ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO Na_2SiO_3 NA FLOTAÇÃO DO QUARTZO E CALCITA UTILIZANDO AMINA E OLEATO DE SÓDIO

João Paulo SILVA (1); Carlos BALTAR (2); José Yvan P. LEITE (3)

(1) PPGEMinas – Dep. de Eng. de Minas - UFPE e Lab. Processamento Mineral – IFRN, Bolsista DTI 3 - CNPq – Projeto Estruturante C&T Mineral do RN, joaopaulo.ifrn@gmail.com

(2) Universidade Federal do Pernambuco-UFPE, Rua Acadêmico Hélio Ramos s/n. Cidade Universitária-Recife/PE camb@ufpe.br

(3) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN. Lab. Proc. Mineral, Coordenador do Projeto Estruturante C&T Mineral do RN/FAPERN/FINEP/CNPq
Avenida Senador Salgado Filho, 1559. Tirol. Natal/RN. CEP 59.015-000, leite@cefetrn.br

RESUMO

O silicato de sódio pode atuar no processo de flotação como reagente depressor, dispersante, entre outras funções. A interação entre o silicato de sódio e a superfície mineral é pouco entendida. A compreensão dos mecanismos de adsorção deste reagente é fundamental para gerar resultados práticos na indústria mineral. Este trabalho tem como objetivo verificar a atuação do silicato de sódio na flotabilidade do quartzo e da calcita. O experimento foi realizado utilizando amostras minerais de alta pureza. Os ensaios de flotação foram realizados em tubo de Hallimond modificado, sendo utilizado o Lilaflot 742 comercial e oleato de sódio (coletores) e o silicato de sódio (depressor). Foram estudados o pH, a concentração do depressor e o tempo de condicionamento. Os resultados obtidos mostram que a flotabilidade do quartzo é reduzida a níveis de 95%.

Palavras-chave: silicato de sódio, microflotação, quartzo, calcita.

1 INTRODUÇÃO

A flotação é um método de separação de espécies, complexo, versátil e eficiente, com ampla aplicação na mineração para a concentração mineral. Exploram as diferenças de características físico-químicas de superfícies dos minerais para separá-los. O processo de flotação ganha espaços em suas aplicações, os quais podem ser utilizados nas indústrias, petrolífera, no tratamento de água, farmacêutica, entre outros, devido à grande seletividade do método.

A flotação utiliza uma variedade de reagentes objetivando atuar no aumento das diferenças superfícies entre as características originais das espécies minerais presentes no sistema.

Este trabalho analisa a aplicação do silicato de sódio no processo de flotação, como reagente modificador de superfície, em particular atuar para minimizar a adsorção do coletor na superfície mineral. Sabe-se que este reagente pode ser utilizando como, depressor, dispersante, entre outros.

O silicato de sódio apresenta a composição química expressa pela seguinte fórmula: $m Na_2O$- $n SiO_3$. O *módulo* é dado pela seguinte relação *n/m*.

A dissociação hidrolítica do metassilicato é bastante forte e a solução originada possui um forte caráter alcalino, provocando uma elevação do pH devido o aumento da concentração dos íons OH^- com a diluição do silicato de sódio (BULATOVIC, 2007).

$$Na_2SiO_3 + H_2O \leftrightarrow NaHSiO_3 + Na^+ + OH^- \quad \text{[Eq. 01]}$$

O mecanismo de adsorção dos coletores catiônicos em superfícies de óxidos e silicatos é, comumente, explicado por meio do modelo eletrostático (BULATOVIC, 2007).

As aminas são surfactantes catiônicos utilizados como coletor, sendo as primarias, derivadas da amônia (NH_3), a partir da substituição de um de seus átomos de hidrogênio por uma cadeia hidrocarbônica.

