

## FLOTABILIDADE DE FINOS DE FLUORITA E QUARTZO COM COLETORES SINTÉTICOS

Leal Filho, L. S.<sup>a</sup> e Almeida, S. L.M.<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Eng. Minas da EPUSP, Cidade Universitária, Av. Prof. Luciano Gualberto, Travessa 3, nº 380 - CEP 05508-900 - São Paulo, SP, Brasil

<sup>b</sup>Departamento de Tratamento de Minérios, Centro de Tecnologia Mineral, CETEM/CNPq, Cidade Universitária, Rua 4, Quadra D, Ilha do Fundão - CEP 21941 - 590 -Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

### ABSTRACT

This work presents a review of the most common collectors utilized in the direct anionic flotation of fluorite and also carries out a comparative study of the flotability of fluorite and quartz with several synthetic collectors (C<sub>12</sub>-C<sub>18</sub>) versus fatty acids (C<sub>12</sub>-C<sub>18</sub>). Since fluorite is a semi-soluble mineral, special attention was given to the flotability of quartz (common gangue mineral) in the presence of several anionic collectors by using distilled water versus water contaminated by supernatants from fluorite solubility. The results showed that not only pH but also pCa<sup>+2</sup> are important parameters to control the selectivity of the fatty acid anionic flotation of fluorite from quartzous gangue.

**keywords:** fluorite, quartz, flotation, collectors

### RESUMO

O trabalho apresenta uma revisão dos principais e mais comuns coletores utilizados na flotação aniônica direta da fluorita e faz um estudo comparativo da flotabilidade dos minerais fluorita e quartzo na presença de vários coletores sintéticos (C<sub>12</sub>-18) versus os tradicionais ácidos graxos (C<sub>12</sub>-18). Sendo a fluorita um mineral semi-solúvel, especial atenção foi dada à flotabilidade do quartzo (mineral de ganga comum), na presença de vários coletores aniônicos, utilizando-se água destilada versus água oriunda da dissolução do mineral fluorita. Os resultados mostraram que, além do pH da polpa, também o pCa<sup>+2</sup> constitui um fator determinante da seletividade na flotação de fluorita com ácidos graxos na presença de ganga quartzosa.

**Palavra chave:** fluorita, quartzo, flotação, coletores

## 1. Introdução

Assim como a calcita, barita e outros sais semi-solúveis, a fluorita ( $\text{CaF}_2$ ) é um importante mineral industrial que encontra aplicações em diferentes segmentos da indústria moderna, como a metalurgia, cerâmica e indústria química. No sentido de atender às especificações destes diferentes segmentos, os concentrados de fluorita, em função de sua pureza e granulometria, podem ser classificados em grau ácido, grau metalúrgico e também grau cerâmico. Tais especificações são apresentadas na Tabela I [1-4].

**Tabela I. Especificações de Mercado para Concentrados de Fluorita [1-4].**

Especificações	Grau Metalúrgico	Grau Ácido	Grau Cerâmico
Granulometria	0,16 a 3,8 mm	< 0,150 mm	50% < 0,150 mm
$\text{CaF}_2$ mín.	80%	97%	85%-96%
$\text{SiO}_2$ máx.	15%	1,5%	2,5%
$\text{CaCO}_3$ máx.	N.E.	1,25%	1,0%
S máx.	0,3%	0,1%	N.E.
Pb máx.	0,5%	N.E.	Traços
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ máx.	N.E.	N.E.	0,12%

N.E.= Não Especificado.

Tanto no Brasil como no mundo, a prática industrial para obtenção de concentrados de fluorita para usos mais nobres (grau ácido e cerâmico) tem consagrado a flotação aniônica direta do mineral-minério com ácidos graxos (principalmente de tall-oil). A baixa seletividade apresentada por tais reagentes, principalmente quando a fluorita se encontra associada a minerais de ganga tais como calcita, apatita e barita, faz necessário o uso de alguns procedimentos usuais que tornam os circuitos de beneficiamento de fluorita bastante típicos e garantem a obtenção de concentrados com teores que cumprem rígidas especificações de mercado aliados a taxas de recuperação de  $\text{CaF}_2$  capazes de garantir adequada economicidade ao processo de beneficiamento. Tais procedimentos comuns à grande maioria dos circuitos industriais de flotação de fluorita são [4-6]:

i. Uso de agentes modificadores tais como silicato de sódio (com várias relações  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ ), taninos sintéticos, quebracho, soda, barrilha, etc.. Tais reagentes agiriam no sentido de deprimir minerais de ganga, garantir a dispersão de finos, proporcionar espumação adequada e controlar a composição iônica da polpa. Alguns reagentes tradicionais, suas faixas de dosagens usuais e ainda os respectivos tempos de condicionamento típicos de circuitos industriais de beneficiamento de fluorita são apresentados nas Tabelas II e III;

- ii. Uso de polpa aquecida (55 a 85 °C);
- iii. Adoção de múltiplas etapas cleaner (em número de até dez).

