

DESAFIO DA SUSTENTABILIDADE - INSUMOS QUÍMICOS NA MINERAÇÃO

Monica Speck Cassola & Nilson Mar Bartalini

CLARIANT S.A.

Av. Das Nações Unidas, 18.001, 04795-900 São Paulo, SP, Brasil.

monica.cassola@clariant.com , nilson.bartalini@clariant.com

RESUMO

A Indústria Mineral teve importante papel na industrialização do Brasil, vive atualmente um dos seus melhores momentos. A Clariant S.A., pioneira e tradicional fornecedora de insumos químicos para a indústria mineral, dentre eles, destacando-se os insumos mais utilizados, quais sejam os reagentes coletores utilizados na flotação, os anti-espumantes, auxiliares de filtração e supressores de poeiras, são processados por flotação, toneladas dos mais diferentes tipos de minérios todos os anos no Brasil. Cada grupo de minério, em função da composição química e da rota de concentração, utiliza reagentes químicos de diferentes naturezas. De forma geral, os mais utilizados são xantatos, ditiofosfatos, ácidos graxos, eteraminas, poliglicóis, emulsificantes, álcool graxo, soda cáustica e espumantes. Estes insumos se dividem em coletores, espumantes, modificadores e depressores. Por exemplo, na flotação reversa do ferro, após a atuação do depressor nos minerais de ferro, os reagentes têm como função a coleta dos minerais de sílica cujo teor pode ser reduzido de valores iniciais de 30% na alimentação até 1% no concentrado final. Os estudos foram realizados no sentido de entender melhor as variáveis que afetam todo o sistema de flotação e suas interações, desenvolvidos em escala de laboratório, alguns já em fase de teste industrial. A otimização dos reagentes de flotação foi realizada em parceria com a indústria mineral, para a flotação reversa de minérios de ferro brasileiros, predominantemente hematíticos, na qual se utiliza por coletor etheraminas (mono ou di), tiveram por objetivo a busca por um consumo mais sustentável, o que nos leva a uma geração de reagentes, que em relação aos tradicionais, proporcionam redução da dosagem e aumento do desempenho. O trabalho é de grande interesse para o setor mineral, haja visto que o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de minério de ferro e pioneiro na flotação de fosfatos de origem alcalina.

PALAVRAS-CHAVE: flotação, reagentes, mineração

ABSTRACT

CHALLENGE OF SUSTAINABILITY - CHEMICAL REAGENTS IN MINING

The mineral industry was one of the pioneers of Brazilian industrialization and presents lives one of its better moments with high international demand of mineral commodities, in special the iron ore concentrates. The usual characteristic to all companies are: great installation, large use of chemicals, water, energy and natural resources. One of the challenges of the support is the optimization of the chemical's products of all the stages of the production. The objective of the study was to research the iron ore behavior front to different innovations in the collectors used in the stage of the reverse cationic flotation. The ore samples were obtained from the industrial processing plant. The studies had shown the valuation of collecting to different standard in use and the "taylor made" for each mine, therefore the adopted experimental procedure considered standardized it for each mining.

KEY WORDS: iron ore, mining, chemical reagents, sustainability

1. INTRODUÇÃO

A Clariant, diante da sua história, do status adquirido como empresa mundialmente reconhecida com lider em especialidades químicas e com a estratégia de negócios focada em tecnologia de ponta, inovação conta com uma equipe de P&D constituída por pesquisadores doutores em cada área de especialidade, e visa soluções específicas para problemas práticos do setor produtivo.

Em parceria com Instituições publicas e empresas privadas, desenvolve projetos/pesquisas cujos resultados proporcionaram impacto positivo na atividade produtiva como o aprimoramento de processos, redução de custos de produção, desenvolvimento de novas tecnologias, substituição de importação de produtos finais ou matérias primas e o incremento da atividade exportadora.

A Industria Mineral passou recentemente por um “boom” de produção a niveis nunca vistos, principalmente para minério de ferro, o que levou as industrias a uma maior reflexão sobre a sustentabilidade do setor, sendo um dos desafios a otimização dos insumos químicos utilizados em todas as etapas do processo. Na figura 1 temos esquematicamente apresentados os pontos de aplicação destes insumos.



