabelecido para o minério intemperizado (6), unicamente com modificações na etapa de preparação prévia (atrição/moagem/classificação). Uma sugestão de fluxograma baseado nesta premissa é apresentado na figura 3. Salienta-se, no entanto, a existência de expressivas diferenças entre o grau de liberação dos minerais presentes no material intemperizado e na rocha sã, o que poderá acarretar em maiores modificações no fluxograma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DAOUD, W. K.; ANTONIETO JR., A. Mina de estanho de Pitinga, Amazonas. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Principais depósitos minerais do Brasil. Brasília, DNPM, 1988, v.3, cap.18, p.201-11.
2. KAHN, H. Caracterização e desenvolvimento de processo de beneficiamento do minério primário de Pitinga, AM - criolita, estanho, zircônio, nióbio, ítrio e terras raras. São Paulo, 1991. 201p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
3. KAHN, H. Concentração dos minerais pesados do minério primário de Pitinga. Parte I: estudos de desenvolvimento de processos (no prelo).
4. KAHN, H.; CHAVES, A.P.; CASSOLA, M.S.; BERARDO, J.L. Concentração da criolita disseminada de Pitinga, AM (no prelo).
5. KAHN, H. Caracterização tecnológica do minério primário de Pitinga, AM - criolita, estanho, zircônio, nióbio, ítrio e terras raras (no prelo).
6. MINERAÇÃO TABOCA S.A. A concise report on pilot plant tests of dry separation of pre concentrate of Serra Madeira. São Paulo, 1989. 28p. (Relatório Interno)

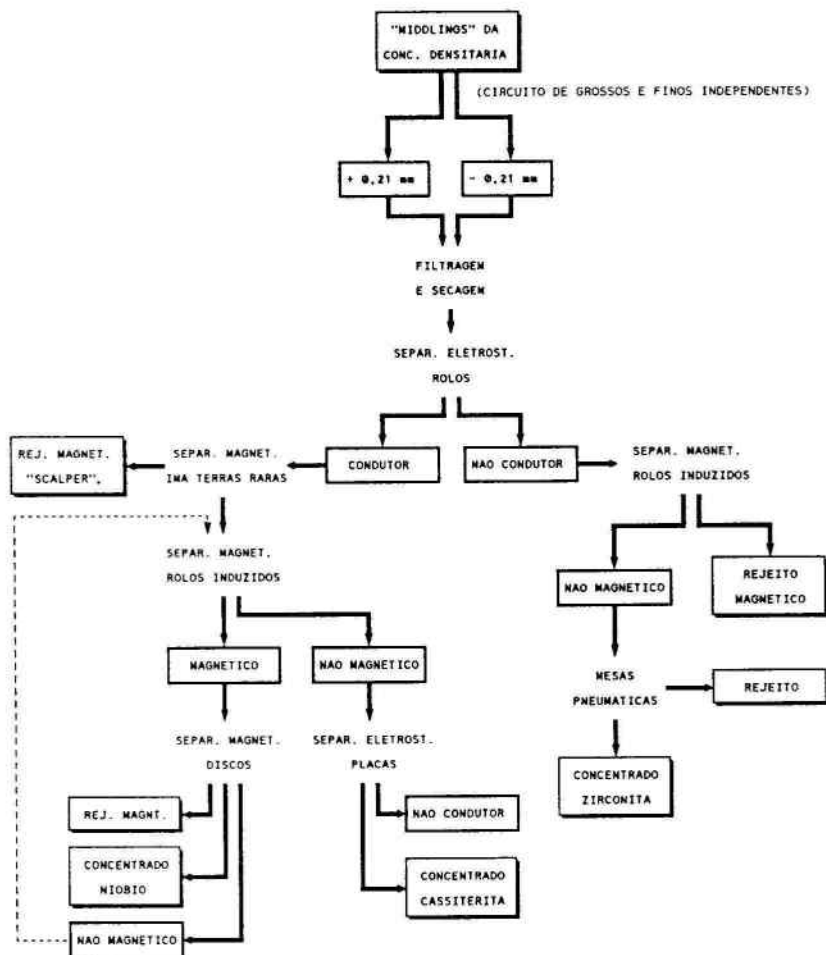


FIGURA 3

PROPOSIÇÃO DE CIRCUITO PARA BENEFICIAMENTO A SECO DOS "MIDDLINGS" DA CONCENTRAÇÃO DENSITÁRIA