

## O USO DE AMINAS GRAXAS E SEUS DERIVADOS NA FLOTAÇÃO DE MINÉRIOS BRASILEIROS

E.E.Neder \*, L.S.Lcal Filho \*\*

\* Akzo Nobel Ltda. – Rodovia Akzo Nobel, 707, 13295-000, Itupeva-SP.  
E-mail: euler.neder@sc.akzonobel.com

\*\* Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo. Av. Professor Mello Moraes, 2373 05508-900 São Paulo-SP, Brasil.  
E-mail: lauleal@usp.br

### RESUMO

Os coletores catiónicos têm sido utilizados na flotação de minerais desde o final dos anos 30 e as aminas graxas e seus derivados são os compostos que melhor representam essa classe de produtos. No Brasil e no mundo, as aminas são utilizadas como coletores de flotação em processos de concentração de sais solúveis e oximinerais. Apesar da grande utilização, existem poucas publicações que reúnem e conectam os conceitos de flotação com as características das aminas. O presente trabalho apresenta as principais rotas de síntese de aminas graxas, assim como as metodologias mais adequadas para sua caracterização e controle de qualidade. As propriedades físico-químicas desses compostos são também apresentadas e discutidas à luz de sua aplicação no controle de mecanismos do processo de flotação de sais solúveis e oximinerais. Uma revisão atualizada das usinas de flotação brasileiras que hoje utilizam aminas graxas como coletores é apresentada.

PALAVRAS-CHAVE: flotação; aminas graxas; coletores; síntese; qualidade

## 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Os minerais, com algumas exceções<sup>1</sup>, são facilmente molháveis pela água; sendo, portanto, hidrofílicos por natureza. Para que ocorra a flotação de tais minerais, é necessário o uso de coletores capazes de se adsorver na interface mineral/solução, induzindo o caráter hidrofóbico. Os sais de aminas graxas têm sido largamente utilizados pela indústria mineral com esse particular propósito, visto que sua molécula apresenta algumas características bastante favoráveis: grupo funcional polar positivamente carregado, cadeia hidrocarbônica suficientemente longa ( $>C8$ ) e também equilíbrio hidrofílico-lipofílico (HLB) que lhe confere adequada compatibilidade com o meio aquoso ( $HLB > 10$ ). Apesar das aminas graxas serem largamente utilizadas como coletores pela indústria mineral; a literatura em língua portuguesa, via de regra, não disponibiliza muitas informações úteis aos seus usuários de forma objetiva e concisa, causando limitações na compreensão sobre seu desempenho em circuitos industriais. Esse trabalho tem como objetivo fornecer informações básicas e sucintas sobre processos de fabricação e caracterização desses reagentes, discutindo tais informações à luz do seu comportamento como coletores na flotação de óxidos, silicatos e sais solúveis.

## 2. DEFINIÇÕES, TERMINOLOGIA E ROTAS DE PRODUÇÃO

Diversos autores [1-3] definem as aminas como um composto derivado da amônia, alifático, cujas matérias primas principais são óleos ou gorduras, saturadas ou não, classificando-se como primárias, secundárias ou terciárias e que possuem cadeia hidrocarbônica com um número de átomos variando entre 8 e 22. O termo graxo é usado como referência a uma molécula de origem oleosa, sendo, portanto hidrofóbica. Tal qual a amônia, as aminas apresentam comportamento básico, sendo essa propriedade bastante importante porque daí advêm suas propriedades iônicas. A figura 1 sintetiza as possíveis rotas de produção das aminas e seus derivados.