Figura 1 – Representação esquemática da Cadeia Mineral

Endente-se por sustentabilidade ações para atingirmos o equilibrio social x economico x ambiental. Dentro do equilibrio ambiental as ações se estendem para a preservação dos recursos naturais, energia, água, materiais emissões e resíduos, biodiversidade, a eco-eficiência, uso de energia renovável aliado a ações junto aos fornecedores, produtos serviços, transporte e processos e operações.

As ações da década de 70, de controles corretivos, levaram a resultados importantes até hoje, mas ainda com diversos limites quais sejam: custos, necessidade de disposição final de lodos e outros resíduos, buscava-se atender apenas aos requisitos legais. Para superar estes limitantes as ações de controle preventivo da década atual, vem sendo implementadas em sua maioria, baseados no modelo de gestão ambiental, passando-se a considerar os poluentes, como desperdícios de recursos não aproveitados e as ações ambientais passaram a ser o foco de novos negócios, ou seja na prática todas estas ações são uma ampliação do conceito de produção mais limpa (P+L) e a inserção conjunta de um consumo sustentável.

Nesta nova otica não podemos esquecer de inserir nas análises o conceito de ciclo de vida, o qual considera os impactos desde a extração das matérias primas, passando pelo tratamento, a manufatura, o uso e o descarte. Os cinco principais desafios para um desenvolvimento sustentável permeiam o desafio economico (competitividade), desafio tecnologico (inovação), desafio ambiental (proteção recursos naturais), desafio socila (desenvolvimentno humano) e o desafio cultural (empreendedorismo).

As empresas de mineração tem por característica comum, grandes instalações, uso intensivo de insumos químicos, água, energia e recursos naturais. Considerando-se os desafios para sustentabilidade no setor Mineral, verificamos que para dar atendimento ao desafio economico e tecnologico nos processos industriais podemos atuar na otimização das etapas de extração do minério, melhorar o desempenho ambiental das oepações utilizando tecnologias mais eficientes, conceitos de P+L, controle de emissões e efluentes, avaliar a atualização tecnologica das plantas, p.ex. equipamentos, substituição/redução de substâncias tóxicas e não biodegradáveis, redução do nível de consumo específico dentre outros, recuperar ou dar destinação mais adequada aos residuo e recupear áreas degradadas.

Entendemos por desafio um conjunto de ações para atingirmos o equilibrio e não somente o preço, mas também tipo das matérias primas, sua toxicidade, sua degradabilidade dentre outros fatores. Daí a busca por insumos químicos ditos verdes.

Na Tecnologia Mineral, a flotação é um processo de separação dos minerais que é conduzido em meio aquoso e na presença de bolhas de ar. Para que seja possível separar as espécies presentes, o processo faz uso de diferenças entre as energias livres das interfaces envolvidas: sólido/líquido, líquido/gás, sólido/gás. Nos sistemas de flotação a fase líquida é sempre a água, uma espécie polar, e a fase gasosa é quase sempre o ar, constituído basicamente por moléculas apolares. A seletividade do processo de flotação se baseia no fato de que a superfície de diferentes espécies minerais pode apresentar distintos graus de hidrofobicidade, este conceito está associado à umectabilidade ou “molhabilidade de uma partícula” pela água.

Dentre os processos de concentração no Brasil, estima-se que somente para o minério de ferro mais de 60 milhões de toneladas de concentrados são produzidos pelo processo de flotação, ou seja pelo processo de flotação reversa, no qual as partículas de minério de ferro são hidrofilizadas e as dos minerais de sílica hidrofobizadas. Considerando-se o consumo de coletor na flotação de minério de ferro da ordem de 50 g/t, uma otimização nas matérias primas de produção deste são de suma importância.

Uma vez que o quartzo é a ganga silicata mais frequentemente presente nos minérios de ferro brasileiros, e as granulometrias são finas, ou seja inferiores a 150 micra, o método de concentração mais amplamente utilizado é a flotação. A rota de flotação catiônica reversa é o método mais empregado.

