

Estudos Tecnológicos para Recuperação de Nefelina Sienito em Finos de Pedreira

Michele Freitas Ramos

Bolsista de Inic. Científica, Eng. Química, U.F.F.

Paulo Fernando Almeida Braga

Orientador, Eng. Químico.

João Alves Sampaio

Orientador, Eng. Minas, D.Sc.

RESUMO

Estudos tecnológicos de beneficiamento (moagem, flotação e lixiviação) foram realizados para a recuperação da nefelina sienito contida em finos de pedreira. A análise química da amostra global mostrou um teor de Fe_2O_3 de 3,3% e o teor de álcalis maior que 12%. Os estudos de caracterização mineralógica mostraram que os minerais portadores de ferro, presentes na amostra são: pirita, oxí-hidróxidos de ferro (limonita) e mica biotita. Nos ensaios de flotação realizados com ácido oléico como coletor, obteve-se um concentrado com teor de Fe_2O_3 de 0,77%. Os resultados da lixiviação sulfúrica revelaram um concentrado com teor de Fe_2O_3 da ordem de 0,30%. A recuperação em massa do processo foi de 70%.

1. INTRODUÇÃO

As rochas alcalinas são mundialmente utilizadas na indústria cerâmica de revestimento (pisos e azulejos) e louças sanitárias, tanto na fabricação de massas cerâmicas como no acabamento superficial (esmaltes).

A nefelina sienito é uma rocha ígnea alcalina, com ausência de quartzo livre, constituída de feldspatos (microclínio e albita), feldspatóides (nefelina sodalita), dolomita, monazita/zirconita e minerais portadores de ferro. Sua principal utilização é como fonte de alumina e álcalis para indústria cerâmica,⁽¹⁾.

Quando disponível, a nefelina sienito é usada em preferência ao feldspato sódico na indústria cerâmica, na produção de louça sanitária, vasos

¹ GUILLET, R. G. Nepheline syenite. In: Industrial Minerals and Rocks, 6. Ed. Colorado: Society of Mining, Metallurgy and Exploration, Inc., 1994. p. 1196.

cerâmicos e cerâmica de revestimento. A vantagem da nefelina sienito sobre o feldspato na produção de piso cerâmico consiste no tempo de aquecimento menor, economizando energia, pois a nefelina funde entre 1140-1170°C e o feldspato entre 1170- 1200°C. Além disso, por ela conter um teor mais elevado de álcalis e alumina do que o feldspato, uma quantidade menor de fundentes é requerida, quando comparado ao feldspato. É sempre a preferida na produção de recipientes de vidro, pois economias são feitas na manipulação do material bruto e na estocagem. Essa economia só não é maior porque a nefelina é um pouco mais cara do que o feldspato, em decorrência da sua produção ser limitada a dois países, Canadá e Noruega,⁽²⁾.

Os álcalis (Na_2O e K_2O) presentes nas rochas alcalinas tem importante papel como fundente da sílica durante a formação da fase vítrea dos materiais cerâmicos. Já a alumina (Al_2O_3) contida tem como papel principal aumentar a resistência mecânica do vidro a impactos e choques térmicos, além de ajudar a preservar a transparência do vidro por um longo período de tempo, evitando assim o processo de devitrificação.

O processo empregado no beneficiamento de uma rocha pegmatítica, geralmente constituída de quartzo, feldspato, mica e minerais acessórios (carreadores de ferro) é realizado através de moagem para liberação das espécies minerais, peneiramento para separação da mica grossa, flotação catiônica da mica fina, flotação aniônica com sulfonatos de petróleo dos minerais ferruginosos e flotação catiônica do feldspato em presença de NaF ,^(3,4).

² BOLGER, R. Feldspar & nepheline syenite. Turkish delight in export sales Industrial Minerals, n.332, p.25-45, May 1995.

³ CROZIER, R.D. FLOTATION: theory, reagents and ore testing. 1st Ed. England: Pergamon Press, 1992, p. 25-64 (Chapter 3,4).

⁴ IPEKOGLU, B. KURSUN, I. Concentration of potassium feldspars from granite and sienite rocks. In: Southern Hemisphere Meeting on Mineral Technology, 5, May 6-9, 1997, Buenos Aires, Argentina, p.61-64.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é a recuperação da nefelina sienito contida nos finos de pedra. Para tanto, esse material, deverá possuir características exigidas pelo mercado consumidor, isto é, baixo teor de ferro, menor que 0,5% de Fe_2O_3 , e teor de álcalis (K_2O e Na_2O) maior que 12% para o seu aproveitamento na indústria cerâmica, (5).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados finos de nefelina sienito menores que 1,7 mm, oriundos do processo de produção de brita.