**Tabela II. Principais Reagentes Utilizados na Flotação de Fluorita [6].**

Usinas	País	Coletor	Modificadores
Olette Plant	França	Ácidos Graxos	Silicato de Sódio e Amido
Langeac Plant / Montroc Plant	França	Ácidos Graxos	Silicato de Sódio, Amido e NaOH
Shoshone Mine	EUA	Ácidos Graxos	Silicato de Sódio, Quebracho, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> e DowFroth
Valery Mine	EUA	Ácidos Graxos	Quebracho e Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Dirty Water Mine	EUA	Ácidos Graxos	Silicato de Sódio, Quebracho e Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Min. Santa. Catarina	Brasil	Ácidos Graxos	Silicato de Sódio e Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Min. Del Rey	Brasil	Ácidos Graxos	Silicato de Sódio, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> e Álcool Graxo

**Tabela III. Dosagens e Tempos de Condicionamento Normalmente Utilizados em Circuitos Industriais de Flotação de Fluorita [6].**

Reagentes	Tempo de Condicionamento	Dosagens Típicas
Quebracho	5-15 minutos	250-500 g/t
Ácidos Graxos	5-10 minutos	250-1000 g/t

Por outro lado, o uso dos coletores aniónicos tradicionais exige uma prévia deslamagem da polpa para garantir tanto a seletividade do sistema quanto a operacionalidade do circuito industrial, uma vez que a presença de finos muitas vezes acarreta a geração de um volume incontrollável de espuma que ocasiona perdas de eficiência no bombeamento, sobra de caixas, etc..

## 2. Objetivo do Trabalho

O presente trabalho de pesquisa objetivou fazer um estudo comparativo do desempenho de coletores sintéticos versus ácidos graxos na flotação de finos de fluorita e quartzo, visando gerar subsídios para futuros estudos de flotação em bancada com minérios de fluorita que não sofreram prévia deslamagem.

### 3. Coletores Utilizados na Flotação de Fluorita

Os ácidos graxos são, sem sombra de dúvida, os coletores mais utilizados na flotação de fluorita, sendo que o tall-oil é o principal deles. A composição típica de um tall-oil eficiente poderia ser assim delineada [7-9]:

- i. 70 a 90% de ácidos graxos insaturados (oléico, linoléico e linolênico);
- ii. Ácidos resínicos em até 20%;
- iii. De 5 a 10% de ácidos graxos saturados de cadeia menor que C<sub>18</sub>, como os ácidos esteárico, palmítico, mirístico, láurico, etc..

O controle da composição de coletores constituídos de ácidos graxos pode ser efetuado através da determinação dos índices de acidez, saponificação, breu e iodo. BRANDÃO e colaboradores [8], assim como LEAL FILHO e colaboradores [9] apresentam e discutem metodologias para controle da qualidade e composição de coletores constituídos por misturas naturais de ácidos graxos e as implicações que tal composição pode ocasionar no desempenho da flotação de alguns minerais semi-solúveis.

A literatura corrente [6-11] fornece fortes indicações de que o aumento do comprimento da cadeia hidrocarbônica, assim como o seu grau de insaturação (até duas duplas ligações) favorece um aumento de recuperação de alguns minerais semi-solúveis, entre eles, a fluorita. Por outro lado, o aumento da capacidade coletora do reagente favorecerá também a flotação de outros minerais, diminuindo a seletividade da separação fluorita/ganga. Neste caso, um compromisso entre tamanho de cadeia, insaturação, seletividade e recuperação deve sempre ser almejado.

