

## Efeito da utilização de areia no processamento e nas propriedades de cerâmica vermelha

*(Effect of the use of sand in the processing and properties of red ceramics)*

L. F. T. Queiroz, S. N. Monteiro, C. M. F. Vieira

Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF  
Av. Alberto Lamego 2000, Campos do Goytacazes, RJ 28015-620  
lftqueiroz@gmail.com

### Resumo

Este trabalho teve por objetivo reformular uma típica massa de telhas produzida no município de Campos dos Goytacazes, RJ, variando a quantidade de areia. As matérias-primas, massa argilosa e areia, foram inicialmente submetidas a ensaios de caracterização mineralógica, química e física. Foram preparados corpos de prova por extrusão para queima nas temperaturas de 850, 950 e 1050 °C. As propriedades avaliadas foram plasticidade, absorção de água, retração linear de queima e tensão de ruptura à flexão. Os resultados indicaram que as propriedades avaliadas melhoraram com a utilização de areia.

**Palavras-chave:** argila, areia, cerâmica vermelha, telhas.

### Abstract

*This work has as objective to reformulate a typical roofing tile body produced at Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil, varying the amount of sand. The raw materials, clayey body and sand, were initially submitted to mineralogical, chemical and physical characterization tests. Specimens were prepared by extrusion to fire at 850, 950 and 1050 °C. The evaluated properties were: plasticity, water absorption, firing linear shrinkage and flexural rupture strength. The results indicated that the evaluated properties improved with the use of sand.*

**Keywords:** clay, sand, red ceramic, roofing tiles.

## INTRODUÇÃO

O município de Campos dos Goytacazes, RJ, é um dos maiores produtores de cerâmica vermelha do país. Atualmente, estima-se que cerca de cem indústrias sindicalizadas geram cerca de R\$ 168 milhões por ano, com uma produção estimada de 75 milhões de peças por mês [1]. A produção é voltada para a fabricação de blocos de vedação. Há ainda produção de blocos de laje, telhas, tijolos aparentes, revestimentos rústicos e blocos estruturais.

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 de elevada plasticidade [2-4].

Para a conformação das massas cerâmicas, as indústrias locais normalmente utilizam uma excessiva quantidade de água, normalmente superior a 30% em peso de material seco, que acarreta grande dificuldade de secagem. Além disso, após queima, os produtos geralmente apresentam elevada porosidade que acarreta valores de absorção de água superior ao valor máximo estipulado por norma. As principais razões para a elevada plasticidade e porosidade dos produtos são as características das argilas locais utilizadas na composição da massa, como o excessivo teor de mineral argiloso e a elevada

perda de massa durante a queima. O mineral argiloso predominante é a caulínica que se caracteriza ainda por um comportamento de queima refratário [3, 4]. Eventualmente a areia, geralmente constituída com predominância de quartzo, é utilizada em quantidades de até 10-15% em peso para ajustar a plasticidade da massa cerâmica. O efeito da utilização de areia em cerâmica vermelha é bem conhecido na literatura [5-9]. A areia apresenta como desvantagens um aumento de desgaste dos equipamentos de preparação de massa e de extrusão e redução da resistência mecânica das peças. Nas peças verdes e secas, esta redução da resistência mecânica está associada a pouca aderência das partículas de areia com os minerais argilosos. Após queima, as partículas de areia promovem o aparecimento de trincas em consequência da variação volumétrica do quartzo proveniente da transformação alotrópica. Por outro lado, a areia possibilita um ajuste da plasticidade da massa, devido ao seu caráter de material não-plástico, facilita a etapa de secagem e pode até reduzir a absorção de água da cerâmica queimada devido ao aumento do empacotamento das partículas e ainda à redução da perda de massa durante a queima. Eventualmente, a resistência mecânica da cerâmica pode também melhorar, dependendo, por exemplo, da granulometria das partículas de quartzo. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo caracterizar e avaliar a influência da utilização de areia, em

