

Beneficiamento de Feldspato para Indústria Cerâmica

Michele Freitas Ramos
Bolsista de Iniciação Científica, Engenharia Química, UFF
João Alves Sampaio
Orientador, Engenheiro de Minas, D.Sc.
Paulo Fernando Almeida Braga
Co-orientador, Engenheiro Químico

RESUMO

Foram realizados estudos tecnológicos para o aproveitamento do feldspato contido em finos de pedreira. A principal utilização do feldspato é como fonte de álcalis e alumina para indústria cerâmica. Seu aproveitamento comercial requer uma etapa de beneficiamento mineral, visando enquadrá-lo dentro dos requisitos de qualidade exigidos pelo mercado consumidor, ou seja, baixo teor de ferro ($< 0,5\% \text{ Fe}_2\text{O}_3$) e álcalis suficiente para o seu aproveitamento na indústria cerâmica.

1. INTRODUÇÃO

Na área de revestimentos cerâmicos, o Brasil desponta como um grande produtor, e exportador, o que tem provocado o aumento da demanda por minerais industriais desse setor.

Dentre os minerais industriais, o feldspato e a nefelina sienito destacam-se pelo alto teor de álcalis e alumina, necessários à indústria cerâmica. Os álcalis (K_2O e Na_2O) presentes diminuem a temperatura de fusão e agem como fundentes. A alumina aumenta a durabilidade do vidro, a resistência à corrosão química, a dureza e a inibição à devitrificação (1).

Quimicamente, o feldspato é um aluminossilicato que contém potássio, sódio ou cálcio. Na natureza, encontra-se sob a forma dos seguintes minerais: ortoclásio e microclínio (feldspato potássico), albita (feldspato sódico) e anortita (feldspato cálcico). A nefelina sienito é uma rocha alcalina com um teor de sílica menor, porém apresenta alto teor de álcalis e alumina, quando comparado ao feldspato. Os depósitos comerciais de nefelina

sienito são compostos de 80-95% de feldspato e minerais acessórios (mica, córundum, hornoblenda, magnesita e piroxênio) (2).

O feldspato e a nefelina sienito constituem não só uma fonte de álcalis e alumina para a manufatura de vidro, como também podem ser usados na cerâmica vitrificada, em esmaltes, fibra de vidro, e como preenchimento em pintura, papel, plástico e borracha (3).

O consumo de feldspato na indústria cerâmica (beneficiado e/ou *in natura*) encontra-se apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Consumo de feldspato na indústria cerâmica

Usos	%
Cerâmica Artística	14,8
Fritas Cerâmicas	16,2
Louça de Mesa	20,4
Louça Sanitária	18,2
Porcelana Elétrica	19,7
Revestimento Cerâmico	2,6
Vidros	8,0

De acordo com o Plano Plurianual para o desenvolvimento do setor mineral, DNPM - 1994, o consumo aparente de feldspato para o ano 2010 é da ordem de 300 mil toneladas, que, cotejado com aquele de 1995, de 200 mil toneladas, indica a necessidade de um suprimento adicional de 100 mil toneladas para atender ao aumento esperado de consumo (4,5).

2. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é o aproveitamento do feldspato contido em finos de pedreira (nefelina sienito) gerados no processo de produção de brita para construção civil. Para isso, o feldspato beneficiado deverá possuir requisitos de qualidade, isto é, baixo teor de ferro ($< 0,5\% \text{ Fe}_2\text{O}_3$) e álcalis suficiente ($> 12\% \text{ K}_2\text{O}$ e Na_2O) para o seu aproveitamento na indústria cerâmica.

3. METODOLOGIA

Para este estudo, utilizou-se os finos (<9,0 mm) da Pedreira Vigné, produtora de brita no município de Nova Iguaçu, RJ.

Inicialmente, a amostra foi britada a uma granulometria abaixo de 1,65 mm e em seguida foi feita uma pilha de homogeneização, onde foram retirados lotes de 1,0 kg para análise química, mineralógica e ensaios de beneficiamento.

Após a preparação da amostra, foram realizados os estudos de caracterização mineralógica. Os resultados mostraram que a amostra é constituída basicamente de nefelina sodalita sienito. Na Tabela 2 está apresentada a composição mineralógica da mesma. Os estudos de caracterização mostraram ainda que a pirita encontra-se 90% liberada na fração com granulometria abaixo de 104 µm.

