

UTILIZAÇÃO DE FINOS DE BRITA EM CERÂMICA ARGILOSA¹

Rafael da Silva Câmara²
Sergio Neves Monteiro³
Carlos Maurício Fontes Vieira⁴

Resumo

Este trabalho tem por objetivo a avaliar a influência da incorporação de finos de brita na microestrutura e nas propriedades de queima de uma massa cerâmica argilosa. As propriedades avaliadas foram: retração linear, absorção de água e tensão de ruptura à flexão. Prepararam-se composições com 0% e 25% em peso de finos de brita para a obtenção de corpos-de-prova por extrusão para queima em temperaturas de 800 a 1200°C. A microestrutura das cerâmicas queimadas foi avaliada por microscopia ótica. Os resultados mostraram que a incorporação de finos de brita é benéfico para a produção de cerâmica vermelha possibilitando redução da retração linear e da absorção de água, sem muito efeito na resistência mecânica.

Palavras-chaves: Argila caulinítica; Finos de brita; Incorporação; Massa cerâmica.

USE OF STONE FINES INTO CLAYEY CERAMIC

Abstract

This work has as its objective to evaluate the incorporation of stone fines in the microstructure and fired properties of a clayey ceramic. The evaluated properties were: linear shrinkage, water absorption and flexural strength. Compositions were prepared with 0 and 25 wt.% of stone fines to obtain specimens by extrusion that were fired at temperatures varying from 800 to 1200°C. The microstructure of the fired ceramics was evaluated by optical microscopy. The results showed that the incorporation of stone fines is beneficial to the production of red ceramic by decreasing both the linear shrinkage and the water absorption, without much effect on the mechanical strength.

Key words: Kaolinitic clay; Stone fines; Incorporation; Red ceramic.

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *Aluno de IC. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV. fael_fv@yahoo.com.br.*

³ *Professor titular. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV. sergio.neves@ig.com.br*

⁴ *Professor associado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV. vieira@uenf.br.*

1 INTRODUÇÃO

As massas das indústrias de cerâmica vermelha do município de Campos dos Goytacazes são, em sua grande maioria, elaboradas de forma empírica com argilas locais com predominância caulínica e elevada plasticidade.⁽¹⁻³⁾ Em decorrência de uma massa excessivamente plástica, é comum a ocorrência de defeitos dimensionais nas peças, bem como trincas de secagem e queima. Além disso, a predominância caulínica e presença de hidróxido de alumínio (gibbsite) nas argilas locais, conferem às mesmas um comportamento refratário durante a queima.⁽⁴⁾ Por isso a utilização dessas argilas como único componente da massa cerâmica para a obtenção de produtos de elevado valor agregado como telhas e pisos rústicos não é viável. A principal razão é a dificuldade de obtenção de baixo nível de porosidade. Uma porosidade excessiva acarreta elevados valores de absorção de água e baixa resistência mecânica. Com isso, há uma necessidade de reformulação das massas cerâmicas com a utilização de matérias-primas não plásticas e fundentes.

Os finos de brita podem atuar com estas finalidades já que sua constituição mineralógica é geralmente composta de quartzo, mineral micáceo e feldspatos. Nas etapas que antecedem a queima, esses minerais atuam como desplastificante, diminuindo a quantidade de água necessária para conformação e facilitando a secagem. Na queima da cerâmica, o quartzo atua como inerte, podendo ainda apresentar uma parte dissolvida na fase líquida formada. Já os feldspatos favorecem a formação de fase líquida e contribuem para a diminuição da porosidade. A ação da mica vai depender do seu tamanho de partícula e da temperatura de queima. Como é constituída de óxidos alcalinos, o mineral micáceo eventualmente pode também atuar como fundente.

Neves e Lima⁽⁵⁾ caracterizaram os finos de pedra britada oriundos de um maciço rochoso granítico no município de Barueri, São Paulo visando seu aproveitamento. Os resultados indicaram que estes finos podem ter uma participação promissora como substituto das areias naturais. A constituição mineralógica é principalmente formada de quartzo, plagioclásios e mica biotita.