até 25% em peso, no processamento e na qualidade de uma massa cerâmica para telhas de predominância caulinitica.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados os seguintes materiais: massa argilosa, constituída da mistura de dois tipos de argilas de coloração acinzentada, e areia. Ambas as matérias-primas são utilizadas na composição da massa, nas quantidades de 90% de argila e 10% de areia, por uma cerâmica de Campos dos Goytacazes, RJ, para a fabricação de telhas prensadas. Após a coleta das matérias-primas na cerâmica, estas foram inicialmente secas em estufa a 110 °C, desagregadas com pilão manual e submetida a peneiramento em peneira ABNT 20 (abertura 0,840 mm). A composição química das matérias-primas foi determinada por fluorescência de raios X em equipamento Philips PW 2400. A composição mineralógica qualitativa foi obtida por difração de raios X (DRX), em equipamento Shimadzu 7000, operando com radiação Cu-ka e  $2\theta$  variando de 5° a 60°. A distribuição de tamanho de partículas das matérias-primas foi determinada por peneiramento e sedimentação de acordo com a norma técnica [10]. Os ensaios de análise térmica diferencial (ATD) e termogravimétrica (ATG) dos resíduos num instrumento de análise térmica simultânea TA Instr. SDT 2960.

Foram preparadas composições com as seguintes quantidades de areia em mistura com a massa argilosa: 0, 5, 10, 15, 20 e 25% em peso, denominadas M0, M5, M10, M15, M20 e M25, respectivamente. Estas misturas foram homogeneizadas a seco em galga misturadora de pista lisa, Gardelin GM 400. Deve-se ressaltar que a indústria cerâmica utiliza a composição com 10% em peso de areia e 90% de argilas.

A plasticidade das composições foi determinada de acordo com as normas técnicas [11, 12] por meio da determinação dos limites de Atterberg.

Corpos de prova retangulares foram conformados por extrusora de laboratório nas dimensões 100 x 30 x 11 mm<sup>3</sup>. A quantidade de água adicionada para conformação da composição argilosa sem adição de areia foi 31% em peso. Este percentual foi determinado em função do limite de plasticidade da massa que é de 30,5%. Com o aumento da adição de areia, houve uma redução na quantidade de conformação utilizada. Os corpos de prova inicialmente foram secos em temperatura ambiente por 24 h e colocados em estufa a 110 °C até alcançarem peso constante. A queima foi realizada em forno de laboratório nas temperaturas de 850, 950 e 1050 °C, com 120 min de patamar com taxa de aquecimento/resfriamento 2 °C/min. As propriedades determinadas foram densidade aparente a seco, retração linear de queima, absorção de água e tensão de ruptura à flexão (três pontos).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figs. 1 e 2 apresentam os difratogramas de raios X da areia e da massa cerâmica argilosa, respectivamente. A areia

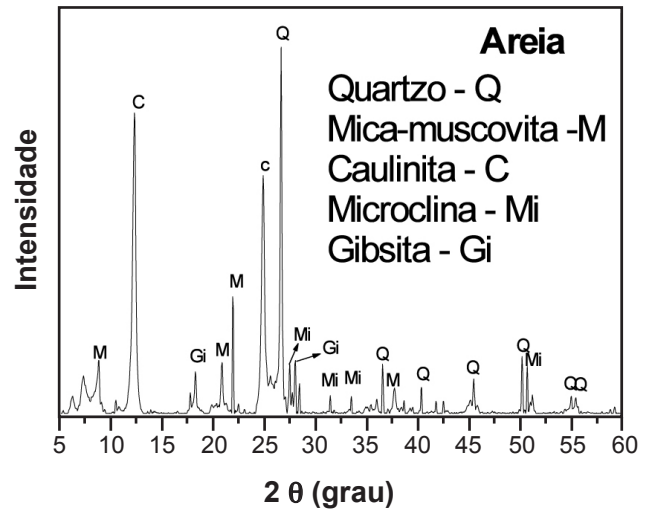


Figura 1: Difratograma de raios X da areia.

