

Aproveitamento de Feldspato Pegmatítico da Região Borborema Seridó para a Produção de uma Cerâmica Dentária

Renata Nigri de Almeida

Bolsista de Iniciação Científica, Eng. química, UFRJ

Carla Napoli Barbato

Co-orientadora, Eng. química, M. Sc.

João Alves Sampaio

Orientador, Eng. De Minas, D. Sc.

Resumo

Vitrocerâmicas são materiais constituídos por grãos finos e policristalinos envolvidos por uma matriz vítrea. A principal matéria-prima utilizada na produção de uma vitrocerâmica reforçada com leucita é o feldspato que pode ser encontrado em pegmatitos. No presente trabalho, caracterizou e beneficiou o feldspato contido na região Borborema-Seridó com a finalidade de obter um concentrado de feldspato para ser utilizado na produção de uma cerâmica odontológica. Inicialmente, o material de estudo foi britado e moído, para em seguida realizar a homogeneização em pilha triangular, onde foram retiradas amostras para a realização da caracterização química e mineralógica, para depois ser realizado o beneficiamento do feldspato. O beneficiamento constou das etapas de moagem e flotação, na qual foi utilizado como coletor o Armac-T.

1. Introdução

Os pegmatitos são rochas de composição basicamente granítica (quartzo-feldspático-muscovita), de granulação geralmente grossa, muitas vezes exibindo cristais gigantes, permitindo fácil separação (Luz *et al.*, 2003). Os pegmatitos da região Borborema-Seridó, localizados nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, são constituídos basicamente por minerais de quartzo, feldspato, muscovita e caulim. Geralmente, o pegmatito é composto por: 60-70% de feldspato, 25-30% de quartzo, 5-10% de muscovita e 1-2% de outros minerais (Oba & Ribeiro, 2006).

O feldspato é o grupo de mineral mais importante do mundo, estando presente em cerca de 60% da crosta terrestre, e pode ser encontrado em quase todas as rochas eruptivas e metamórficas, assim como em algumas rochas sedimentares (Vidyadhar & Rao, 2006). Pertencem ao grupo de silicatos de alumínio com potássio, sódio, cálcio e, eventualmente, bário. Os principais minerais são: ortoclásio/microclínio ($K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$), albita ($Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$) e anortita ($CaO.Al_2O_3.2SiO_2$). Os plagioclásios possuem coloração branca e os ortoclásios rósea (Moraes & Hecht, 1997).

Na cerâmica, o feldspato é utilizado como fundente, pois seu ponto de fusão é menor do que a maioria dos outros componentes, servindo de cimento para as partículas das várias substâncias cristalinas, também pode ser utilizado na produção de porcelana, indústria de vidro, na fabricação de esmaltes, azulejos, papel, entre outros (Moraes & Hecht, 1997).

O feldspato pode ser obtido pelo beneficiamento de pegmatitos ou de granitos pegmatíticos. As operações unitárias, normalmente, empregadas são britagem e moagem, separação por tamanho (peneiramento e classificação) e concentração (gravítica, magnética e flotação) (Oba & Ribeiro, 2006).

O presente trabalho tem por objetivo beneficiar o pegmatito da região Borborema-Seridó para obter um concentrado de feldspato que possa ser utilizado na produção de uma vitrocerâmica feldspática reforçada com leucita, utilizada em restaurações dentárias com a seguinte composição química (% em peso): 56,5 de SiO₂, 20 de Al₂O₃, 11,2 de K₂O, 0,1 de B₂O₃, 0,1 de Cão, 10,5 de Na₂O e 0,7 de CeO₂

2. Materiais e Métodos

2.1) Preparação da Amostra

A cominuição da amostra bruta (243,15 kg) foi realizada em um britador de mandíbula, cujo produto da britagem foi rebitado em um britador de rolos, operando em circuito fechado com uma peneira de abertura de 2,38 mm (8 mesh). No estágio posterior, realizou-se a homogeneização da amostra global em pilha triangular e retirada amostras de 20 kg. Para realizar os ensaios em laboratório, foi feita uma nova pilha de homogeneização com uma massa de 20 kg, obtendo alíquotas de 1,0 kg.