Tabela 2 - Composição mineralógica dos finos de pedreira

Minerais	%
feldspato alcalino	90,7
pirita	3,2
dolomita	3,1
nefelina/sodalita	2,5
monazita	0,2
biotita	0,1
limonita	0,1

Foram feitas análises químicas da amostra média a fim de se verificar os principais compostos ou elementos presentes. A abertura das amostras foi realizada com auxílio dos seguintes ácidos: fluorídrico, nítrico e sulfúrico. A dosagem foi realizada por espectrometria de absorção atômica no aparelho *Varian AA-6*.

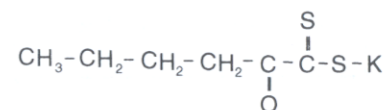
Os estudos de moagem realizados tiveram como objetivo determinar qual seria o tempo necessário para cominuição da amostra média até 80% <104 µm (granulometria de liberação da pirita). Esses ensaios de moagem foram conduzidos em moinho de barras de laboratório com amostras de 1,0 kg, e a percentagem de sólidos em peso na polpa de moagem foi de 50% (7).

Os estudos de concentração tiveram como objetivo a remoção parcial do ferro contido no feldspato. Nesse contexto, foram conduzidos ensaios de flotação, separação magnética a úmido de alta intensidade e, finalmente, lixiviação.

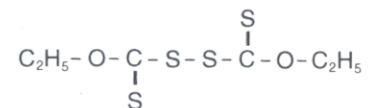
No presente trabalho foi empregada a flotação inversa do feldspato. Esse procedimento permitiu a flotação direta da pirita que apresentava, entre outras vantagens, pequena quantidade em massa presente no minério. A flotação desse mineral pode ser feita com reagentes como os xantatos, ditionofosfatos, aminas e ácidos graxos. Por ser heterogênea a superfície da pirita, ocorrem reações eletroquímicas, assim como a oxidação do xantato em dixantógeno, favorecendo a adsorção do mesmo à superfície do mineral e, portanto, à flotação (8). As principais reações envolvidas nesse processo são: (9)



onde X = xantato



e X₂ = dixantógeno



Para realização dos estudos de flotação em bancada, utilizou-se uma célula *Denver Mod D12* e amostras de 1,0 kg para cada ensaio. O sistema de reagentes utilizados nos ensaios foi composto por amilxantato de potássio como coletor e óleo de pinho ou MIBC como espumante.

A separação magnética foi usada para remoção de partículas magnéticas presentes no concentrado de feldspato obtido por flotação. Os ensaios de separação magnética foram realizados em um separador magnético a úmido de alta intensidade, modelo *Rapid*, com um campo magnético de 1,8 T. Foram utilizadas

amostras do concentrado de feldspato obtido no processo de flotação.

Após a separação magnética, foram realizados ensaios de lixiviação com ácido sulfúrico, para purificação do concentrado não-magnético.

Nessa etapa foi utilizada uma solução com 5% (v/v) de ácido sulfúrico com 20% de sólidos, e o tempo de lixiviação foi de 60 min.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição química do minério de nefelina sienito estudado está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição química da nefelina sienito, % em peso da amostra média

	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
amostra média**	7,24	5,57	2,60	0,60	1,42	23,80	3,30	58,40

** Teor da amostra média (head sample)

Verifica-se na Tabela 3 que o teor de alcális (Na₂O e K₂O) encontra-se dentro dos requisitos exigidos pela indústria cerâmica (> 12%), mas que o teor de Fe₂O₃ de ~3% encontra-se fora das especificações (< 0,5%).

Com o conhecimento dos resultados da caracterização mineralógica e da granulometria de liberação da pirita, foram realizados diversos ensaios de moagem. O tempo de moagem em laboratório para se atingir a granulometria de liberação foi de 34 min, nas condições descritas na metodologia. O gráfico da Figura 1 apresenta os resultados dos ensaios de moagem.