[Figure 1: X-ray diffraction pattern of the sand.]

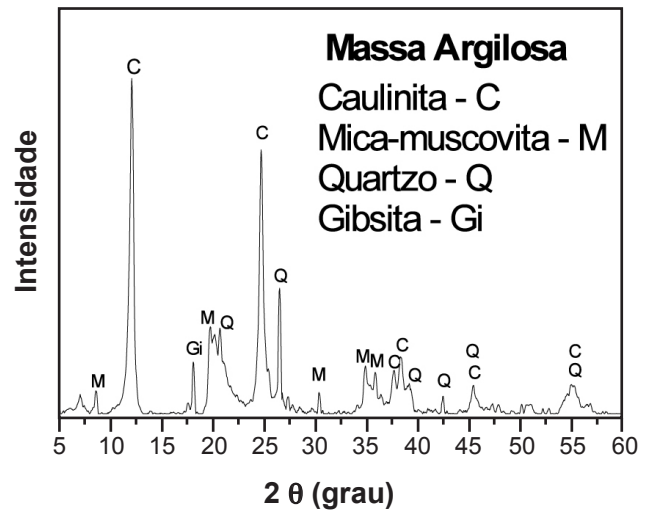


Figura 2: Difratograma de raios X da massa argilosa.

[Figure 2: X-ray diffraction pattern of the clayey body.]

é constituída de quartzo, caulinita, mica muscovita, gibsita (hidróxido de alumínio), além de traços de microclina. Já na massa cerâmica observa-se a predominância de caulinita, quartzo, mica muscovita e gibsita. A composição mineralógica das matérias-primas é bem similar. Entretanto, na massa argilosa há predomínio de caulinita e na areia, de quartzo.

De acordo com a Fig. 3 pode-se observar que a massa argilosa apresenta uma granulometria fina com percentual de fração “argila”, considerada abaixo de 0,002 mm de acordo com a classificação da International Society of Soil Science [13], de 60% em peso. As frações “silte” (0,002 a 0,02 mm) e “areia” (de 0,02 a 2 mm) são de 28% e 12%, respectivamente. Já a areia apresenta uma granulometria mais grosseira e com predominância (87,8%) de fração “areia”. Estas partículas são extremamente problemáticas na etapa de queima devido ao risco de aparecimento de trincas de resfriamento causadas pela

transformação alotrópica do quartzo a 573 °C, que é acompanhada de redução de volume [14]. As frações “argila” e “silte” são 3,3% e 8,9%, respectivamente.

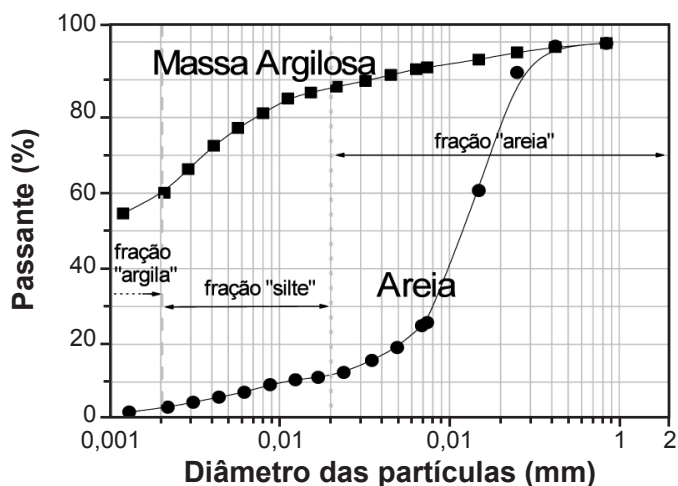


Figura 3: Curvas de distribuição de tamanho de partículas das matérias-primas.