Os estudos de caracterização mineralógica tiveram como objetivo determinar a composição mineralógica da amostra e o grau de liberação dos minerais portadores de ferro (pirita e óxidos de ferro). Esses estudos foram realizados com o auxílio de um difratômetro de raios X *Siemens* mod. 5005, líquidos densos, microscopia de varredura e análises químicas.

Inicialmente, foram realizados ensaios de moagem com o objetivo de se determinar qual o tempo necessário para cominuição da amostra média até 90% <104 μm , que é a granulometria onde 90% da pirita (principal contaminante) encontra-se liberada. Esses ensaios de moagem foram conduzidos a úmido em moinho de barras de laboratório (300 x 165 mm), fabricado em aço inoxidável, e foram utilizadas 10 barras de diâmetro de 20 mm. Os testes foram feitos com amostras de 1,0 kg e a percentagem de sólidos em peso na polpa de moagem foi de 50%.

Os estudos de flotação foram realizados em uma célula *Denver* mod D12 de laboratório, que foi operada com velocidade de 1200 rpm, utilizando amostras de 1,0 kg para cada ensaio. O sistema de reagentes utilizados inicialmente foi composto por amilxantato de potássio (AXK), ácido oléico e sulfonatos de petróleo (Aero 840, Aero 826 e Aero 801R/825) como coletores. Optou-se pela flotação reversa dos minerais portadores de ferro, utilizando-se uma etapa *rougher* e uma etapa *scavenger*. Desse modo, o concentrado final de feldspato seria o produto afundado da flotação na etapa *scavenger*. Foram

utilizados, hidróxido de sódio e/ou ácido sulfúrico como reguladores de pH. Metilisobutil carbinol (MIBC) foi utilizado como espumante (6).

Foram feitas análises químicas da amostra média e de todos os produtos beneficiados, com o objetivo de avaliar a seletividade das operações unitárias de purificação do feldspato e também calcular a recuperação dos principais compostos de interesse: percentagem de Fe_2O_3 , K_2O e Na_2O . A análise química foi realizada por espectroscopia de absorção atômica no aparelho *Varian* AA-6, após abertura das amostras com ácidos nítrico, fluorídrico, sulfúrico, retomando e dissolvendo-as com ácido clorídrico.

O concentrado obtido pelo processo de flotação foi lixiviado a temperatura ambiente com solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 10% em um agitador de laboratório adaptado *Denver* mod D12, para purificação do concentrado final. Utilizou-se uma polpa de 20% de sólidos, a velocidade de rotação da célula foi de 800 rpm e o tempo de lixiviação foi de 90 min.

O diagrama em blocos da Figura 1 apresenta a seqüência dos ensaios tecnológicos em bancada.

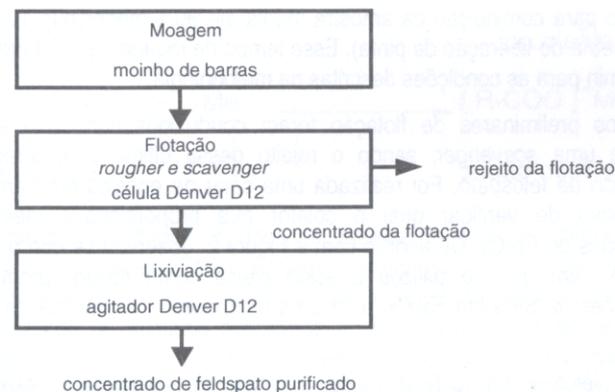


Figura 1 - Seqüência dos ensaios tecnológicos

⁶ BRAGA, P.F.A.; SAMPAIO, J.A. Beneficiation of Fine Feldspar From Stone Quarry. In: Southern Hemisphere Meeting on Mineral Technology, 5, May 6-9, 1997, Buenos Aires, Argentina, p. 121-124.

