



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

ESTUDOS DE FLOTAÇÃO DO MINÉRIO OXIDADO DE ZINCO DE MINAS GERAIS

Série Tecnologia Mineral	Nº 38	Seção Beneficiamento	Nº 24	Brasília	1987
-----------------------------	-------	----------------------	-------	----------	------

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

Antonio Aureliano Chaves de Mendonça - Ministro de Estado

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

José Belfort dos Santos Bastos - Diretor Geral

DIVISÃO DE FOMENTO DA PRODUÇÃO MINERAL

Sylvio Baeta Neves - Diretor

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Hedda Vargas Figueira - Superintendente

Autores: Francisco Wilson Hollanda Vidal
Carlos Adolfo Magalhães Baltar
José Ignácio de Andrade Gomes
Leonardo Apparício da Silva
Hedda Vargas Figueira
Adão Benvindo da Luz
Roberto Cerrini Villas Bôas

ESTUDOS DE FLOTAÇÃO DO MINÉRIO OXIDADO DE ZINCO DE MINAS GERAIS

Execução e elaboração do trabalho pelo
CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - CETEM
Através do convênio DNPM/CPRM

Publicação do Departamento Nacional da Produção Mineral
Setor de Autarquias Norte
Quadra 01 - Bloco B - Telex (061)1116
70.000 - Brasília (DF) - Brasil

Copyright 1987
Reservados todos os direitos
Permitida a reprodução, desde que mencionada a fonte

Depósito Legal
Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro
Instituto Nacional do Livro

Brasil. DNPM

Estudos de flotação do minério oxidado de zinco de Minas Gerais. /F. W. Hollanda Vidal, C. A. Magalhães Baltar, J. I. de Andrade Gomes et al./.-Brasília, 1987.

...p.il.-(Brasil. DNPM. Série Tecnologia Mineral; 38. Seção Beneficiamento; 24).

"Trabalho executado pelo Centro de Tecnologia Mineral, através do Convênio DNPM/CPRM".

Bibliogr.

1. Tecnologia Mineral - Brasil. I. Vidal, F. W. Hollanda. II. Baltar, C. A. Magalhães. III. Gomes, J.I. de Andrade. IV. Silva, L. Aparício da. V. Figueira, Hedda Vargas. VI. Luz, Adão Benvindo da. VII. Villas Bôas, R. C. VII. Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro. IX. Título. X. Série.

CDD 622.7
CDU 622.2 (81)

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACTS

Páginas

1. INTRODUÇÃO	01
2. ESTUDO EM LABORATÓRIO	08
2.1 - Minério Calamínico	08
2.2 - Minério Willemítico	11
3. ESTUDO EM USINA PILOTO	12
4. CONCLUSÕES	16
5. BIBLIOGRAFIA	19

RESUMO

O presente trabalho descreve o desenvolvimento de um processo de flotação, a partir de estudos em escalas de laboratório e piloto, para os minérios oxidados de zinco de Vazante - Minas Gerais, Brasil. Os minerais predominantes nos dois tipos de minérios encontrados na região são os carbonatos e silicatos. Os principais minerais de zinco em um tipo de minério são a hemimorfita e a smithsonita, e, no outro, a willemita, com grande participação de hematita como mineral de ganga.

Os processos que vêm sendo utilizados em escala industrial envolvem concentração gravimétrica e separação em meio denso, com obtenção de concentrados apresentando baixas recuperações de zinco e altos teores de cálcio e magnésio, que são prejudiciais na etapa posterior de extração do zinco por lixiviação e eletrólise. A flotação foi estudada como processo alternativo, quer para o tratamento isolado dos dois tipos de minérios, quer conjugada com o meio denso, visando diminuir os teores de cálcio e magnésio do concentrado e recuperar o zinco contido nos rejeitos. Para cada estudo, foram definidos os parâmetros do processo e apresentado o balanço de massas, necessários para dimensionamento da usina industrial.

Nos estudos realizados, foram obtidos concentrados apresentando recuperações de zinco em torno de 70% e com teores de $\text{CaO} + \text{MgO}$ menores que 4%, com algumas variações em cada caso específico estudado. Os principais reagentes utilizados foram: carboxil metil celulose, como dispersante; sulfeto de sódio, como agente sulfetante; amina primária como coletor; e um álcool, como espumante. Constatou-se que etapas de deslamagem e de dispersão da polpa são operações que requerem cuidados especiais no processo de flotação.

Este trabalho possibilitou o desenvolvimento de uma usina industrial de flotação que processa o material tipo Lama ($< 1\text{mm}$), rejeito da instalação de separação por meio denso.

ABSTRACT

The present work describes a flotation process developed from batch and pilot plant studies for the oxidized zinc ores from Vazante - Minas Gerais, Brazil. The main minerals in the two types of ores found in the region are the carbonates and silicates. The main zinc minerals are hemimorphite and smithsonite in one type of ores, and willemite with abundance of hematite as gangue in the other.

The current processes which have been used in industrial scale are gravimetric concentration and heavy medium separation, establishing low zinc recoveries and concentrates with high content of calcium and magnesium, which are deleterious in zinc extraction metallurgy by leaching and electrolysis. Flotation was studied as an alternative process for isolate treatment of the two types of ores or associated with heavy medium separation to decrease contents of calcium and magnesium in the concentrate and to recover zinc in the tails. For each study, the parameters of the process were defined and, for scale up requirements, a material balance was presented.

The concentrates presented around 70% recovery with 40% Zn and CaO + MgO below 4%, with some variations in each specific case. The main reagents used were: carboxil metil cellulose as dispersant, sodium sulphide as sulphidizing agent, a primary amine as collector and an alcohol as frother. Desliming and pulp dispersion were found to be very sensitive, and need special care in the flotation process.

This work allowed the development of a flotation industrial plant able to process a slime type tailing material (<1mm), proceeding from heavy medium separation.

I. INTRODUÇÃO

Nesta parte apresentamos um pequeno histórico sobre flotação de minérios oxidados de zinco, que serviu de suporte para o presente trabalho.

