

BENEFICIAMENTO DE FELDSPATO A PARTIR DO PEGMATITO DE CURRAIS NOVOS-RN

Diego A. Tonnesen^{1,2}, Adão B. da Luz¹ & Paulo F. A. Braga¹

RESUMO

Pegmatitos são fontes comerciais de feldspato, muscovita e quartzo, além de outros minerais e rochas de importância econômica, tais como o caulim, as gemas de cor, o espodumênio, a tantalita/columbita, a cassiterita etc. O objetivo deste estudo foi a obtenção de feldspato, a partir do pegmatito da região de Salgadinho, Currais Novos-RN, por meio de estudos de flotação em escala piloto, realizados na miniusina de flotação do CETEM. Esses estudos visaram ao aproveitamento do feldspato, dentro das especificações requeridas para os diferentes segmentos industriais, destacando-se os setores: vidreiros, cerâmico e metalúrgico. A rota de beneficiamento estudada compreendeu a cominuição do minério até granulometria 95% passante em 0,105 mm para liberação do mineral minério (feldspato), seguido de flotação. O processo possibilitou um aumento do teor de álcalis de 7,3% (alimentação) para 11,6% com uma recuperação em massa de 74% e metalúrgica de 83%. O teor de ferro, principal impureza para a indústria de vidro, foi reduzido de 0,56% para 0,08% no mesmo concentrado. O processo mostrou-se tecnicamente promissor, contudo sua viabilidade econômica precisa ser demonstrada.

Palavras-chave: Pegmatito, feldspato, flotação.

ABSTRACT

Pegmatites are commercial sources of feldspar, muscovite, quartz and other important economical rocks and minerals, like kaolin, color gems, spodumene, tantalite/columbite and cassiterite. The aim of this study was to obtain feldspar from a pegmatite deposit in Salgadinho region, Currais Novos-RN, through pilot plant flotation testworks conducted at CETEM's flotation minimill. These tests aimed to obtain feldspar within the required specifications for different industrial segments, such as glasses, ceramics and metallurgical. The processing route studied consists of milling the ore particle size up to 95% minus 0,105 mm, in order to liberate the ore mineral (feldspar), followed by flotation. The process allowed an increase in the alkali content of 7,3% (feed) to 11,6% (feldspar concentrate) with a mass recovery of 74% and a metallurgical recovery of 83%. The iron content, which is the main impurity content for the glass industry, was reduced from 0,56% to 0,08% in the same concentrate. The process proved to be technically promising, however the economic feasibility has to be demonstrated.

Key-words: Pegmatite, feldspar, flotation.

¹ CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, Ministério de Ciência e Tecnologia
Av. Pedro Calmon, 900 - Cidade Universitária, CEP: 21941-908, Rio de Janeiro/RJ – Brasil
E-mail: dtonnesen@cetem.gov.br

² UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia, Escola Politécnica,
Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais. Av. Athos da Silveira Ramos, 149, CEP: 21941-972, Rio de Janeiro/RJ – Brasil. CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, Ministério de Ciência e Tecnologia

1. INTRODUÇÃO

Os feldspatos formam um dos mais importantes grupos de minerais, estando presentes em cerca de 60% da crosta terrestre, podendo ser encontrados em quase todas as rochas eruptivas e metamórficas, assim como em algumas rochas sedimentares (Vidyadhar & Rao, 2006). Pertencem ao grupo dos aluminossilicatos de potássio, sódio, cálcio e mais raramente bário, sendo que o primeiro tem grande aplicação na indústria cerâmica, particularmente na produção de pisos e revestimentos e de vidro.

Atualmente, a produção mundial de feldspato é dominada por Itália, Turquia, Espanha e Estados Unidos e apesar de ter sido afetada pela reciclagem do vidro e pela competição com recipientes de metal, plástico e papel, a indústria de feldspato continua crescendo, principalmente devido a uma busca por minerais industriais com qualidade cada vez maior. O Brasil se encaixa, nesse contexto, como importador de matéria prima e exportador significativo de revestimentos cerâmicos.

A importância dos pegmatitos se dá no fato de serem rochas de composição basicamente granítica (quartzo-feldspático-mica), de granulação geralmente grossa, muitas vezes exibindo cristais gigantes, permitindo fácil separação (Luz *et al.*, 2003). Os pegmatitos da região de Salgadinho, no município de Currais Novos, Rio Grande do Norte, são constituídos basicamente por minerais de quartzo, feldspato e moscovita e apresentam grande potencial para a produção de feldspato.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O uso de coletores aniônicos para a flotação de feldspatos não apresenta resultados promissores, com ou sem a presença de ativadores (Manser, 1973).

