

Concentração de Feldspatos Contidos em Rejeitos de Rochas Ornamentais para a Fabricação de Materiais Cerâmicos

Leandro Martins Morani
Bolsista de Iniciação Científica, Eng. de Materiais, UFRJ

Regina Coeli Casseres Carrisso
Orientadora, Eng. Metalúrgica, D. Sc.

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro
Co-orientador, Prof^o Eng. Químico, D. Sc.

Resumo

O corte de rochas ornamentais gera um resíduo fino, que pode gerar graves problemas ambientais, porém é rico em minerais como o quartzo e o feldspato, que podem ser utilizados em diferentes setores da indústria, como, por exemplo, a de vidros e cerâmicas. Baseado nisso, o objetivo deste trabalho é o beneficiamento dos rejeitos do corte de rochas ornamentais com fins de concentração de feldspato, visando atender à indústria cerâmica.

Para este estudo, foram recolhidos rejeitos oriundos da mistura do corte de mármore e granitos de serrarias de Cachoeiro de Itapemirim – ES, que sofreram um processo de peneiramento e flotação. Os resultados indicaram a possibilidade de retirada do ferro, oriundo da granalha, por meio de peneiramento e a separação dos rejeitos de mármore (calcita e dolomita) dos rejeitos de granito (quartzo e feldspato) por meio de flotação. Além disso, os resultados indicaram a possibilidade de separação dos rejeitos quartzo/feldspato também por meio de flotação ácida. Pôde-se concluir que o feldspato retirado dos rejeitos apresentou potencialidade de utilização em produtos de compostos cerâmicos.

1. Introdução

1.1. Rejeitos de Rochas

No Estado do Espírito Santo, os resíduos industriais gerados nas serrarias com teares de lâminas ou diamantados são, geralmente, depositados em barragens de rejeito improvisadas, ou vão sendo acumulados ao redor dessas serrarias ao longo do tempo. Em seguida, os resíduos são costumeiramente lançados ao meio ambiente, em locais inadequados, principalmente em áreas próximas às serrarias. Em alguns casos, esses resíduos são jogados diretamente no rio Itapemirim, causando assoreamento do mesmo, poluindo sua água e gerando assim grande impacto ambiental, acarretando conflitos com regiões vizinhas. Os empresários alegam falta de área para disposição desses resíduos. A comunidade vizinha é prejudicada pela poluição dos cursos d'água. Os órgãos de fiscalização agem, aplicando multas e restringindo ou paralisando as atividades das serrarias, que são muito importantes para a economia da região (Pontes e Stelin Jr., 2005 e Fallenber, 1980).

1.2. Composição dos Rejeitos

O rejeito gerado no processo de corte e beneficiamento das rochas ornamentais é composto essencialmente por água, granalha e pó de rocha. Este último é constituído pelos minerais que compõem granitos e mármore, destacando-se quartzo, feldspato e mica, oriundos do corte de granitos, e a calcita e a dolomita, oriundas do corte de mármore (Carrisso *et al.*, 2005).

1.3. O Setor de Cerâmica

Segundo a Associação Brasileira de Cerâmicas, os materiais cerâmicos geralmente são fabricados a partir da composição de feldspato, sílica e argila. Em seguida, são formadas peças a partir de métodos como colagem, prensagem, extrusão, torneamento, entre outros. Essas peças são tratadas termicamente, em etapas de secagem e queima, onde são desenvolvidas suas propriedades finais. No fim, as peças passam por processos de acabamento, esmaltação e decoração.

O feldspato é a principal matéria-prima das cerâmicas. Ele atua como fundente durante as reações de queima, auxiliando a formação da parte vítrea dos corpos, além de ser fornecedor de sílica (SiO_2). Na indústria de vidro, é utilizado como fonte de Al_2O_3 e álcalis (Na_2O e K_2O), os quais têm, respectivamente, as funções de aumentar a dureza e a resistência química do material e atuar como fundente (Jesus, 2001).

As exigências da indústria cerâmica são bastante diversificadas, uma vez que dependem do tipo de material a ser produzido. Se a alvura não for importante, como ocorre nos casos em que o corpo receberá pigmentação colorida, o teor de ferro tolerável, expresso em Fe_2O_3 , é de 2 a 3 %. Caso contrário, a exemplo das louças brancas, esse teor deve ser de no máximo 0,1%. Quanto a granulometria, de um modo geral, o feldspato destinado à indústria cerâmica deve apresentar granulometria menor que $0,074 \mu\text{m}$, pois seu poder fundente é inversamente proporcional à sua granulometria (Almada e Vlecek, 2000 *apud* França e Sampaio, 2002).