A concentração, por flotação, dos minérios oxidados de zinco tem recebido a atenção de vários pesquisadores, desde os trabalhos pioneiros de Rey et alii⁽¹⁾ que, após seis anos de estudo em laboratório, estabeleceram um processo testado com sucesso para minérios oxidados de zinco de diversas procedências (França, Itália, Espanha, Congo, Tunísia, Marrocos e Sudoeste de África). Esse processo consiste, basicamente, de três etapas: dispersão da lama, sulfetação, e adição do coletor e do espumante. Segundo os autores, a dispersão pode ser feita com carbonato de sódio, silicato de sódio, polifosfatos e alguns colóides orgânicos. Estes reagentes atuam na lama, neutralizando a ação nociva de íons alcalino-terrosos. Para sulfetação devem ser usados sulfetos alcalinos, não havendo necessidade de condicionamento. O pH ideal está entre 10,5 e 11,0 (Figuras 1 e 2). A necessidade de pH elevado é explicada pelo fato de que um aumento na alcalinidade provoca uma maior quantidade de amina livre de seus sais. Mais de 50 diferentes reagentes catiônicos foram testados. Aminas secundárias e terciárias apresentaram resultados negativos. As aminas primárias foram as indicadas e, entre elas, as alifáticas foram as que proporcionaram melhores resultados. Os autores explicaram o mecanismo de ação do coletor pela formação de um complexo com os íons de zinco na superfície mineral, semelhante aos complexos da amônia. É aconselhável o uso de espumante. Nessas condições, e após dois estágios de limpeza, o concentrado atinge 40 a 45% Zn, com uma recuperação variando de 50 a 90%, conforme o minério tratado. Um concentrado com 44,4% Zn e recuperação de 90,0% foi obtido na usina de concentração para minério oxidado de zinco de Buggerru, Itália, partindo de uma alimentação constituída de carbonatos contendo 13,1% Zn. No tratamento do minério apenas parcialmente oxidado de Buggerru foi obtido um concentrado de smithsonita com 44,4% Zn e uma recuperação de 45,3%. Em San Giovanni, Itália, onde o minério entra na usina com 10,0% Zn, o concentrado apresentou 40,9% Zn, com recuperação de 69,5% do zinco contido.

Figura 1 - Relação entre pH e recuperação de minerais oxidados de zinco, segundo REY et al.⁽¹⁾

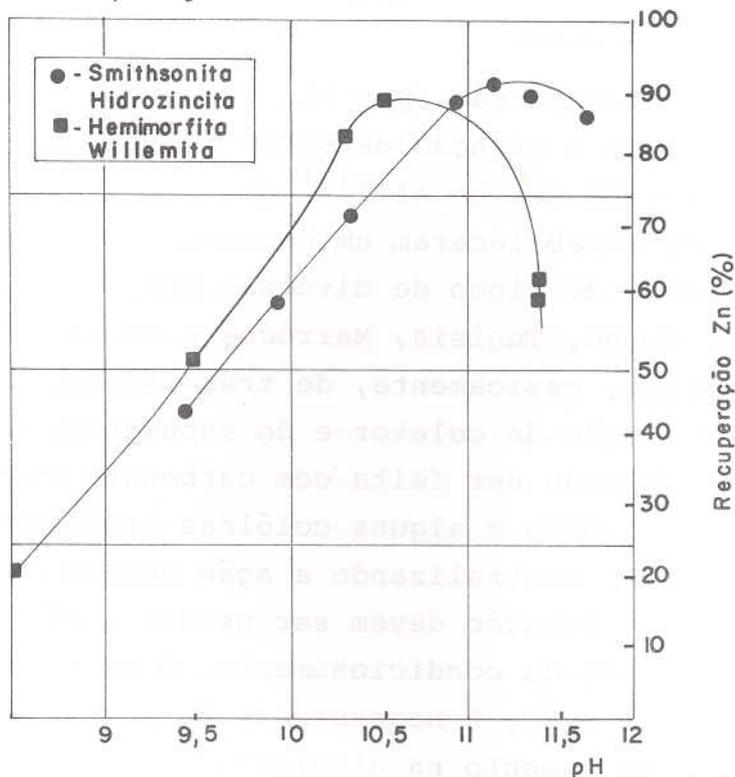
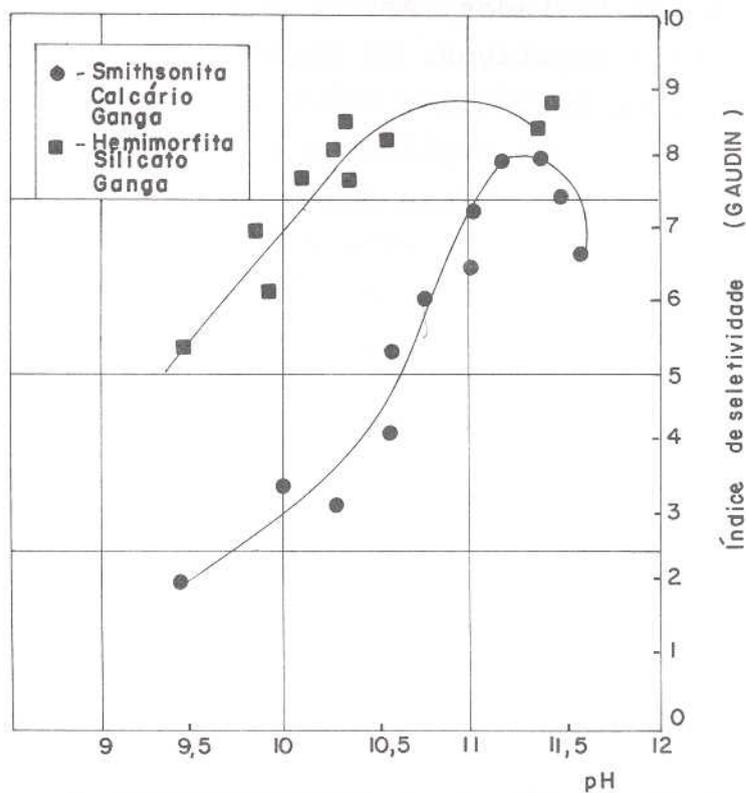


Figura 2 - Relação entre pH e o índice de seletividade de Gaudin, segundo REY et al.⁽¹⁾



Billi⁽²⁾, após um histórico dos métodos de beneficiamento anteriormente adotados em Gorno, Itália, descreve um processo de flotação para recuperar os minerais oxidados de zinco, a partir do rejeito do circuito de concentração da esfalerita. Um concentrado com 30,7% Zn e 76,4% de recuperação foi obtido. O processo consiste de uma deslamagem inicial, onde se utilizam ciclones e espessadores, seguida de uma etapa de aquecimento. É feito um condicionamento da polpa aquecida a 50°C, com sulfeto de sódio a um pH = 11. A flotação é realizada com amilxantato de potássio e sulfato de cobre, em polpa contendo 25% de sólidos. O autor chama a atenção para a importância do aquecimento da polpa, para a sulfetação, e para o cuidado na dosagem dos reagentes usados.