A utilização de ácidos graxos saturados de cadeia longa sofre também a influência da solubilidade do coletor. Ácidos esteárico e palmítico usualmente apresentam baixíssima recuperação a temperaturas inferiores a 50 °C, embora sejam capazes de proporcionar maior seletividade ao sistema de flotação quando utilizados em polpa aquecida. Algumas situações envolvendo um compromisso entre temperatura da polpa, comprimento de cadeia e seu grau de saturação são apresentados em recente revisão bibliográfica feita por CASSOLA [6]. Algumas alternativas têm sido reportadas em literatura:

- i. Halogenação dos ácidos graxos insaturados com o intuito de garantir a seletividade da flotação, aliada a recuperações mais altas, sem a necessidade de se aquecer a polpa. É o caso do ácido mono-cloro-esteárico;

ii. Etoxilação com 1 mol de óxido de etileno de ácidos graxos insaturados, com efeito similar ao descrito no item i. Esta situação gera um novo coletor denominado etóxi-oleato.

Os coletores da família dos sulfonatos apresentam, via de regra, cadeias da ordem de C<sub>12</sub>-C<sub>18</sub>, são solúveis em água à temperatura ambiente, apresentam considerável capacidade de geração de espuma e ainda são pouco susceptíveis à composição iônica da polpa. Um efetivo controle da capacidade de geração de espuma é usualmente obtido através do uso conjunto de querosene ou óleo diesel [12].

De acordo com MISHRA [10], os principais grupos de coletores utilizados na flotação de minerais não-sulfetados seriam os ácidos graxos e seus sabões (carboxilatos de alquila), alquilsulfatos e sulfonatos, alquilfosfatos, alquilfosfonatos e ainda hidroxamatos. Características de alguns destes reagentes são apresentadas na Tabela IV. A esta lista, poderíamos ainda acrescentar dois outros importantes reagentes hoje já bastante conhecidos no Brasil e utilizados em escala industrial para a flotação de apatita: o sarcosinato de alquila (produzido pela Berol-Nobel e atualmente em uso na Serrana S.A. de Mineração) e também os sulfossuccinatos (produzidos pela Henkel e atualmente utilizados na Fosfértil S.A.). Todos estes reagentes apresentam, a princípio, alguma potencialidade de uso como coletores de fluorita, contudo a maior barreira para sua utilização ainda reside no preço. No universo da realidade brasileira, enquanto o preço de 1 kg de coletor composto por ácidos graxos custa de R\$ 0,35 a R\$ 0,80, o preço do coletor sintético certamente não seria menor que R\$ 2,5.

**Tabela IV. Características de Alguns Coletores Aniônicos [10 - 11].**

Reagentes	pKa	Conc. Micelar Crítica
Laurato de Sódio	4,7 ± 0,5	2,6 x 10 <sup>-2</sup> mol/l
Dodecil Sufonato de Sódio	1,5	9,8 x 10 <sup>-3</sup> mol/l
Dodecil Sulfato de Sódio	-	8,2 x 10 <sup>-3</sup> mol/l
Estearil Sulfato de Sódio	-	3,0 x 10 <sup>-4</sup> mol/l
Dodecil Benzeno Sulfonato de Sódio	-	1,2 x 10 <sup>-3</sup> mol/l

Deste modo, alguém interessado na troca dos ácidos graxos por coletores sintéticos, deveria atentar para as seguintes considerações apresentadas por CASSOLA [6]:

- i. Ganhos de seletividade e recuperação que o novo coletor oferece versus aqueles oferecidos pelos ácidos graxos tradicionais;
- ii. Solubilidade em água, facilidade de manuseio, possibilidade de se executar a flotação em temperatura ambiente e tolerância a eventuais alterações na composição iônica da polpa;
- iii. Custos envolvidos na troca dos reagentes.

A Serrana S.A. de Mineração vem desenvolvendo um projeto desde o início dos anos 80 denominado: "Novos Reagentes para o Processo Serrana". O ponto mais inovador deste trabalho foi o da substituição dos ácidos graxos de "tall-oil" por sarcosinatos de alquila na flotação aniônica direta da apatita de Jacupiranga. A utilização deste novo coletor permitiu aumentar a recuperação do  $P_2O_5$  contido nas frações granulométricas mais finas, além de proporcionar maior estabilidade ao circuito de flotação frente a eventuais variações na composição mineralógica das pilhas de alimentação da usina. O sucesso do uso de novos coletores para finos de apatita encorajam pesquisas de novos coletores para finos de fluorita.