⁵ MOREIRA, M. D. Aplicações dos minerais e rochas industriais. Salvador, Bahia. Sociedade Brasileira de Geologia, 1994. 86 p.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os estudos de caracterização, o minério caracterizado é uma nefelina sodalita sienito de composição mineralógica: feldspato alcalino 90,7%; pirita 3,2%; dolomita 3,1%; nefelina/sodalita 2,5%; monazita 0,2%; biotita 0,1%; limonita 0,1%. O estudo de liberação da pirita mostrou que a mesma se encontra 90% liberada na granulometria de 104 µm.

A análise química da amostra média (global) de nefelina sienito apresentou a seguinte composição química: Na₂O 7,4%; K₂O 5,57%; CaO 2,60%; MgO 0,60%; SO₂ 1,42%; Al₂O₃ 23,80%; Fe₂O₃ 3,30% e SiO₂ 58,40%. (7)

Verifica-se que o teor de álcalis (Na₂O e K₂O) encontra-se dentro dos requisitos exigidos pela indústria cerâmica, que é maior que 12%, mas que o teor de Fe₂O₃ de 3,3% encontra-se fora das especificações, que deve ser menor que 0,5% para massas cerâmicas.

Com o conhecimento dos resultados da caracterização mineralógica, foram realizados ensaios de moagem com o objetivo de se determinar o tempo necessário para cominuição da amostra média até 90% menor que 104 µm (granulometria de liberação da pirita). Esse tempo de moagem em laboratório foi de 40 min para as condições descritas na metodologia.

Os ensaios preliminares de flotação foram conduzidos com uma etapa *rougher* e uma *scavenger*, sendo o rejeito dessa última considerado o concentrado de feldspato. Foi realizada uma série de ensaios em bancada com objetivo de verificar qual o coletor que proporcionava melhores recuperações do Fe₂O₃. De acordo com a Figura 2, observou-se que o teste de flotação em que se utilizou o ácido oléico como coletor promoveu recuperações de 85% em Fe₂O₃, para uma recuperação em massa de 60% (3).

O ácido oléico é um coletor muito utilizado em flotação, é líquido à temperatura de 14 °C e forma sabões altamente insolúveis com metais pesados (Ca, Mg, Sr, Ba, Fe etc.). Sendo o ácido carboxílico um ácido fraco, sua dissociação ocorre em pH alcalino, logo é mais utilizado nessa faixa de pH.

7 NEUMANN, R. e NETO, A. A . Caracterização Tecnológica de Nefelina Sienito. Rio de Janeiro, CETEM, nov./ mar. 1996.

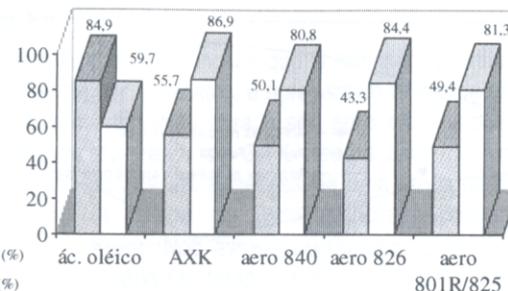
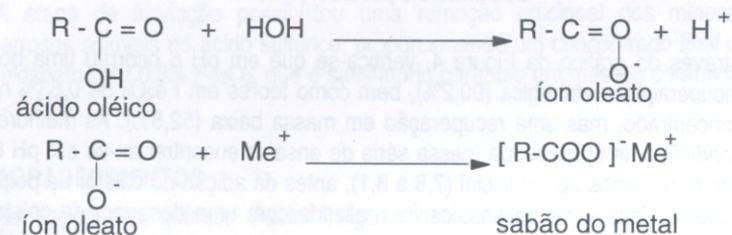


Figura 2 - Resultados dos ensaios de flotação

O mecanismo de coleta (ácido oléico/mineral) é feito por adsorção química entre o íon carboxilato e o metal na superfície do mineral, de acordo com a reação abaixo:



A partir dos resultados obtidos nos ensaios de flotação, utilizou-se ácido oléico como coletor. Esses ensaios tiveram por objeto verificar em que dosagem e em que pH o ácido oléico apresenta melhor desempenho (flotabilidade de minerais portadores de ferro) em termos de recuperação (mássica e metalúrgica) e teor de Fe₂O₃ remanescente no concentrado de feldspato obtido. Os gráficos das Figuras 3 e 4 apresentam os resultados desses ensaios.