Vieira et al.⁽⁶⁾ observaram que a adição de até 30% em peso de pó de pedra, peneirado em malha de 20 mesh (abertura de 840 μm), acarretou uma redução significativa da retração linear, da absorção de água e da tensão de ruptura à flexão de uma cerâmica argilosa de Campos dos Goytacazes queimada em forno industrial tipo Hoffmann a 970°C. A incorporação de 25% deste pó de pedra acarretou uma redução de aproximadamente 60, 15 e 45% para a retração linear de queima, absorção de água e tensão de ruptura à flexão da cerâmica argilosa, respectivamente. A redução brusca da resistência mecânica foi atribuída à granulometria grosseira do pó de pedra, sobretudo, às partículas de quartzo.⁽⁶⁾

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo aprofundar os conhecimentos sobre a possibilidade utilização de finos de brita em cerâmica vermelha, por meio da avaliação da sua influência na microestrutura e nas propriedades de queima de uma massa argilosa utilizada para a fabricação de cerâmica vermelha.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: massa de cerâmica vermelha e finos de brita. Ambas as matérias-primas são provenientes de indústrias localizadas no município de Campos dos Goytacazes, norte do estado

do Rio de Janeiro. A massa cerâmica vermelha investigada foi a mesma utilizada para fabricação de telhas prensadas do tipo romana e portuguesa, sendo composta por argilas caulínicas regionais. Os finos de brita foram provenientes da cominuição de rochas charnoquíticas, da Pedreira Itereré Indústria e Comércio Ltda,

Na composição mineralógica do pó de pedra há predomínio de plagioclásios (andesina e oligoclásio), quartzo e ortoclásio.⁽⁷⁾ A Tabela 1 apresenta a composição química, obtida por fluorescência de raios-X (Philips PW 2400), das matérias-primas. A massa argilosa é tipicamente caulínica com elevado teor de alumina e baixo percentual de óxidos alcalinos. A perda ao fogo de 12,03% está associada, sobretudo, à presença predominante da caulinita. Já os finos de brita apresentam um teor significativo de óxidos alcalinos e alcalino-terrosos indicando um potencial fundente. A desprezível perda ao fogo desse material também pode ser benéfica à cerâmica argilosa.

Tabela 1. Composição química das matérias-primas (% em peso).

Componentes	Massa argilosa	Finos de brita
SiO₂	44,56	63,51
Al₂O₃	29,64	18,81
Fe₂O₃	8,72	4,44
TiO₂	1,22	0,59
CaO	0,34	3,48
MgO	0,89	1,24
Na₂O	0,51	3,14
K₂O	1,40	3,78
PF	12,40	0,59

Foram preparadas composições com 0% e 25% de finos de brita, peneirado em malha de 100 mesh (abertura de 150 μ m).

Foram confeccionados corpos-de-prova retangulares (110 x 25 x 10 mm) por extrusão para queima nas temperaturas de 800°C, 900°C, 1.000°C, 1.100°C e 1.200°C. Foi utilizada uma taxa de aquecimento de 4°C/min e isoterma de 120 minutos na temperatura de patamar. O resfriamento foi realizado desligando-se o forno. As propriedades físicas e mecânicas determinadas foram: retração linear de queima, absorção de água⁽⁸⁾ e tensão de ruptura à flexão em três pontos.⁽⁹⁾

A microestrutura das cerâmicas queimadas foi avaliada por microscopia ótica (MO) utilizando um microscópio ótico modelo MOTIC fabricado pela Agar Scientific. As amostras foram seccionadas em uma máquina de corte Struers, modelo MESOTOM, utilizando um disco de diamante Struers, e lixadas em lixa de 1.200.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores de densidade aparente a seco e de queima das cerâmicas. É possível observar que a incorporação de finos de brita aumentou a densidade aparente a seco da cerâmica argilosa. Isto reduz a retração linear e pode facilitar a etapa de queima. Por outro lado, uma maior compactação da cerâmica pode dificultar a saída de gases. Com relação à densidade de queima, a cerâmica com finos de brita, M25, permanece com uma densidade superior à cerâmica argilosa pura, MO, até a temperatura de 1.000°C. Este resultado é atribuído à maior densidade a seco da cerâmica com finos de brita, bem como à redução da perda de

massa durante a queima com a incorporação de finos de brita. Por outro lado, em temperaturas mais elevadas, era de se esperar um aumento ainda mais significativo da densidade aparente da cerâmica com finos de brita, já que este material é constituído de fundentes. Entretanto, a Tabela 2 mostra que isto não ocorreu, possivelmente devido à granulometria ainda grosseira dos finos de brita.