#### **4. Materiais e Metodologias Utilizadas**

##### **a) Obtenção de Minerais Puros:**

Amostras puras de quartzo e fluorita foram utilizadas em ensaios de flotabilidade. Amostras de fluorita foram obtidas a partir do concentrado da separação gravítica da Mineração Floral (Morro da Fumaça-SC), enquanto que as amostras de quartzo foram obtidas a partir de uma areia quartzosa de Descalvado -SP.

Seixos de fluorita de coloração azulada, esverdeada e creme foram moídos a seco em moinho de porcelana de modo a gerar um produto com 100% de sua massa menor que 0,074mm. Esta massa foi peneirada a úmido em peneira de abertura de 0,044mm com o intuito de se obter uma amostra fina ( $100\% < 0,044\text{mm}$  ou 325 mesh Tyler) que seria utilizada nos ensaios de flotabilidade. Após peneiramento, a fração passante ( $100\% < 0,044\text{mm}$ ) foi secada a 50 °C em estufa e submetida a ensaios de afunda-flutua em tetrabromoetano. A porção afundada foi então lavada com álcool, cetona, álcool e, exaustivamente, com água destilada, obedecendo a esta seqüência. A massa foi, então, novamente secada em estufa a 50 °C, homogeneizada e quarteada, tomando-se alíquotas de 50 gramas para ensaios de flotabilidade.

A amostra de areia quartzosa foi moída a seco em moinho de porcelana. Após a moagem, o material foi peneirado a úmido em peneira de 325 mesh Tyler (abertura de 0,044mm),

aproveitando-se apenas a fração granulométrica passante. O material foi, então, secado e, propositalmente, contaminado pelos mesmos produtos químicos (tetrabromoetano e solventes) utilizados na purificação da amostra de fluorita. Após tais procedimentos, o material foi secado em estufa a 50 °C , homogeneizado e quarteado em alíquotas de 50 gramas para ensaios de flotabilidade.

A pureza das amostras obtidas foi verificada através de difração de raios-X.

#### **b) Reagentes Utilizados**

Utilizaram-se os coletores apresentados na Tabela V. Evitou-se citar os fabricantes com o intuito de excluir qualquer pretensão de gerar vantagens ou desvantagens comerciais advindas do seu uso.

Hidróxido de Sódio e ácido clorídrico P.A. foram utilizados para correção de pH. Cloreto de Cálcio P.A. foi utilizado para modular o teor de cálcio na água da flotação.

#### **c) Ensaios de Flotação**

Para ensaios de flotação com os minerais puros, amostras de 50 gramas eram misturadas com 1,5 litros de água destilada. Após correção do pH da polpa para os valores desejados, adicionava-se o coletor ao sistema. Decorridos 1,5 minutos de condicionamento com o coletor, aerava-se a polpa, coletando a espuma por 3,5 minutos. Tanto o material flotado como o afundado eram filtrados, secados e pesados. A flotabilidade foi calculada através da expressão:

Flotabilidade (%) = [ Massa que Flotou / Massa de alimentação ] x 100.

Em alguns ensaios, a água destilada foi substituída por outra que continha íons provenientes da solubilidade do mineral fluorita. Para obtenção dessa água, 50 gramas de fluorita (100% < 0,044mm) eram condicionados com 1,5 litros de água destilada por um intervalo de 6 horas, após o qual a suspensão era filtrada e a água guardada em balões volumétricos fechados até o momento de ser utilizada. Em outras situações, utilizou-se água destilada e regulou-se a concentração de cálcio na polpa através da adição de CaCl<sub>2</sub>.

**Tabela V. Coletores Utilizados nos Ensaio de Flotação**

Famílias	Coletores Utilizados	Ionicidade
<b>Ácidos Graxos</b>	Tall- oil (saponificado)	Aniônico
R - COO <sup>-</sup>	Laurato de Sódio	
<b>Derivados do ácido sulfúrico</b>	Dodecil Sulfato de Sódio	Aniônico
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (Dodecilsulfato)	Dodecil Sulfonato de Sódio	
C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (Estearililsulfato)	Estearil Sulfato	
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> SO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (Dodecilsulfonato)	Dodecil Benzeno Sulfonato de Sódio	
<b>Sulfossuccinato</b>	Reagente Comercial	Aniônico
R-O-CO-CH <sub>2</sub> -CH-COO <sup>-</sup> SO <sub>3</sub>		
<b>Eteramina (C<sub>10</sub>)</b>	Reagente Comercial	Catiônico
R-O-RNH <sub>3</sub> <sup>+</sup>		

