

ESTUDO DE NOVOS DEPRESSORES PARA A FLOTAÇÃO ANIÔNICA DIRETA DO FOSFATO DE JACUPIRANGA

L.S.LEAL FILHO (1)
A.E.C. PERES (2)
R.N.DE OLIVEIRA (3)
A.H.T.DAMASCENO (4)

RESUMO

O uso de depressores na flotação aniônica do fosfato de Jacupiranga através de ácidos graxos de tall-oil é imprescindível. Testando-se em escala de bancada e/ou piloto vários tipos de reagentes, tais como: carboximetilcelulose, goma guar, taninos e variedades de amido de milho, estas últimas apresentaram resultados metalúrgicos superiores aos de mais depressores testados. A variedade de amido de milho rica em amilopectina levou às maiores recuperações de P2O5. O griz mostrou potencial de ser utilizado como substituto à variedade convencional, sem prejuízo dos resultados metalúrgicos. A adição de tripolifosfato de sódio, em conjunto com alguns depressores testados, aumentou a recuperação de P2O5 no processo. Sua atuação como complexante de cátions metálicos e como dispersante de espécies minerais presentes na polpa é discutida.

ABSTRACT

The use of depressant agents in the anionic flotation of phosphate from Jacupiranga with tall oil fatty acids is a must. Among several reagents tested in bench and/or pilot scale, such as: carboxymethylcellulose, guar gum, tanins and corn starch varieties, the latter presented the best metallurgical results. A corn starch variety rich in amylopectin yielded the highest P2O5 recoveries. Corn grits yielded metallurgical performances equivalent to those with conventional corn starch. The addition of sodium triphosphate, in combination with some depressant agents tested, increased the P2O5 recovery in the process. Its role as a complexing agent for metallic cations and as a dispersing agent of mineral species in the slurry is discussed.

- (1) Engenheiro de Minas, M.Sc., Supervisor da Área de Caracterização Tecnológica de Minérios e Controle Químico de Qualidade da Serra na S.A. de Mineração.
- (2) Engenheiro Metalurgista, M.Sc., Ph.D. Chefe do Departamento de Engenharia de Minas da EFUPMG
- (3) Engenheiro de Minas, M.Sc., Gerente do Departamento de Tecnologia da Serrana S.A. de Mineração
- (4) Engenheiro de Minas - Pró-Minério.

1. INTRODUÇÃO

Minérios fosfatados são raramente utilizados sem prévio processamento. A flotação constitui uma das mais importantes e efetivas operações unitárias de concentração, responsabilizando-se pelo processamento de mais de 20% da produção mundial de rocha fosfática (1,2).

A indústria de fertilizantes, consumidora de 80% da produção de concentrados de rocha fosfática, exige um controle efetivo dos teores dos diversos elementos que compõem esse insumo básico, objetivando-se fabricar o ácido fosfórico dentro de condições ótimas de processamento, custos e qualidade do produto acabado. Estas condições podem ser bastante comprometidas pela presença de minerais de ganga que contaminam os concentrados de rocha fosfática. Sua presença é consequência direta de uma deficiência na seletividade do processo de flotação. Este, por sua vez, é definido em função da natureza das espécies minerais presentes no depósito (1,2).

No Brasil, a maior parte das reservas de rocha fosfática disponíveis estão associadas a jazimentos de origem ígnea que se distinguem das de origem sedimentar por apresentarem mineralogia mais complexa, destacando-se minerais de ganga que exibem difícil separação em relação à apatita, como: calcita, dolomita, barita e silicatos portadores de ferro (3).

A similaridade na resposta à flotação apresentada pelos minerais calcita, apatita e dolomita tem sido bastante abordada em literatura corrente, onde este comportamento é explicado como função de: (4)

- i - composição química superficial semelhante, através da existência de um cátion comum: Ca^{2+} ;
- ii - alta atividade superficial dos coletores tradicionalmente utilizados, resultando em uma reduzida seletividade de adsorção do coletor sobre a apatita;
- iii - interações entre espécies iônicas oriundas da dissolução de um mineral sobre os outros, modificando suas propriedades interfaciais originais, tais como: carga interfacial, composição química e grau de hidratação, no sentido de igualá-las a um patamar comum a todos os minerais;
- iv - interações entre espécies iônicas dissolvidas e reagentes de

flotação tais como coletores e modificadores, alterando seu comportamento esperado no processo (6).