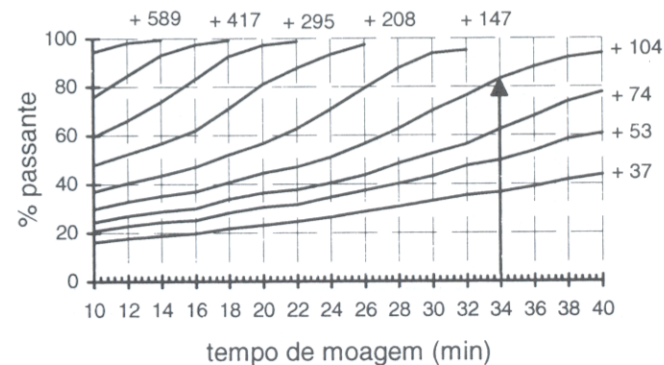


Figura 1 - Curvas de moagem

Os ensaios de flotação foram conduzidos com uma etapa *rougher* e uma *scavenger*, sendo o rejeito dessa última considerado o concentrado de feldspato. Foi utilizado amilxantato de potássio (AXK) como coletor.

Foi realizada uma série de ensaios em bancada com objetivo de verificar qual a concentração de coletor (AXK) que proporcionava a melhor recuperação do Fe₂O₃ e qual o pH mais adequado ao processo. Os gráficos das Figuras 2 e 3 apresentam os resultados dos ensaios de flotação.

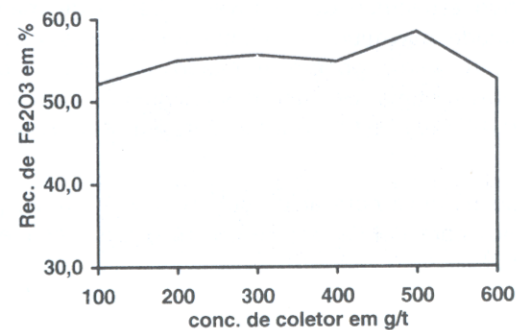


Figura 2 - Recuperação de Fe₂O₃ em função da concentração do coletor

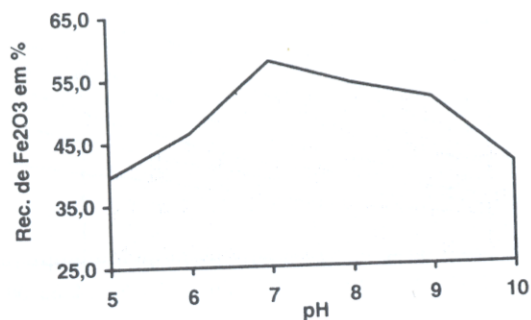


Figura 3 - Recuperação de Fe₂O₃ em função do pH

Os resultados apresentados na Figura 2 mostraram que a variação na concentração do coletor AXK, no intervalo estudado, não foi significativa em termos de recuperação de Fe₂O₃.

Em termos de recuperação de Fe₂O₃ x pH, conforme apresentado na Figura 3, verifica-se que as melhores condições de flotabilidade encontram-se no intervalo de 7 a 8, isto é, próximos ao pH inicial (antes da adição do coletor) da polpa mineral que foi de ~8,0.

A separação magnética de alta intensidade (1,8 T) foi realizada com objetivo específico de remover a fração de material com susceptibilidade magnética suficiente à sua separação por esse processo. Entre outros, podem ser citados limonita, ferro metálico e biotita. Nessa etapa, os melhores resultados obtidos foram de teores de 0,87% em Fe₂O₃ para recuperações em massa da ordem de 75%.

A lixiviação química com ácido sulfúrico a 5% (v/v), promoveu concentrados com 0,47% em Fe₂O₃ para uma recuperação em massa de 97%.

5. COMENTÁRIOS GERAIS

A composição química do minério de nefelina sienito estudado apresentou os seguintes teores: 3,3% em Fe₂O₃ e 12,8% em álcalis (K₂O e Na₂O).

O tempo de moagem em laboratório para se atingir a granulometria de liberação da pirita é de 34 min, nas condições apresentadas na metodologia.

A etapa de flotação permitiu a remoção de 58% do Fe₂O₃ contido na amostra, obtendo-se um concentrado final com 1,5% de Fe₂O₃. Por outro lado, a recuperação em massa do feldspato foi de 80%.

O concentrado de feldspato, obtido por separação magnética, apresentou um teor de 0,88% de Fe₂O₃. A recuperação em massa do feldspato nesse processo, fração não-magnética, foi de 75%.

Para se atingir o valor limite de 0,5% em Fe₂O₃, é necessário uma etapa de lixiviação sulfúrica para purificação do concentrado final. Nessa etapa a pesquisa permitiu a obtenção de um concentrado final de feldspato com 0,47% Fe₂O₃ e recuperação de 97% do feldspato contido.