A Tabela 2 ainda mostra que, até 1.000°C, a densidade de queima de ambas as cerâmicas é inferior à densidade a seco. Isto indica que nestas temperaturas não ocorreu densificação, embora tenha ocorrido sinterização, ou seja, consolidação das partículas. Já nas temperaturas de 1.100°C e 1.200°C, a densidade das cerâmicas aumenta significativamente, influenciada pela maior formação de fase líquida.

Tabela 2. Densidade aparente de queima das cerâmicas (g/cm³).

Temperatura	Composições	
	M0	M25
110°C (a seco)	1,68	1,73
800°C	1,53	1,58
900°C	1,59	1,62
1000°C	1,62	1,64
1100°C	2,00	1,95
1200°C	2,01	2,04

As Figuras de 1 a 3 apresentam as propriedades de queima das cerâmicas. Na Figura 1 observa-se que ocorre um incremento não muito significativo da retração linear de ambas as cerâmicas na faixa de 800°C a 1.000°C. A partir daí, a retração linear aumenta significativamente. A Figura 1 mostra ainda que a incorporação de finos de brita possibilitou uma redução da retração linear da cerâmica argilosa. Isto é atribuído também ao aumento da densidade a seco e à redução da perda de massa durante a queima proporcionada pela incorporação de finos de brita.

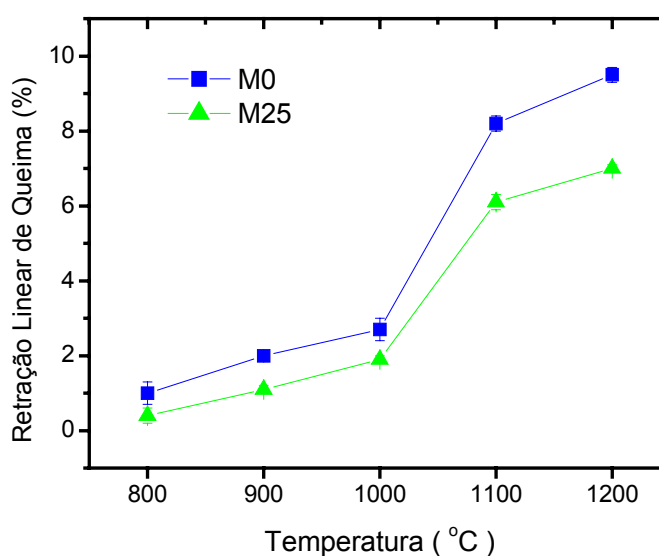


Figura 1. Retração linear de queima.

Na Figura 2, de um modo geral, observa-se que ocorre uma pequena redução da absorção de água no intervalo de 800°C a 1.000°C. A partir daí, a absorção de água reduz-se significativamente. A Figura 2 mostra ainda que a incorporação de finos de brita possibilitou uma redução da absorção de água da cerâmica argilosa na faixa de 800°C a 1.000°C, típica da queima de cerâmica vermelha. Isto ocorreu devido aos fatores já comentados anteriormente tais como densidade aparente a seco e redução da perda de massa durante a queima. Como a absorção de água está diretamente relacionada com a porosidade aberta do material, um maior grau de empacotamento e menor saída de gases são fatores extremamente influentes nesta propriedade. Já em temperaturas superiores a 1.000°C, a incorporação de finos de brita não foi benéfica. Pelo contrário, piorou ligeiramente a absorção de água da cerâmica. Estes resultados comprovam que os finos de brita não atuaram como fundentes e sim como material de preenchimento com comportamento tipicamente inerte durante a etapa de queima.