Billi e Quai⁽³⁾, após alguns resultados favoráveis em laboratório, resolveram testar o método adotado por Rey et alii⁽¹⁾ na usina industrial de Gorno. Industrialmente, o método testado apresentou: baixa recuperação, concentrado com baixo teor, e alto consumo de reagentes. Diante desse fato, os autores estudaram o tipo de coletor que seria mais adequado ao minério tratado. Concluíram que as aminas preparadas a partir de gordura animal, devido à excessiva espuma formada, não deveriam ser usadas. Os melhores resultados foram alcançados com as aminas de origem vegetal. Várias aminas comerciais de origem vegetal foram então testadas com excelentes resultados. O processo finalmente adotado consistiu numa combinação dos métodos de Rey et alii⁽¹⁾ e de Billi⁽²⁾. A recuperação alcançada com esse novo processo foi de 82,5% do zinco contido. Os autores chamaram a atenção para a vantagem de utilizar a amina emulsificada em óleo de pinho e querosene. Essa emulsão é menos sensível às lamas e às águas duras, e o consumo de amina é conseqüentemente diminuído, não se verificando, devido à presença de querosene, formação de espuma exagerada. O método da flotação catiônica foi testado para o minério da Sardenha, em estudo desenvolvido no Centro de Pesquisa de Masua, Itália. Os autores observaram que as aminas de origem vegetal eram mais ativas e seletivas que as de origem animal. A atividade máxima do coletor ocorre a um pH 12 (Figura 3). O cole

Figura 3 - Atividade da amina em função do pH, segundo BILLI e QUAÍ⁽³⁾
(70 g / t de amina)

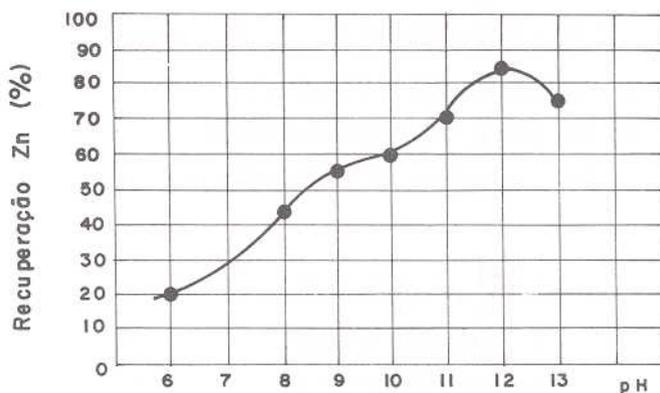
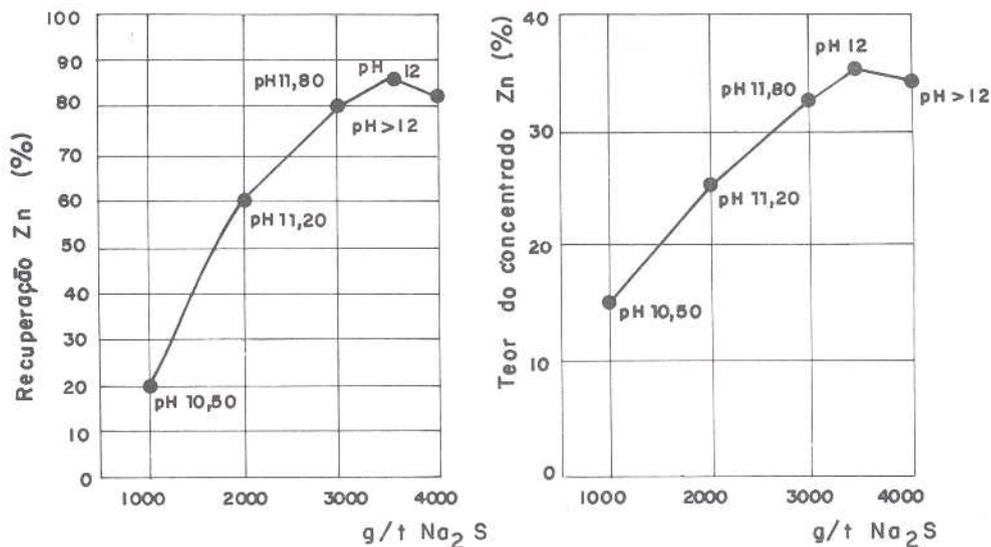


Figura 4 - Atividade e seletividade da amina, em função da concentração de sulfeto de sódio, segundo BILLI e QUAÍ⁽³⁾
(70 g / t de amina)



tor deve ser usado numa emulsão constituída de óleo de pinho (4 partes em peso), petróleo (2 partes), água (73 partes) e amina (12 partes). O sulfeto de sódio foi o mais eficiente sulfetante da polpa. A figura 4 mostra o teor e a recuperação alcançada em função da concentração do Na_2S . O silicato de sódio foi o melhor dispersante. Dentre os depressores de ganga testados, apenas o dicromato apresentou um resultado satisfatório. A faixa granulométrica, onde há maior recuperação de zinco contido, está compreendida entre 10 e $38\mu\text{m}$. Esses resultados foram testados industrialmente, confirmando-se, na prática, a maioria das observações feitas em laboratório.

Caproni et alii⁽⁴⁾, estudando em laboratório o minério da usina de Campo Pisano, Itália, contendo smithsonita e hemimorfita associadas a óxidos de ferro, observaram que uma amina primária, não ramificada, com 18 átomos de carbono, seria o coletor ideal para esse tipo de minério, e que a flotação separada para várias faixas granulométricas proporcionaria um melhor resultado. Para o minério tratado na usina italiana de San Giovanni, testaram-se aminas originadas de coco, sendo os resultados claramente negativos, principalmente com relação à recuperação do metal. Nessa usina, o sulfato de bário foi substituído pelo de sódio devido ao efeito prejudicial que os íons Ba, livres na polpa, produzem na flotação (3). A adição de pequena quantidade de carbonato de sódio nos estágios de limpeza melhora consideravelmente o teor do concentrado final. De fundamental importância é a qualidade da água utilizada. Íons como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- e SO_4^{2-} são prejudiciais à flotação. Os melhores resultados foram obtidos com água desionizada.

Segundo Rey⁽⁵⁾, o uso dos reagentes numa proporção adequada é mais importante que a quantidade absoluta adicionada. Um excesso do agente sulfetante tem efeito depressor, exigindo um maior consumo de amina. O autor acredita que o papel do sulfeto seja o de bloquear os íons de zinco na superfície do mineral, onde a amina livre, RNH_2 , forma com esses íons de zinco um complexo de coordenação análogo aos complexos amoniacais. É salientada a importância da não-utilização de águas duras. Os cátions presentes neste tipo de água acentuam o efeito nocivo das argilas. As