Uma maior seletividade na separação entre estes minerais tem sido efetivamente obtida através da utilização de agentes modificadores. Alguns empreendimentos a nível industrial se tornaram viáveis, como o processo Foskor (5) na África do Sul e o processo Serrana, no Brasil (5). O processo Kemira (5), Finlândia, aboliu a necessidade de agente depressor através da utilização de um coletor mais seletivo (2,5).

Dentre os modificadores citados em literatura como sendo capazes de promover a seletividade em sistemas de flotação envolvendo estes minerais, destacam-se:

- i - reguladores de pH: soda cáustica, carbonato e bicarbonato de sódio, óxido de cálcio, silicato de sódio (2,3,4,7);
- ii - depressores: silicato de sódio, polifosfatos, dicromatos, cromatos, fluoretos, amido, dextrina, carboximetilcelulose e polifenóis (2,3,4,7,9);
- iii - dispersantes: silicato de sódio, polifosfatos (2,7);
- iv - moduladores da composição iônica da polpa: bicarbonato de sódio, EDTA, zeólitas e polifosfatos (4,7,8).

O Processo Serrana, utilizado em escala industrial para a concentração da rocha fosfática da jazida do Morro da Mina (Jacupiranga-SP) utiliza o amido de milho gelatinizado como depressor dos carbonatos na flotação aniônica direta da apatita com ácidos graxos de tall-oil em pH alcalino, desde o início da década de 70.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Embora a jazida do Morro da Mina apresente variadas tipologias de minério, adotou-se neste estudo o minério calcítico padrão pelo fato de ser responsável por quase 70% da jazida. As amostras para ensaios de flotação foram coletadas na própria usina de concentração, após o minério já ter passado pelas etapas de cominuição, remoção da magnetita por separação magnética e deslamagem. Tal procedimento garante ao material condições de preparação próximas às que caracterizam o Processo Serrana. Dados granulométricos e químicos sobre o minério são apresentados na tabela I e sua composição mineralógica na tabela II.

TABELA I - CARACTERÍSTICAS QUÍMICA E GRANULOMÉTRICA DO MINÉRIO

MALHA (ABNT)	% MASSA RETIDA	% RET. ACUM.	% P ₂ O ₅
40	11,2	11,2	2,22
50	10,3	21,5	4,66
100	33,4	54,9	7,00
200	21,6	76,5	9,42
325	13,3	89,8	6,25
-325	10,2	100,0	6,42
TOTAL	100,0	-	6,60

TOTAL 98,7

Após coleta do minério na usina, este sofreu decantação em tambores foi secado ao sol, homogeneizado, quarteado em alíquotas de 400g para futuros ensaios de flotação em bancada. Estes, por sua vez, obedeceram ao procedimento padrão adotado para ensaios de flotação no Centro de Tecnologia Mineral da Serrana S.A. de Mineração: condicionamento com amido em pH = 10,3 a 33% de sólidos por 5 minutos; expansão da polpa a 20% de sólidos com nova correção do pH para 10,3; adição de tall oil; condicionamento por 30 segundos e consequente flotação até a exaustão do flotado. Duas etapas de limpeza sucedem a etapa rougher para a obtenção de concentrado final em torno de 35% de P₂O₅. Ensaios em escala-piloto obedeceram ao mesmo esquema dos ensaios de bancada. O fluxograma é apresentado na figura 1.

O coletor utilizado foi o DTO-15 produzido pela Enzo-Gutzeit finlandesa. Este foi adicionado no sistema de flotação sem prévia saponificação. NaOH e HCl de pureza comercial foram utilizados como reguladores de pH. Amidos de milho testados foram:

- i - amido convencional, composto de amilose (24%) e amilopectina (75%);
- ii - amido de milho ceroso, composto basicamente de amilopectina (95%);
- iii - gritz de milho.