É estabelecido que, para óxidos e silicatos, H^+ e OH^- são os ions determinantes de potencial e sua adsorção controla as cargas de superfície, que por sua vez controla a seletividade. As aminas em meio aquoso sofrem ionização por portonação. Considerando-se que o intervalo de pH de flotação utilizado para coletar a sílica dos minérios de ferro brasileiros situa-se entre 9,5 e 10,5 temos apresentado na figura 2, a esquematização do pH em função da ionização da amina, Flotigam EDA⁽⁴⁾.

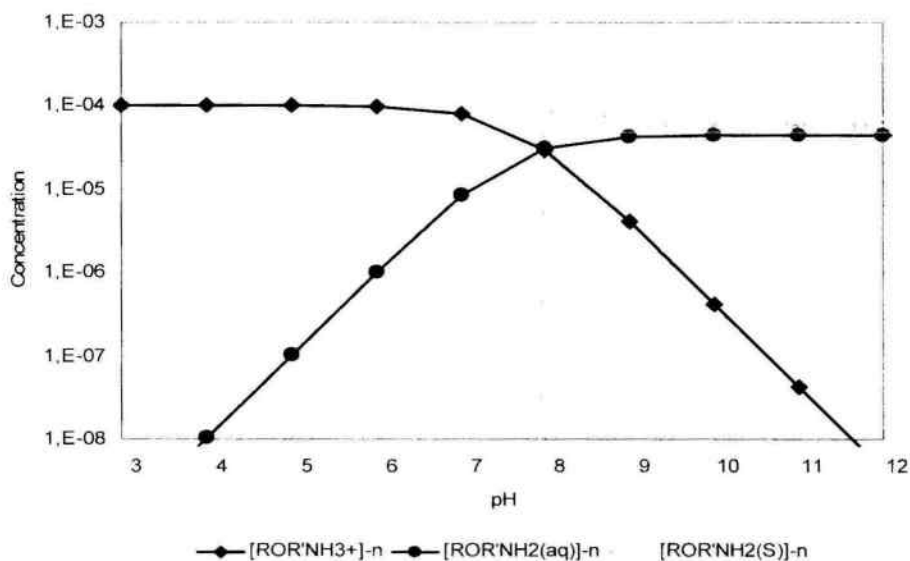


Figura 2 – Dissociação da amina em função do pH.

O principal mecanismo de adsorção na flotação reversa de minério de ferro ocorre pela ação das macromoléculas hidrofílicas do depressor utilizado, amido cáustico, sobre as partículas de minerais de ferro através dos grupos carboxílicos e são na teoria associados a uma adsorção química.

A ação dos coletores é sobre os minerais de ganga, essencialmente constituídos por silicatos, sendo o principal deles o quartzo. A recuperação destes é dependente da concentração do coletor em solução, conforme esquematizado na figura 3. As principais características dos coletores para silicatos fornecidos pela Clariant S/A são resumidos na tabela I.

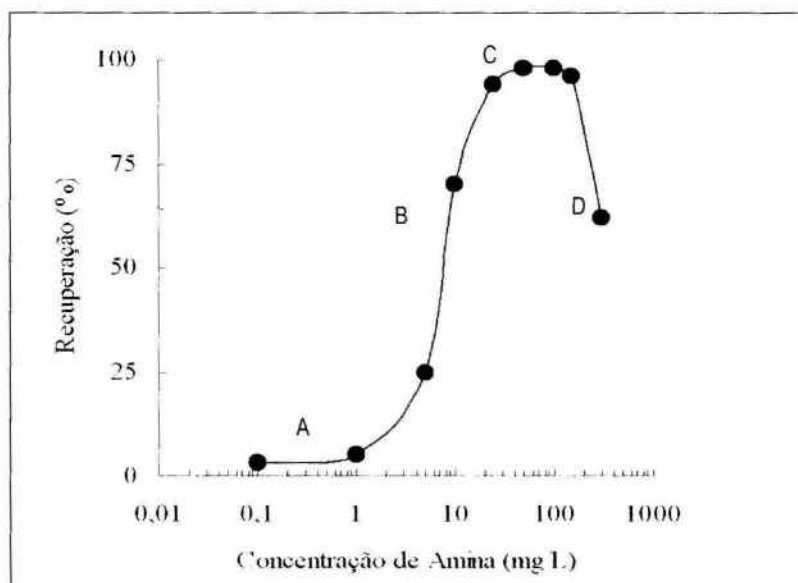


Figura 3 - Concentração do coletor (amina) em função da recuperação de sílica.