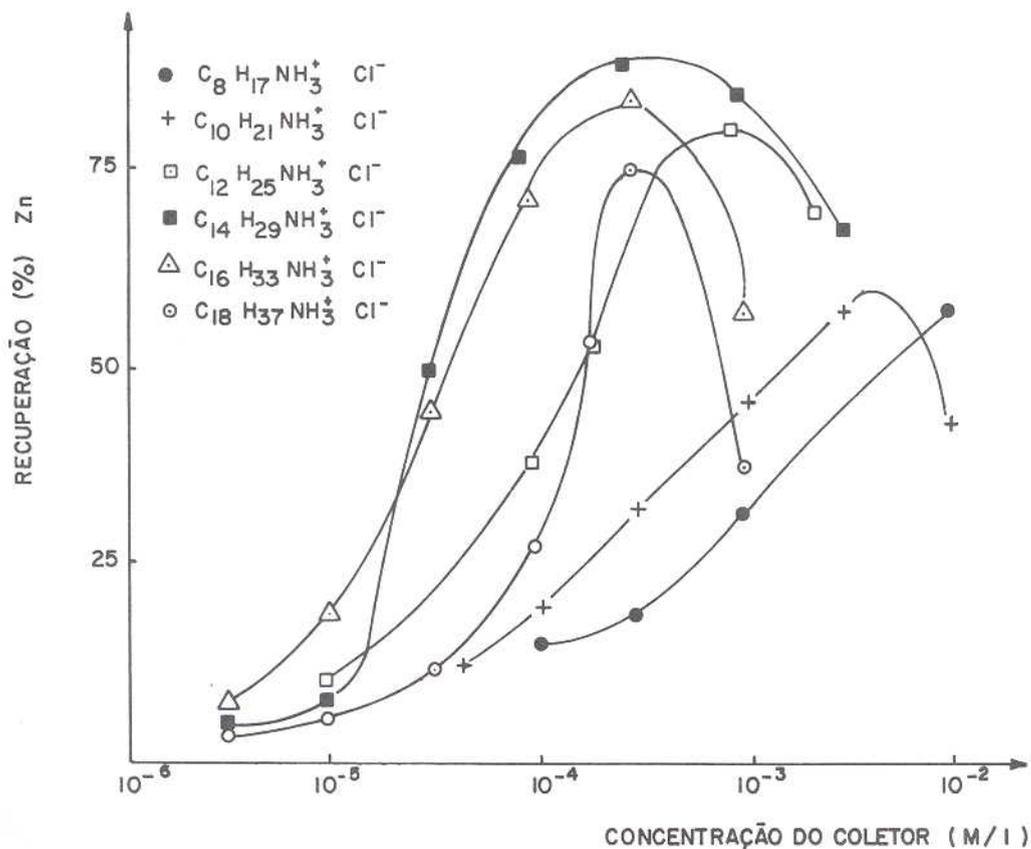
lamas são bastante prejudiciais; a simples deslamagem, na maioria das vezes, não é suficiente, visto que, com o atrito dos minerais friáveis nas células de flotação, há uma produção contínua de finos. É aconselhável o uso de dispersante, para neutralizar a ação da lama; a modificação das aminas, através de emulsões que as façam menos sensíveis às lamas; e o uso de um antiespumante, que modifique a natureza da interface ar-água. É lembrado o problema das células; uma rotação baixa retarda a flotação, enquanto que uma forte turbulência provoca resultados negativos.

Cases et alii⁽⁶⁾ estudaram a flotação da smithsonita, utilizando como coletor inicialmente o ácido oléico e seus sais, e posteriormente um cloreto de alquilamina. No primeiro caso, os autores observaram que a deslamagem não é necessária e que um excesso de silicato de sódio (usado como depressor da ganga) deprime também a smithsonita. Uma recuperação de 84,5% foi alcançada. Na flotação com cloreto de alquilamina, os resultados foram decepcionantes, o que levou os autores a um estudo do mecanismo da adsorção do coletor sobre a smithsonita. A recuperação é também dependente do número de agrupamento CH_2 da cadeia alquil (Figura 5). A sulfetação da superfície da smithsonita é processada pela fixação do enxofre sobre átomos de zinco. A adsorção do coletor deve-se às ligações eletrostáticas, podendo, no entanto, haver tam**em** ligações de outras naturezas.

Coelho e Peres⁽⁷⁾ estudaram o minério de zinco de Vazante, Brasil, através de uma amostra proveniente da MASA - Mineração Areiense S/A. Segundo os autores, devido à grande variação na sua composição e à característica carbonática e ferruginosa de sua ganga, esse minério pode ser considerado de difícil concentração por flotação. Os autores sugerem uma separação magnética inicial, para a retirada da hematita, e o emprego de mesa vibratôria, para produzir um concentrado de smithsonita e uniformizar a alimentação da flotação. Nestas condições, e com o minério moído a 65 malhas e deslamado a 150 malhas, foram obtidos um concentrado na flotação com 31,9% Zn, e uma recuperação global, na mesagem e flotação, de cerca de 65% do zinco contido na amostra inicial.

Campos et alii⁽⁸⁾ também estudaram esse minério, pro

FIG. 5 - Recuperação da smithsonita em função da concentração do coletor de alquil-amina e do comprimento da cadeia alquil, segundo CASES et al.(8)



pondo separação magnética e calcinação. O concentrado seria, a seguir, tratado por processo pirometalúrgico.

Através de um programa de pesquisa sistemática realizado no CETEM - Centro de Tecnologia Mineral, Brasil, diversos autores⁽⁹⁻¹⁷⁾ estudaram o aproveitamento do minério oxidado de zinco de Vazante, Minas Gerais, através de flotação em escalas de laboratório e piloto. Os resultados se mostraram tecnicamente viáveis, e atualmente o processo se encontra implantado em escala industrial, pela CMM - Companhia Mineira de Metais, Brasil.

A mineralização das jazidas é bastante complexa e formada basicamente de silicatos e carbonatos, tendo como constituintes principais os minerais de zinco: smithsonita, hemimorfita e willemita. Sua ganga varia em quantidade, de acordo com a predominância dos minerais de zinco presentes, sendo constituída principalmente por dolomita, hematita e limonita. Em virtude dessa variação mineralógica, o processo de flotação foi ajustado para cada tipo de minério estudado.

2. ESTUDO EM LABORATÓRIO

2.1 - Minério Calamínico

Esse minério é constituído principalmente de hemimorfita e smithsonita, com ganga dolomítica.

Foram estudadas com o minério da CMM, inicialmente, 4 (quatro) linhas distintas de pesquisa:

- a) Flotação com xantato, antecedida de etapas de sulfetação (sulfeto de sódio) e ativação (sulfato de cobre);
- b) Flotação da ganga, com sulfonato de petróleo;
- c) Flotação inversa, com ácidos graxos, onde se desenvolve a flotação principalmente da dolomita e
- d) Flotação catiônica, precedida de uma etapa de sulfetação.

Na fase preliminar, foram consideradas como variáveis: temperatura de polpa, quantidade de reagente e pH. Após a realização destes testes, foi escolhida a flotação catiônica, com

prévia sulfetação, como a mais promissora. Estudou-se separadamente o comportamento das variáveis consideradas de maior importância. Foram realizados 252 testes de flotação com o minério moído a 100 malhas e deslamado em peneiras de 400 malhas.

Desde a fase inicial, houve uma intensa preocupação em se padronizar, nos mínimos detalhes, a metodologia empregada em cada teste, de modo que a diferença observada de um teste para outro refletisse, tanto quanto possível, o efeito da variável que estava sendo examinada.

Numa série de testes de diferentes tipos comerciais de aminas, de acordo com os resultados indicados por análise química dos produtos de flotação, a amina Hoe F 2792 (*) apresentou-se como a mais adequada para o minério em questão.

A seguir, com o sistema de flotação catiônica já definido, desenvolveu-se uma série de testes com o objetivo de verificar os efeitos de: dispersão e sulfetação da polpa, concentração de reagentes, tempo de condicionamento, rotação e aeração da célula, tipo de água, temperatura, granulometria de alimentação e tempo de flotação.

Nessas condições otimizadas foi possível, a partir de uma alimentação com 17% Zn, chegar-se a um concentrado com 40% Zn e uma recuperação de 85% em relação à alimentação da flotação.