A flotação de feldspatos com coletores catiônicos, notadamente as aminas, apresenta resultados significativos para uma grande faixa de valores de pH, sendo necessário levar em consideração na flotação de silicatos por tais coletores, os seguintes fatores (Manser, 1973, Smith, 1976): i) há uma grande influência na interação eletrostática entre mineral e coletor; ii) os coletores devem ter pelo menos 10 carbonos na cadeia hidrocarbônica; iii) a concentração do coletor deve ser moderada; iv) a ligação entre o coletor e o mineral não parece ser muito forte, mesmo quando o sistema exibe um grande ângulo de contato; v) o tempo de condicionamento é geralmente pequeno; vi) a presença de lamas é prejudicial ao processo; vii) os coletores têm a capacidade de formar espumas; viii) a seletividade dos coletores para minérios específicos é usualmente baixa.

O diagrama da flotação da albita (feldspato sódico) com coletor aniônico e coletor catiônico mostrado na Figura 1 é típico para a maioria dos feldspatos (King, 1982).

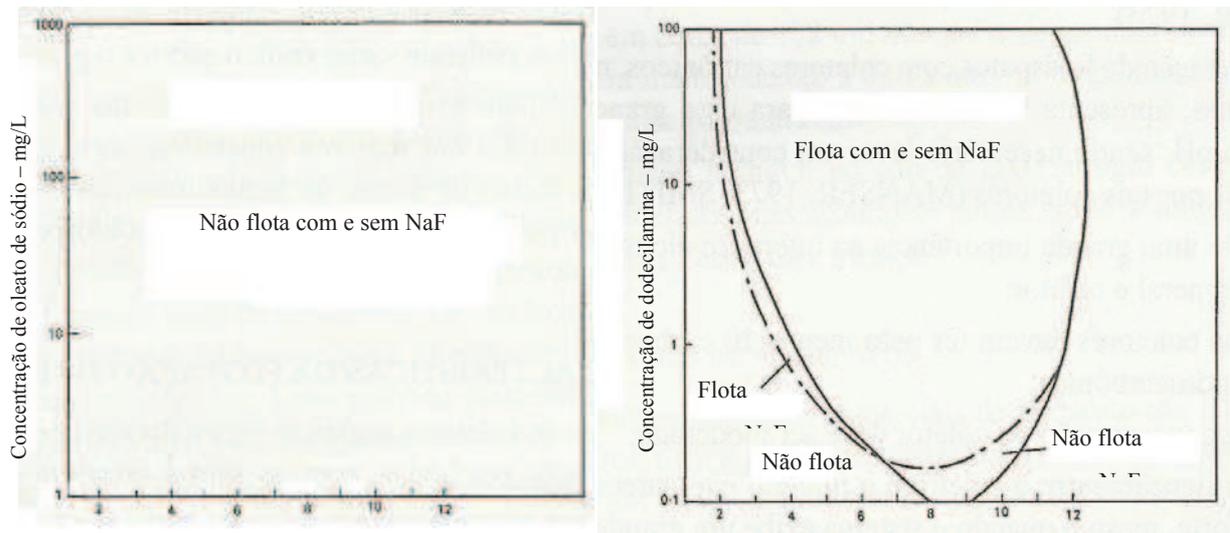


Figura 1. Diagrama de flotação da albita com coletor aniônico (oleato de sódio) e coletor catiônico (dodecilamina).

O flúor na forma de HF, íon fluoreto ou H_2SiF_6 tem sido largamente utilizado, como ativador, na separação feldspatos/quartzo com coletores catiônicos em pH ácido (Braga, 1999, King, 1982).

A Figura 2 mostra a influência da presença do flúor na flotação de feldspatos, com coletores catiônicos em meio ácido (Smith, 1976).

