

ESTUDO DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE GRANITO EM MASSAS ARGILOSAS

W. Acchar¹, A. M. Segadães², F. A. Vieira³, Y. A. A. Fonsêca⁴

1 – Departamento de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 59072-970 Natal-RN
E-mail: acchar@dfte.ufrn.br

2 – Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro (CICECO), Universidade de Aveiro,
3810-193 Aveiro, Portugal

3 – CT-Gás, Natal-Rio Grande do Norte

4 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
59072-970 Natal-RN

RESUMO

A incorporação de resíduos industriais na fabricação de materiais cerâmicos vem despertando um grande interesse dos pesquisadores nos últimos anos. Este trabalho descreve o estudo do potencial de utilização de um resíduo de serragem de granito como matéria prima alternativa aos fundentes naturais habitualmente utilizados em massas argilosas. Misturas de argila e resíduo (10 - 50 % em peso) foram compactadas uniaxialmente e sinterizadas a temperaturas entre 950 e 1150 °C. Os resultados obtidos por análise química e mineralógica (difratometria de raios X, DRX, e fluorescência de raios-X, FRX), análise térmica diferencial (ATD), e medidas de absorção de água e resistência mecânica à flexão, revelam que a incorporação do resíduo de granito na massa de argila possibilita o fabrico de produtos cerâmicos argilosos com propriedades melhores do que as especificadas pelas normas para a cerâmica vermelha.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos industriais, cerâmica vermelha, reciclagem, granito.

1. INTRODUÇÃO

Diversos estudos descrevem os efeitos da adição de alguns resíduos industriais, tais como borra de petróleo, granito, cinzas de carvão, ou lodo da indústria têxtil, em massas argilosas (Perez *et al.*, 1996, Silva *et al.*, 1996, Dondi *et al.*, 1997, Crespo e Rincón, 2001, Piscicella *et al.*, 2001, Menezes *et al.*, 2002). Os trabalhos mostram que a grande diversidade na composição química de produtos cerâmicos argilosos permite a incorporação de altas concentrações de resíduos, sem grandes perdas das propriedades dos produtos finais.

A indústria de extração e beneficiamento de granito vem atraindo cada vez mais o interesse dos ambientalistas. Em sua grande maioria, as indústrias não mostram muita preocupação com o meio ambiente, sendo o resíduo jogado diretamente em lagoas e rios, originando graves problemas ambientais (NITES, 1994). A indústria de granito do estado do Rio Grande do Norte produz uma quantidade razoável de resíduo, ainda não quantificado no estado, cujo uso em massas cerâmicas poderá não só amenizar um grave problema ambiental como também significar uma fonte alternativa de matéria prima para o setor cerâmico.

O granito é constituído basicamente de feldspatos, quartzo e micas, tendo como constituintes químicos majoritários, expressos na forma de óxidos, a sílica (SiO_2), a alumina (Al_2O_3) e a cal (CaO), seguidos pelos óxidos alcalinos (Na_2O , K_2O). Resíduos de granito apresentam, em geral, comportamento não plástico e, em razão de sua composição química, características compatíveis com as massas argilosas destinadas à produção de materiais cerâmicos tradicionais (Segadães *et al.*, 2005). O objetivo deste trabalho é estudar o potencial de aplicação do resíduo de granito na fabricação de produtos de cerâmica vermelha.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Neste trabalho, utilizaram-se matérias primas coletadas diretamente da indústria. A argila provém da indústria Cerâmica de São Gonçalo do Amarante, RN, e o resíduo de granito da indústria de beneficiamento de mármore e granitos do estado do Rio Grande do Norte. Misturas contendo argila e diversas concentrações de resíduo (10 a 50% em peso), foram homogeneizadas em moinho de bolas e compactadas uniaxialmente em matriz metálica. Os corpos de prova prensados ($100 \times 10 \times 10 \text{ mm}^3$) foram sinterizados ao ar em forno resistivo a temperaturas entre 950 e 1150 °C durante 2 horas, com taxa de aquecimento de 10 °C/min. A composição química das matérias-primas foi determinada por fluorescência de raios-X (Shimadzu, EDX-700). A análise das fases cristalinas presentes nos materiais foi realizada por difração de raios-X (Shimadzu, XRD-600).