Após o estudo em laboratório, foram realizados estudos em usina piloto, confirmando-se resultados obtidos em escala de bancada.

Através de estudos posteriormente desenvolvidos, esse sistema de flotação catiônica foi ajustado para o minério calami nico da MASA - Mineração Areiense S/A, localizada também na mesma região de Vazante, Minas Gerais. As tabelas 1 e 2 apresentam os melhores resultados, bem como as condições em que foram realizados os testes.

(*) Hoe F 2792 é uma amina primária neutralizada por ácido clorídrico, fabricada pela HOECHST.

PRODUTO	PESO (%)	TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)		
		Zn	Ca	Mg	Zn	Ca	Mg
Alimentação	100,0	17,8*	4,7*	2,8*	-	-	-
Concentrado Final	34,1	41,0	2,6	1,5	78,5	18,9	18,3
Rejeito "Cleaner" 2	1,9	16,0	8,8	5,0	1,7	3,6	3,5
Rejeito "Cleaner" 1	4,7	13,7	8,4	4,8	3,6	8,4	8,0
Rejeito Final	59,3	4,8	5,5	3,3	16,0	69,4	70,0

Tabela 1 - Resultado do melhor teste obtido com o minério calamínico da MASA, moído a 80% abaixo de 200 malhas e deslamado em 400 malhas.

CONDIÇÕES DO TESTE: Dispersante - CMC⁽¹⁾ (100g/t)
 Sulfetante - Na₂S (2000g/t)
 Coletor - Hoe F 2835⁽²⁾ (400g/t)
 Espumante - D-14⁽³⁾ (3g/t)
 Emulsificante- Querosene (150g/t)

PRODUTO	PESO (%)	TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)		
		Zn	Ca	Mg	Zn	Ca	Mg
Alimentação	100,0	16,6*	6,2*	3,0*	-	-	-
Concentrado Final	29,2	38,0	3,4	2,0	67,0	15,9	19,3
Rejeito "Cleaner" 2	4,5	19,0	9,4	5,3	5,2	6,8	7,8
Rejeito "Cleaner" 1	5,0	14,0	10,0	5,4	4,2	8,0	8,9
Rejeito Final	61,3	6,4	7,0	3,2	23,6	69,3	64,0

Tabela 2 - Resultado do melhor teste obtido com o minério calamínico da MASA, moído a 80% abaixo de 200 malhas e deslamado a 10µm.

CONDIÇÕES DO TESTE: Dispersante - CMC⁽¹⁾ (300g/t)
 Sulfetante - Na₂S (4000g/t)
 Coletor - Hoe F 2835⁽²⁾ (300g/t)
 Espumante - D-14⁽³⁾ (3g/t)
 Emulsificante- Querosene (150g/t)

* Teor Calculado

(1) Carboxil metil celulose, Hoe especial da HOECHST

(2) Amina primária, fabricada pela HOECHST

(3) Éter poliglicólico de álcool de cadeia curta da HOECHST

2.2 - Minério Willemítico

Este minério é constituído de willemita, principal mineral de zinco, e hematita como mineral de ganga.

Realizaram-se trabalhos em escala de laboratório, visando definir a aplicabilidade do processo de flotação catiônica ao minério willemítico da MASA.

Procedeu-se também a uma série de testes, visando estudar os efeitos de: dispersão e sulfetação da polpa, concentração de reagentes, deslamagem e granulometria de alimentação da flotação. O melhor resultado e as condições do teste encontram-se na tabela 3.

PRODUTO	PESO (%)	TEOR (%)				DISTRIBUIÇÃO (%)			
		Zn	Fe	Ca	Mg	Zn	Fe	Ca	Mg
Alimentação	100,0	23,1*	30,3*	2,2*	1,2*	-	-	-	-
Concent. Final	45,2	43,8	10,7	0,9	0,4	85,7	16,0	18,3	14,6
Rej."Cleaner" 1	5,1	4,6	51,3	2,9	1,5	1,0	8,6	6,6	6,2
Rej."Cleaner" 2	16,4	6,4	47,0	3,2	1,8	4,5	25,4	23,6	23,8
Rejeito Final	22,4	0,9	52,5	3,5	2,0	0,8	38,8	35,3	36,1
Lamas	10,9	16,8	31,1	3,3	2,2	8,0	11,2	16,2	19,3

Tabela 3 - Resultado do melhor teste com o minério willemítico da MASA, moído a uma granulometria de 80% abaixo de 150 malhas e deslamagem a 10µm.

Condições do Teste: Dispersante - Carboxil Metil Celulose, CMC
Hoe Especial da HOECHST (100 g/t)

Sulfetante - Na₂S (4000g/t)

Coletor - Hoe F 2835 (400g/t)

Espumante - D-14** (3g/t)

Emulsificante- Querosene (150g/t)

* Teor calculado

** Éter poliglicólico de álcool de cadeia curta da HOECHST

3. ESTUDO EM USINA PILOTO

Inicialmente, o trabalho em usina piloto teve como objetivo principal a confirmação do processo de flotação para aproveitamento do minério calamínico (CMM) com teor entre 10 e 12% Zn, bem como a determinação de parâmetros para ampliação de escala. Na flotação em escala piloto, foram confirmados os resultados obtidos em bancada, com deslamagem em 400 malhas. Partindo-se de uma alimentação com 11% Zn e 17% (CaO + MgO), obtiveram-se concentrados com cerca de 40% Zn e 5% (CaO + MgO), em condições, portanto, de serem aproveitados diretamente nas usinas hidrometalúrgicas. A recuperação de zinco em relação à alimentação da usina foi de 60%.

