

## Utilização de Gnaisse Fino em Massa Cerâmica para Telhas

C. M. F. Vieira<sup>1</sup>, D. N. Henriques<sup>1</sup>, C. C. Peiter<sup>2</sup>, E. A. Carvalho<sup>2</sup>, S. N. Monteiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF  
Laboratório de Materiais Avançados – LAMAV

Av. Alberto Lamego – 2000, 28013-602, Campos dos Goytacazes, Brasil  
e-mail: [vieira@uenf.br](mailto:vieira@uenf.br), [dnhuenf@yahoo.com.br](mailto:dnhuenf@yahoo.com.br), [sergio.neves@ig.com.br](mailto:sergio.neves@ig.com.br)

CETEM - Pesquisador Centro de Tecnologia Mineral

Av. Ipê, 900. Ilha da Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ.

e-mail: [cpeiter@cetem.gov.br](mailto:cpeiter@cetem.gov.br), [ecarvalho@cerem.gov.br](mailto:ecarvalho@cerem.gov.br)

---

### RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da substituição de areia por um gnaisse de granulometria fina, tido como resíduo no processo de beneficiamento desse em uma massa de cerâmica vermelha utilizada para fabricação de telhas. Foram preparados corpos-de-prova por prensagem uniaxial para queima em forno de laboratório nas temperaturas de 850, 950 e 1050°C. As seguintes propriedades foram determinadas: plasticidade, retração linear, absorção de água e tensão de ruptura à flexão. Os resultados indicaram que a utilização de gnaisse fino em substituição à areia não alterou a trabalhabilidade da massa e possibilitou um incremento significativo da resistência mecânica da cerâmica após queima.

**Palavras-chaves:** Areia, cerâmica vermelha, reformulação, gnaisse, resíduo.

---

### Use of Fine Gnaiss into Roofing Tiles Body

#### ABSTRACT

This work has for objective to evaluate the effect of the replacing of sand by gnaiss sawing waste into a red ceramic body used for roofing tile fabrication. Specimens were then prepared by uniaxial pressing at 20 MPa before firing at 850, 950 and 1050°C in a laboratory furnace. The following properties were evaluated: plasticity, linear shrinkage, water absorption and flexural rupture strength. The results showed that the use of gnaiss fines by replacing the sand did not change the workability of the body and promoted a significant increase on the mechanical strength of the fired ceramic.

**Keywords:** Sand, red ceramic, reformulation, gnaiss fines.

---

## 1 INTRODUÇÃO

As massas cerâmicas argilosas utilizadas pelas indústrias de cerâmica vermelha do município de Campos dos Goytacazes são, em sua grande maioria, elaboradas de forma empírica com argilas locais predominantemente caulínicas e de elevada plasticidade [1-4]. Eventualmente, areia é utilizada em quantidades de até 10% em peso para ajustar a plasticidade e facilitar a etapa de secagem [5, 6]. Entretanto, o quartzo apresenta como desvantagens um aumento de desgaste dos equipamentos de cominuição e de conformação, aumento da refratariedade da massa e redução da resistência mecânica das peças. Nas peças verdes e secas, esta redução da resistência mecânica está associada a pouca aderência das partículas com os minerais argilosos. Após queima, as partículas de quartzo promovem o aparecimento de trincas em consequência de sua variação volumétrica que ocorre proveniente da transformação alotrópica da fase  $\alpha$  para a fase  $\beta$  [7, 8]. Uma alternativa para redução deste inconveniente da redução da resistência mecânica seria diminuir o tamanho de partícula do quartzo.

O gnaisse é uma rocha que apresenta em sua composição mineralógica predominância de quartzo, feldspatos e mica. Nas etapas que antecedem a queima, estes minerais atuam como inerte reduzindo a quantidade de água necessária para conformação das peças e facilitando a secagem. Na queima, o quartzo atua como inerte, podendo ainda apresentar uma parte dissolvida na fase líquida formada e dependendo da sua granulometria e temperatura, reagir com outros constituintes. Já os feldspatos e mica favorecem a

formação de fase líquida, contribuindo para a diminuição da porosidade das peças. Trabalhos recentes [9-11] têm constatado o potencial de utilização de rochas ornamentais em cerâmica argilosa. A fina granulometria e baixo custo do resíduo contribuem para facilitar sua viabilidade técnica-econômica de utilização em cerâmica vermelha.