Em solução aquosa as aminas se ionizam por protonação:

$$RNH_2(aq) + H_2O \leftrightarrow RNH_3^+ + OH^- \quad \text{[Eq. 02]}$$

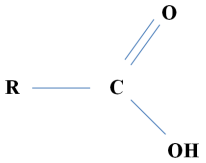
A molécula do coletor (amina) é heteropolar, sua parte solidofílica é adsorvida na superfície do mineral por atração eletrostática, segundo Baltar et al. (2002). Esta é de natureza física e o sistema de flotação com amina apresenta algumas características como:

i. A eficiência do processo é fortemente afetada pela concentração dos íons determinantes de potencial (idp). O pH afeta o sistema de flotação de quartzo com amina, pois as espécies H^+ e OH^- são determinantes de potencial para a maior parte dos minerais;

ii. A adsorção é possível em qualquer superfície que apresente excesso de sítios negativos;

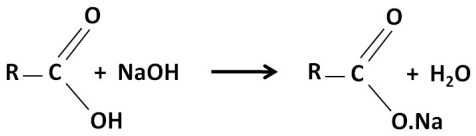
iii. As moléculas do coletor concentram-se, como contra íons, no plano externo das camadas de Helmholtz e de Gouy. Assim, sua ação é pouco seletiva e que envolve baixo calor de adsorção.

Os ácidos carboxílicos caracterizam-se pelo grupo funcional carbonila (C=O) apresentado na Eq. 03:

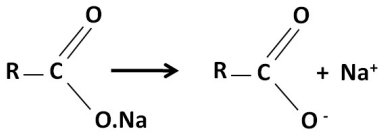


[Eq. 03]

O oleato de sódio é um coletor aniônico produzido pela saponificação do ácido carboxílico com uma base, e neste trabalho foi utilizado o hidróxido de sódio (Eq. 04) e (Eq. 05) e o ácido oléico.

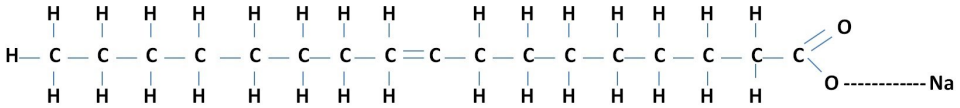


[Eq. 04]



[Eq. 05]

O ácido graxo insaturado mais utilizado como reagente coletor é o ácido oleico, que tem um grau de insaturação e 17 carbonos na cadeia hidrocarbônica (Eq. 06).



[Eq. 06]

A adsorção dos coletores carboxílicos por sua natureza química ocorre, no plano interno de Helmholtz, com a formação de composto superficial. É seletiva e possui uma alta energia de interação (BALTAR, 2008).

O desempenho do silicato de sódio como depressor foi estudado pelos pesquisadores Marinakis e Shergold (1985), Castro e Hoces (1993), os quais indicaram ser a ação depressora do silicato de sódio dependente da concentração de sílica acida presente em solução. Na flotação da fluorita, calcita e barita, Marinakis e Shergold (1985) observaram que a adsorção da sílica nestes três minerais ocorreu através de interações entre as espécies $Si(OH)_4$ e $Si(OH)^-_3$, presentes na solução, e os sítios catiônicos superficiais do tipo: Ca^{2+} e $Ca^{2+}OH^-$.

Na flotação de não metálicos, Fuerstenau et al.(1968) indicou a sílica coloidal como responsável pela depressão da calcita, enquanto que ânions de silicato foram responsáveis pela depressão da fluorita, mostrando diferentes espécies ativas para diferentes minerais. Entretanto, a interação entre o silicato de sódio e a superfície mineral ainda é pouco compreendida. No presente trabalho analisa-se a atuação do silicato de sódio nas superfícies dos minerais (Quartzo/Calcita), a influência de sua concentração e tempo de condicionamento em relação a sua flotabilidade.

2 EXPERIMENTAL

As amostras de quartzo e calcita com elevado grau de pureza foram fornecidas pela ARMIL Mineração Ltda (Parelhas-RN).

Os coletores utilizados foram: amina comercial (Lilaflot 742, AKZONOBEL) para o quartzo e oleato de sódio produzido em laboratório (ácido oléico + hidróxido de sódio) para a calcita.