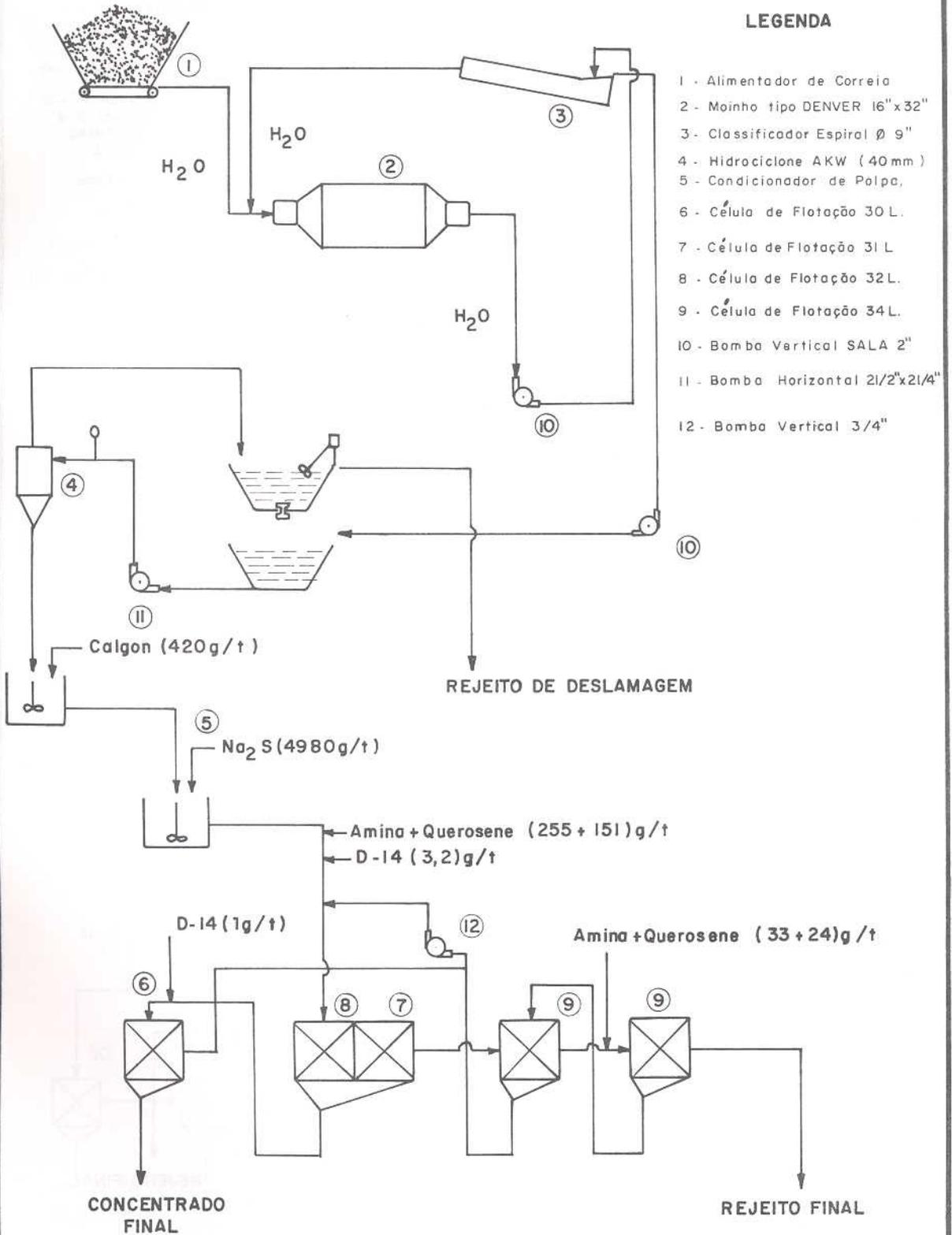
Para o minério da CMM, foi estudado o minério willemítico de baixo teor (15% Zn), à época beneficiado industrialmente em meio denso (tambor e Dynawhirpool - DWP). Realizou-se um estudo comparativo de flotação global da alimentação e flotação em separado do:

- "Sink" (concentrado em meio denso);
- "Float" (rejeito do meio denso) e
- Lama (rejeito da deslamagem)

Os dois materiais Lama e "Sink" estudados responderam bem ao processo de flotação. Foi possível obter concentrados apresentando 46% Zn, 3,4% CaO e 1,5% MgO para o minério Lama, e 48% Zn, 2,6% CaO e 0,7% MgO para o minério "Sink". A recuperação do zinco contido no concentrado em relação ao zinco contido na Lama, como é descartada, foi de 61%. A recuperação do zinco contido no concentrado "Sink" em relação ao zinco contido no "Sink" (concentrado do meio denso) foi de 90%, com redução nos teores de CaO de 7,7% para 2,6% e de MgO de 3,8% para 0,7%. Os fluxogramas definidos, bem como as condições de flotação para o minério Lama e minério "Sink", estão apresentados nas figuras 6 e 7 respectivamente.

Com o material "Float", conseguiu-se atingir o objetivo do trabalho, produzindo um concentrado com 36% Zn, 12,1% (CaO + MgO), recuperação de 66% de zinco a partir de teores na alimentação de 6,8% Zn e 37% (CaO + MgO). O fluxograma definido, bem como as condições do teste, encontram-se na figura 8.

FIG. 6 - Fluxograma desenvolvido para o minério LAMA



LEGENDA

- 1 - Alimentador de Correia
- 2 - Moinho tipo DENVER 16" x 32"
- 3 - Classificador Espiral Ø 9"
- 4 - Hidrociclone AKW (40 mm)
- 5 - Condicionador de Polpa,
- 6 - Célula de Flotação 30 L.
- 7 - Célula de Flotação 31 L
- 8 - Célula de Flotação 32 L.
- 9 - Célula de Flotação 34 L.
- 10 - Bomba Vertical SALA 2"
- 11 - Bomba Horizontal 2 1/2"x2 1/4"
- 12 - Bomba Vertical 3/4"

REJEITO DE DESLAMAGEM

CONCENTRADO FINAL

REJEITO FINAL

Calgon (420g/t)

Na₂S (4980g/t)

Amina + Querosene (255 + 151)g/t
D-14 (3,2)g/t

D-14 (1g/t)

Amina + Querosene (33 + 24)g/t

FIG. 7 Fluxograma desenvolvido para o minério "SINK"