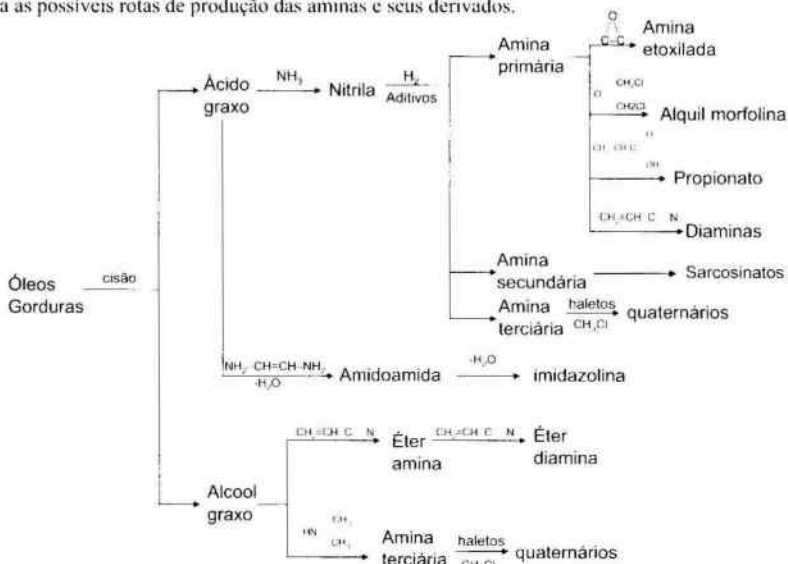


Figura 1: Fluxograma com o resumo das rotas de produção das aminas e seus derivados utilizados como coletores.

<sup>1</sup> Exceções: talco, grafite, carvão, pirofilita, enxofre, molibdenita dentre outros.

### 3. CONTROLE DE QUALIDADE DOS COLETORES CATIÔNICOS

Problemas na qualidade das aminas podem ser ocasionados por falhas nos processos de produção ou nas matérias primas utilizadas. Os usuários dos coletores podem fazer uso de procedimentos e dados analíticos para certificar-se de que os produtos utilizados estão dentro de especificações que asseguram a composição, qualidade e desempenho. Nesse capítulo são apresentados alguns parâmetros analíticos que fazem parte dos certificados de análise das aminas. Os métodos propostos a seguir são normalizados pela ASTM<sup>2</sup> e AOCS<sup>3</sup> e são mundialmente aceitos no controle de qualidade de derivados de aminas.

#### 3.1. Índice de iodo (IV)

O IV é usado para expressar o grau de insaturação de uma variedade de produtos. Ele é definido como a quantidade de iodo consumido, em gramas, na titulação de 100 gramas de uma dada amostra. Cada dupla ligação contida na cadeia do hidrocarboneto irá reagir com um mol de iodo. Para determinar o IV, uma amostra padrão de material é reagida com excesso de iodo que é medido por titulação com tiosulfato de sódio. Quanto maior o índice de iodo maior será o grau de insaturação da cadeia hidrocarbônica do coletor. Uma amina oleica, por exemplo, tem um IV = 90 cg I/grama enquanto que uma amina esteárica, tipo octadecilamina, esse valor é < 3 cg I/g [4;5].

#### 3.2. Índice de amina (IA)

A determinação do IA é uma forma de expressar o teor de aminas presente em uma certa amostra. O valor de IA é obtido através da titulação de uma massa do derivado de amina com uma solução de um ácido forte (ácido clorídrico ou perclórico). Nessa operação determina-se a quantidade de ácido necessária para neutralizar um grama do derivado de amina, cuja grandeza é expressa em mg KOH/g (equação 1) [4;5]. Um valor de IA muito baixo indicará a presença de outros produtos que não as aminas e que podem ser subprodutos gerados em alguma etapa durante o processo de síntese e que podem afetar a eficiência da flotação.

$$IA = \left( \frac{V_{\text{end}} \cdot M}{m_{\text{gr}}} \right) \cdot \text{MOL KOH} \quad (\text{equação 1})$$

#### 3.3. Índice de neutralização (IN) e Índice de acidez (IAc)

Por razões de solubilidade, as aminas graxas e derivados são comercializados na forma de sais. Devido ao seu caráter básico, as aminas reagem com ácidos ou haletos gerando sais cujo grau de neutralização dependerá da aplicação final. O IAc é uma forma de expressar o teor de ácido presente na amostra de derivado de amina após a neutralização. Sua determinação acontece de forma análoga ao IA sendo que nesse caso a amostra é titulada com uma solução de base forte (NaOH ou KOH) e cuja grandeza também é expressa em mg KOH/g. Quanto mais alto for o número de acidez, maior será a quantidade de ácido e menor a disponibilidade do derivado de amina.