## 5. Resultados e Discussão

A flotabilidade dos finos de fluorita na presença de diferentes coletores aniônicos utilizados em uma concentração de 38 mg/l é apresentada na Figura 1. Dentro da faixa de pH estudada, os coletores que apresentaram maior flotabilidade foram: tall-oil saponificado > sulfossuccinato > estearil sulfato > laurato > dodecilsulfonato > dodecilsulfato. Estes resultados mostram que os coletores de cadeia hidrocarbônica mais longa ( C<sub>18</sub> ) apresentaram maior flotabilidade que coletores de cadeia hidrocarbônica mais curta ( C<sub>12</sub> ). Por outro lado, para mesmo comprimento de cadeia, os coletores que apresentavam grupo polar do tipo carboxila (-COO<sup>-</sup>) mostraram maior flotabilidade que os coletores que apresentavam os grupos polares sulfato (-SO<sub>4</sub><sup>-</sup>) ou sulfonato (-SO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Para as cadeias hidrocarbônicas do tipo C<sub>12</sub>, observou-se a seguinte ordem decrescente de flotabilidade: laurato > sulfonato > sulfato. Para cadeias hidrocarbônicas do tipo C<sub>18</sub>, a flotabilidade observada, em ordem decrescente, foi: tall-oil saponificado > sulfossuccinato > estearil



eteramina > tall-oil > sulfossuccinato > estearil sulfato. Interessante observar que a eteramina, apesar de apresentar cadeia hidrocarbônica de comprimento C<sub>10</sub>, exibiu flotabilidade muito superior a todos os coletores aniônicos de cadeia C<sub>18</sub> testados. Por outro lado, o desempenho destes últimos mostrou ser influenciado pela composição iônica da polpa de flotação. Essa influência foi bastante acentuada para o coletor tall-oil, que teve sua flotabilidade triplicada na presença de água contaminada por íons oriundos da solubilidade do mineral fluorita. Este efeito foi muito pouco acentuado para a flotabilidade de finos de quartzo com sulfossuccinato. O desempenho do reagente estearil sulfato não se mostrou influenciado por tal variável dentro dos limites desta investigação.

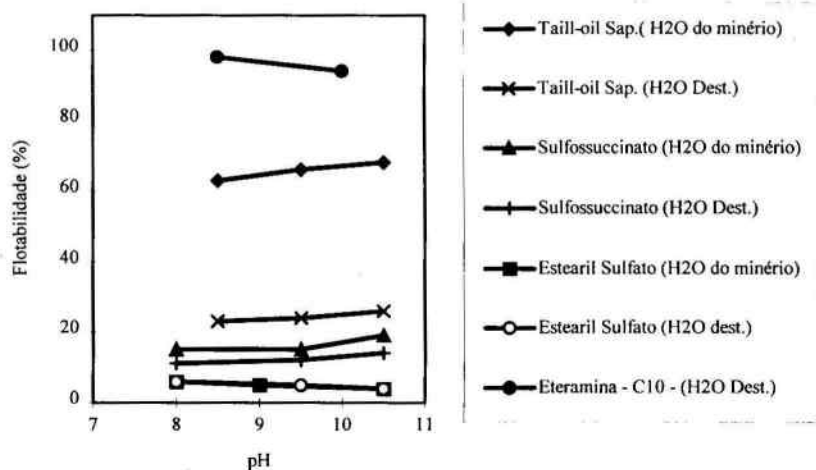


Figura 2. Flotabilidade de quartzo versus pH para vários coletores aniônicos  
concentração = 38 mg/l

De acordo com a Figura 3, mantendo-se constante o pH (pH=10,5) e variando-se o pCa<sup>+2</sup> da polpa através da adição de CaCl<sub>2</sub>, verificou-se que a concentração de íons cálcio atuou no sentido de ativar a flotação de quartzo com laurato de sódio. Esta informação pode ser de grande utilidade para quem desejar controlar a seletividade do sistema de flotação através da

sulfato. Importante notar que o coletor sulfossuccinato (C<sub>18</sub>) por apresentar tanto grupos polares do tipo carboxila como do tipo sulfonato, exibiu flotabilidade intermediária entre o tall-oil e o estearil sulfato.