Os resultados apresentados no gráfico da Figura 3 mostraram que as melhores condições de flotabilidade ocorreram na concentração de 300 g/t, apresentando teores de Fe₂O₃ (recuperação metalúrgica) e recuperação em massa de concentrado de 0,77%, 85% e 60% respectivamente. Essa série de ensaios foi realizada no pH natural da polpa (7,8 a 8,1), antes da adição do coletor.

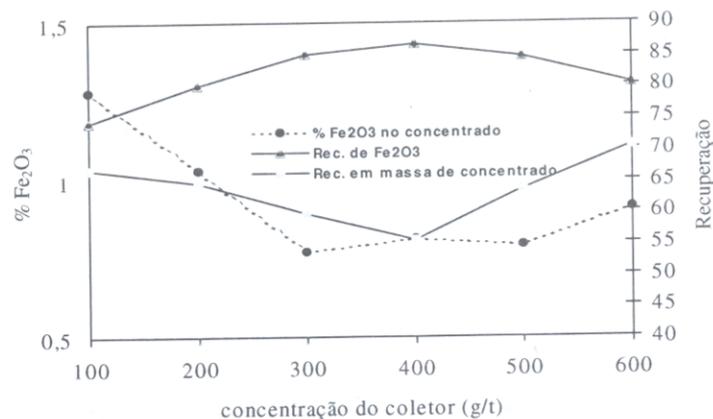


Figura 3 - Influência da dosagem do coletor (ácido oléico) na flotabilidade dos minerais portadores de ferro

Através do gráfico da Figura 4, verifica-se que em pH 6 ocorreu uma boa recuperação metalúrgica (90,2%), bem como teores em Fe₂O₃ de 0,63% no concentrado, mas uma recuperação em massa baixa (52,5%). As melhores condições de flotabilidade, nessa série de ensaios encontraram-se em pH 8, isto é, próximos ao pH inicial (7,8 a 8,1), antes da adição do coletor na polpa mineral. Essa série de ensaios foi realizada com uma dosagem de coletor (ácido oléico) de 300 g/t.

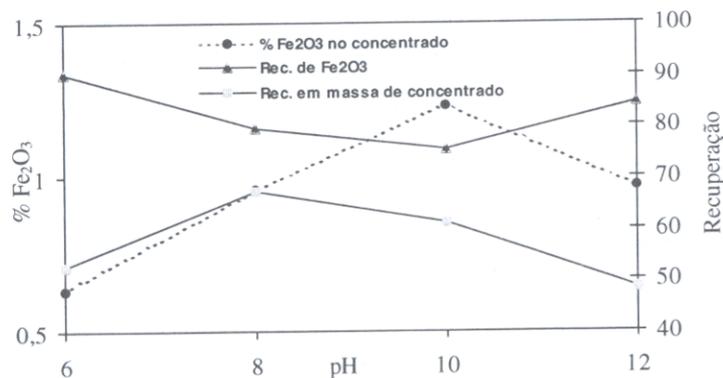


Figura 4 - Influência do pH na flotação com ácido oléico (300g/t)

5. CONCLUSÕES

Os finos de nefelina sienito menores que 9 mm são constituídos em sua grande maioria (90%) por feldspatos, e apresentam teores de alcális (Na₂O e K₂O) >12% que são suficientes para o seu aproveitamento em processos cerâmicos, e teores de Fe₂O₃ de 3,3% necessitando de uma etapa de beneficiamento para purificação. É necessária uma etapa de moagem para liberação da pirita e óxidos de ferro (principais contaminantes) na granulometria de 104 µm. Nos estudos realizados, para se atingir essa granulometria foi necessário um tempo de 40 min, nas condições descritas na metodologia.

O processo utilizado para produção do concentrado de feldspato com 0,77% em Fe₂O₃ foi alcançado através de uma etapa de flotação *rougher* e uma etapa de limpeza *scavenger*, utilizando-se ácido oléico como coletor (300g/t) e MIBC como espumante (100 g/t). A recuperação em massa nessas condições foi de 70%.

A etapa de lixiviação possibilitou uma remoção adicional dos minerais ferrosos solúveis no ácido sulfúrico, proporcionando um concentrado final de feldspato com 0,3% Fe₂O₃, que é satisfatório para uso em massas cerâmicas (<0,5%).

AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro químico Paulo Braga e ao técnico de laboratório Jorge Andrade, pelo apoio em todas as etapas deste projeto.