Todos os amidos foram gelatinizados quimicamente com soda cáustica P. A. na proporção mássica de 5:1 (amido: soda), através da mistura dos

reagentes ainda na fase sólida, seguida de adições de pequenas quantidades de água destilada, sob agitação moderada até a obtenção de uma solução de amido gelatinizado diluída a 1% p/v.

Os depressores carboximetilcelulose (CMC) e tanino foram preparados através da mistura de 1 grama do reagente com quantidades crescentes de água destilada, sob agitação moderada, constante, por 1 minuto até se atingir a concentração de 1% p/v. O pH da solução era corrigido para 10.

O reagente tripolifosfato de sódio, no decorrer deste artigo apenas de nominado TFS, foi preparado dissolvendo-se 1 grama do material em 100 ml de água destilada. Sua dosagem, quando necessária, era efetuada com comitantemente com os depressores utilizados.

A goma guar foi preparada no mesmo esquema utilizado para a carboximetilcelulose (CMC), só que, por recomendação do fabricante, era deixada a solução em repouso por 12 horas antes de ser utilizada.

Após a flotação, os produtos eram filtrados, secados, pesados, catalogados e enviados para análises químicas de P_2O_5 por colorimetria.

3. RESULTADOS/DISCUSSÃO

3.1. Importância de Agentes Depressores no Processo Serrana

Testando-se em escala de bancada vários depressores em diferentes níveis de dosagem e pH de condicionamento/flotação, selecionaram-se as condições experimentais que proporcionaram os melhores resultados para cada tipo de reagente. Estas condições e seus respectivos desempenhos na flotação em escala de bancada são apresentados na figura 2.

Através destes resultados, pode-se verificar a fundamental importância de um agente depressor para proporcionar uma adequada seletividade à flotação aniônica direta do fosfato de Jacupiranga via ácidos graxos de tall-oil em virtude das baixíssimas recuperações observadas nos ensaios de flotação onde depressores não foram utilizados.

Dentre os vários tipos de depressores testados: goma guar, carboximetilcelulose, tanino e variedades de amido de milho, estes últimos apre-

sentaram resultados metalúrgicos superiores aos demais depressores testados. A variedade de amido de milho mais rica em amilopectina mostrou potencial de proporcionar ganhos em recuperação 5% superiores à variedade convencional. O griz de milho mostrou potencial de ser utilizado como substituto a esta variedade convencional, sem prejuízo dos resultados metalúrgicos.

O reagente tripolifosfato de sódio (TFS), quando usado em substituição aos depressores orgânicos testados neste trabalho, apresentou resultados dos metalúrgicos inferiores aos apresentados pelas variedades de amido de milho, não obstante semelhantes aos demais depressores testados.

3.2. Influência do Tripolifosfato de Sódio no Sistema de Flotação em Estudo

Conhecendo-se a capacidade de espécies iônicas dissolvidas na polpa influenciar adversamente a seletividade de processos de flotação que envolvem minerais tais como calcita e apatita, realizaram-se ensaios de flotação na presença de um reagente de reconhecida capacidade de complexar cátions metálicos (7): o tripolifosfato de sódio (TFS). Sua influência no sistema de flotação em estudo é mostrada nas figuras 3, 4, 5 e 6.

Através da figura 3 pode-se verificar a influência do nível de dosagem do reagente TFS na recuperação de P_2O_5 no processo de flotação, mantendo-se constante a dosagem de amido (50 g/t) e buscando-se teor de concentrado em torno de $(38,3 \pm 0,4)\% P_2O_5$. A dosagem de 30 g/t proporcionou maior recuperação de P_2O_5 , não obstante a demanda de coletor para a obtenção de um concentrado na faixa de $(38,3 \pm 0,4)\% P_2O_5$ tenha se mostrado bastante elevada: 30% superior à situação onde não se adicionou TFS. A dosagem de 50 g/t de TFS permitiu que se trabalhasse com menores consumos de coletor sem grande prejuízo ao desempenho do processo.