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é concentrar o mineral feldspato contido em rejeitos oriundos do corte de rochas ornamentais, visando sua utilização nas indústrias cerâmicas. Para atender as exigências desta indústria, necessita-se separar o material granulometricamente, retirar o ferro oriundo da granalha e realizar ensaios de flotação.

3. Experimental

3.1. Origem dos Materiais

O rejeito utilizado neste trabalho é oriundo do tanque de coleta de rejeitos oriundos do corte de mármore e granitos de uma serraria de rochas ornamentais de Cachoeiro de Itapemirim – ES.

A argila utilizada para a confecção dos corpos de prova cerâmicos é oriunda da região do Vale do Mulembá – ES.

3.2. Caracterização do Rejeito

3.2.1. Análise Granulométrica

O rejeito foi submetido a peneiramento a úmido, separado por seus tamanhos de grãos, sendo cada fração pesada e catalogada. O material retido em cada peneira foi quarteado, com retirada de alíquotas, visando a realização de caracterizações química e mineralógica.

3.2.2. Análises Química e Mineralógica

Cada fração do material foi caracterizada química e mineralogicamente por meio de difração e fluorescência de raios X (DRX e FRX) pela COAM (Coordenação de Análises Mineraias) do CETEM.

3.3. Ensaio de Flotação

Os ensaios de flotação foram realizados em duas etapas: a primeira com objetivo de separar a calcita e a dolomita do quartzo e do feldspato e a segunda com o objetivo de separar o quartzo do feldspato, conforme demonstra o esquema da Figura 1.

Na etapa 1, utilizou-se ácido oléico como coletor e ROHMIN HFS 4268 como depressor. Já na etapa 2, a amina Flotigan FDA foi utilizada como coletor.

Todos os ensaios foram realizados em célula DENVER, sub-aerada, modelo D-14, em cubas de 1 L com 50% de sólido na polpa inicial e rotações entre 1200 e 1500 r.p.m.

A Tabela 1 sintetiza os principais parâmetros realizados no processo de flotação, incluindo variações de pH, concentrações de depressores e coletores, bem como a variação da rotação da flotação.

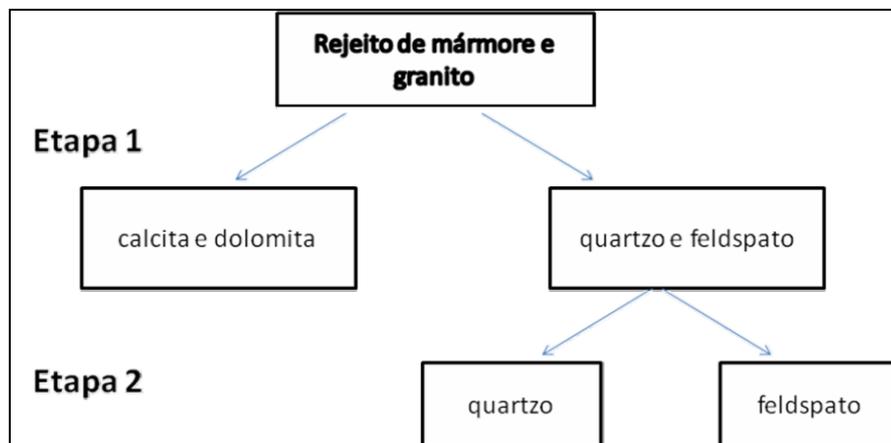


Figura 1. Esquema dos ensaios de flotação.

Tabela 1. Parâmetros do processo de flotação.

ETAPA 1					ETAPA 2				
Ensaio	Concentração		Rotação na flotação (r.p.m.)	pH	Ensaio	Concentração		Rotação na flotação (r.p.m.)	pH
	<i>Depressor (g/t)</i>	<i>Coletor (g/t)</i>				<i>Coletor (g/t)</i>			
1	10	500	1500	8,5	1	100	1200	5,4	
2	100	500	1200	8,7	2	500	1200	5,2	
3	100	500	1400	8,9	3	1000	1200	5,1	
4	100	500	1400	8,6	-	-	-	-	
5	10	1000	1200	8,4	-	-	-	-	
6	100	1000	1200	8,5	-	-	-	-	
7	100	800	1200	8,3	-	-	-	-	

3.2. Ensaio Cerâmicos

Foram realizados ensaios cerâmicos padronizados pelas normas brasileiras da ABNT para ensaios cerâmicos, seguindo-se a metodologia desenvolvida por Pontes e Stellan Jr., (2005). Os tipos de ensaios realizados foram: retração, módulo de ruptura e absorção de água.