Os corpos cerâmicos sinterizados foram caracterizados quanto a absorção de água (ABNT NBR 6480-85, 1997), fases cristalinas presentes (difração de raios-X) e tensão de ruptura à flexão em três pontos (Shimadzu, Autograph-AGI, 250 kN) segundo a norma NBR 6462-97 da ABNT, 1992.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra o difratograma de raios-X do resíduo de granito. A análise deste difratograma permitiu identificar a presença das seguintes fases cristalinas: quartzo (SiO_2), biotita ($\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{Al},\text{Fe})\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), albita ($\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$), rutilo (TiO_2), anortoclásio ($(\text{Na}_{0,8}\text{K}_{0,14})(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$), anortita ($\text{Na}_{0,45}\text{Ca}_{0,55}(\text{Al}_{1,55}\text{Si}_{2,45}\text{O}_8)$) e óxido de ferro.

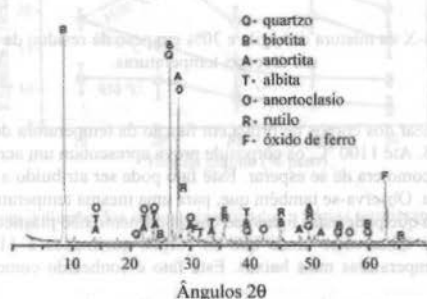


Figura 1 – Difratograma de raios-X do resíduo de granito.

A composição química do resíduo utilizado neste trabalho é mostrada na Tabela I. O resíduo apresenta uma composição constituída principalmente de sílica, alumina e óxidos de cálcio e de ferro, com concentrações inferiores de K_2O , MgO e TiO_2 ; o elevado teor de óxido de ferro, relacionado com a granalha normalmente utilizada no corte/polimento das rochas ornamentais, afetará principalmente a cor do produto final e tenderá a incrementar o efeito dos outros óxidos fundentes durante a queima. O alto teor conjunto de CaO , K_2O e MgO (~17% em peso) terá uma influência marcante durante a queima, promovendo o abaixamento da temperatura inicial de fusão e, por isso, uma sinterização mais fácil do material através da formação de fase líquida (melhor resistência mecânica). Apesar disso, o caráter não plástico do resíduo e sua granulometria poderão contrariar a tendência para a densificação, evitando uma acentuada retração de queima e a redução de porosidade aberta e absorção de água.

Tabela I – Composição química do resíduo de granito (FRX).

Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	K_2O	MgO	TiO_2	SrO	ZnO	MnO	V_2O_5
17,37	51,92	10,70	9,73	4,35	2,66	2,40	0,38	0,02	0,22	0,08

A argila utilizada neste trabalho é constituída principalmente por quartzo e ilita e tem uma composição típica deste tipo de materiais, ou seja, é rica em sílica e alumina, apresentando teores muito inferiores de óxidos de Ti , Ca , Mg , Na , K e Mn . A perda ao fogo está dentro da faixa habitual para as argilas usadas em cerâmica vermelha, geralmente associada a perda de constituintes voláteis, queima de matéria orgânica e decomposição de carbonatos.

A título de exemplo, a Figura 2 apresenta os difratogramas de raios-X dos corpos obtidos com misturas de argila e 30 % em peso de resíduo de granito, em função da temperatura de queima. A partir de 950 °C, pode-se notar uma redução da intensidade dos picos da biotita, devido principalmente a perda de hidroxilas, mas sem destruição da estrutura cristalina. A 1050 °C observa-se uma total eliminação desses picos. Da mesma forma e na mesma faixa de temperatura, a estrutura da ilita também sofre destruição, formando-se uma estrutura amorfa não detectada pela difração de raios-X. A presença de óxido de ferro pode ser observada às várias temperaturas e a da anortita acentua-se com a elevação da temperatura.