As figuras 4 e 5 ilustram um relevante aumento na seletividade do sistema de flotação quando se trabalhou com adição concomitante de amido e TFS tanto em escala de bancada como piloto. Nestes testes verificou-se um considerável aumento na demanda de coletor para a obtenção de um concentrado recleaner na faixa de 30% de P_2O_5 . Este aumento foi da ordem de 20% em escala de bancada e de apenas 7% em escala-piloto.

Enfocando-se a atuação do TFS no sistema de flotação em estudo somente pelo prisma de sua ação sequestrante de cátions metálicos, poderíamos supor que:

- i - esse reagente seria capaz de remover cátions metálicos Ca^{2+} ou Mg^{2+} adsorvidos na interface minerais/solução, conferindo-lhes as condições anteriores às da adsorção desses íons. Esta hipótese tem como base um mecanismo de atuação apresentado por Leja (7);
- ii - a remoção de espécies da interface apatita/solução criaria condições menos favoráveis à interação desse mineral com moléculas do depressor, possibilitando maior nível de interação com o coletor. Tal suposição é corroborada pelo aumento na demanda de tall-oil observado nos ensaios de bancada e piloto;
- iii - tal aumento de demanda poderia ser uma consequência de uma maior ocorrência de partículas de apatitas "aptas" à interação com o coletor, resultando em uma maior recuperação de P_2O_5 no processo

Além de sua capacidade de sequestrar cátions metálicos, deve-se também considerar a capacidade dos polifosfatos de se incorporar em dupla camada elétrica através de ligações entre oxigênios ionizados pertencentes à estrutura molecular do reagente e cátions metálicos da interface sólido/líquido, deixando o conjunto com excesso de cargas negativas e, consequentemente, atuando como dispersante (7).

Uma competição entre moléculas do coletor e TFS por sítios da interface sólido/líquido poderia diminuir a interação coletor/carbonatos, tornando mais efetiva a depressão dos mesmos e também gerando mais espaço nas bolhas de ar do sistema para que maior número de partículas de apatita pudessem ser recuperadas no concentrado.

Através da figura 6 pode-se verificar a influência positiva do TFS em sistemas de flotação envolvendo outros depressores do tipo polissacarídeos, como a carboximetilcelulose e a goma guar. Tal fato não foi observado com depressor do tipo polifenóis (tanino). Tal comportamento somente poderia ser elucidado através de estudos de maior profundidade. Notório, não obstante, é o fato de que o consumo de tall-oil nos testes de flotação com taninos sem e com o uso de TFS foi o mesmo: 42 g/t, enquanto os demais novos depressores: CMC e goma guar mostraram nítida tendência a aumentar este consumo (figura 6).

4. CONCLUSÃO

A utilização de agentes depressores na flotação aniônica direta do fofato de Jacupiranga através de ácidos graxos de tall-oil se faz imprescindível frente às baixíssimas recuperações de P_2O_5 observadas no processo de flotação na ausência desses depressores.

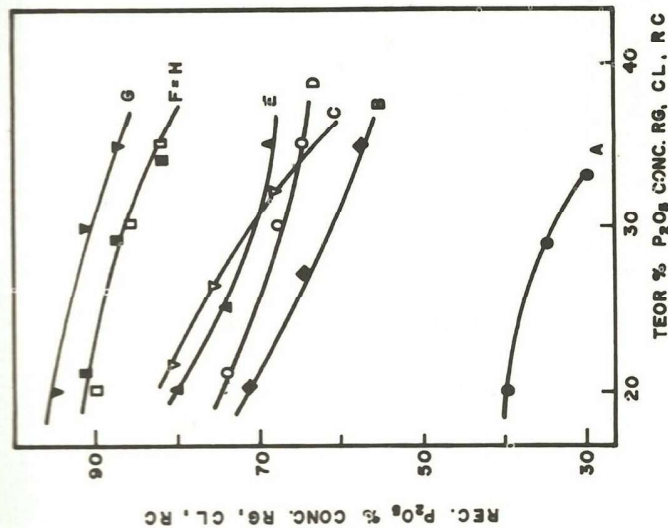
Testando-se vários tipos de depressores: goma guar, taninos, carboximetilcelulose e variedades de amido de milho, estas últimas apresentaram resultados metalúrgicos superiores aos demais depressores testados.