O metasilicato de sódio puro (módulo 1/1) utilizado foi produzido pela ISOFAR.

O pH da polpa foi regulado com as soluções de ácido clorídrico (CRQ) ou hidróxido de sódio (VETEC) e medido com o pHmetro da marca *Digimed DM-22*.

As massas dos minerais foram pesadas em uma balança de precisão (0,001g) da marca *Marte AL-500*.

As concentrações dos coletores foram fixadas em 200 e 100g/t para o quartzo e a calcita respectivamente. Pois se observou, nessa condição, elevada flotabilidade para ambos os minerais.

As etapas realizadas neste trabalho estão apresentadas no fluxograma da Figura 1.

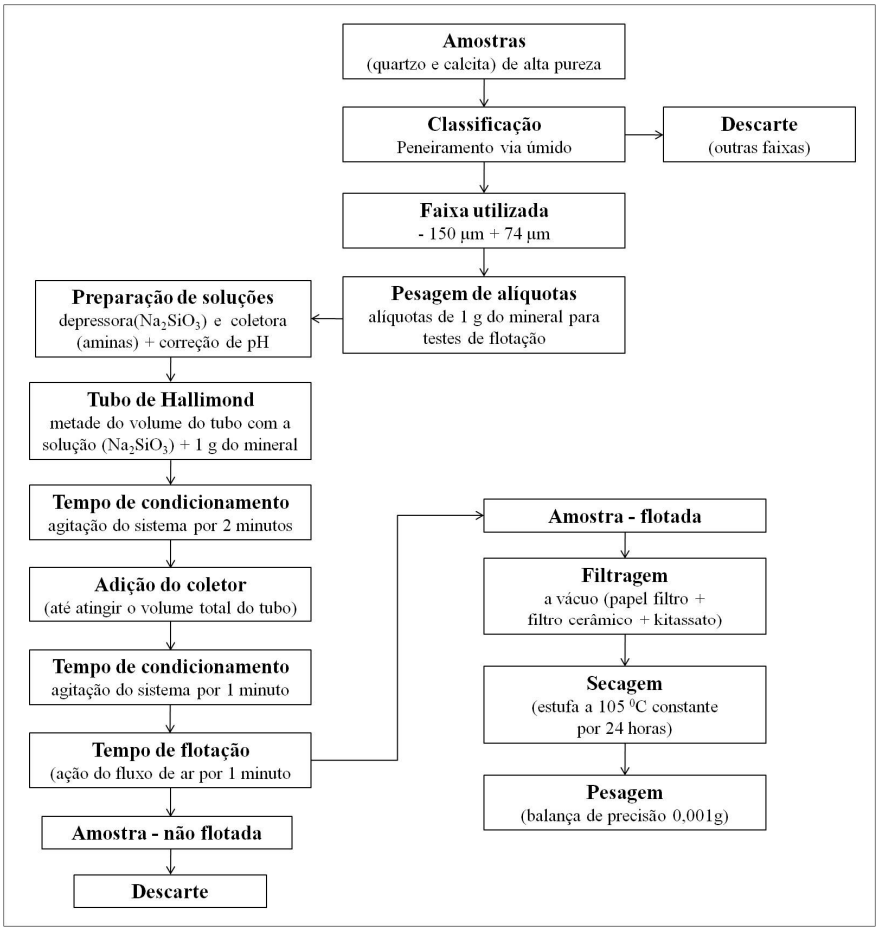


Figura 1 – Fluxograma das etapas realizada no trabalho

A concentração do depressor (Na_2SiO_3) variou-se em 1000; 2000 e 3000g/t. Fuerstenau e Han (2003) apud Baltar (2008) recomendam que a máxima eficiência do silicato de sódio como depressor é em polpas com pH entre 7 e 10, assim operou-se na faixa de pH entre 4 e 10. Os tempos de condicionamento, analisados, para a solução depressora foram de 1, 2 e 3 minutos.