O IN é expresso através da relação entre o índice acidez dividido pelo índice de aminas, como indicado na equação 2, e fornece um número que multiplicado por 100 fornecerá a porcentagem de neutralização da amostra [4;5]. Industrialmente, os coletores utilizados têm entre 30% e 100% de neutralização.

$$IN = \frac{IAc}{IA} \times 100 \quad (\text{equação 2})$$

<sup>2</sup> ASTM é a sigla para "American Society for Testing Materials".

<sup>3</sup> AOCS é a sigla para "American Oil Chemists Society".

### 3.4. Ponto de turvação – PT ( Cloud Point ) e Ponto de claridade – PC ( Clear Point )

O PT é a temperatura na qual um líquido começa a exibir sinais de turvação, ou precipitação visível durante o resfriamento. O PC refere-se à situação oposta a ponto de turvação, sendo a temperatura na qual um produto turvo se torna claro, ou quando desaparece a turvação. Ambos são determinados pela observação de uma amostra durante o resfriamento/aquecimento, medindo-se a temperatura na qual surgem os primeiros sinais de turvação ou precipitação [5]. Esses parâmetros são relevantes aos usuários porque a turvação de uma solução contendo um coletor mostra a existência de duas fases, caracterizando que o composto químico não está totalmente solubilizado no meio aquoso.

### 3.5. Ponto de fusão (PF) e ponto de escoamento (PE)

O PF é simplesmente interpretado como a temperatura na qual um sólido funde e o PE é definido como sendo a menor temperatura na qual um líquido deverá escoar ou fluir. Em geral, as aminas são compostas de misturas de cadeias, cada uma com seu ponto de fusão, e por isso se utiliza o termo faixa de fusão. Essas propriedades estão relacionadas com a manuseabilidade do produto [4;5]. Se o ponto de escoamento for alto, o derivado de amina será encarado como um sólido e por outro lado, se o valor for baixo, ele poderá ser tratado como um líquido de alta viscosidade.

### 3.6. Temperatura de inflamabilidade (flash point)

Trata-se da temperatura em que um composto líquido ou sólido volátil desprende vapor em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável com o ar próximo à superfície do composto ou dentro da embalagem que o encerra [6]. O conhecimento do "flash point" é acima de tudo uma condição de segurança para aqueles que trabalham com produtos químicos em qualquer segmento industrial e nunca deve ser desprezado.

## 4. PROPRIEDADES DAS AMINAS

Também chamadas de tensoativos, as aminas e seus derivados são moléculas que possuem uma parte hidrofílica e outra hidrofóbica, sendo a primeira composta por um hidrocarboneto e a segunda por uma parte iônica ou polar. Quando a parte iônica é positiva (caso das aminas) o tensoativo é denominado catiônico.

Por definição, todos tensoativos reduzem a tensão superficial da água ( $\gamma$ ). A causa desse fenômeno pode ser melhor explicada visualizado a figura 2. No caso das aminas graxas, elas se posicionam na interface água/ar ou água/óleo, perturbando o equilíbrio das forças de pontes de hidrogênio que ligam as moléculas de água, reduzindo a força de atração entre os dipolos.

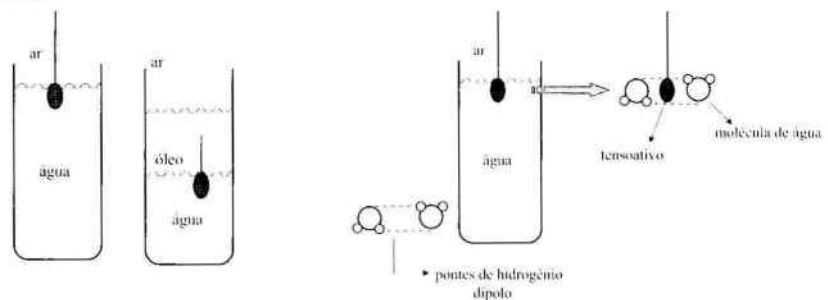


Figura 2: Posicionamento dos tensoativos na interface de um sistema bifásico (ar-água) e multifásico (ar-água-óleo). Efeito da adição de tensoativos na queda da tensão superficial da água.