Em trabalho reportado na literatura [9] foi observado um leve aumento da absorção de água de composição cerâmica para a fabricação de tijolos, nas temperaturas de 800, 900 e 1000°C incorporada com até 30% de resíduo de granito. Por outro lado, foi observado também um incremento da resistência mecânica. Em outro trabalho [10], os resultados demonstram que é possível adicionar concentrações elevadas de rejeito de mármore e granito a massas argilosas, sem prejudicar a qualidade e propriedades do produto final. Os corpos sinterizados apresentaram, em todas as temperaturas investigadas, 950-1150°C, propriedades melhores do que as especificadas pelas normas para a cerâmica vermelha, mostrando ser possível a incorporação de rejeito de mármore e granito mesmo em baixas temperaturas.

O município de Santo Antônio de Pádua-RJ, situado ao noroeste do Estado do Rio de Janeiro, distante cerca de 150 km de Campos dos Goytacazes, possui como atividade econômica principal, a extração e beneficiamento de rochas ornamentais. A Pedra de Miracema e a Pedra Madeira são exploradas na Serra do Bonfim e na Serra do Catete, respectivamente. A Pedra Miracema, nome comercial geral mais conhecido do gnaïsse acinzentado, possui variedades locais conhecidas como “pedra olho de pombo”, “granito fino” e “granito pinta rosa” [12, 13]. Estas pedras após beneficiamento são utilizadas como revestimento de paredes, muros, pisos, etc.

Após a atividade de lavra e preparação dos blocos e lajes brutas nas pedreiras, estes são enviados para as serrarias para a obtenção do produto final. O corte de blocos de granitos nas serrarias gera uma quantidade apreciável de rejeito, na forma de polpa, chamado de “lama”. Esta lama é normalmente enviada para tanques ou lagoas de decantação que logo ficam repletos e têm de ser rapidamente descartados de modo que o tratamento dessa seja realizado de modo eficaz. Estima-se que as cerca de 82 serrarias de Santo Antônio de Pádua gerem aproximadamente 1500 toneladas de finos/mês.

A utilização do gnaïsse fino em cerâmica vermelha pode além de contribuir para aumentar a efetividade do processamento e melhorar a qualidade dos produtos, além de resolver o problema quanto ao depósito desses finos em áreas inapropriadas. Neste sentido, este trabalho estuda a incorporação de finos de gnaïsse em uma massa cerâmica vermelha, em substituição total a areia, objetivando uma melhoria na qualidade da cerâmica.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foram utilizadas duas argilas plásticas, areia e gnaïsse fino. As argilas plásticas são denominadas de argila amarela e argila preta, que juntamente com a areia, são constituintes da massa cerâmica utilizada para fabricação de telhas por uma indústria do município de Campos dos Goytacazes-RJ. A massa cerâmica industrial, denominada de **MI**, é composta por 70% em peso de argila amarela, 20% de argila preta e 10% de areia. Já o gnaïsse fino, obtido na forma de lama dos tanques de decantação utilizados para tratamento do efluente gerado no momento do corte das lajes de uma variedade da Pedra Miracema, conhecida como “olho de pombo” proveniente de uma serraria localizada no município de Santo Antônio de Pádua, noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

Após coleta das matérias-primas, estas foram inicialmente secas em estufa a 110°C, desagregadas com pilão manual e submetidas a um peneiramento em malha de 20 mesh (0.840 mm). O tamanho de partícula médio da areia e do gnaïsse fino é de 368,8 e 9,2 µm, respectivamente. A composição química das matérias-primas foi determinada por espectrometria de Fluorescência de Raios-X, em equipamento Philips PW 2400. Foi preparada uma massa cerâmica a partir da massa **MI**, substituindo na totalidade, 10% em peso, a areia de quartzo por gnaïsse fino. Esta massa foi denominada de **MGF**. As massas **MI** e **MGF** foram submetidas a ensaios de plasticidade, através do método de Atterberg [14, 15], para avaliar sua trabalhabilidade.