A Figura 3 apresenta a tensão de ruptura à flexão das cerâmicas em função da temperatura de queima. A resistência mecânica de materiais frágeis, como a cerâmica argilosa queimada, é determinada pela concentração de tensões em defeitos microestruturais como poros, trincas e microfissuras. De acordo com o postulado de Griffith,⁽¹⁰⁾ quanto maior o defeito, menor será a resistência mecânica. Nota-se na Figura 3 que ambas as cerâmicas apresentam um incremento da tensão de ruptura à flexão de 800°C a 1.100°C, sobretudo, de 1.000°C a 1.100°C. Isto pode ser atribuído aos mecanismos de sinterização que possibilitam a consolidação das partículas. Já a 1.200°C, a tensão de ruptura à flexão praticamente não varia com relação aos resultados de 1.100°C. Nesta temperatura é comum a ocorrência de bolhas no interior das peças e porosidade superficial devido à redução de compostos de ferro que acarreta eliminação de O₂.⁽¹¹⁾ A Figura 3 mostra ainda que a incorporação de finos de brita não foi benéfica para a resistência mecânica da cerâmica argilosa. Embora nas temperaturas de 800°C a 1.000°C a cerâmica com finos de brita tenha apresentado maior densidade aparente e menor absorção de água em comparação à cerâmica argilosa pura, a resistência mecânica é ligeiramente inferior. Isto provavelmente foi causado pelos grãos de quartzo. O quartzo é um dos principais minerais constituintes dos finos de brita. O quartzo sofre uma transformação polimórfica por volta de 573°C, com variação reversível de volume de 0,8%. Estas transformações são severas, pois acontecem rapidamente, gerando tensões que podem acarretar o aparecimento de trincas.⁽¹²⁾

Os valores obtidos para a retração linear de queima (RL), absorção de água (AA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) da cerâmica com 25% de finos de brita queimada a 1.000°C foram de 1,9%, 18,8% e 15,5 MPa, respectivamente. Estes valores representam uma redução de 29,6%, 12,1% e 7,2% para a RL, AA e TRF em comparação com a cerâmica argilosa pura. Neste trabalho a pequena redução da tensão de ruptura à flexão da cerâmica argilosa, 7,2%, pode ser atribuída à granulometria mais fina dos finos de brita, cujas partículas apresentam tamanho inferior a 150 µm. Em trabalho anterior⁽⁷⁾ a redução da resistência mecânica foi de 45% para a temperatura de 970°C e com 25% de pó de pedra incorporado na cerâmica argilosa. Neste caso, o pó de pedra apresentava tamanho de partícula bem mais grosseiro, alcançando valores de até 840 µm. Estes resultados evidenciam que o tamanho de partícula exerce forte influência nas propriedades mecânicas da cerâmica.

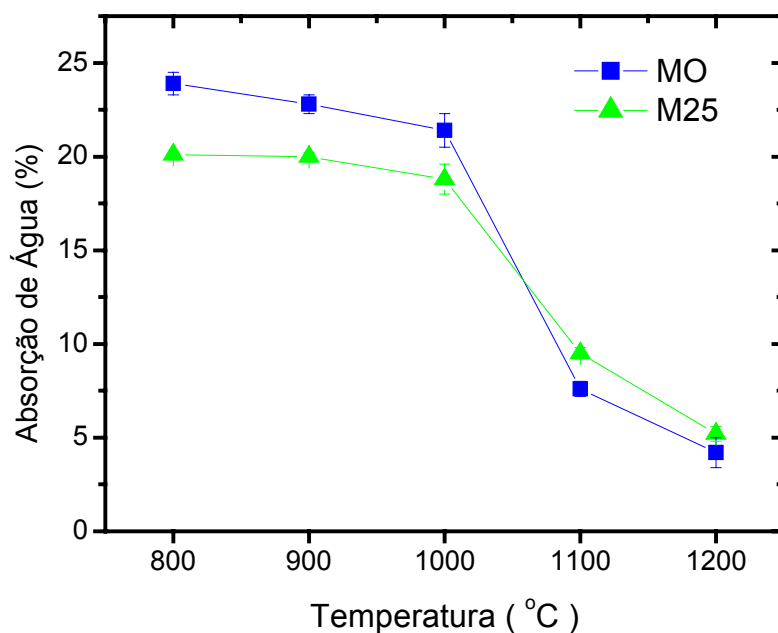


Figura 2. Absorção de água das cerâmicas em função da temperatura de queima.