A variedade de amido de milho rica em amilopectina mostrou potencial de proporcionar ganhos em recuperação 5% superiores à variedade convencional. O griz mostrou potencial de ser utilizado como substituto a esta variedade convencional, sem prejuízo dos resultados metalúrgicos.

A atuação do tripolifosfato de sódio (TFS) em conjunto com os polissacarídeos testados (amido, guar e carboximetilcelulose) mostrou ser benéfica à seletividade do processo de flotação. O mesmo não foi verificado em relação aos polifenóis (tanino).

5. BIBLIOGRAFIA

- 1 - MOUTGILL, B.M. & SOMASUNDARAN, P. Advances in Phosphate Flotation. In: Advances in Mineral Processing, Cap. 25. AIME, 1986, New York, 1986.
- 2 - TANAKA, Y. et alii. Reagents in Phosphate Flotation, Kao Corporation, Chemicals Division, Tóquio, 1986.
- 3 - SILVA, J.M. Efeito de Alguns Aspectos Mineralógicos na Flotação de Fosfatos. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento Enga. de Minas, Belo Horizonte, 1983.
- 4 - HANNA, H.S. & SOMASUNDARAN, P. Flotation of Salt Type Minerals. In: FUERSTENAU, M.C. Flotation. A.M. Gaudin Memorial, Volume 1, SME/AIME, New York, 1982, pp.197-272.
- 5 - PHOSPHATES. A Review of Processing Techniques. World Mining Equipment, Vol.10, nº4, abril de 1986, pp.40-44.
- 6 - SOMASUNDARAN, P. et alii. Effects of Dissolved Mineral Species on the Dissolution/Precipitation Characteristics of Calcite and Apatite. Colloids and Surfaces (15), Amsterdam, 1985, pp.295-307.
- 7 - LEJA, J. Inorganic Regulating Agents, Activators, Depressants. In: Surface Chemistry of Froth Flotation, Plenum Press, New York, 1982.
- 8 - MEHROTRA, V.P. The Effect of Dissolved Ionic Species on Flotation of Phosphate Ore. 115th AIME Annual Meeting, New Orleans, 1986, pp.1-17.
- 9 - KHOSLA, N.K. Studies on Adsorption of Some Naturally Occurring Macromolecules in Mineral Processing Systems. Tese de Doutorado. Depto. Enga. Metalúrgica do Instituto de Tecnologia de Kampur, 1983.



CURVA	SÍMBOLO	DEPRESSOR	DOSAGEM g/t	pH COND. / FLOT.	DOSAGEM DE TAIL-OIL g/t
A	●	-	-	10,3	48
B	◆	goma guar	10	10,3	53
C	▼	TFS	50	10,3	53
D	○	Tanino	50	9,3	42
E	▲	CMC	10	10,3	58
F	■	Amido pa- drão	50	10,3	53
G	▼	Amido cero SO	63	10,3	56
H	□	Gritz	50	10,3	53

RG=rougher
CL=cleaner
RC=recleaner

Figura 2 - Influência de vários depressores no desempenho da flotação aniônica direta do fosfato de Jacupiranga.