[Figure 3: Particle size distribution curves of the raw materials.]

De acordo com a Tabela I a massa cerâmica é predominantemente constituída de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e de alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). O percentual de 30,87% de alumina é considerado elevado e típico de argilas caulínicas. Este elevado percentual de alumina também é um indicativo de um significativo percentual de mineral argiloso, conforme indicado na Fig. 2. A elevada perda ao fogo, 15,75%, está associada, sobretudo, à presença da caulinita. Observa-se também que a massa argilosa apresenta um teor relativamente baixo de hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). É por esta razão que a massa argilosa possibilita a obtenção de telhas de coloração creme. Já a areia é constituída principalmente de sílica, associada, sobretudo, ao mineral quartzo. O teor relativamente elevado de impurezas bem como da perda ao fogo estão associadas à presença de outros minerais, conforme indicados na Fig. 1.

As curvas de ATD/TG/DTG das matérias-primas estão apresentadas nas Figs. 4 e 5. A massa argilosa, Fig. 4, apresenta uma perda de massa inicial de 2,4% devido à eliminação de água higroscópica. O pico endotérmico observado a 266,4 °C é devido à desidratação da gibsita. A perda de massa associada a esta reação é também de 2,4%. Na temperatura de 487,6 °C ocorre uma reação endotérmica com pronunciada perda de massa de 10,9%. A desidroxilação da caulinita é a principal responsável por esta reação. A presença de gibsita contribui para o aumento da

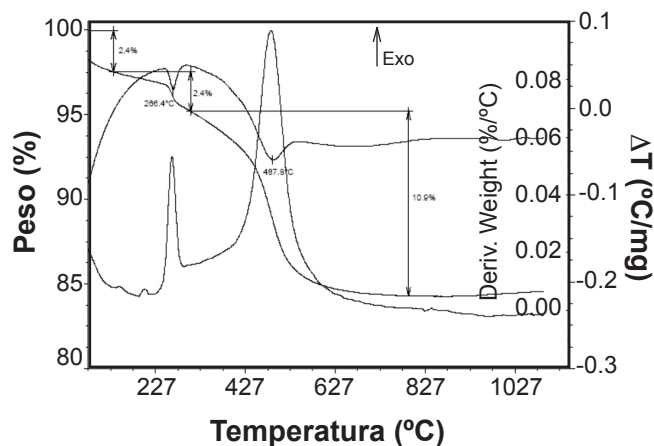


Figura 4: Curvas de ATD/TG/DTG da massa argilosa.

[Figure 4: DTA/TG/DTG curves of the clayey body.]

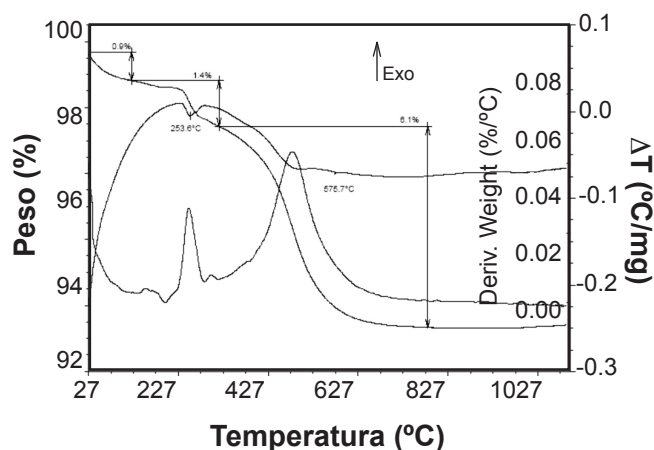


Figura 5: Curvas de ATD/TG da areia.

[Figure 5: DTA/TG/DTG curves of the sand.]

refratariedade das argilas locais. Já a elevada perda de massa acarreta porosidade e aumento da retração linear de queima.