Segundo a literatura [7],  $\gamma$  diminui à medida que aumenta o comprimento da cadeia do tensoativo (> hidrofobicidade). Os valores de  $\gamma$  para aminas primárias lineares estão ilustradas na figura 3.

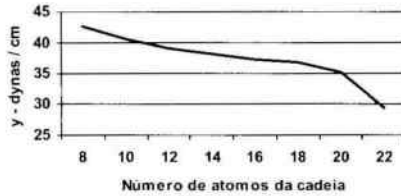


Figura 3: Tensão superficial de N-álquil aminas, com grupos alquil variando de C8 a C22. Dados obtidos a 20 °C.

As aminas têm a capacidade de formar agregados (micelas) em solução aquosa a partir de uma determinada concentração. O ponto onde esse processo se inicia é chamado de concentração micelar crítica (CMC), e é interpretada como a concentração a partir da qual a tensão superficial não se reduz mais mesmo com adição de mais tensoativos [8]. Nos processos de flotação, a quantidade de coletor não deve estar muito abaixo da CMC. Se isso ocorrer pode-se esperar um fraco resultado na recuperação por não haver tensoativo suficiente para adsorver à superfície do mineral e ligar-se à bolha. Por outro lado, um excesso de coletor pode iniciar a formação de micelas podendo reduzir a capacidade de flotação. Na tabela 1 são fornecidos alguns valores de CMC para vários tipos de aminas.

Tabela 1: Concentração micelar crítica (CMC) de alguns derivados de aminas [9]

Tipos de aminas	CMC - mol/l	Tipos de aminas	CMC - mol/l
Decilamina	$3,2 \times 10^{-2}$	Octadecilamina	$1,9 \times 10^{-3}$
Dodecilamina	$1,3 \times 10^{-2}$	Brometo de dimetil didodecil amônio	$1,8 \times 10^{-4}$
Tetradecilamina	$4,1 \times 10^{-3}$	Brometo de trimetil dodecil amônio	$1,75 \times 10^{-2}$
Hexadecilamina	$0,8 \times 10^{-3}$	Propionato de dodecilamina	$1,65 \times 10^{-3}$

A solubilidade dos compostos amínicos está relacionada ao tamanho, tipo de grupo funcional, número e saturação de cadeias hidrocarbônicas. Como regra geral, pode-se dizer que os compostos de cadeia linear são menos solúveis em água que seus pares ramificados com equivalente número de carbonos na cadeia. A solubilidade aumenta com o aumento de grupos funcionais, hidroxilas, por exemplo, e com as insaturações. Quanto mais longo é o grupo lipofílico, ou quanto mais lipofílica for a molécula, menor será a solubilidade em água.

A preocupação com o impacto ambiental das atividades de mineração é um tema bastante debatido pela indústria e o uso de produtos químicos em processos de flotação se insere nesse contexto. De acordo com o teste da garrafa fechada (closed bottle test), praticamente todas as aminas podem ser consideradas rapidamente biodegradáveis [10].

## 5. MECANISMOS DE ATUAÇÃO DAS AMINAS NOS PROCESSOS DE FLOTAÇÃO

Considerando que a flotação explora as diferenças entre a hidrofiliicidade e hidrofobicidade das partículas minerais, é necessário que o coletor transforme o caráter naturalmente hidrofílico das partículas, reduzindo sua energia livre interfacial e formando um ângulo de contato maior que zero. Para que as aminas graxas exerçam tal papel, é necessário que as mesmas se concentrem na interface mineral/solução (adsorção positiva). Como decorrência desse fenômeno, tem-se que o ângulo de contato ( $\theta$ ) será favorável a flotação ( $\theta > 0$ ).

A natureza do adsorvente, ou seja, o tipo de mineral que será o adsorvato para as aminas, determinará o mecanismo pelo qual essas espécies químicas irão se adsorver na interface mineral/solução. Quando os minerais forem da família dos óxidos, silicatos (oximerais) e sais semi-solúveis, a literatura [11] indica que as propriedades elétricas interfaciais, como o potencial zeta (PZ), dos minerais governa o processo de adsorção e quando os minerais pertencem à família dos sais solúveis<sup>4</sup>, a natureza da água interfacial, assim como a capacidade dos derivados de aminas de formar pontes de hidrogênio com sítios da interface, controlam o mecanismo de adsorção [12].