De modo geral, uma rota para o beneficiamento mineral incluiria: uma etapa de moagem, preferencialmente a autógena, de forma a minimizar a contaminação com ferro metálico; flotação aniônica com AXK; separação magnética de alta intensidade e lixiviação sulfúrica para purificação do concentrado final.

A recuperação global em massa é de 60% (80% na flotação, 75% na separação magnética e 97% na lixiviação).

AGRADECIMENTOS

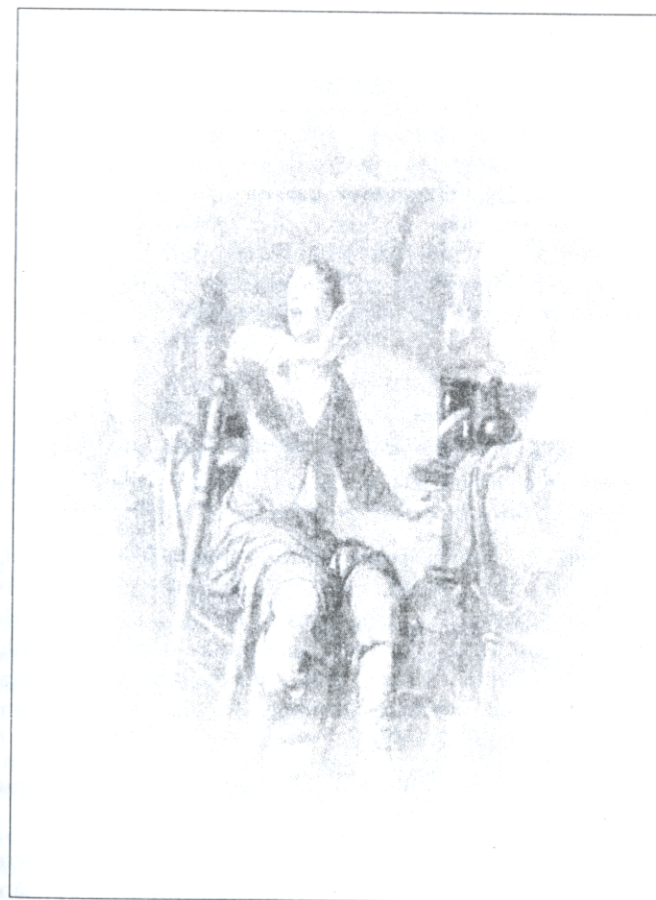
Ao Geólogo Reiner Neumann, do CETEM/CNPq, pelo estudo de caracterização mineralógica realizado.

Ao Técnico de Laboratório Jorge Andrade, pelo apoio em todas as etapas deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

1. HARBEN, P.W. *The Industrial Minerals Handybook II: a guide to markets, specifications, & prices.* 2 ed. p.114-116. 1995.
2. DANA, J.D., HURLBUT, C.S. *Manual de Mineralogia.* Trad. Rui Ribeiro Franco. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, v.2, 1976, 286p.
3. BURGER, J. Feldspar & Nepheline syenite: at the mercy of glass markets. *Industrial Minerals*, n.275, p.21-331, Aug. 1990.
4. BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. *Plano Plurianual para o desenvolvimento do Setor Mineral.* Brasília: 1995.
5. BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. *Sumário Mineral.* 1995. Brasília, v. 14, 109p.
6. NEUMANN, R., ALCOVER NETO, A. Caracterização tecnológica de nefelina sienito. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, nov/mar 1996.
7. SAMPAIO, J.A. Flotação de minério oxidado de chumbo. *Ensaio de moagem.* Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1986 Tese. p.22.
8. GAUDIN, A.M. Flotation. In: BALL, B., RICKARD, R.S. *The chemistry of pyrite flotation and depression.* New York: American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, 1976, v.1, 621p.
9. CASES, J.M. et al. *Interaction between finely ground pyrite with potassium amyloxanthate in flotation: influence of pH grinding media and collector concentration.* In: XVIII International Mineral Processing Congress, May 23-28. 1993, Sydney, Australia, p.663-668.
10. RUSSEL, A. Magnetic separation: an ever more exacting science. *Industrial Minerals*, n.294, p.39-57, Mar.1992.

PROGRAMA: Desenvolvimento de Tecnologia Ambiental



Subprograma: Diagnóstico Ambiental