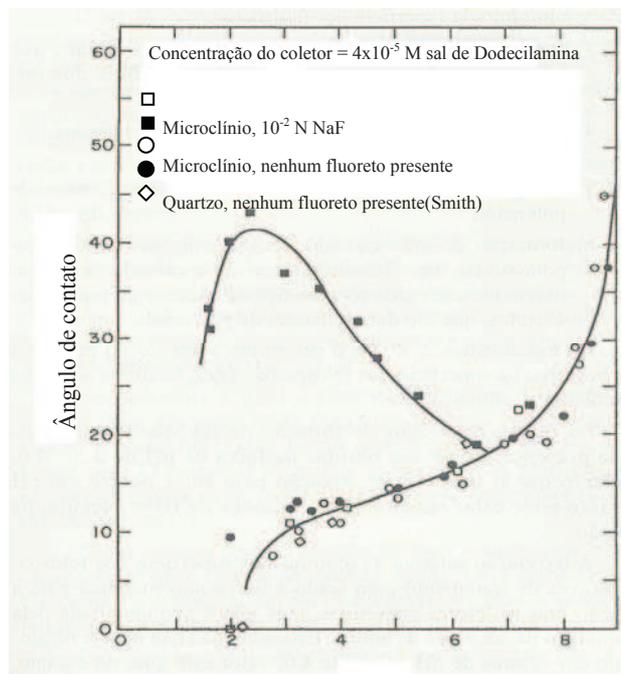


Figura 2. Ângulo de contato do microclínio (feldspato potássico) e do quartzo com dodecilamina em função do pH, na presença e na ausência de flúor.

Muitas explicações têm sido propostas para explicar este fenômeno, e podemos destacar (Manser, 1973): i) limpeza da superfície mineral através da solubilização das camadas amorfas; ii) formação de SiF_6^{2-} na solução, que adsorve no átomos de alumínio da superfície dos feldspatos; iii) formação de complexo SiF_6^{2-} : amina na solução, que adsorve nos átomos de alumínio da superfície dos feldspatos; iv) formação de complexos alumino-flúor negativamente carregados na superfície dos minerais; v) complexação de cátions multivalentes determinantes de potencial; vi) formação de uma camada de flúor-silicato de sódio ou potássio na superfície do mineral, esta camada fica negativamente carregada, com o excesso de íons flúor-silicatos, que são determinantes de potencial.

3. EXPERIMENTAL

3.1. Amostragem e Preparação

Para realização do presente estudo foram coletados 526 kg de amostra da região de Salgadinho, RN. A primeira etapa compreendeu a cominuição da amostra bruta até a granulometria menor que 6 mm. Essa cominuição foi realizada em 2 estágios, usando, inicialmente, um britador de mandíbulas de dimensões 200x120 mm e, a seguir, um menor de 80x40 mm. No estágio posterior, realizou-se a homogeneização da amostra global em duas pilhas, uma cônica e uma prismática, retirando-se desta, 26 amostras de 20 kg cada.

3.2. Caracterização da Amostra

As etapas utilizadas para caracterizar o minério foram: análise granulométrica, determinação da granulometria de liberação dos minerais de interesse e análise química por absorção atômica.

a) Análise Granulométrica

Foi feita a dispersão de 500 g da amostra em água, formando uma polpa com 60% de sólidos, em seguida foi realizada a sua classificação usando a série Tyler, desde a abertura de 1,2 mm até 0,037 mm. As frações resultantes foram filtradas, secadas e pesadas.

b) Análise Química

A amostra processada na miniusina de flotação do CETEM, foi analisada por meio de absorção atômica, após abertura ácida das mesmas para determinação dos teores de Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O .

c) Granulometria de Liberação

A granulometria de liberação dos minerais de quartzo, moscovita e feldspato foi determinada pelo método de Gaudin, utilizando-se uma lupa binocular.

3.3. Ensaios de Beneficiamento

Os ensaios de beneficiamento foram realizados na miniusina de flotação do CETEM, constituída por: moinho de bolas, tanque de condicionamento, tanque de alimentação, células de flotação propriamente ditas e um sistema de adição de reagentes.

3.3.1. Moagem

A moagem foi realizada em moinho de bolas com dimensões de 30 cm de diâmetro e 45 cm de comprimento, acionado por uma unidade motora de rolos, fabricado pela Canadian Process Technology. Foram usadas bolas de aço forjado como meio moedor.

3.3.2. Classificação

A classificação do pegmatito moído foi feita em peneira vibratória, o retido desta foi recirculado para a etapa de moagem, até que todo o minério atingisse uma granulometria de 95% passante em 150 malhas (0,105 mm).