Os testes de microflotação foram realizados em tubo de Hallimond modificado que contém uma placa porosa, na sua base, através da qual passa o fluxo de ar, e sobre a qual é colocado um bastão magnético de giro controlado por um agitador magnético. Na parte superior encontra-se a câmara do flotado, por onde se coleta o material flotado.

O ar utilizado no processo é gerado por um compressor, que está conectado a um rotâmetro que controla a vazão do fluxo de ar do sistema.

Para os testes foram padronizados a velocidade de agitação, vazão do fluxo de ar, pH da polpa e volume total usado no tubo.

A Figura 2 mostra o aparato onde foram realizados os testes de microflotação.

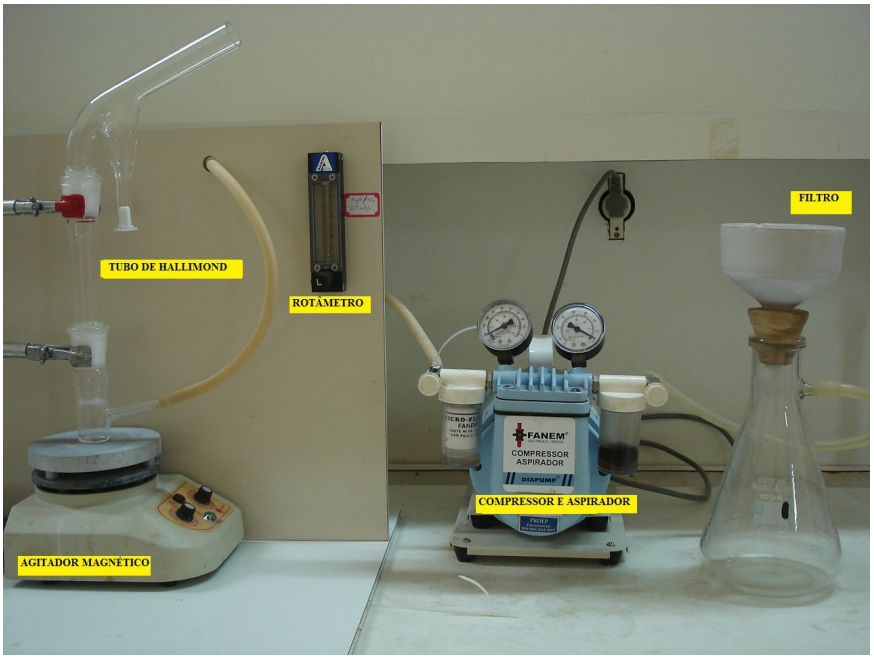


Figura 2 – Aparato utilizado para os testes de microflotação

A recuperação ou flotabilidade é expressa através da equação 07.

$$Flotabilidade\ (\%) = [mf / (mf + ma)]^* 100 \qquad [Eq.\ 07]$$

Onde: *mf* é a massa flotada da amostra mineral (quartzo/calcita) e *ma* é a massa não flotada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de flotabilidade do quartzo e da calcita foram realizados em tubo de Hallimond, tendo em vista a otimização do pH do meio, da concentração dos coletores e do tempo de condicionamento. A figura 2 mostra o comportamento do pH em relação a flotabilidade.