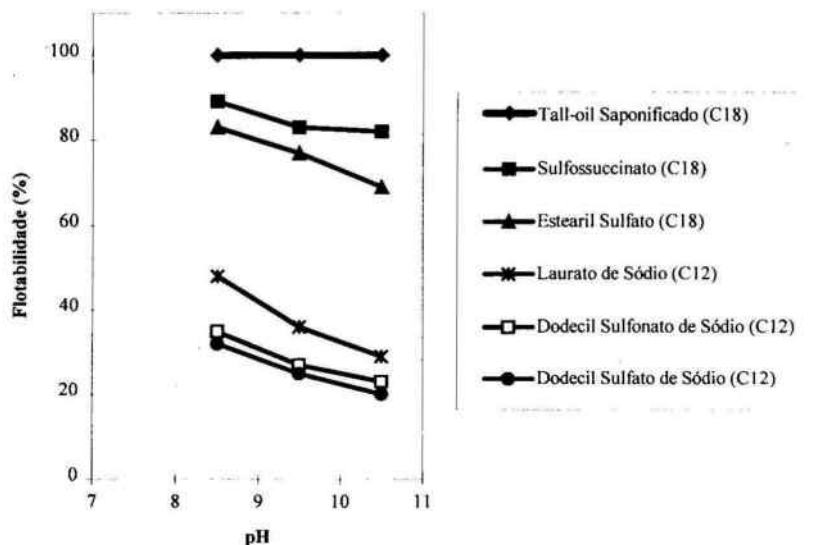


Figura 1. Flotabilidade de fluorita versus pH para vários coletores aniônicos  
concentração = 38 mg/l

Outro aspecto muito importante relacionado à flotação de finos de fluorita com coletores aniônicos está relacionada à alta capacidade de espumação apresentada por todos os reagentes testados. De fato, observou-se qualitativamente que, para mesmo comprimento de cadeia hidrocarbônica, os coletores que apresentavam grupos polares do tipo sulfato e sulfonato produziam muito mais espuma que os coletores que portavam grupos carboxila. A utilização do dodecilbenzenosulfonato de sódio como coletor acarretou uma grande geração de espuma que inviabilizou os testes com tal reagente.

A flotabilidade dos finos de quartzo na presença de vários coletores aniônicos e também do coletor catiônico eteramina (para efeito de comparação) é apresentada na Figura 2. Dentro da faixa de pH contemplada por esta investigação, adotando-se uma concentração de coletor de 38 mg/l, os coletores que apresentaram maior flotabilidade em ordem decrescente foram:

modulação da composição iônica da polpa. Nos ensaios com sulfossuccinato não se observou ativação sensível dentro dos limites desta investigação.

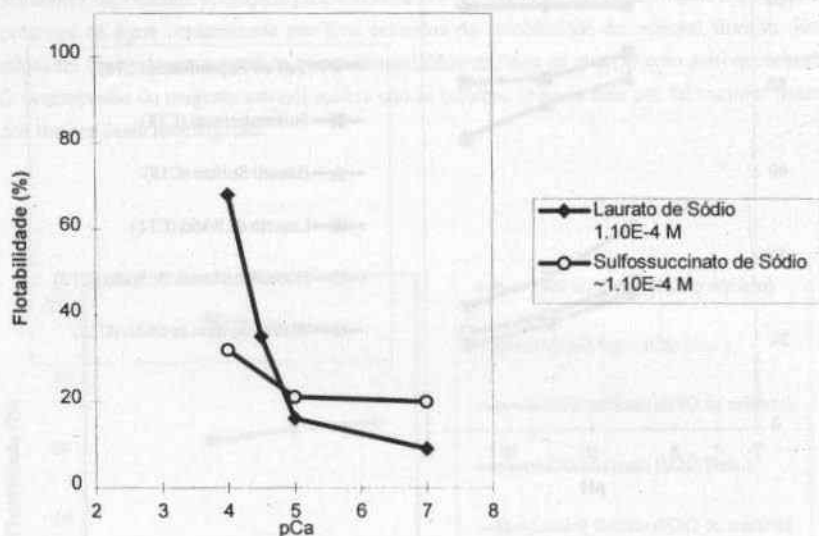


Figura 3. Flotabilidade do quartzo versus pCa na presença de Laurato e Sulfossuccinato de Sódio em pH = 10,5