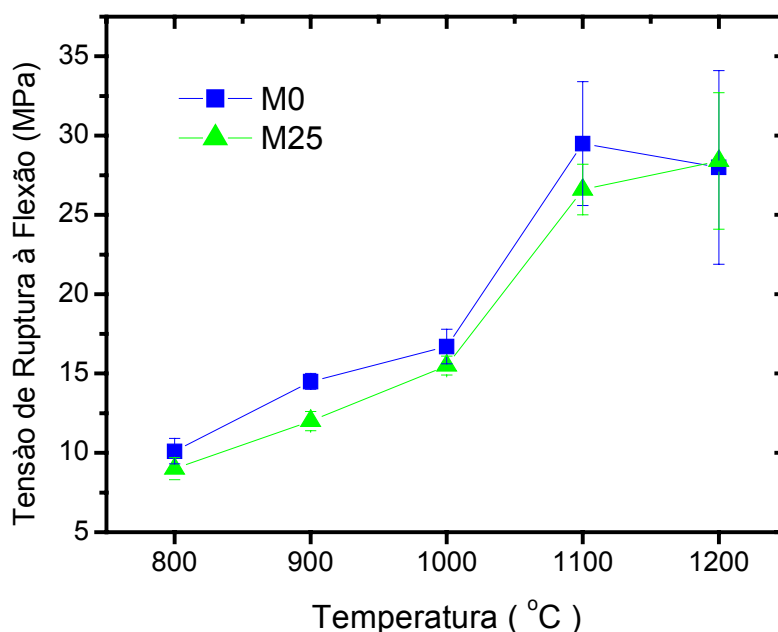


Figura 3. Tensão de ruptura à flexão das cerâmicas em função da temperatura de queima.

As Figuras 4 a 7 apresentam micrografias óticas das cerâmicas investigadas queimadas a 1.000°C e 1.200°C. Na Figura 4 é possível observar trincas do tipo “sem saída” com comprimento superior a 0,5 mm, conforme indicam as setas. Estas trincas são atribuídas à falta de material e são provenientes da etapa de compactação.⁽¹³⁾ Nesta figura é possível também identificar grãos de quartzo, circundados, dispersos na matriz de aluminossilicato. Estas partículas de quartzo estão naturalmente presentes nas argilas. Embora o quartzo traga benefícios para a cerâmica, tais como a redução da plasticidade, facilidade de secagem e redução da retração linear, dentre outros, geralmente ocorre também um decréscimo na resistência mecânica.

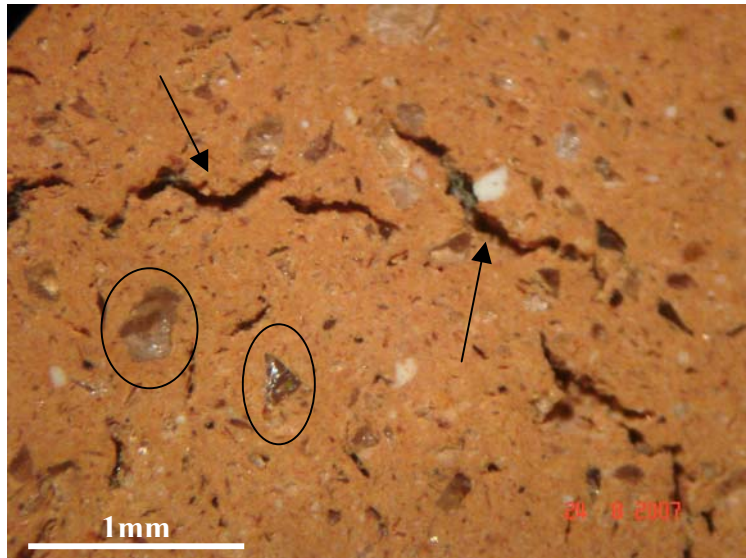


Figura 4. Micrografia ótica da cerâmica MO queimada a 1.000°C.

A Figura 5 mostra uma micrografia ótica da cerâmica M25 queimada a 1.000°C. Nesta figura, como na anterior, nota-se também a presença de trincas do tipo “sem saída” provenientes da etapa de compactação. Estas trincas ocorrem em ambas as cerâmicas e parecem ter grande influência na resistência mecânica, já que se constituem como o maior defeito observável. Na Figura 5 verifica-se também a presença de grãos de quartzo (circundados).