3.3.3. Deslamagem

O produto moído foi deslamado em hidrociclone para retirada de finos prejudiciais à flotação.

3.3.4. Flotação

A etapa de concentração por flotação foi realizada na miniusina de flotação do CETEM, fabricada pela Canadian Process Technoloy (CPT), modelo CFM 12 (Figura 1).



Figura 1. Miniusina de flotação do CETEM

A alimentação da miniusina foi feita sob a forma de uma polpa com 45% de sólidos. A flotação foi realizada em três etapas: nas duas primeiras etapas optou-se pela flotação reversa, sendo flotado a mica (muscovita) seguida dos minerais portadores de ferro; na terceira etapa, optou-se pela flotação direta, para separação do quartzo/feldspato. Para tal, foram utilizados os seguintes reagentes: Flotigam EDA (amina) e aero promoter 801 (sulfonato de petróleo) como coletores; óleo combustível como extensor de cadeia e os ácidos sulfúrico e fluorídrico para o controle de pH. A

Figura 2 mostra as condições e as vazões usadas nos ensaios de flotação.

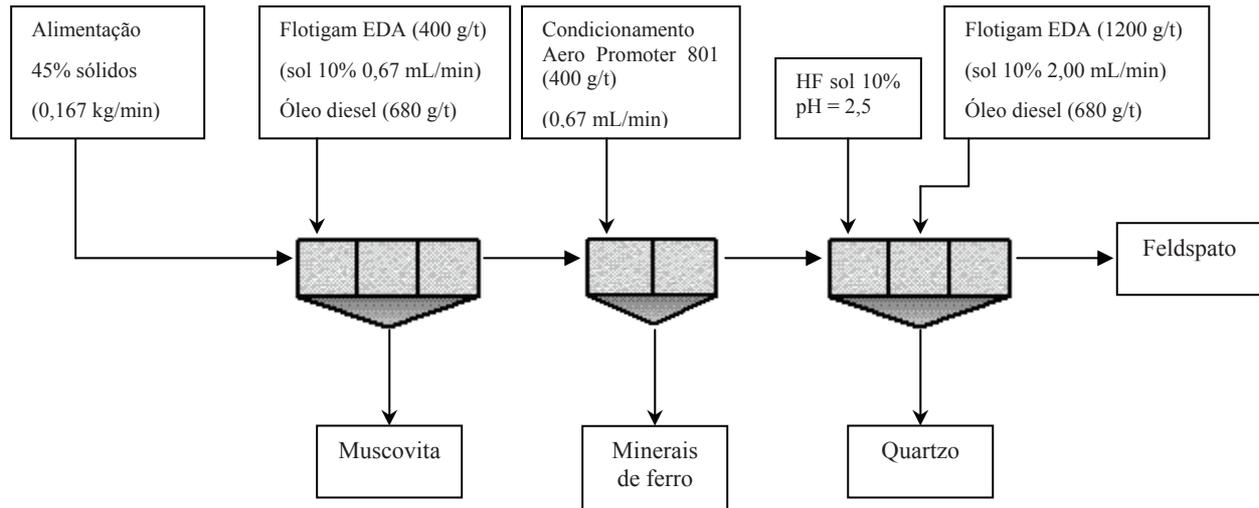


Figura 2. Condições e sistema de reagentes usados nos ensaios de flotação do pegmatito de Currais Novos-RN.

Os produtos foram filtrados, secos em estufa e em seguida homogeneizados e quarteados para análise química por absorção atômica, com chama de C_2H_2/ar .

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização da Amostra

Os resultados da análise química da amostra que alimentou a miniusina de flotação são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Análise química (% peso) da amostra que alimentou a miniusina de flotação.

| Na ₂ O | K ₂ O | Fe ₂ O ₃ |
|-------------------|------------------|--------------------------------|
| 2,8 | 4,5 | 0,56 |

A observação das frações na lupa estereoscópica indicou que as partículas de quartzo, moscovita e feldspato encontram-se liberadas na granulometria inferior a 210 μ m (65 malhas).

4.2. Ensaios de Moagem

A moagem da amostra foi realizada com o objetivo de se obter um produto com p95 na granulometria de 0,105 mm, pois apesar dos constituintes mineralógicos já estarem liberados em 0,210 mm, esta não é uma granulometria adequada para a flotação. A cominuição do minério foi realizada em bateladas de 10 kg, por um período de 60 minutos, até obter-se 120 kg, que a seguir formaram uma polpa com 35% de sólidos, para ser deslamada em hidrocilone, onde a fração abaixo de 0,037 mm foi descartada.