No primeiro ensaio, preparou-se uma mistura com 80% de argila e 20% do rejeito beneficiado. Em seguida, este material foi molhado com cerca de 10% de água e colocado em um molde, onde foi prensado com uma força compressiva de 2,5 toneladas. A partir dessa mistura, foram produzidos 12 corpos de prova. Em seguida, os corpos de prova foram secados à temperatura ambiente por 24 horas, visando aumentar a resistência mecânica. Estes corpos de prova foram secados ou queimados, conforme é mostrado a seguir, visando avaliar a retração, absorção de água, cor de queima e resistência à flexão (módulo de ruptura): 4 corpos de prova secados a 70°C; 4 corpos de prova queimados a 900°C e 4 corpos de prova queimados a 1.100°C.

Os ensaios seguintes foram realizados da mesma forma que o primeiro, apenas ocorrendo mudança no percentual de utilização do rejeito, conforme demonstrado na Tabela 2.

Foi produzido um total de 36 corpos de prova nesta primeira fase, usando a amostra do rejeito beneficiado.

Tabela 2. Percentuais de utilização do rejeito para cada ensaio realizado.

Ensaio	Feldspato oriundo da flotação (%)
1	20
2	30
3	40

4. Resultados e Discussões

4.1. Análise Granulométrica e Caracterização das Frações

A Tabela 3 apresenta a distribuição granulométrica do rejeito, onde pode-se verificar uma composição ultrafina do material, uma vez que a maior proporção do rejeito, cerca de 74%, encontra-se com tamanho de partícula inferior a 0,037 mm.

Tabela 3. Distribuição granulométrica do rejeito.

Abertura (mm)	Massa Retida (g)	Retenção (%)
0,210	13,23	1,29
0,177	5,66	0,55
0,149	7,33	0,71
0,105	33,90	3,31
0,075	37,26	3,63
0,053	52,61	5,13
0,044	67,54	6,59
0,037	53,15	5,18
-0,037	754,56	73,60
<i>Massa final</i>	1025,24	100,00
<i>Perda</i>	9,49	0,83

Na Tabela 4, verifica-se a variação da composição química da amostra retida em cada peneira. Observou-se que o ferro, provavelmente oriundo da granalha, pôde ser removido nas peneiras com dimensões superiores a 0,053 mm. Sendo assim, os ensaios de flotação foram realizados utilizando-se a fração passante em 0,053 mm.

Tabela 4. Análise química por FRX das frações granulométricas do rejeito.

Abertura (mm)	Teor (%)									
	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	SiO ₂	SO ₂	TiO ₂	Na ₂ O
0,21	6,99	22,05	24,33	2,10	5,58	0,17	20,90	0,25	0,48	-
0,177	7,78	26,90	14,74	2,87	7,22	0,11	21,30	0,11	0,70	-
0,149	8,43	26,10	12,92	3,22	7,48	0,10	23,10	-	0,78	-
0,105	6,93	29,06	8,13	2,43	8,44	0,07	23,40	-	0,60	-
0,075	5,54	31,87	4,66	1,60	9,92	0,04	22,00	-	0,38	-
0,053	4,18	34,54	2,84	1,03	10,50	-	20,30	-	0,25	0,47
0,044	3,47	34,94	1,80	0,73	10,20	-	17,40	-	0,14	-
0,037	3,17	37,60	1,56	0,69	10,80	-	15,80	-	0,13	-
-0,037	1,89	42,88	0,83	0,44	13,30	-	8,84	-	-	-

4.2. Ensaios de Flotação

4.2.1. Etapa I

A Tabela 5 apresenta as composições mineralógicas do material concentrado e do rejeito nos 7 diferentes ensaios. Pode-se observar que o ensaio 6 apresentou as melhores condições para a separação da calcita e dolomita do quartzo e feldspato, uma vez que se pode verificar um teor de feldspatos em torno de 74% no material rejeitado e um alto teor de calcita e dolomita, em torno de 97% no material concentrado.

Tabela 5. Composições mineralógicas nos diferentes ensaios da etapa I.

Ensaio	Concentrado (%)				Rejeito (%)			
	<i>Feldspato</i>	<i>Quartzo</i>	<i>Calcita</i>	<i>Dolomita</i>	<i>Feldspato</i>	<i>Quartzo</i>	<i>Calcita</i>	<i>Dolomita</i>
1	26,98	22,09	22,50	28,36	23,47	20,11	26,02	30,08
2	23,60	19,00	26,12	31,26	27,49	24,21	21,01	26,54
3	25,46	20,33	25,61	28,13	27,01	24,26	22,59	25,91
4	25,31	20,54	25,78	27,97	26,93	24,34	22,81	25,60
5	22,16	18,09	28,36	31,20	33,21	28,09	14,65	23,88
6	1,19	0,81	31,83	66,06	76,42	19,58	0,80	3,01
7	3,81	2,54	29,28	64,19	74,12	17,51	2,45	5,52