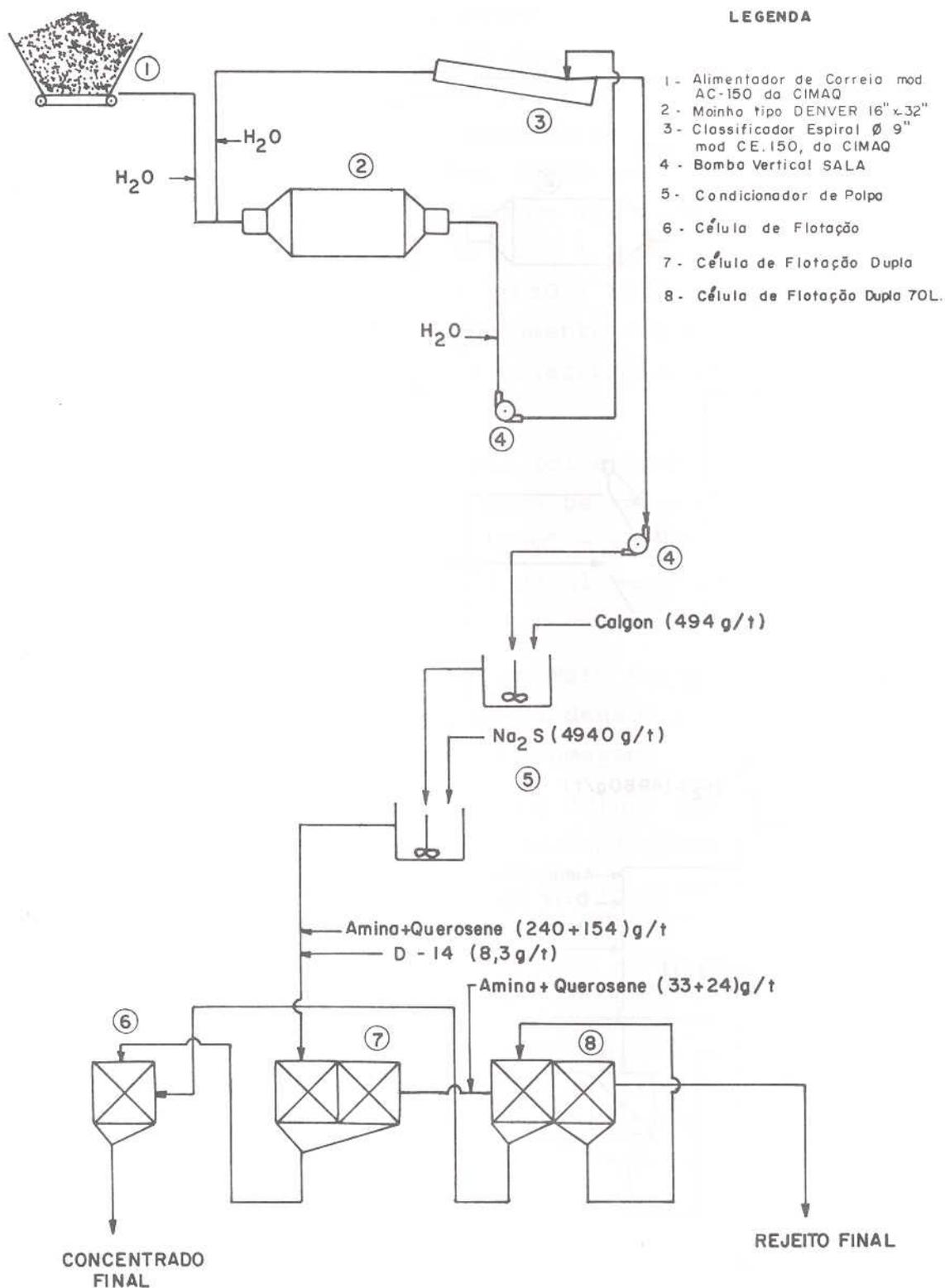
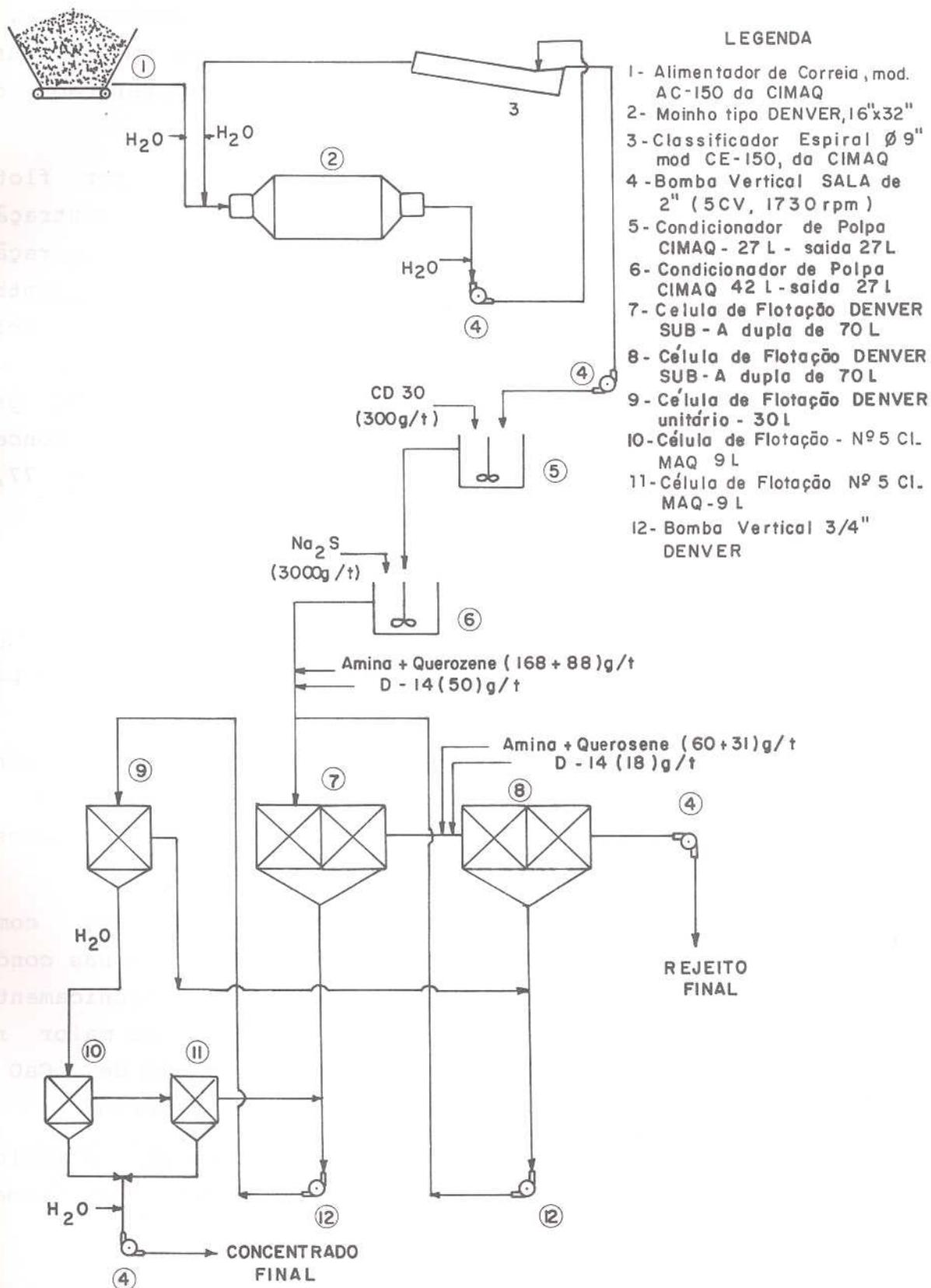


FIG. 8 - FLUXOGRAMA FINAL - FLOAT



LEGENDA

- 1- Alimentador de Correia, mod. AC-150 da CIMAQ
- 2- Moinho tipo DENVER, 16"x32"
- 3- Classificador Espiral ϕ 9" mod CE-150, da CIMAQ
- 4- Bomba Vertical SALA de 2" (5CV, 1730 rpm)
- 5- Condicionador de Polpa CIMAQ - 27 L - saída 27 L
- 6- Condicionador de Polpa CIMAQ 42 L - saída 27 L
- 7- Célula de Flotação DENVER SUB - A dupla de 70 L
- 8- Célula de Flotação DENVER SUB - A dupla de 70 L
- 9- Célula de Flotação DENVER unitário - 30 L
- 10- Célula de Flotação - Nº 5 Cl. MAQ 9 L
- 11- Célula de Flotação Nº 5 Cl. MAQ - 9 L
- 12- Bomba Vertical 3/4" DENVER

Os estudos desenvolvidos com o minério willemitico (a alimentação do meio denso) comprovam que é viável, tecnicamente, a concentração do minério por flotação, onde se obteve um produto com teores variando entre 40 e 44% de zinco, com recuperação de 67 a 65% do zinco total contido.