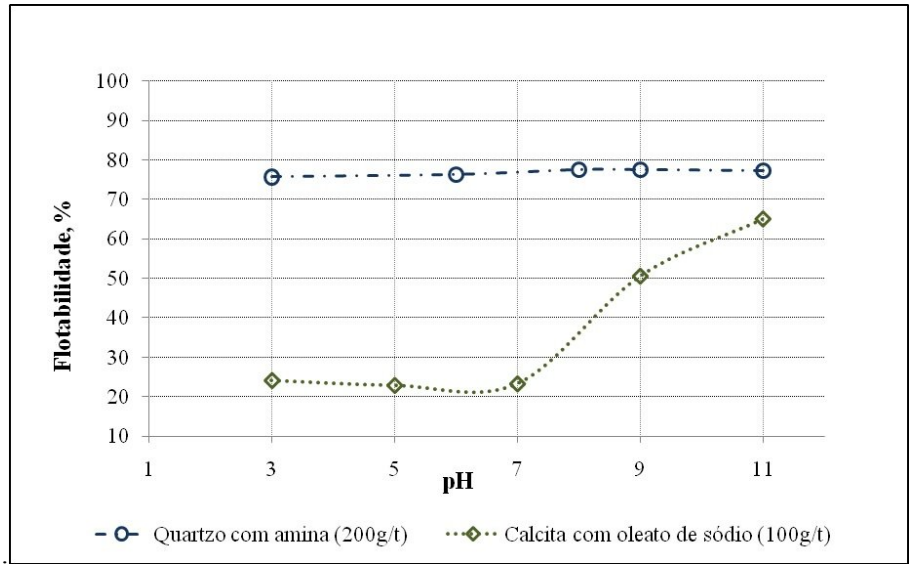


Figura 2 – Influência do pH na microflotação do quartzo com amina (200g/t) e da calcita com oleato de sódio (100g/t), tempo de condicionamento 1 minuto e tempo de flotação 1 minuto.

Analisando a figura 2 observa-se que recuperações de quartzo em torno de 75% em peso para os pHs estudados, mostrando que o pH não influencia na flotabilidade com a amina. Enquanto que a curva de flotabilidade da calcita é fortemente afetada, sendo observadas recuperações abaixo de 30% nos pHs menores do que 7 com aumento para níveis de 65% em pH 11. Este comportamento pode ser explicado pela disponibilidade de espécies moleculares do coletor (oleato de sódio) que prevalecem nesta faixa de pH, inibindo a formação do oleato de sódio.

A figura 3 apresenta o comportamento da concentração do silicato de sódio na flotação do quartzo e da calcita em função de sua flotabilidade. É importante ressaltar que os pHs naturais se apresentaram com valores próximos a 11, que convergem aos observados nos ensaios anteriores.

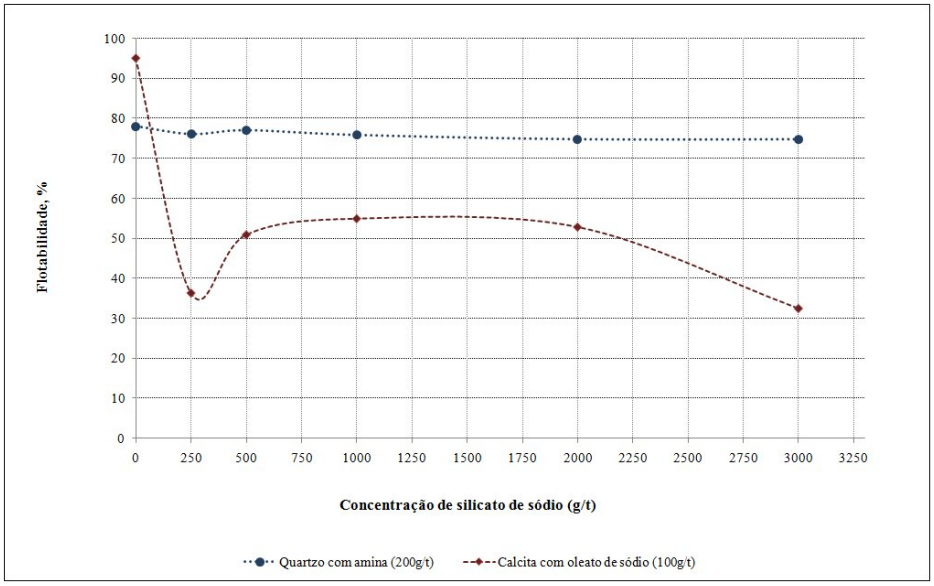


Figura 3 – Influência da concentração do depressor (silicato de sódio) na microflotação da calcita com oleato de sódio (100g/t), tempo de condicionamento de 2 minutos para o depressor; 1 minuto para o coletor e 1 minuto de flotação.