2.2) Caracterização da Amostra

As etapas utilizadas para caracterizar a amostra foram: análise granulométrica, análise química por difração de raios-X, fluorescência de raios-X e, por último, a determinação do grau de liberação.

a) Análise Granulométrica

De início foi feita a dispersão de 1,0 kg da amostra bruta em uma polpa com 50% de sólidos. Na segunda etapa procedeu-se a classificação da amostra com a peneira de abertura de 0,037 mm para remover a fração abaixo desta granulometria. A fração fina foi filtrada, secada e pesada. A secagem foi feita em estufa, cuja temperatura não excedeu a 150°C, evitando-se a perda de massa dos materiais orgânicos existentes. Procedimento análogo foi feito com a fração acima de 37 µm, usando a série Tyler $\sqrt{2}$, desde a abertura de 1,2 mm até 0,037 mm.

b) Fluorescência de Raios-X

Os teores de SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, Na₂O e K₂O da amostra bruta foram determinados pela análise de fluorescência de raios-X. A análise química foi obtida por uma varredura semiquantitativa no modelo S-4 Explorer da *Bruker-axs* do Brasil equipada com tubo de sódio. As amostras foram moídas na granulometria abaixo de 0,074 mm e fundida com tetraborato de lítio na temperatura de 1100°C na proporção 1:6 amostra/fundente.

c) Difração de Raios-X

As fases mineralógicas da amostra bruta foram determinadas em um difratômetro da marca *Bruker-AXS D5005*, radiação Co K α (35kV/40mA); 2 θ por passo com tempo de contagem de 1 s por passo e coletado de 5 a 80° 2 θ .

A interpretação qualitativa de espectro foi efetuada por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF02 (ICDD, 1996) em *software Bruker DiffracPlus*.

d) Grau de Liberação

O grau de liberação das partículas de quartzo, muscovita e feldspatos foram determinados utilizando uma lupa binocular e pela análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) equipado com sistema de microanálise por dispersão de energia (EDS), marca Leica, mod.S440.

2.3) Curva de Moagem

Os ensaios foram realizados em moinho de barras de laboratório (300 mm X 165 mm). Para tanto, foram utilizadas 10 barras de diâmetro de 20 mm, 1 kg de minério e 1 L de água, variando-se apenas o tempo de moagem.

2.4) Beneficiamento do Pegmatito

Com base nos resultados obtidos da caracterização química e mineralógica do material de estudo, pode-se iniciar a etapa de beneficiamento do pegmatito. Primeiramente realizou-se a moagem por 16 min, para em seguida ser realizado o processo de flotação.

2.4.1) Flotação

O estudo de flotação foi realizado em uma célula DENVER MOD D12 de laboratório, com uma cuba de 5 L e amostras de 1 kg, previamente moída no moinho de barras.

De acordo com a literatura, notou-se que tanto para a flotação do feldspato quanto da muscovita, o uso de coletores catiônicos, notadamente as aminas, foram os que apresentaram melhores resultados para uma grande faixa de pH (Oba & Ribeiro, 2006). Para os ensaios realizados optou-se em utilizar o coletor Armac-T.

O primeiro ensaio foi realizado em duas etapas: a primeira consistiu na remoção da muscovita e a segunda na remoção do feldspato, ambas foram realizadas em dois estágio: *rougher* e *scavenger*. O rejeito foi um concentrado de quartzo, que era o afundado no estágio *scavenger* da flotação do feldspato. Antes de realizar a flotação do feldspato foi necessário fazer um desaguamento, a fim de remover o ácido sulfúrico residual. Para cada estágio foi adicionado querosene, espumante MIBC (metil isobutil carbinol) e o coletor Armac-T. Na flotação da muscovita e do feldspato o ajuste de pH foi feito, respectivamente, com o ácido sulfúrico e o fluorídrico.

O segundo ensaio baseou-se somente na flotação do feldspato, com a finalidade de observar se seria necessário desempenhar a flotação da muscovita, já que o teor de muscovita é muito baixo. Os reagentes utilizados foram os mesmos do primeiro ensaio. As condições nas quais realizou-se a flotação nos ensaios 01 e 02 encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Condições operacionais e sistema de reagentes do processo de flotação da muscovita e do feldspato.

Tempo de condicionamento do querosene (min)	4			
Tempo de condicionamento do espumante MIBC (min)	1			
Tempo de condicionamento do coletor Armac-T (min)	1			
pH (flotação da muscovita)	3,0			
pH (flotação do feldspato)	2,5			
Ensaio 01	Flotação da Muscovita		Flotação do Feldspato	
	<i>Rougher</i>	<i>Scavenger</i>	<i>Rougher</i>	<i>Scavenger</i>
Querosene (g/t)	250	125	550	275
MIBC (g/t)	136	136	136	136
Armac-T (g/t)	200	100	600	300
Tempo de flotação (min)	3	2	3	2
Ensaio 02	Flotação do Feldspato			
	<i>Rougher</i>		<i>Scavenger</i>	
Querosene (g/t)	550		275	
MIBC (g/t)	136		136	
Armac-T (g/t)	600		300	
Tempo de flotação (min)	3		2	

O concentrado de feldspato e os rejeitos *rougher* e *scavenger* dos ensaios 1 e 2 foram submetidos à análise química por espectroscopia de absorção atômica para determinar os teores de SiO₂, Na₂O e K₂O.