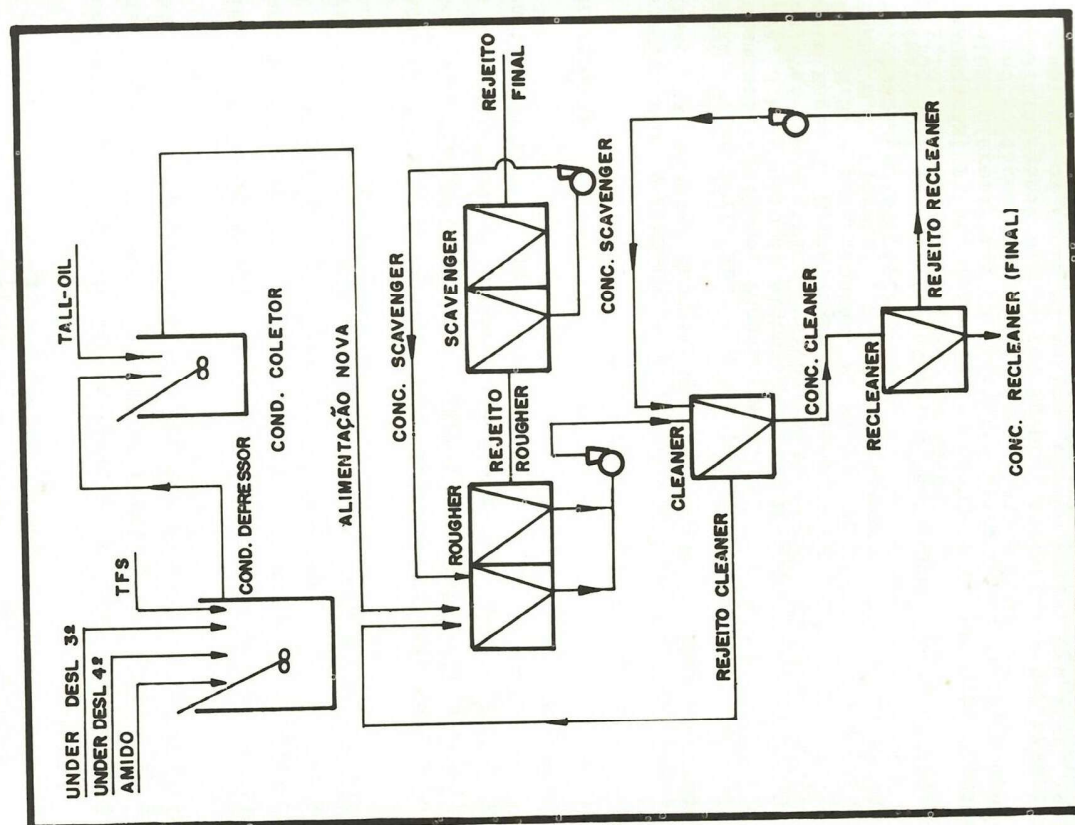


Figura 1 - Circuito de Flotação em Escala Piloto.

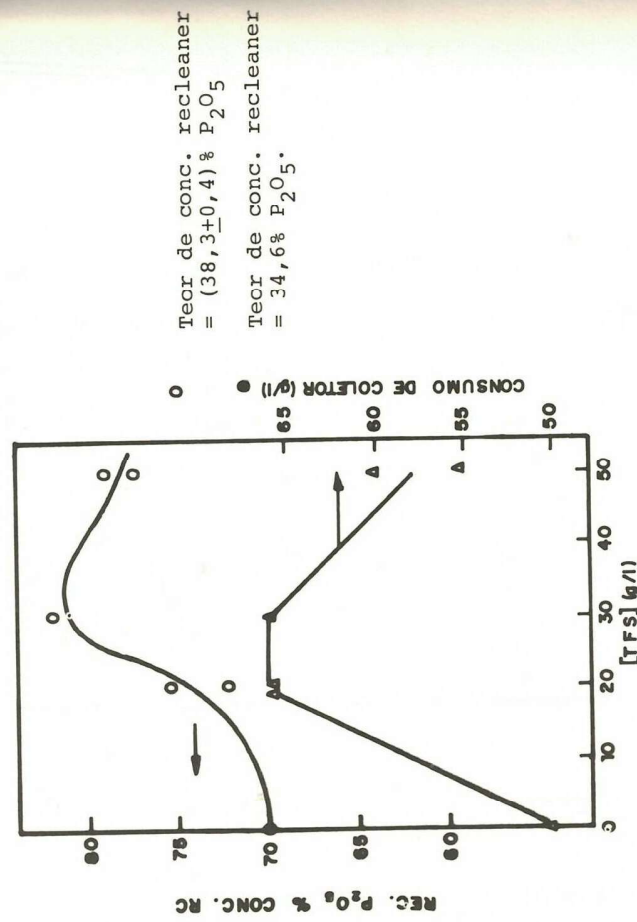
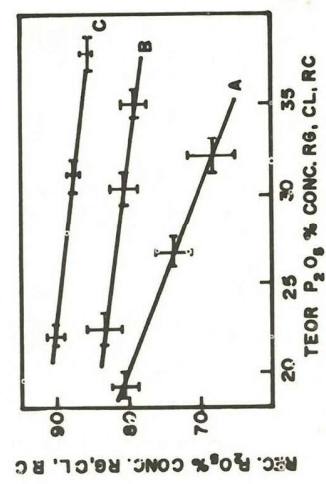