Uma reformulação da massa de cerâmica vermelha de Campos dos Goytacazes necessariamente exige uma redução drástica desta perda de massa. As características de massas de telhas de reconhecida qualidade em comparação com a massa da região de Campos foram estudadas sendo constatado que a perda ao fogo variava de cerca de 5,5 a 6,8% [3]. Já a massa de Campos apresentava uma perda ao fogo de aproximadamente 12%. A incorporação de areia contribui para a redução desta perda ao fogo das massas argilosas. Com relação à areia, esta apresenta um comportamento

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

[Table I - Chemical composition of the raw materials (wt.%).]

Matérias-primas	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	CaO	MgO	ZrO <sub>2</sub>	PF
massa cerâmica	46,75	30,87	3,70	1,25	0,27	1,10	-	-	-	15,75
areia	60,82	20,47	4,60	1,63	2,21	-	0,64	1,20	0,24	8,09

térmico com significativa perda de massa, 8,4%. Esta perda de massa ocorre devido à eliminação de água higroscópica, água de hidróxidos, água de constituição de argilominerais, sobretudo, a caulinita, e água de mineral micáceo. A perda ao fogo de 1,4% está associada com a eliminação de água de hidróxidos, pico endotérmico a 253,6 °C. A perda ao fogo de 6,1% é atribuída à eliminação de água dos argilominerais e do mineral micáceo, a mica muscovita. Nota-se a 575,7 °C, um pequeno pico endotérmico associado à transformação alotrópica do quartzo, conforme já discutido anteriormente. Era de se esperar um pico mais pronunciado devido à quantidade de quartzo presente na areia. Entretanto, isto está associado com a sensibilidade do equipamento empregado.

De uma maneira geral, o comportamento térmico da areia é bem similar ao da massa argilosa. Isto ocorre devido à semelhança na composição mineralógica destas matérias-primas. A presença de argilomineral na areia sugere uma denominação mais apropriada para a areia investigada de areia argilosa.

A Fig. 6 apresenta a localização das composições num gráfico elaborado a partir dos limites de Atterberg que indica regiões de extrusão ótima e aceitável [15]. O limite de plasticidade (LP) indica a quantidade de água mínima que a argila ou massa cerâmica devem conter para serem conformadas. O limite de liquidez (LL) corresponde à máxima quantidade de água que a argila ou massa cerâmica possam conter para ainda serem moldáveis. Já o índice de plasticidade (IP) representa a diferença entre o LL e LP, indicando a faixa de consistência plástica. O limite de plasticidade é um parâmetro de grande interesse tecnológico já que apresenta a quantidade de água mínima necessária para que uma argila ou misturas de argilas alcance a consistência necessária para sua conformação no estado plástico. Esta água adicionada à massa cerâmica atua de duas maneiras. Primeiramente, a água adicionada atua no preenchimento dos poros das partículas, sendo chamada de água intersticial. Já a segunda, localiza-se entre as partículas, facilitando a

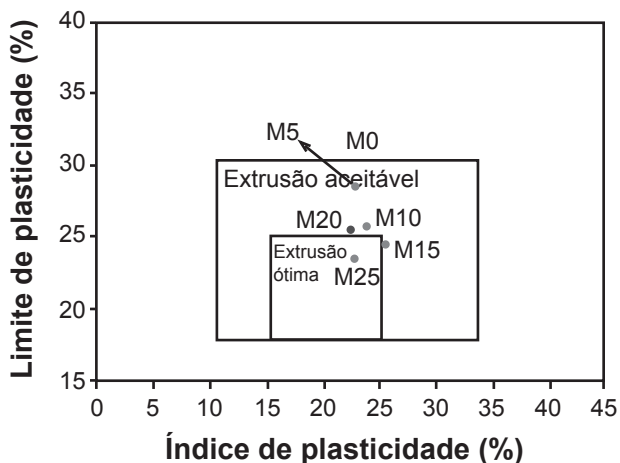


Figura 6: Prognóstico de extrusão através dos limites de Atterberg das composições.