<sup>4</sup> Silvita (KCl), carnalita (KCl.MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O), schoenita (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.MgSO<sub>4</sub>.6H<sub>2</sub>O), etc.

Para que ocorra a adsorção das aminas por atração eletrostática é necessário que o pH da suspensão seja maior que o pH onde o PZ é zero ( $> \text{IEP}$ ). LEAL FILHO [13] resumizou o PZC em faixas de variação para grupos de minerais como silicatos, óxidos e sais semi-solúveis, com algumas poucas exceções como o quartzo (figura 4).

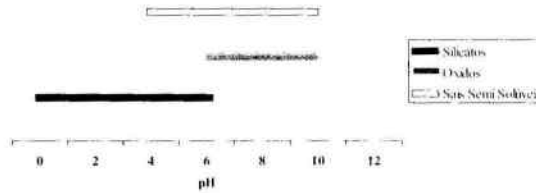


Figura 4: Faixas de pH onde se concentram o (PZC) dos principais silicatos, óxidos e sais semi-solúveis [13].

### 5.1 – Flotação de oximinerais com aminas e seus derivados

A literatura [11–13] evidencia que as aminas adsorvem na interface mineral/solução através de dois mecanismos:

i. Atração eletrostática entre a superfície negativa do mineral e o grupo funcional positivo. As aminas e seus derivados adsorvem não especificamente e positivamente nas superfícies. Dessa forma, as moléculas atuarão como contra-ions na interface. Para que seja possível um arranjo molecular bidimensional compacto, é necessário que existam aminas na sua forma neutra se posicionando entre as espécies carregadas eletricamente formando um arranjo bidimensional tipo “sanduiche”.

i.i. Interações intermoleculares laterais entre as cadeias hidrocarbônicas e que são governadas por forças de Van der Walls. Tais interações visam compactar ainda mais o filme hidrofóbico que será formado na interface da partícula do mineral.

Os dois mecanismos descritos são ilustrados na figura 5. Na situação (a), ocorre adsorção de íons amina ( $\text{R-NH}_3^+$ ); em (b) o aumento da concentração do coletor favorece as interações entre as cadeias hidrocarbônicas dos coletores por forças laterais de Van der Walls; na situação (c) ocorre a densificação do filme hidrofóbico e em (d) passa a haver a adsorção de uma segunda camada de coletores, reduzindo a flotabilidade do mineral.

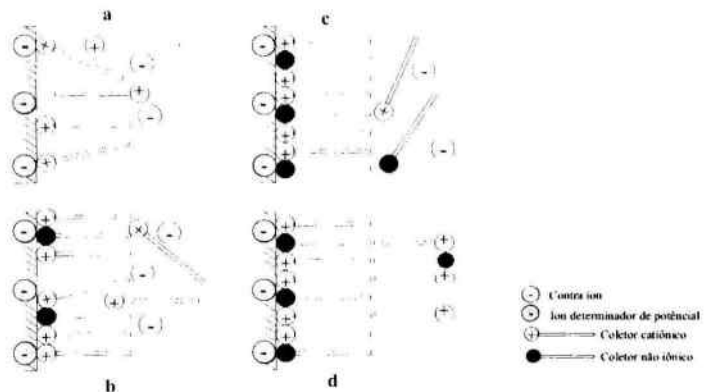


Figura 5: Representação esquemática da adsorção de coletores cationicos (aminas) com a dupla camada elétrica até a formação de hemi-micelas [14].

## 5.2 – Flotação de sais solúveis com aminas graxas

O processo de flotação de sais solúveis ocorre em salmouras saturadas com concentração de eletrólitos ao redor de 6 mols/l (KCl / NaCl a 20°C), e as propriedades de um sistema aquoso como esse são muito diferentes daqueles observados em processos convencionais com oximinerais [15-17]. A teoria mais atual que busca explicar o fenômeno de adsorção coletor/mineral [17:18], sugere que a estrutura da água interfacial e os diferentes estados de hidratação dos sais solúveis seriam os parâmetros mais importantes a serem considerados e as propriedades eletrostáticas da superfície não estariam governando o mecanismo de adsorção.