3. Resultados e Discussões

3.1) Caracterização da Amostra

A análise do resultado do difratograma de raios-X da amostra bruta (Figura 1) revelou a ocorrência dos minerais de quartzo, albita, microclínio e muscovita.

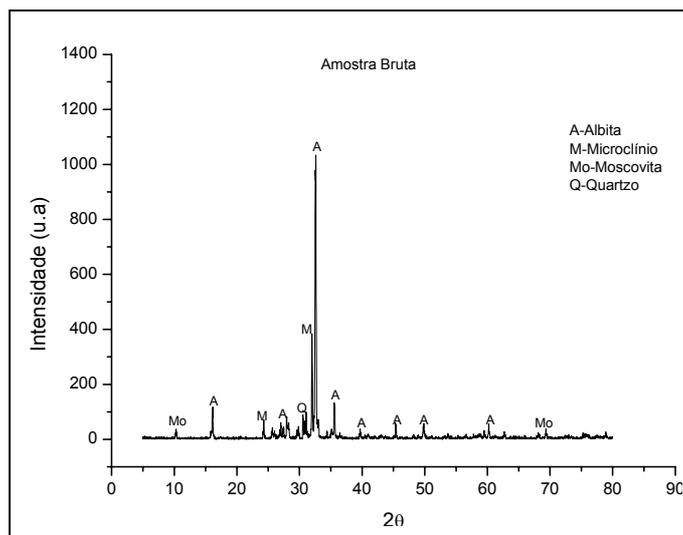


Figura 1. Difratograma de raios-X da amostra bruta.

A Tabela 2 contém os teores de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O e K_2O relativos da amostra bruta. Com base nos resultados da análise química por difração de raios-X e por fluorescência de raios-X, pode-se concluir que o feldspato contido no pegmatito da região Borborema-Seridó é um feldspato sódico, pois o teor do óxido de sódio é superior ao do óxido de potássio. O óxido de ferro deve estar associado a granada. Esta, todavia, não foi detectada pela análise de difração de raios-X, em decorrência da sua baixa concentração na amostra, porém a granada foi identificada pela análise petrográfica.

Tabela 2. Composição química (% peso) da amostra bruta do pegmatito da região Borborema-Seridó (RN).

SiO_2	Al_2O_3	Na_2O	K_2O	Fe_2O_3
69,22	18,34	8,00	3,25	0,10

A observação das frações na lupa binocular e a análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) indicam que as partículas de quartzo, muscovita e feldspato encontram-se liberadas nas frações inferiores a $417 \mu\text{m}$ (35 mesh).

3.3) Beneficiamento

Na Tabela 3 pode-se observar a análise química por absorção atômica do concentrado *rougher*, e verificar a diminuição no teor de SiO_2 e o aumento no teor dos álcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) no concentrado *rougher* dos ensaios 1 e 2, quando comparado com o teor da amostra bruta, o que é um forte indício do aumento da concentração de feldspato nestes concentrados.

Tabela 3. Composição química (% peso) da amostra bruta e dos concentrados de feldspato da etapa *rougher* dos ensaios 01 e 02.

	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O
Ensaio 01	61,30	9,90	3,80
Ensaio 02	65,30	9,70	4,30
Amostra bruta	69,22	8,00	3,25

Na Figura 2 pode-se observar a representação gráfica dos teores (%) de K₂O e Na₂O, a distribuição metalúrgica (%) dos álcalis e a recuperação mássica dos concentrados de feldspato da etapa *rougher* dos ensaios 1 e 2. Os melhores resultados foram obtidos no ensaio 1. Neste ensaio, a recuperação metalúrgica de K₂O e Na₂O e a recuperação mássica foram superiores a 70%. Não houve uma diferença significativa entre os teores de K₂O e Na₂O dos ensaios 1 e 2.