[Figure 6: Extrusion prognosis through the Atterberg limits of the compositions.]

conformação das peças. Este tipo de água é denominado de água lubrificante, sendo que sua eliminação na etapa de secagem é responsável pela retração da peça [16]. É possível observar na Fig. 6 que a composição M0 se localiza no limite extremo da região de extrusão aceitável com uma região não aceitável, e que indica plasticidade indesejável. Com o aumento da incorporação de areia ocorre uma redução na plasticidade da massa argilosa, deslocando-a em direção à região de extrusão ótima. Nota-se que a utilização de 25% de areia posiciona a massa argilosa dentro da região de extrusão ótima.

A Fig. 7 mostra os valores de densidade a seco obtidos para as composições elaboradas. É possível observar que a partir de 10% de incorporação de areia, houve um aumento da densidade aparente a seco da massa argilosa. Isto é devido à redução da quantidade de água utilizada para conformação das peças e à granulometria mais grosseira da areia que possibilitou um melhor empacotamento das partículas.

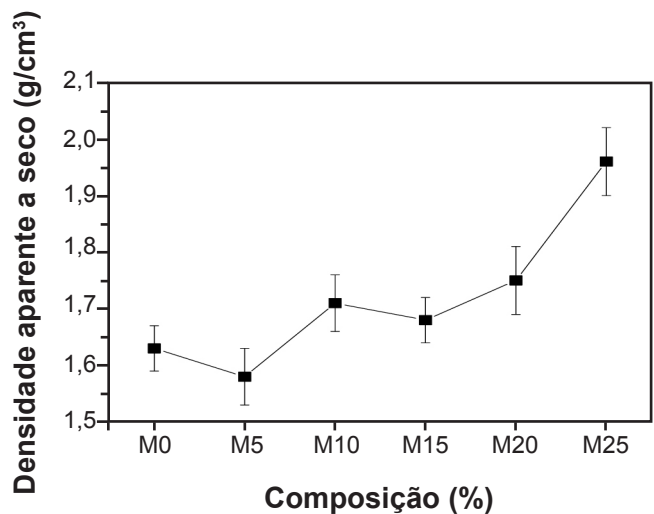


Figura 7: Densidade aparente a seco das composições.

[Figure 7: Dry bulk density of the compositions.]

Um melhor empacotamento a seco facilita as reações de sinterização e reduzem a retração linear.

A Fig. 8 mostra a absorção de água (AA) das composições estudadas em função da temperatura de queima. Em escala laboratorial todas as composições mantiveram-se dentro do limite máximo de 20% [17]. Nota-se que há uma tendência de redução da AA com a utilização de areia para todas as temperaturas investigadas. Isto ocorre devido à melhoria de empacotamento e redução da perda de massa durante a queima.

A Fig. 9 apresenta a retração linear de queima das composições em função das temperaturas de queima. Pode-se observar que houve um aumento da retração linear em todas as composições com o incremento da temperatura de queima. Isto ocorre devido à evolução da densificação do material e conseqüentemente diminuição da porosidade. Pode-se observar também que a 1050 °C, o aumento da retração é mais significativo para todas as composições. Com isso, o risco de trincas de aquecimento é também maior. A utilização de areia tende a reduzir a retração linear

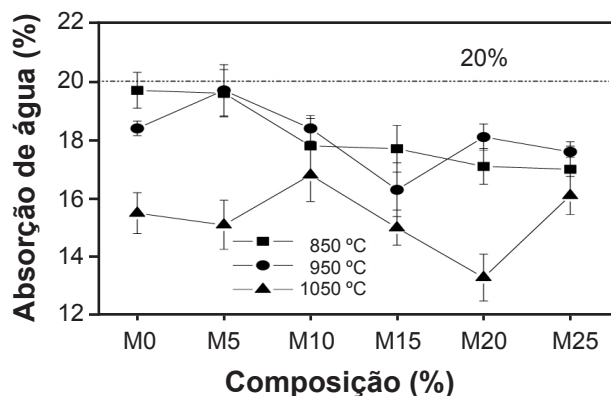


Figura 8: Absorção de água das composições.  
[Figure 8: Water absorption of the compositions.]