Corpos de prova retangulares (114,5 x 25,4 x 10,0 mm) foram preparados por prensagem uniaxial em matriz de aço a 20MPa com umidade de 8%. Em seguida, foram secos em uma estufa a 110°C por 24 horas. A queima foi feita em forno de laboratório nas temperaturas de 850, 950 e 1050°C. A taxa de aquecimento utilizada foi de 3°C/min com 60 min de patamar. O resfriamento foi realizado por convecção natural, desligando-se o forno. A avaliação da qualidade dos produtos foi realizada determinando as propriedades físicas e mecânicas de retração linear, absorção de água e tensão de ruptura à flexão a 3 pontos.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

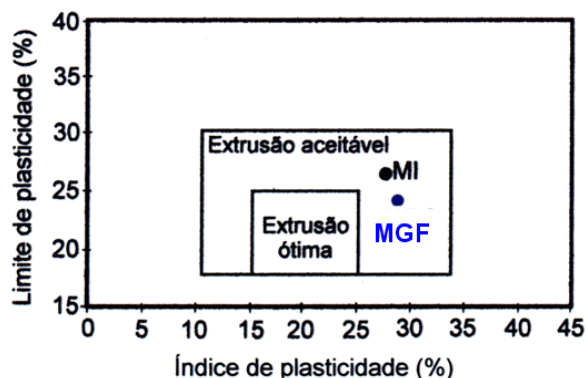
A Tabela 1 apresenta a composição química das matérias-primas, bem como das massas cerâmicas investigadas. Observa-se que a argila amarela apresenta uma quantidade de SiO<sub>2</sub> em torno de 40% e uma

quantidade de  $Al_2O_3$  acima de 30%, baixo percentual de fundentes alcalinos e alcalino-terrosos e elevada perda ao fogo (PF). Estas características são típicas de argilas caulíníficas com elevado percentual de mineral argiloso. A argila amarela ainda apresenta elevado percentual de  $Fe_2O_3$ , responsável pela coloração avermelhada da cerâmica após queima. A argila preta apresenta um maior teor de  $SiO_2$ , menor teor de  $Al_2O_3$  e menor PF em comparação com a argila amarela. Isto indica que a argila preta apresenta maior quantidade de quartzo. A areia é predominantemente constituída de  $SiO_2$ . Os demais óxidos observados na composição química da areia são provenientes de impurezas como feldspato potássico, microclina, feldspato plagioclásio, a albita e ainda a caulinita. Estes resultados foram obtidos por difração de raios-X não apresentados neste trabalho. O gnaiss fino apresenta elevado percentual de óxidos alcalinos ( $K_2O + Na_2O$ ) que são provenientes do feldspato potássico, microclina, feldspato plagioclásio, a albita, e da mica muscovita. O teor de  $SiO_2$  também está associado ao quartzo, entretanto, em menor quantidade em comparação com a areia. Os resultados obtidos estão de acordo com a literatura [9, 10].

**Tabela 1:** Composição química das matérias-primas e das massas cerâmicas (% em peso).

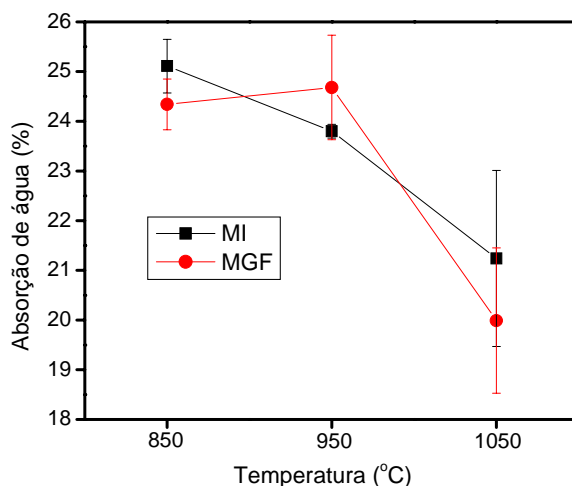
	Argila Amarela	Argila Preta	Areia	Gnaiss fino	MI	MGF
$SiO_2$	41,22	69,76	86,66	67,83	51,47	49,59
$Al_2O_3$	31,37	18,22	7,53	14,76	26,36	27,08
$Fe_2O_3$	7,61	1,74	0,82	4,18	5,76	6,01
$TiO_2$	1,16	0,71	0,31	0,71	0,99	1,03
$ZrO_2$	-	0,05	0,04	0,09	0,01	0,02
$MnO_2$	-	-	-	0,09	-	0,01
$K_2O$	1,05	1,37	1,90	5,47	1,20	1,56
$Na_2O$	-	-	0,67	2,77	0,07	0,28
$CaO$	0,15	0,28	0,45	2,08	0,21	0,37
$MgO$	0,80	-	-	0,73	0,46	0,63
$P_2O_5$	0,21	-	-	0,30	0,15	0,18
PF	15,92	7,66	1,34	0,66	12,81	12,74