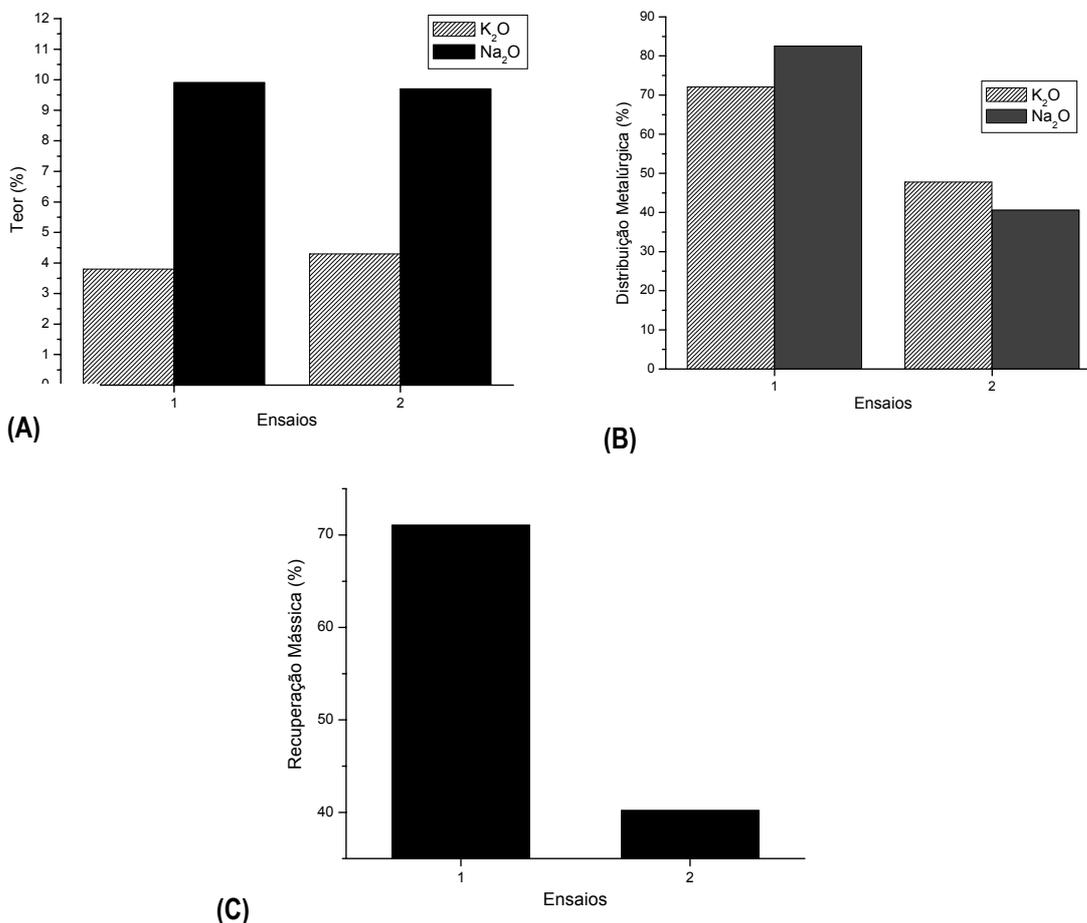


Figura 2. Representação gráfica em (A) dos teores de K₂O e Na₂O, em (B) da distribuição de metalúrgica de K₂O e Na₂O e em (C) a recuperação mássica (%) dos concentrados de feldspatos da etapa *rougher* dos ensaios 1 e

2.

4. Conclusões

O pegmatito da região Borborema-Seridó é constituído basicamente por feldspato sódico, muscovita e quartzo.

Os minerais de quartzo, muscovita e feldspato encontram-se liberados na granulometria inferior a 417 μm (35 mesh).

O concentrado de feldspato que será utilizado na produção da cerâmica odontológica com a seguinte composição química (% em peso): 56,5 de SiO_2 , 20 de Al_2O_3 , 11,2 de K_2O , 0,1 de B_2O_3 , 0,1 de CaO , 10,5 de Na_2O e 0,7 de CeO_2 , será do ensaio 1, na qual foi realizada a flotação da muscovita e do feldspato. Neste ensaio, obteve-se uma melhor distribuição metalúrgica dos álcalis e melhor distribuição mássica, quando comparado com o ensaio 2, na qual foi realizado apenas a flotação do feldspato, apontando que é necessário realizar a etapa de flotação da muscovita.

5. Seção Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro e ao CETEM pela estrutura laboratorial na realização deste trabalho.

6. Referências Bibliográficas

LUZ, A. B. *et al.* Pegmatitos do Nordeste: Diagnóstico sobre o Aproveitamento Racional e Integrado, Séries Rocha e Minerais Industriais, CETEM, v. 9, 2003.

MORAES, R. O.; HECHT, C. Geologia do Feldspato, Principais Depósitos Minerais do Brasil. Brasília: DNPM/CPRM, v. 4b, p.319-326, 1997.

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.

VIDYADHAR, A.; RAO, K. H. Adsorption mechanism of mixed cationic/anionic collectors in feldspar-quartz flotation system. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2006.