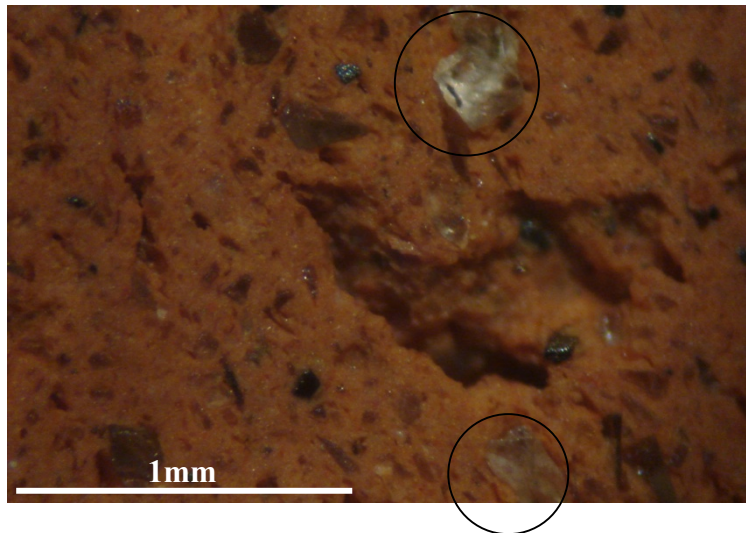


Figura 5. Micrografia ótica da cerâmica M25 queimada a 1.000°C.

A Figura 6 mostra uma micrografia ótica da cerâmica MO queimada a 1.200°C. Em comparação com a temperatura de 1.000°C, é possível notar uma microestrutura mais compacta com menor quantidade de trincas e poros. Por outro lado, nota-se uma região escura com a presença de porosidade esférica, conforme indica a seta. Esta região é denominada de coração negro sendo ocasionada pela redução dos compostos de ferro.

Já na Figura 7, correspondente à cerâmica M25 queimada a 1.200°C, nota-se as trincas “sem saída” e ainda microtrincas em toda a superfície da peça. Estas microtrincas são possivelmente provenientes da presença significativa de quartzo

livre nesta cerâmica. Embora a cerâmica M25 apresente estas trincas, a Figura 3 mostra que a resistência mecânica não foi reduzida.

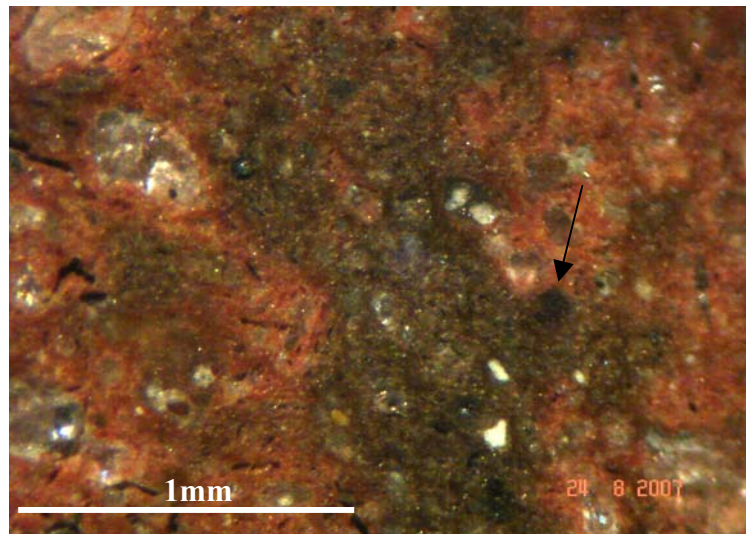


Figura 6. Micrografia ótica da cerâmica MO queimada a 1.200°C.

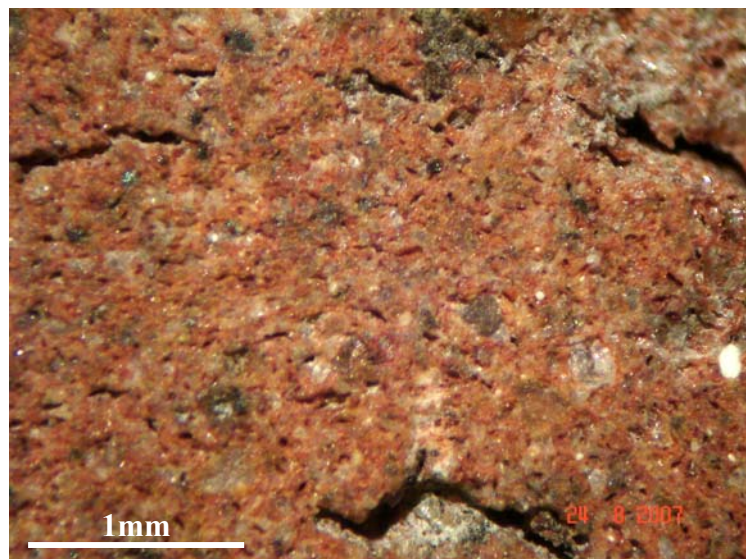


Figura 7. Micrografia ótica da cerâmica M25 queimada a 1.200°C.