Tabela I - Características dos coletores Clariant para flotação de silicatos

Coletor (ethermonoaminas)	Característica da cadeia	Grau de neutralização	Comentários
Flotigam EDA	Média - ramificada	50%	. Coletor de silicatos como quartzo, micas e feldspatos. . A definição é função dos teores e granulometria de alimentação. . Flotigam Eda e Eda C são empregados na concentração de minérios hematíticos.
Flotigam EDA-3	Média - ramificada	30%	
Flotigam EDA-C	Média - ramificada	50%	
Flotigam EDA-3C	Média - ramificada	30%	
Flotigam 5499	Curta - ramificada	50%	
Flotigam 5436	Média - ramificada	50%	
Coletor (etherdiaminas)	Característica da cadeia	Grau de neutralização	Comentários
Flotigam 2835	Longa - ramificada	50%	. Coletor de silicatos para minérios magnetíticos. . Pode ser usado em conjunto com étermonoamina para otimização da recuperação metalúrgica em minérios hematíticos.
Flotigam 2835 -2	Longa - ramificada	20%	
Flotigam 2835 -2L	Longa - linear	20%	
Flotigam 3135	Média - ramificada	35%	
Flotigam LDD-2	Longa-linear- ramificada	50%	

2 MATERIAS E MÉTODOS

2.1 Amostras

As amostras de três minérios de ferro de diferentes minas brasileiras foram utilizadas na investigação. As amostras encaminhadas pelas mineradoras doravante denominadas A, B e C, foram obtidas a partir da alimentação da flotação da unidade industrial de cada uma delas. As principais características químicas estão sumarizadas na tabela II.

Tabela II – Características das amostras de minério de ferro

Mina	Teor Fe (%)	Teor SiO ₂ (%)
A	51,10	25,11
B	58,55	15,58
C	62,51	6,27

2.2 Reagentes Químicos

Os insumos químicos utilizados na etapa de flotação foram o amido cáustico (solução 2%), o hidróxido de sódio (solução 7%) e o coletor de silicatos (ethermonioamine) padrão para cada mineração. Os ensaios foram realizados para avaliar o efeito da modificação do coletor de minerais de sílica na recuperação de ferro, sendo utilizados por coletor as ethermonoaminas EDA, EDA C, EDA 3 e o coletor alternativo doravante denominado Z, originário de diferente cadeia carbonica.

2.3 Procedimento Experimental

Para os desenvolvimentos dos trabalhos experimentais, os testes de flotação foram realizados em célula Denver, com cuba de flotação de 1,5 litros na qual adicionou-se um padrão de minério (~1,400 kg). Acrescenta-se 933 mL de água na cuba obtendo-se uma percentual de sólidos de cerca de 60%, liga-se o rotor da célula de flotação a uma velocidade de 1.400 RPM, condiciona-se a polpa durante 1 minuto e mede-se o pH inicial.

Na sequência adiciona-se o amido cáustico na proporção amido: soda de 5:1 ou 4:1 dependendo da mina em solução 2%, na dosagem de 450 g/t e condiciona-se a polpa durante 5 minutos. Ajusta-se o pH para 10,5 com NaOH (7%), depois se acrescenta-se o coletor na dosagem de 50 g/t, e o tempo de condicionamento do coletor é de 1 minuto. Abre-se o ar para que se forme a camada de espuma e faz-se a coleta da espuma durante 3 minutos. A massa flotada e afundada é secada em estufa a 100°C, durante 12 horas. Após a completa secagem, faz-se a pesagem do flotado e do afundado para se determinar a recuperação em massa. Aliquotas dos produtos de flotação são retiradas para análise química, via úmida, para dosagem de sílica e ferro.