4.3. Ensaio de Flotação

A Tabela 2 apresenta os resultados da análise química dos produtos da flotação e pode-se verificar o aumento no teor de álcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) e a diminuição no teor de Fe_2O_3 .

Tabela 2. Resultados da análise química dos produtos da flotação.

| Produtos | % Peso | Teor (%) | | | Distribuição (%) | | | |
|----------------------------|--------|-----------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|--|
| | | Na_2O | K_2O | Fe_2O_3 | Na_2O | K_2O | Fe_2O_3 | $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ |
| Alimentação (analisada) | 100,00 | 2,8 | 4,5 | 0,56 | - | - | - | - |
| Concentrado de feldspato | 74,22 | 5,1 | 6,5 | 0,08 | 85,6 | 81,1 | 33,7 | 83,0 |
| Rejeito de mica | 5,64 | 2,6 | 5,6 | 1,6 | 3,3 | 5,3 | 51,3 | 4,5 |
| Rejeito de óxidos de ferro | 2,73 | 2,7 | 4,2 | 0,20 | 1,7 | 1,9 | 3,1 | 1,8 |
| Rejeito de quartzo | 17,4 | 2,4 | 4,0 | 0,12 | 9,4 | 11,7 | 11,9 | 10,7 |

4. CONCLUSÃO

O pegmatito de Currais Novos é constituído basicamente de feldspato sódico (albita) e potássico (microclínio), muscovita e quartzo. Esses minerais encontram-se 90% liberados na granulometria < 210 μm (65 malhas).

Os ensaios de flotação demonstraram que é possível concentrar o feldspato contido no pegmatito de Salgadinho; o teor de álcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) aumentou de 7,3% (alimentação) para 11,6% no concentrado de feldspato; o teor de ferro, principal impureza para a indústria de vidro, baixou de 0,56% para 0,08% no concentrado de feldspato.

O processo de flotação desenvolvido, em escala piloto, para aproveitamento do feldspato contido no pegmatito de Salgadinho, apresentou uma recuperação em massa de 74% e metalúrgica ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) de 83%, o que pode ser considerado satisfatório, para um processo industrial de flotação.

Neste contexto, conclui-se que o processo de concentração de feldspato do pegmatito de Salgadinho, por meio de flotação, mostrou-se tecnicamente promissor: o concentrado de feldspato obtido atende as especificações requeridas pela indústria de vidro e cerâmicas (teor de ferro < 0,1%) e teor de álcalis de 11,6% ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$). A viabilidade econômica do processo desenvolvido por flotação precisa ser demonstrada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAGA, P. F. A. **Desenvolvimento de processo para o aproveitamento de feldspato contido em finos de pedreira nefelina sienito**. 1999. 112p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- KING, R. P. **Principles of flotation**. Johannesburg, South African Institute of Mining and Metallurgy, 1982.
- LUZ, A. B.; BRAZ, E.(2000) **Quartzo**. Série Rochas e Minerais Industriais, CETEM. Rio de Janeiro - RJ, 2000.
- LUZ, A. B.; LINS, F. A. F.; PIQUET, B.; COSTA, M. J.; COELHO, J. M.(2003) **Pegmatitos do Nordeste – Diagnóstico sobre o aproveitamento racional e integrado**. Série Rochas e Minerais Industriais, CETEM. Rio de Janeiro – RJ, 2003.
- MANSER, R. M. – **Handbook of Silicate Flotation**. Stevenage, Warren Spring Laboratory, 1973.
- OBA, C.A.I.; RIBEIRO, L.P.B. Flotação dos Feldspatos, In: CHAVES, A.P. Teoria e Prática do Tratamento de Minérios – Flotação. 1ª ed. São Paulo, SP, Brasil: Signus Editora, v. 4, 2006, p331-349.
- SMITH, R. W.; ARKHTAR, S. Cationic flotation of oxides and silicates. In: Flotation: A. M. Gaudin Memorial Volume. Fuersternau, M. C. (Editor) – Vol. 1 – New York, American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, 1976.
- VIDYADHAR, A.; RAO, K. H. Adsorption mechanism of mixed cationic/anionic collectors in feldspar-quartz flotation system. **Journal of Colloid and Interface Science**, 2006.