Como considerações finais, pode-se afirmar que a incorporação de finos de brita em argila pode ser benéfica para a fabricação de cerâmica vermelha, por meio da redução da absorção de água e da retração linear. Além disso, os finos de brita atuam como material não plástico o que pode ser vantajoso para ajustar a plasticidade de massas altamente plásticas. A viabilidade econômica da utilização de finos de brita vai depender fortemente da proximidade das pedreiras com as cerâmicas.

4 CONCLUSÕES

Neste trabalho de avaliação da influência da adição de 25% em peso de finos de brita, material gerado na produção de pedra britada, na microestrutura e nas propriedades de queima de uma massa de cerâmica vermelha, pode-se concluir que:

- ⇒ A incorporação de finos de brita a uma massa cerâmica argilosa caulinitica melhorou a densidade aparente a seco, o que é benéfico para a cerâmica.
- ⇒ Nas temperaturas típicas de queima de cerâmica vermelha, de 800°C a 1.000°C, a incorporação de finos de brita reduziu a retração linear e a absorção de água da cerâmica. Com relação à resistência mecânica, houve uma redução pouco significativa.
- ⇒ Os finos de brita não atuaram efetivamente como fundentes, mesmo em temperaturas elevadas. Aparentemente a atuação destes finos foi como material de preenchimento com comportamento inerte durante a queima. Isto pode ser atribuído à granulometria ainda grosseira para uma maior formação de fase líquida e à presença de feldspatos cálcicos, mais refratários.

Agradecimentos

Os autores agradecem à TECNORTE/FENORTE pelo apoio para a realização deste trabalho na forma de bolsa de IT, FAPERJ, Capes e CNPq.

REFERÊNCIAS

- 1 VIEIRA, C.M.F. SOARES, T.M., MONTEIRO, S.N. Massas cerâmicas para telhas: características e comportamento de queima. *Cerâmica*. v.49, n.312, p. 245 - 250, 2003.
- 2 MONTEIRO, S.N., SANCHEZ, R., VIEIRA, C.M.F. Comparison of Roofing Tile Clay Ceramic Bodies from Campos dos Goytacazes, Brazil. *Silicates Industriels*. v.69, n.11-12, p.103 - 109, 2004.
- 3 VIEIRA, C.M.F., SANCHEZ, R., MONTEIRO, S.N. Microstructure Evolution in Kaolinitic Clay as a Function of Firing Temperature. *Interceram*. v.24, n.4, p. 268 - 271, 2005.
- 4 MONTEIRO, S.N., VIEIRA, C.M.F. Characteristics and Influence of Firing Temperature on the Properties of Clays from Campos dos Goytacazes, Brazil. *Applied Clay Science*, v.27, p.229-234, 2004.
- 5 NEVES, L, BAPTISTA DE LIMA, José Renato, Estudo do reaproveitamento dos finos de pedra britada. In: CONGRESSO ANUAL DA ABM, 55, 2000, Rio de Janeiro. São Paulo: ABM, 2000. p.573 – 579.
- 6 VIEIRA, C.M.F., SOARES, T.M., MONTEIRO, S.N., Utilização de granito em massa cerâmica para telhas. *Cerâmica Industrial*. v.9, n.1, p.36 - 40, 2004.
- 7 INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Ensaio Tecnológicos em Amostra de Rocha, Certificado nº 787100 (1991), p. 8.
- 8 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM, Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products, C 373-72, 1972.
- 9 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS –ASTM, Flexural Properties of Ceramic Whiteware Materials, C 674-77, 1977.
- 10 GRIFFITH, A.A. The phenomena of rupture and flow in solids. *Philos. Trans. R. soc. London, Ser. A*, 221: 1920, 163-198.
- 11 BENLLOCH, A.E., ALBARO, J.L.A., NAVARRO, J.E.E. Estudio de pastas de gres para pavimentos, *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr.*, v. 20, n. 1, 1982, 17-24.
- 12 CARTY, W.M., SENAPATI, U. Porcelain-raw materials, processing, phase evolution, and mechanical behavior. *J. Am. Ceram. Soc.*, v. 81, n. 1, 1998, 3-20.
- 13 MÁZ, E. A queima cerâmica forno a forno. Pólo Produções, 2007.