Os balanços de massa e metalúrgicos foram calculados conforme:

$$\text{Recuperação Mássica: Rec.massa concentrado} = \frac{\text{massa concentrado}}{\text{massa alimentação}} \times 100\%$$

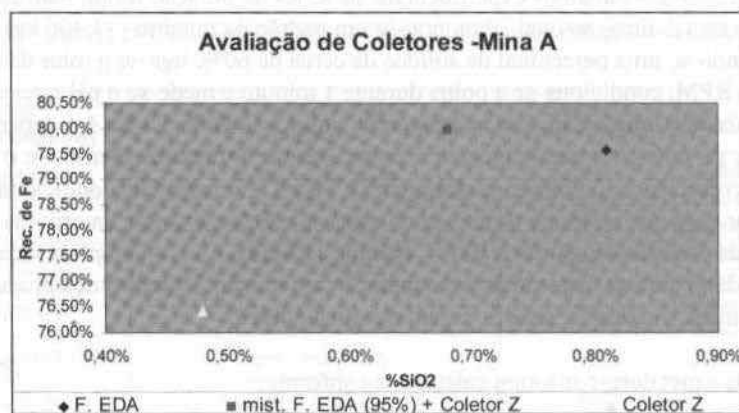
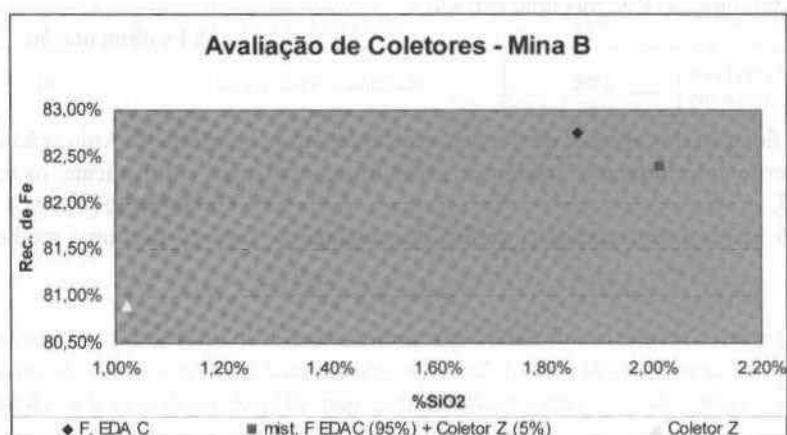
$$\text{Recuperação Metalúrgica: Rec.met concentrado} = \frac{\% \text{ Fe concentrado} \times \text{Recmassa concentrado}}{\% \text{ Fe alimentação}}$$

Os resultados de flotação dos ensaios de flotação realizados no Laboratório de Aplicação da Clariant, segundo procedimento descrito anteriormente, sendo que todos foram realizados em triplicata, os resultados são apresentados na Tabela III.

Nas figuras 4 a 6 temos a representação grafica dos resultados, favorecendo uma melhor visualizaçãodos resultados.

Tabela III – Ensaio de Flotação em escala de bancada para as Minas A, B e C

Mina	Ensaio	Coletor	Dosagem (g/t)	%SiO ₂	Rec. de Fe
A	1	EDA	50	0,81	79,56
	2	EDA(95%) + Z (5%)	50	0,68	79,95
	3	Z(100%)	50	0,48	76,40
B	4	EDAC	50	1,67	82,47
	5	EDAC(95%) + Z (5%)	50	2,01	82,39
	6	Z(100%)	50	1,02	80,90
C	7	EDA3	50	1,86	82,76
	8	EDA3 (95%) + Z (5%)	50	2,01	82,39
	9	Z(100%)	50	1,02	80,90

**Figura 4** – Comparação dos coletores para os minérios da mina A**Figura 5** – Comparação dos coletores para os minérios da mina B