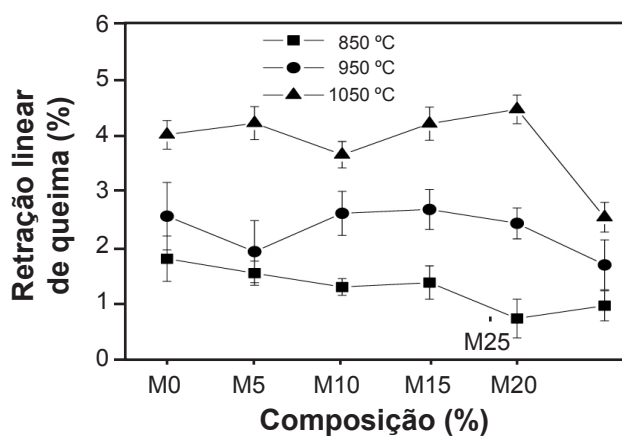


Figura 9: Retração linear das composições.  
[Figure 9: Linear shrinkage of the compositions.]

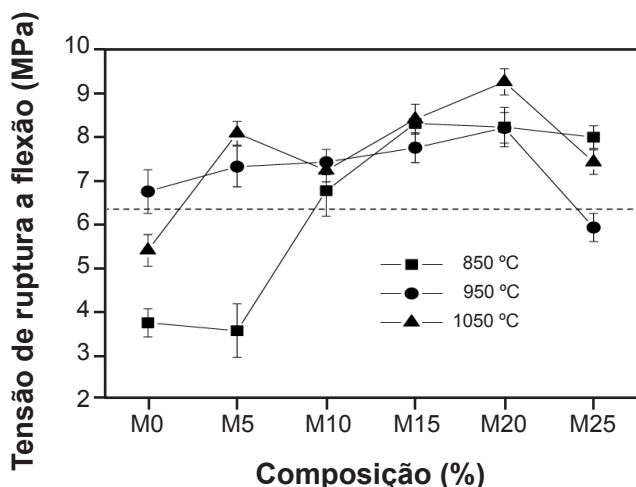


Figura 10: Tensão de ruptura à flexão das composições.  
[Figure 10: Flexural rupture strength of the compositions.]

da massa argilosa. Isto ocorre devido ao caráter inerte do quartzo, principal constituinte da areia.

A Fig. 10 apresenta a tensão de ruptura à flexão das composições em função da temperatura de queima. Observa-se que praticamente em todas as temperaturas de queima,

a utilização de areia aumentou a resistência mecânica da massa argilosa. A exceção é para a utilização de 5% de areia a 850 °C e para 25% de areia na temperatura de 950 °C. Nota-se que a 1050 °C, embora ocorra uma queda na resistência mecânica da composição **M25**, esta ainda é superior em comparação à composição **M0**. As composições com 15 e 20% de areia apresentam os maiores valores de resistência mecânica em todas as temperaturas. Era de se esperar uma diminuição na resistência mecânica devido, sobretudo, ao aparecimento de trincas provenientes da transformação alotrópica do quartzo. Isto possivelmente não ocorreu devido à granulometria fina da areia investigada, associada a um nível relativamente elevado de impurezas como a presença da própria argila. Além disso, o maior empacotamento proporcionado pela areia pode ter sido determinante para superar o efeito adverso do aparecimento de trincas causadas pelas partículas de quartzo. De acordo com o gráfico abaixo, pode-se observar que quase todas composições elaboradas obtiveram uma tensão de ruptura à flexão superior 6,5 MPa, recomendada para a fabricação de telhas [13].