Na figura 3 pode-se observar a influencia do silicato de sódio no sistema oleato/calcita, através de recuperações abaixo de 55%, em peso. No entanto, para o sistema amina/quartzo não foi observada a ação do silicato de sódio (reagente depressor) nos ensaios.

Objetivando analisar o comportamento da amina (200 g/t) em função do pH para concentrações de Na_2SiO_3 foram realizados ensaios, os quais são mostrados na figura 4.

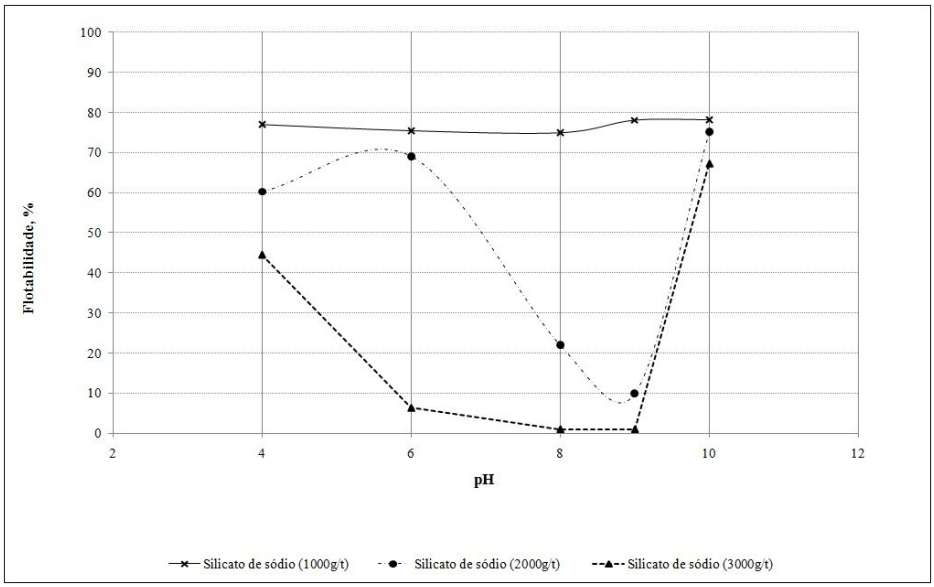


Figura 4 – Influência da concentração do depressor (silicato de sódio) na microflotação do quartzo com amina (200g/t), tempo de condicionamento 1 minuto para o depressor; 1 minuto para o coletor e 1 minuto de flotação.

Observando a flotabilidade do quartzo, nota-se que este sofreu redução expressiva a partir da concentração de 2000g/t nos pH 8 e 9. Assim, quanto maior a concentração do silicato de sódio, maior será a depressão do quartzo.

A literatura apresenta valores para a aplicação deste depressor da ordem de 1500 e 2100g/t Irannajad et al. (2009) e Lopes (2009), onde o valor apresentado neste trabalho se apresenta como economicamente viável.

A Figura 5 analisa o comportamento do tempo de condicionamento em função da flotabilidade utilizando o silicato de sódio como depressor, mantendo-se constante o pH em 9, tempo de condicionamento e de flotação de 1 minuto.