## 6. Conclusão

Dentro dos limites desta investigação foi possível concluir:

i. A fluorita, em pH entre 8,5 e 10,5, com água destilada, apresentou flotabilidade decrescente para os seguintes sais de sódio usados como coletores: sabão de tall-oil > sulfossuccinato > estearil sulfato > laurato > dodecil sulfonato > dodecil sulfato;

ii. Para tamanho de cadeia C<sub>12</sub>, observou-se qualitativamente a seguinte ordem crescente de capacidade geradora de espuma: laurato < sulfato/sulfonato < benzeno sulfonato. Para tamanho de cadeia C<sub>18</sub> não foi possível fazer uma distinção mais nítida da capacidade geradora de espuma dos coletores aniônicos testados;

iii. A flotabilidade do quartzo, com água destilada, obedeceu à seguinte ordem decrescente: éter-amina >>> sabão de tall-oil > sulfossuccinato > estearil sulfato;

iv. A composição iônica da polpa mostrou ser capaz de influenciar significativamente a flotabilidade do quartzo com coletores aniônicos. Os reagentes que mostraram maior capacidade de flotar quartzo na presença de água contaminada por elementos solúveis oriundos do mineral fluorita foram (para mesmo comprimento de cadeia): carboxilato > sulfossuccinato > sulfato/sulfonato. A extensão da ativação do quartzo na flotação com laurato de sódio poderia ser modulada através do controle do  $pCa^{+2}$  da polpa.

## 7. Referências Bibliográficas

1. SANTOS JÚNIOR, D.S. **Novos Reagentes para a Flotação de Fluorita**. São Paulo, 1990. 36 p. Trabalho de formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
2. CHAVES, A. P. **Caracterização e Beneficiamento da Fluorita de Apiaí-SP**. São Paulo, 1989. 188 p. Tese de Livre - Docência. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
3. WORLD MINERALS AVAILABILITY. Aluminium, Copper and Fluorspar: Final Report, vol.5, Stanford Research Institute, 1976.
4. REDEKER, I. H. Plant and laboratory Practice in non-metallic mineral flotation. In: MALHOTRA, D. **Chemical Reagents in the Mineral Processing Industry**. Littleton, SME, 1986. p 3-20.
5. LUZ, A. B. e ALMEIDA, S.L.M. **Manual de Usinas de Beneficiamento**. Rio de Janeiro, CETEM/CNPq/DNPM/FINEP, 1989.
6. CASSOLA, M. S. **Análise dos Reagentes Utilizados no Beneficiamento de Fluorita por Flotação**. Trabalho apresentado na Disciplina "Estrutura e Aplicação de Surfactantes na Indústria Mineral", F/PUSP, 1992.

7. FINCH, E. e RIGGS, W. F. Fatty acid collectors - a selection guide. In: MALHOTRA, D. **Chemical Reagents in the Mineral Processing Industry**. Littleton, SME, 1986. p 95-99.
8. BRANDÃO, P. R. G. e CAIRES, L. G. Óleos vegetais saponificados como coletores na flotação de um minério fosfático. In: Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia, 15, São Lourenço, 1992. **Anais**. Belo Horizonte, Associação Brasileira de Tecnologia Mineral, 1992. p 65-81.
9. LEAL FILHO, L. S.; OLIVEIRA, R. N. e BRANDÃO, P. R. G. Caracterização de coletores compostos por ácidos graxos para a flotação de fosfatos. In: Simpósio EPUSP de Caracterização Tecnológica na Engenharia e Indústria Mineral, 1. São Paulo, 1990. **Anais**. São Paulo, EPUSP, 1990. p 249-268.
10. MISHRA, S. K. Anionic collectors in non-sulphide mineral flotation. In: SOMASUNDARAN, P. e MOUDGIL, B. M. **Reagents in Mineral Technology**. New York, Marcel Dekker, 1988. p 195-218.
11. FUERSTENAU, M. C. Chemistry of collectors in solution. In: KING, R. P. **Principles of Flotation**. Johannesburg, SAIMM, 1982. p 1-16.
12. HOLME, R. N. Sulfonate - type flotation reagents. In: MALHOTRA, D. **Chemical Reagents in the Mineral Processing Industry**. Littleton, SME, 1986. p 99-111.