Figura 3 - Influência da dosagem de tripolifosfato de sódio (TFS) no consumo de tall-oil e recuperação do processo de flotação para teor de concentrado recleaner = (38,3±0,4) % P₂O₅.



RETA	AMIDO	TFS	TALL-OIL
A	0 g/t	50 g/t	53 g/t
B	50 g/t	0 g/t	43 g/t
C	50 g/t	50 g/t	53 g/t

Figura 4 - Curvas de recuperação de P₂O₅ nas etapas rougher, cleaner e recleaner versus teores de concentrado nestas mesmas etapas para situações envolvendo presença e ausência de amido, TFS.

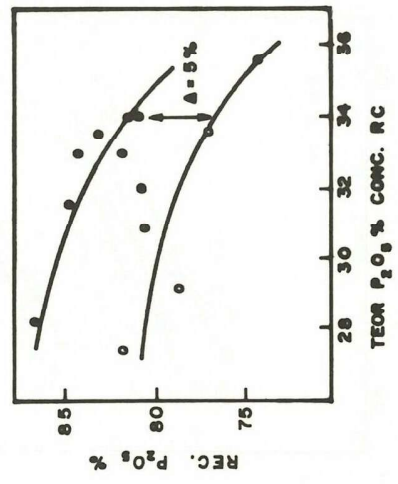


Figura 5 - Recuperação de P₂O₅ x teores de concentrado final obtidos em ensaios de flotação em escala-piloto.

- 48 ± 2 g/t TFS
- TFS ausente

ESTUDOS FUNDAMENTAIS DE FLOTAÇÃO DE APATITA COM COLETORES ALTER-
NATIVOS

CARLOS ARTHUR FERREIRA PINTO(1)

AMANDO CORRÊA DE ARAUJO (2)

RESUMO

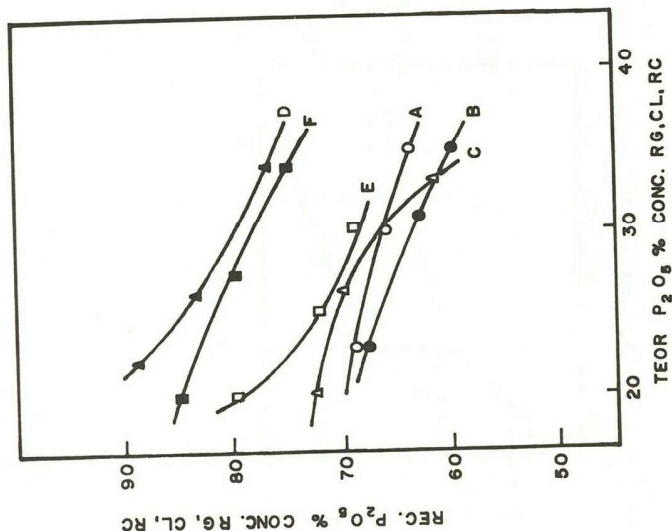
Presentemente coletores alternativos vêm sendo testados para a flotação de fosfatos com ganga carbonatada predominante. Em termos nacionais dois destes coletores têm se destacado, sendo fornecidos no mercado pela Henkel - KE 883 B e pela Cyanamid - AEROPROMOTER 830. Inexistem na literatura técnica estudos de natureza mais fundamental sobre a ação destes reagentes em sistemas simplificados. No presente trabalho, estudos de microflotação de apatita, calcita, dolomita e quartzo na presença destes coletores são apresentados e discutidos. A ação de modificadores empregados na preparação das soluções dos coletores é também apresentada. Purificação do reagente comercial KE 883 B levou a uma melhora significativa da hidrofobização da apatita.