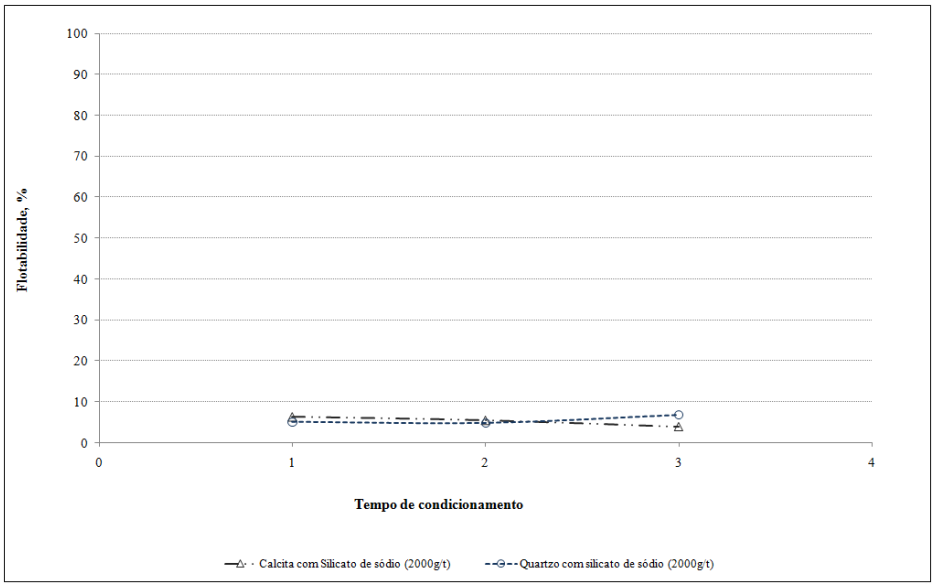


Figura 5 – Influência do tempo de condicionamento do silicato de sódio na microflotação.

A figura 5 mostra que a influência do tempo de condicionamento do depressor é desprezível, indicando que o seu acréscimo não reflete em ganhos que justifique o aumento do tempo.

4 CONCLUSÕES

O estudo de caráter fundamental mostrou que a variação do pH, na faixa trabalhada, não apresentou influência significativa para o sistema quartzo/amina. Entretanto, no sistema calcita/oleato ocorreram reduções na flotabilidade em todos os pHs.

Com os testes realizados observou-se que o silicato de sódio atua em ambos os minerais como depressor e sua atuação teve maior expressão para o quartzo nas concentrações acima de 2000g/t.

Para a calcita obteve-se reduções, de no mínimo 45% em sua flotabilidade, em todas as concentrações de Na_2SiO_3 trabalhadas.

O depressor silicato de sódio apresentou melhores desempenhos em pH 8 e 9 com concentração de (3000g/t) atingindo reduções, de 98% em peso, na flotabilidade do quartzo para um tempo de condicionamento otimizado em 1 minuto.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar seus agradecimentos ao IFRN, CNPq - FINEP - FAPERN (Projeto Fortalecimento da Estrutura de Apoio à Pesquisa para o APL Mineral do Rio Grande do Norte) pela concessão da bolsa.

6 REFERÊNCIAS

BALTAR, C. A. M. **Flotação no tratamento de minérios**. 1.ed. Recife: Departamento de Engenharia de Minas. UFPE, 2008.

BALTAR, C. A. M. e CUNHA, A. S. F. **Influencia de espécies catiônicas na flotação de feldspato com amina**. *In*. XIX Encontro Nacional de Tratamento de Minério e Metalurgia Extrativa. Recife-PE, 2002.

BULATOVIC, S. M. **Handbook of flotation reagentes**. Chemistry, theory and practice: flotation of sulfide ores. Oxford: Vol. 1. Elsevier Science & Technology Books. University of Oxford. Reino Unido, 2007.

CASTRO, F. H. B. and HOCES, M. C. **Influence of quebracho and sodium silicate on flotation of celestite and calcite with sodium oleate**. 37. ed. International Journal of Mineral Processing, 1993. p. 283-298.

FURESTENAU, M.C., GUTIERREZ, G. and ELGILLIANI, D.A. **The influence of sodium silicate in nonmetallic flotation systems**. 3. ed. Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers. 1968. 241. p.319-323.

IRANNAJAD, M., EJTEMAEI, M. and GHARABAGHI, M. **The effect of reagents on selective flotation of smithsonite – calcite – quartz**. Minerals Engineering (22). 2009. p.766-771.

LOPES, G. M. **Flotação direta de minério de ferro.** 2009. 176p. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

MARINAKIS, K.I. and SHERGOLD, H.L. **Influence of sodium silicate addition on the adsorption of oleic acid by fluorite, calcite and barite**. 14. ed. International Journal of Mineral Processing, 1985. p.177-193.