4.2.2. Etapa II

O material considerado rejeito (não flotado) do ensaio 6 da etapa I foi utilizado para o processo de flotação ácida devido ao maior teor de feldspatos. A Tabela 6 indica os teores de feldspato e quartzo obtidos após o II processo de flotação. Observou-se a adequada separação entre quartzo e feldspato nos ensaios 1 e 2, chegando-se a valores em torno de 88% para o quartzo no material concentrado e 98% para o feldspato no material rejeitado. No entanto, as condições do ensaio 1, de menor concentração do coletor, indicam esse ensaio como o mais aconselhável para separação quartzo/feldspato.

Tabela 6. Composições mineralógicas nos diferentes ensaios da etapa II.

Ensaio	Concentrado (%)		Rejeito (%)	
	<i>Quartzo</i>	<i>Feldspato</i>	<i>Quartzo</i>	<i>Feldspato</i>
1	88,61	11,19	2,16	98,07
2	87,36	12,13	2,54	97,50
3	2,70	97,10	Traços	Traços

4.3. Ensaio Cerâmicos

A Tabela 7 apresenta os resultados dos ensaios de ruptura e retração para cada ensaio. Utilizou-se nos ensaios cerâmicos o feldspato obtido no rejeito do ensaio 1 da segunda etapa de flotação. Pode-se verificar que os módulos de ruptura e retração foram considerados adequados às exigências das indústrias cerâmicas, quando se utilizou 30%, em massa, de feldspato em sua composição.

Tabela 7. Resultados de módulo de ruptura e retração de secagem dos corpos de prova cerâmicos.

Ensaio	Amostra seca 70°C		Amostra queimada a 900°C		Amostra queimada a 1100°C	
	<i>Módulo de Ruptura (Kgf/cm²)</i>	<i>Retração de secagem (%)</i>	<i>Módulo de Ruptura (Kgf/cm²)</i>	<i>Retração de secagem (%)</i>	<i>Módulo de Ruptura (Kgf/cm²)</i>	<i>Retração de secagem (%)</i>
20% de Rejeito	50,12	2,65	50,12	2,65	320,16	8,70
30% de Rejeito	39,90	2,21	39,90	2,21	363,74	8,64
40% de Rejeito	30,20	1,50	30,20	1,50	399,50	8,51

5. Conclusões

Conclui-se que os feldspatos contidos nos rejeitos do corte de rochas ornamentais podem ser concentrados por meio de flotação e serem utilizados na composição de 30% de compostos cerâmicos, que apresentam valores de módulo de ruptura, retração e secagem, de acordo com as exigências requeridas pela indústria cerâmica.

6. Agradecimentos

Ao CNPq, pelo apoio financeiro. Ao CETEM, pela infraestrutura fornecida. Aos técnicos Elton Souza dos Santos e Carlos Alberto Santos, do CETEM.

7. Referências Bibliográficas

ALMADA, M.M. e VLICK, T.F., *Pilhas de homogeneização: Uma nova visão para feldspato cerâmico*, Cerâmica Industrial, 2000, pp. 31-34.

Associação Brasileira de Cerâmicas, *Informações Técnicas*, Disponível em: <http://www.abceram.org.br/asp/abc_55.asp> Acesso em: 26 mai. 2008.

CARRISSO, R.C.C., CARVALHO, M.R.C. e VIDAL, F.W.A., *Avaliação de Granitos Ornamentais do Sudeste Através de suas Características Tecnológicas*, CETEM, Vº Simpósio de Rochas Ornamentais, Natal, 2005.

CHIODI FILHO, C., *Rochas Ornamentais No século XXI: Bases para uma Política de Desenvolvimento Sustentado das Exportações Brasileiras* Peiter et al, Rio de Janeiro - CETEM / ABIROCHAS, 2001 Peiter, 2001.

FALLENBERG, G., *Introdução aos Problemas da Poluição Ambiental*, 2 ed., São Paulo: USP, 1980, 193p.

FRANÇA, S.C.A. e SAMPAIO, J.A., *Obtenção de Feldspato a partir de Finos de Pedreira de Nefelina Sienito e Utilização como Insumo para a Indústria Cerâmica*, CETEM, XIX ENTMME, Recife, 2002.

JESUS, C.A.G., *Feldspato*, Sumário Mineral, DNPM, pgs. 61-62, 2001.

PONTES, I.F. e STELLIN JR., A., *Valorização de Resíduos de Serrarias de Mármore e Granito e sua Aplicação na Construção Civil*, CETEM, USP, Vº Simpósio de Rochas Ornamentais, Natal, 2005.