ABSTRACT

Non-conventional collectors are now being tested for the flotation of phosphate ores with associated carbonate gangue minerals. In Brazil, two types of collectors are the most important in this context: KE 883 B supplied by Henkel and AEROPROMOTER 830 supplied by Cyanamid. One can not find in the available literature, any sort of fundamental studies in flotation systems involving salt type minerals and these collectors. In the present work, microflotation studies of apatite, calcite, dolomite and quartz in the presence of the two collectors, were performed. The action of modification of the solution preparation techniques for these reagents was also investigated. Purification of the commercial grade KE 883 B yielded a more "strong" collector for the flotation of apatite.

(1) Bacharelando em Engenharia Química da UFMG, bolsista de Iniciação Científica do CNPq.

(2) Engenheiro de Minas, Mestre, Ph.D., Professor do Depto. de Engenharia de Minas da UFMG



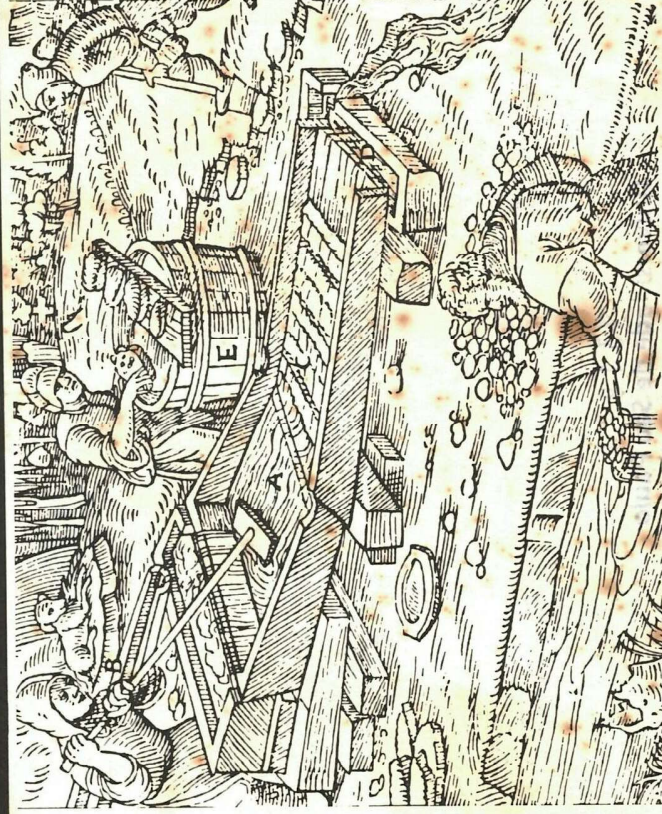
CURVA	SÍMBOLO	DEPRESSOR	DOSAGEM g/t	TFS DOSAGEM g/t	TALL-OIL g/t
A	○	Tanino	50	0	42
B	●	Tanino	50	50	42
C	▲	Guar	10	0	45
D	▲	Guar	10	50	61
E	□	CMC	10	0	58
F	■	CMC	10	50	58

Figura 6 - Influência do TFS no desempenho da flotação com depressores tanino, guar e CMC.

COMISSÃO TÉCNICA

Alencar Feitosa
Fernando J. R. Cruz
Frank E. O. Rezende
Hector Gallo Ramirez
Marivalda e Silva Marques

XIV ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E HIDROMETALURGIA



9 a 12 de setembro de 1990 - Salvador - BAHIA