Com o objetivo de determinar a força relativa da superfície de hidratação, HANCER ET AL [17], avaliaram o ângulo de contato ( $\theta$ ) de halletos de sódio e potássio em salmouras saturadas na ausência de coletores. O resultado de  $\theta$  é apresentado juntamente com a figura 6. Segundo a literatura [17], os íons presentes nos sais, atuam de maneira distinta quanto à formação da estrutura da água interfacial. Na halita (NaCl), os íons  $\text{Na}^+$  seriam responsáveis pela formação de um leito de hidratação mais compacto e estruturado, que impediria a aproximação da amina na superfície. Por outro lado, existem sais cujos íons ( $\text{K}^+$ ) são capazes de tornar essa barreira menos densa, facilitando a quebra da estrutura de hidratação e permitindo a formação de pontes de hidrogênio entre o coletor e o mineral e a conseqüente adsorção.

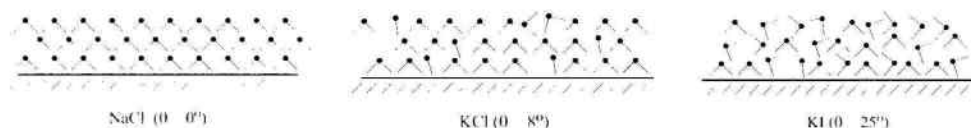


Figura 6: Comparação da estrutura da água interfacial na superfície de KI, KCl e NaCl. Ilustração da força relativa do íon  $\text{Na}^+$  em estruturar as moléculas de água NaCl ( $\theta = 0^\circ$ ) comparativamente ao KCl ( $\theta = 8^\circ$ ) e KI ( $\theta = 25^\circ$ ) [17].

De acordo com os conceitos ilustrados na figura 6, as camadas de água na interface mineral/solução são menos ordenadas e compactas no KCl do que aquelas presentes no NaCl. Devido a esse fator, a amina teria capacidade de romper esse leito de hidratação e adsorver na silvita preferencialmente à halita.

Essa teoria também é complementada por TITKOV [18], que postula que os íons  $\text{Na}^+$  reduzem a mobilidade da fase aquosa no leito de hidratação enquanto que os íons  $\text{K}^+$  apresentam um efeito contrario. Também por isso, as aminas teriam facilidade de adsorver na superfície da silvita preferencialmente à halita. A principal causa desse efeito advém do sódio ter um tamanho iônico menor que do potássio e a energia de hidratação do primeiro ser também maior que do segundo. A tabela 2 mostra os raios iônicos e as energias de hidratação para vários íons.

É praticamente consenso entre usuários e pesquisadores, que aminas primárias de cadeias longas ( $> 16$  carbonos) são os melhores produtos para flotar a silvita. Entretanto, outra característica importante das aminas é o seu grau de saturação, ou índice de iodo (IV). Quanto menor o IV menor será o grau de saturação do composto e quanto maior o IV pior será o resultado da flotação para esses sais solúveis. Aminas insaturadas são mais facilmente solubilizadas que suas congêneres saturadas o que dificulta a flotação de sais solúveis [16].

Tabela 2: Características da hidratação de alguns íons em solução eletrolítica a 26°C [18].

Íon	Raio iônico ( $10^{-3} \mu\text{m}$ )	Energia de hidratação (kJ/g-íon)
$\text{Na}^+$	0,95	422,9
$\text{K}^+$	1,33	339,1
$\text{Mg}^{2+}$	0,65	1943,9
Cl	1,81	351,7

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As aminas graxas e seus derivados são utilizados em grande extensão no Brasil. A tabela 3 mostra os diferentes minérios e as minas que utilizam as aminas no processo de flotação, destacando o coletor utilizado e sua dosagem.

Tabela 3: Detalhamento das minas e minérios que utilizam coletores amínicos com sua respectiva dosagem.