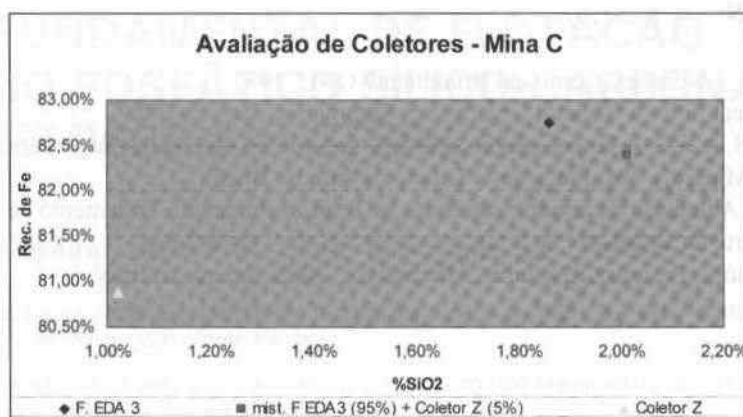


Figura 6 – Comparação dos coletores para os minérios da mina C

3. COMENTÁRIOS

Conforme observado na tabela III e nas figuras 4 a 6, é importante ressaltar:

- para a Mina A o coletor Z, apresenta boa seletividade. O coletor padrão Flotigam EDA boa recuperação. Adição dos dois é positiva, seria uma alternativa ao padrão atualmente em uso;
- para a Mina B o coletor Z, apresenta boa seletividade. O coletor padrão Flotigam EDAC boa recuperação. A adição dos dois apresenta resultados negativos.
- para a Mina C o coletor Z apresenta boa seletividade. O coletor padrão Flotigam EDA 3 boa recuperação. A adição dos dois apresenta resultados negativos.

4. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O desempenho dos coletores avaliados para as diferentes minas, apresentaram somente para a mina A a possibilidade de aumentar a recuperação metalúrgica, e melhorando a qualidade do concentrado com relação ao teor de sílica. Os resultados obtidos apontam para uma redução das matérias primas, p.ex. álcool graxo utilizado na produção do coletor.

A avaliação de outras fontes de matéria prima utilizadas para a produção dos coletores visando a redução do consumo, bem como avaliar as interações com os outros EDA's numa mesma mina, fará parte do escopo da próxima etapa dos trabalhos.

A avaliar da possibilidade de otimização dos outros insumos utilizados na flotação de minério de ferro, p.ex., o depressor dos minerais de ferro: amido cáustico com consumo médio da ordem de 450 g/t (4:1) e o NaOH para regulagem do pH. O ideal a ser buscado seria a utilização de depressores que não necessitem de gelatinização com NaOH e coletores que pudessem fazer a flotação em pH menores, já é escopo de trabalhos em andamento no laboratório.

No desenvolvimento desta pesquisa abordamos somente um dos insumos químicos da cadeia de produção do concentrado de minério de ferro, no entanto podemos citar outros insumos químicos utilizados em toda a cadeia, quais sejam:

- Auxiliares Filtração: mix de surfactantes
- Tratamento Água: polyacrylamide, inibidores corrosão
- Aglomerantes Pelotização: homo ou copolímeros acrilatos e CMC
- Antidust: pelotas e transporte: Copolímeros

As dimensões da economia mundial e as projeções de seu crescimento no final de 2008, envolveram desafios jamais enfrentados. Nosso meta é encarar as adversidades do setor minero-metalúrgico para o desenvolvimento sustentável do Brasil.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço as mineradoras pelo fornecimento das matérias primas para realização desta pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

BRUNDTLAND, G. H. , .Noruega. Comissão Brundtland/ ONU, 1987
Iron Ore, U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2009.
ARAUJO, A.C; PERES, A.E.C. A flotação como operação unitária no tratamento de minérios. In:Teoria e Prática do Tratamento de Minérios. V.4. Flotação-O Estado da Arte no Brasil.
ARAUJO, A.C and all. A flotação de minérios de ferro. In:Teoria e Prática do Tratamento de Minérios. V.4. Flotação-O Estado da Arte no Brasil.
CLARIANT S/A. Relatório Pesquisa Reagentes Alternativos. 2008. /acesso restrito/.