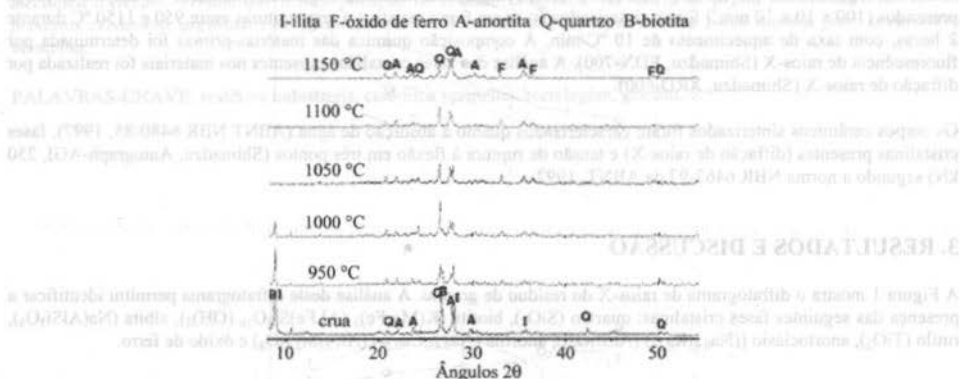


Figura 2 – Difratograma de raios-X da mistura de argila e 30% em peso de resíduo de granito, crua e após sinterização em diversas temperaturas.

O comportamento de retração linear dos corpos de prova em função da temperatura de queima e do teor de resíduo de granito está mostrado na Figura 3. Até 1100 °C, os corpos de prova apresentam um acréscimo regular da retração linear com o aumento da temperatura, como era de se esperar. Este fato pode ser atribuído a melhor densificação do material devido a formação de fase líquida. Observa-se também que, para uma mesma temperatura, o aumento do teor de granito acarreta uma queda da retração, o que pode estar ligado ao comportamento não plástico do resíduo e sua granulometria, tal como referido anteriormente. Observa-se ainda que os corpos queimados a 1150 °C retrairam menos que os correspondentes queimados a temperaturas mais baixas. Este fato é conhecido como sobre-queima (inchamento das amostras).

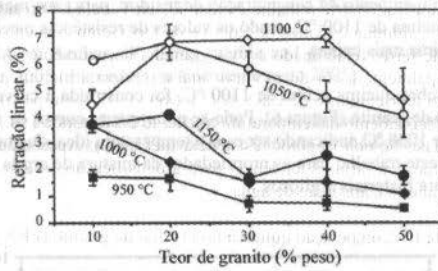


Figura 3 – Retração linear dos corpos sinterizados a várias temperaturas, em função do teor de resíduo de granito.

As Figuras 4 e 5 mostram os valores obtidos para a absorção de água e a resistência mecânica, em função da temperatura de queima e do teor de resíduo incorporado. A contribuição do granito aos valores de absorção de água está associada por um lado à granulometria do resíduo, mais alta que a da argila, e também ao aumento de quartzo, que dificulta a sinterização, propiciando um aumento dos valores de absorção de água. Assim, verifica-se que, para uma mesma temperatura, a absorção de água aumenta com o teor de resíduo e, devido à melhor densificação do material na presença de fase líquida, diminui quando a temperatura aumenta, para um mesmo teor de resíduo. Mais uma vez se observa a sobre-queima acima de 1100 °C, sendo os valores de absorção de água, a 1150 °C, menores que os obtidos a temperaturas inferiores.

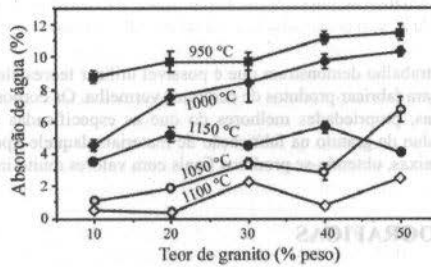


Figura 4 – Absorção de água dos corpos sinterizados a várias temperaturas, em função do teor de resíduo de granito.

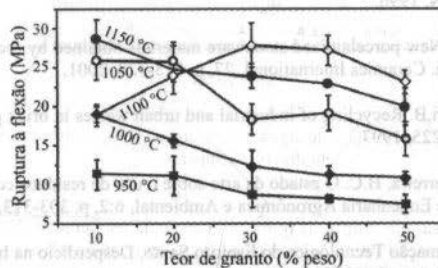


Figura 5 – Tensão de ruptura à flexão dos corpos sinterizados a várias temperaturas, em função do teor de resíduo de granito.