Minério	Mina	Tipo de Coletor	Dosagem g/t
Hematita	Alegria	Eteramina	100
	Conceição	Eteramina	44
	Timbopeba	Eteramina	40
	Capitão do Mato	Eteramina	44
	Casa da Pedra	Eteramina	55
	Cauê	Eteramina	44
	Germano	Eteramina e eterdiamina	100
Willemita	Vazante	Aminas primárias/eteramina	130
Calamina	Vazante	Aminas primárias/eteramina	350
Pirocloro	Araxá	Diamina	140
	Catalão	Eteramina e diamina	150 (finos) e 300 (grossos)
Calcita	Mogi da Cruzes	Mistura de polietileno aminas com sais de amônio quaternário	180
Magnesita	Brumado	Mistura de polietileno aminas com sais de amônio quaternário	80
Apatita	Cajati	Alquil Sarcosinato	200 (finos) e 50 (grossos)
Silvita	Taquari-vassouras	Amina primária	200-220

Diante das muitas variáveis inerentes ao tratamento de minerais, o diagnóstico de algum problema associado ao coletor é geralmente difícil de ser detectado e requer uma grande dose de experiência do usuário. Na tabela 4 apresentam-se informações sobre as variações de qualidade mais comuns de serem observadas nos derivados de aminas e seu possível impacto no processo de flotação.

### 6.1 Potencial de uso de novos coletores no Brasil

Além das moléculas apresentadas no capítulo 2, existem outras que vem sendo mundialmente utilizadas e que poderiam ser avaliadas à luz da realidade brasileira. As aminas condensadas, por exemplo, são empregadas na flotação de silicatos dos fosfatos da Flórida. As alquil morfólinas são utilizadas na flotação de sais solúveis no Chile e aminas primárias de cadeias carbônicas longas (> 18 carbonos) são utilizadas no verão do hemisfério norte (Canadá e Rússia) na flotação de silvita. É possível que alguns desses produtos já tenham sido avaliados pela indústria, mas considerando-se que a alimentação das usinas muda ao longo dos anos, uma reavaliação desses coletores poderá trazer novos resultados.

Com poucas exceções, quase toda literatura sobre flotação com aminas, baseou seus estudos e conclusões na avaliação de quaternários de amônio (tipo brometo de cetil trimetil amônio ou brometo de dodecil dimetil amônio) e as aminas primárias tipo dodecilamina. Atualmente, existem ácidos graxos ramificados, que podem ser usados na síntese de derivados de aminas também ramificados e cujo desempenho na flotação é imprevisível e uma incógnita. Além do mais, o tema de saturação das cadeias é praticamente inexplorado pela literatura. Na flotação sais semi-solúveis, como a apatita, a saturação das cadeias dos ácidos graxos utilizados na flotação exerce um papel fundamental na qualidade final do concentrado e na recuperação. Pode-se esperar o mesmo comportamento para as aminas derivadas de ácidos graxos insaturados. Futuros trabalhos poderiam considerar essas aminas em suas avaliações.

HERRERA URBINA [19] faz uma análise das tendências de desenvolvimentos de coletores utilizados em flotação. No que tange as aminas, ele identifica a necessidade de desenvolver coletores específicos para cada tipo de minério. Segundo essa referência, as moléculas devem ter grupos polares capazes de adsorver fortemente às partículas e superem as forças hidrodinâmicas que podem desestabilizar o sistema bolha/partícula. Segundo essa literatura [19], o



desenvolvimento de novas moléculas deve estar “amarrado” ao conhecimento das propriedades hidrodinâmicas do processo de flotação.

Tabela 4: Possíveis problemas de qualidade que podem ocorrer com os derivados de aminas e sua esperada interferência na flotação

Compostos	Possíveis problemas de fabricação	Como controlar a ocorrência dos problemas	Possíveis problemas no desempenho da flotação
Aminas primárias	Alto teor de aminas secundárias e alto índice de iodo	IA total e IA aminas secundárias; IV	Alteração na solubilidade e queda na recuperação
Diaminas	Índice de iodo baixo	IV, IA	Alteração na solubilidade e queda na recuperação
Eteraminas e eterdiaminas	Alto teor de amina secundária, presença de álcool livre e presença de acrilonitrila (ACN)	IA total e IA aminas secundárias	Maior estabilidade da espuma (ACN), queda na recuperação
Quaternários de amônio	Alto teor de sais de sódio, aumento do pH e amina livre alta	IA	Possível variação de pH no condicionador
Alquil sarcosinato	Presença indesejada de aminas primárias e secundárias dialquílicas	IA, IN	Perda de seletividade

As aminas são utilizadas em flotação há mais de 60 anos, mas esse tema ainda pode ser considerado bastante vasto e longe de estar esgotado. Espera-se que esse texto auxilie no entendimento desses compostos químicos e ajude a aproximar ainda mais os usuários e produtores para o constante desenvolvimento de novos produtos.