Deve-se ressaltar que o concentrado obtido por flotação em usina piloto, com a alimentação da unidade de concentração por meio denso (willemita de baixo teor), apresentou recuperação de zinco inferior, quando comparada com a da média dos concentrados obtidos com a flotação dos três materiais de saída do meio denso (Lama, "Sink" e "Float"), tendo-se como base o balanço do meio denso apresentado na tabela 4. Com a blendagem dos três produtos de flotação da Lama, "Sink" e "Float", obter-se-ia concentrado com teores de 41,6 a 42,8% de zinco, e recuperação de 77,3 a 80,0% do zinco total contido.

4. CONCLUSÕES

Das linhas de pesquisas estudadas, a mais indicada para os tipos de minérios em questão é a flotação catiônica com prévia sulfetação da polpa.

As aminas Hoe F 2792 e Hoe F 2835 foram as que melhores resultados proporcionaram. Entretanto, a amina Hoe F 2792 é mais solúvel em água e forma emulsão mais estável com o querose-ne, o que facilita sua preparação e adição na flotação.

O Calgon, o CD-30 e o CMC podem ser utilizados como dispersores; entretanto, o CMC se mostrou mais seletivo nas condições estudadas, seguido do Calgon. No entanto, seria tecnicamente mais aconselhável o emprego do Calgon, por permitir uma maior recuperação de zinco, com uma ligeira diminuição do teor de CaO + MgO, mantendo ainda o teor de zinco em nível satisfatório.

Exceção feita ao "Sink", todos os tipos de minérios estudados tiveram que ser deslamados, pois os efeitos das "lamas finas" na flotação são variados e prejudiciais, provocando:

- Maior consumo de reagente;
- Cobertura da superfície mineral que se deseja flo-
tar

PRODUTOS	RENDIMENTO MASSA MEIO DENSO (%)	TEOR Zn MEIO DENSO (%)	DISTRIB. Zn MEIO DENSO (%)	RECUPER. Zn FLOTAÇÃO (%)	RECUPER. Zn TOTAL (%)	TEOR FINAL Zn (%)
LAMA	30	13,0	22,2 - 25,9	61,0	13,5 - 15,8	46,0
"FLOAT"	35 - 45	7,0	14,0 - 20,9	65,0	9,1 - 13,6	35,0
"SINK"	35 - 25	32,0	63,8 - 53,2	90,0	54,4 - 47,9	48,0
TOTAL	100	7,5 - 15,0	100,00	72,5 - 70,0	80,0 - 77,3	42,8-41,6

Tabela 4 - Balanço do Meio Denso/Flotação ("Sink", "Float" e Lama)

- Redução na velocidade da flotação;
- Bloqueio da superfície das espumas e
- Contaminação do concentrado.

A deslamagem, moagem e dispersão da polpa são operações que requerem cuidados especiais no processo de flotação do minério oxidado de zinco de Vazante.

Conclui-se que os dois tipos de minérios atualmente lavrados pela CMM e MASA, em Vazante, respondem bem ao processo de flotação, que, para o minério calamínico, de difícil concentração por outros métodos correntes, apresenta-se como o processo ideal, capaz de elevar o teor de zinco e baixar os teores de cálcio e magnésio a níveis compatíveis com os processos metalúrgicos utilizados por ambas as empresas.

Deve-se destacar que poderiam ser obtidas recuperações maiores, não fosse a exigência de concentrados com baixos teores de CaO e MgO. Em todos os estudos realizados, o estágio de flotação "Cleaner" foi introduzido com o único objetivo de reduzir os teores de CaO e MgO, o que causou decréscimo significativo na recuperação de zinco.

5. BIBLIOGRAFIA

01. REY M.; SITIA, G.; RAFFINOT, P.; FORMANEK, V. Flotation of oxidized zinc ores. Mining Engineering, New York, Apr. 1954. p.461-520.
02. BILLI, M. How Gorno recovers oxidized zinc. Engineering and Mining Journal, New York (4): 82-86, Apr. 1957.
03. BILLI, M. & QUAI, V. Developments and results obtained in the treatment of zinc oxide ores at the Ammi Mines. In: INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS, 06. Cannes, 1963. p. 631-49.
04. CAPRONI, G.; CICCUI, R.; GHIANI, M.; TRUDU, I. The processing of oxidized lead and zinc ores in the Campo Pisano and San Giovanni plant. In: INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS, 13. Varsóvia, 1979. p. 71-91.
05. REY, M. Quinze année de flottation des Calamines. Revue de l'Industrie Minérale, Paris, 47: 105-20, feb. 1965.
06. CASES, J.M.; TREBELSI, K.; PREDALI, J.J.; BRION, D. Concentration par flottation d'un minéral d'oxyde de zinc et de plomb. In: INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS, 13. Varsóvia, 1979. p.95-121.
07. COELHO, E.M. & PERES, A.E.C. Concentração em mesa vibratória e flutuação do minério de zinco de Vazante. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E HIDROMETALURGIA, 2. Rio de Janeiro, maio 1974. p. 1-11.
08. CAMPOS, V.F.; MENDES, C.M.; RAMOS, L.F.V.; FONSECA, F.V. Concentração do minério de zinco de Vazante. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E HIDROMETALURGIA, 1. Rio de Janeiro, maio 1973. p. 1-6.
09. BALTAR, C.A.M. & VILLAS BÔAS, R.C. Projeto flotação de oxidados de zinco, estudo em escala de bancada. Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia Mineral, 1980 (RP 06/80).
10. BALTAR, C.A.M. & VILLAS BÔAS, R.C. Flotação de minério oxidado de zinco de baixo teor. Brasília, DNPM, 1980 (Série Tecnologia Mineral, 10. Seção Beneficiamento, 8).

11. BALTAR, C.A.M. & VILLAS BÔAS, R.C. Flotação de minérios oxidados de zinco, uma revisão da literatura. Brasília, DNPM, 1980 (Série Tecnologia Mineral, 13. Seção Beneficiamento, 9).
12. BALTAR, C.A.M. & LUZ, A.B. da. Projeto flotação de oxidados de zinco, estudo em escala piloto. Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia Mineral, 1981. (RP 20/81).
13. BALTAR, C.A.M. & LUZ, A.B. da. Flotação de oxidados de zinco, estudo em escala piloto. Brasília. DNPM (Série Tecnologia Mineral, 24. Seção Beneficiamento, 17).
14. GOMES, J.I. de A. & VIDAL, F.W.H. Projeto Flotação do minério oxidado de zinco de Vazante em planta piloto (LAMA - SINK). Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia Mineral, 1982 (RT 32/82).
15. GOMES, J.I. de A.; VIDAL, F.W.H.; SILVA, L.A. da. Projeto flotação do minério oxidado de zinco de Vazante em Planta piloto (FLOAT). Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia Mineral, 1983 (RT 02/83)
16. GOMES, J.I. de A. & SILVA, L.A. da Projeto flotação do minério oxidado de zinco de Vazante em planta piloto (alimentação). Centro de Tecnologia Mineral, 1983 (RT 15/83).
17. VIDAL, F.W.H.; LINS, F.A.F.; FIGUEIRA, H.V. Estudo de flotação do minério oxidado de zinco-MASA. Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia Mineral, 1984 (RT 18/84).