Os valores de resistência mecânica mostrados na Figura 5 estão de acordo com os resultados de absorção de água e de retração de queima, ou seja, a resistência mecânica tende a aumentar com a temperatura de queima, para um mesmo

teor de resíduo, e a diminuir com o aumento da concentração de resíduo, para uma mesma temperatura de queima. De novo se observa a sobre-queima acima de 1100 °C, sendo os valores de resistência mecânica, a 1150 °C, inferiores aos obtidos para temperaturas de queima mais baixas.

Para confirmar a ocorrência de sobre-queima acima de 1100 °C, foi construída a curva de gresificação da mistura de argila e 30 % em peso de resíduo de granito (Figura 6). Pode-se notar que as curvas de retração linear e de absorção de água se cruzam na temperatura de 1038 °C, indicando ser essa a temperatura ideal de queima para esta mistura. Deve-se ressaltar que os valores obtidos neste trabalho para as propriedades da mistura de argila e granito, estão dentro da faixa estabelecida por Santos (1997) para materiais argilosos.

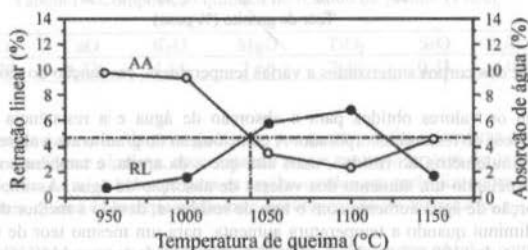


Figura 6 – Curva de gresificação da mistura de argila e 30 % em peso de resíduo de granito.

4. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste trabalho demonstram que é possível utilizar teores elevados de resíduo de granito na composição de massas argilosas para fabricar produtos de cerâmica vermelha. Os corpos sinterizados apresentaram, em todas as temperaturas investigadas, propriedades melhores do que as especificadas pelas normas para a cerâmica vermelha. A incorporação de resíduo de granito na fabricação de materiais daquele tipo, permite conduzir a queima a temperaturas comparativamente baixas, obtendo-se produtos finais com valores muito interessantes das propriedades.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 6480-85, Determinação da massa específica e da absorção de água. Rio de Janeiro-RJ, 1985.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 7170-96, Tijolo maciço cerâmico para alvenaria, especificações. Rio de Janeiro-RN, 1996.
- Crespo, M.S.H. & Rincón, J.M. New porcelainized stoneware materials obtained by recycling of MSW incinerator fly ashes and granite sawing residues. *Ceramics International*, 27, p. 713-720, 2001.
- Dondi, M., Marsigli, M. & Fabbri, B. Recycling of industrial and urban wastes in brick production — a review. *Tile & Brick International*, 13:3, p. 218-225, 1997.
- Menezes, R.R., Neves, G.A. & Ferreira, H.C. O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrônômica e Ambiental*, 6:2, p. 303-313, 2002.
- NITES-Núcleo Regional de Informação Tecnológica do Espírito Santo. Desperdício na Indústria de Mármore e Granito. *Rochas de Qualidade*, Ed.118, Jul-Ago-Set, 1994.
- Perez, E.J., Terradas, A.R., Manent, M.R., Seijas, M. & Martinez, S. Inertization of industrial wastes in ceramic materials. *Industrial Ceramics*, 16:1, p. 7-10, 1996.
- Pisciella, P., Crisucci, S., Karamanov, A. & Pelino, M. Chemical durability of glasses obtained by vitrification of industrial wastes. *Waste Management*, 21, p. 1-9, 2001.

Santos, P.S. *Ciência e Tecnologia de Argilas*, Vol. I, 3ª edição, Edgard Blücher Ltda, S. Paulo, 1997.

Segadães, A.M., Carvalho, M.A. & Acchar, W. Using marble and granite rejects to improve the properties of clay products, *Applied Clay Science*, 2005 (disponível on-line desde maio 2005).

Silva, E.F.C., Fonseca, M.V.A. & Pereira, R.M.L. Estudo da sinterabilidade do rejeito da indústria de beneficiamento de granito. *Anais do 12º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*, p. 468-471, Águas de Lindóia-SP, Brasil, 1996.