## REFERÊNCIAS

- 1 – BATHINA, H.B.; RECK, R.A. Fatty Amines. In: Kirk Othmer: *Encyclopedia of chemical technology*, 3.ed. New York: John Wiley & Sons, 1978 v.2, p.283 – 293.
- 2 – ASTLE, M.J. *Industrial organic nitrogen compounds*. New York: Reinhold Publishing Company, 1961, cap. 1, p. 1-75.
- 3 – SIDGWICK, N.V. *The Organic chemistry of nitrogen*. 3.ed. Oxford: Oxford University Press, 1966, cap. 4, p.95-138.
- 4 – METCALF, L.D. *Traditional analytical chemistry of fatty acids and their derivatives*. Journal of American Oil Chemists Society, 1979, vol. 56, p.786-789.
- 5 – METCALF, L.D. *Recent advances in the analytical chemistry of fatty acids and derivatives*. Journal of American Oil Chemists Society, 1979, vol. 56, p. 819-822.
- 6 – NOSTRAND, V.; *The condensed chemical dictionary*. 9ed, New York: McGraw Hill, 1977.
- 7 – GOULD, R.F. *Advances in chemistry series*. [s.l.]: American Chemical Society Applied publications, 1961. p. 296-311.
- 8 – ATTWOOD, D.; FLORENCE A.T. *Surfactants systems, their chemistry, pharmacy and biology*. London: Chapman & Hall, 1983, cap.3.7.
- 9 – ROBBINS, M.L. *Micellization, solubilization and microemulsions*. ed. MITTAL, K.L. New York: Plenum press, 1977.
- 10 – VAN GINKEL, C.G. Biodegradation of cationic surfactants – an environmental perspective. In: *Handbook of detergents*, New York: Marcel Dekker, 2004, part B, cap.25, p.523 – 549.
- 11 – FUERSTENAU, D.W.; HERRERA-URBINA, R. Adsorption of cationic surfactants and the flotation of minerals. In: RUBINGH, D. N. *Cationic surfactants: physical chemistry-surfactant series*, New York: Marcel Dekker, 1991, v.37 p.407-447.
- 12 – SOMASUNDARAN, P.; RAMACHANDRAN, R. Surfactants in flotation. In: *Surfactants in chemicals*, New York: Marcel Dekker, 1988, v.28 p.195-235.
- 13 – LEAL FILHO, L.S. *A seletividade na separação apatita/silicatos por flotação: Subsídios para a solução de problemas tipicamente brasileiros*. 1999, 180p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- 14 – FUERSTENAU, M.C. Oxide and silicate flotation. In: MATIS, K.A. *Flotation science and engineering*. New York: Marcel Dekker, 1995, p. 89-126

- 15 - LASKOWSKI, J.S. Flotation of potash ores. In: MULUKUTLA, P.S. (Ed.) **Reagents for better metallurgy**, Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 1994. p.225-243.
- 16 - LEJA, J. Action of long chain amines in potash flotation. In: McKERCHER, R.M. (Ed.) **Potash technology**, Toronto: Pergamon Press, 1983, p. 623-629.
- 17 - HANCER, M.; CELIK, M.S.; MILLER J.D. **The significance of interfacial water structure in soluble salt formation systems**. Journal of Colloid and Interface Science, v.235, p. 150-161, 2001.
- 18 - TITKOV, S. **Flotation of water-soluble mineral resources**. International Journal of Mineral Processing, v. 74, p.107-113, 2004.
- 19 - HERRERA URBINA, R. Recent developmens and advances in formulations and applications of chemical reagents used in froth flotation. **Mineral processing & extractive metallurgical review**, v. 24, p. 139-182, 2003.