## CONCLUSÕES

Foi possível observar que a areia investigada é constituída predominantemente de quartzo. Devido à presença de caulinita na areia investigada, esta pode ser denominada de areia argilosa. Outras impurezas identificadas foram a gibsita e a mica, minerais comumente presentes nas argilas da região. A areia apresenta ainda uma granulometria adequada para utilização em cerâmica vermelha. A utilização de areia melhorou a trabalhabilidade/plasticidade da massa argilosa, bem como suas propriedades físicas e mecânicas. Os resultados mostraram ainda que a utilização de 10% de areia, composição industrial, é melhor que a massa argilosa pura. Entretanto, aumentando a quantidade de areia para até 20% em peso, ocorre uma melhora ainda mais significativa nas propriedades investigadas. Finalmente, os resultados indicaram que a utilização da areia na composição de massa de cerâmica vermelha pode ser benéfica tanto para o processamento quanto para a qualidade da cerâmica e que a quantidade utilizada para a massa argilosa investigada pode ser aumentada para 20%.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERJ (Proc.E-26/103.023/2008) e ao CNPq (Proc. 306027/2008-9).

## REFERÊNCIAS

- [1] J. Alexandre, M. G. Alves, I. S. Ramos, V. Vogel, M. Gantos, Anais 50º Cong. Bras. Cerâmica, Blumenau, SC (2006).
- [2] C. M. F. Vieira, T. M. Soares, S. N. Monteiro, Ceram. Ind. 9, 1 (2004) 28-32.
- [3] C. M. F. Vieira, T. M. Soares, S. N. Monteiro, Cerâmica 49, 312 (2003) 245-250.

- [4] C. M. F. Vieira, R. Sanchez, S. N. Monteiro, *Interceram* **24**, 4 (2005) 268- 271.
- [5] S. Pracidelli, F. G. Melchades, *Ceram. Ind.* **2** (1997) 31-35.
- [6] A. P. N. Oliveira, O. R. K. Montedo, J. Pizete, M. Casagrande, *Ceram. Inf.* **10** (2002) 57-65.
- [7] E. Facincani, *Tecnologia Ceramica – Ceramica Estrutural*, Ed. Beralmar S.A., Espanha (2000) 39.
- [8] G. P. Emiliani, F. Corbara, *Tecnología Cerámica - Le Materie Prime*, Vol. 1, Faenza Editrice do Brasil Ltda., S. Paulo, SP (1999) 86.
- [9] C. M. F. Vieira, H. F. Sales, S. N. Monteiro, *Ceram. Ind.* **8**, 2 (2003) 42-46.
- [10] Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 7181: Determinação da Análise Granulométrica de Solos, Rio de Janeiro, RJ (1984).
- [11] Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 6459: Determinação do limite de plasticidade de solos, Rio de Janeiro, RJ (1984).
- [12] Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 7180: Determinação do limite de liquidez de solos, Rio de Janeiro, RJ (1984).
- [13] P. S. Santos, *Ciência e Tecnologia das Argilas*, 2ª Ed., Edgard Blucher, S. Paulo, SP (1989) 408.
- [14] W. M. Carty, U. Senapati, *J. Am. Ceram. Soc.* **81**, 1 (1998) 3-20.
- [15] M. Marsigli, M. Dondi, *L' Industria dei Laterizi* **46** (1997) 214-222.
- [16] V. Beltran, E. Fernando, J. Garcia, E. Sánchez, *Tile & Brick Int.* **11** (1995) 169-176.
- [17] Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 15310: Componentes Cerâmicos - telhas - terminologia, requisitos e métodos de ensaio, Rio de Janeiro, RJ (2005). (Rec. 24/07/2009, Rev.10/08/2009, 08/09/2009, Ac. 23/12/2009)