A Figura 1 apresenta a localização das massas cerâmicas num gráfico elaborado a partir dos limites de plasticidade de Atterberg que indica regiões de extrusão ótima e aceitável [16]. O limite de plasticidade LP indica a quantidade de água mínima necessária para que o estado de consistência plástico seja alcançado. O limite de liquidez LL está associado à quantidade de água em que o material apresenta uma consistência de lama, ultrapassando, portanto, a faixa de consistência plástica. Já o índice de plasticidade IP é a diferença entre LL e LP, indicando a faixa de consistência plástica. É possível observar na Figura 1 que ambas as massas cerâmicas localizam-se em região de extrusão aceitável. Praticamente não ocorreu modificação significativa na plasticidade da massa industrial MI, com a substituição da areia pelo gnaiss fino.

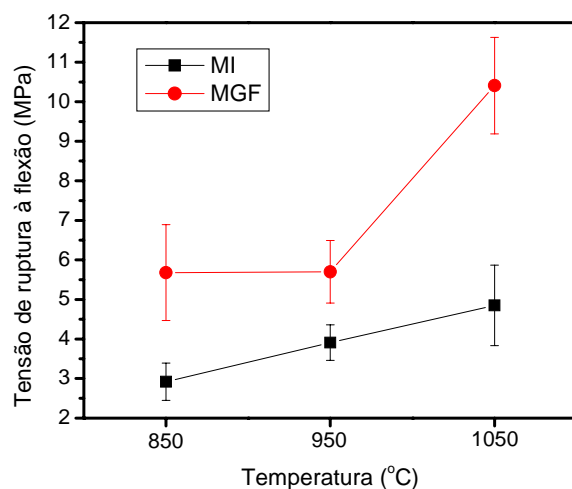


**Figura 1:** Prognóstico de extrusão através dos limites de Atterberg das massas cerâmicas.

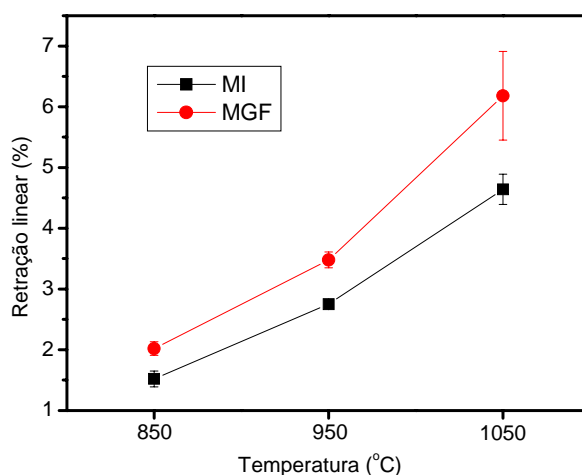
As Figuras de 2 a 4 apresentam, respectivamente, a absorção de água, a tensão de ruptura à flexão e a retração linear das massas cerâmicas em função da temperatura de queima. É possível observar que de maneira geral, a substituição da areia pelo gnaiss fino não alterou a absorção de água da massa industrial em baixas temperaturas e aumentou tanto a resistência mecânica quanto à retração linear em todas as temperaturas investigadas. Nas temperaturas mais elevadas, o gnaiss fino possibilitou uma sinterização mais eficiente na massa cerâmica, observada através da maior inclinação das curvas. Isto está associado à maior formação de fase líquida em função do maior percentual de óxidos fundentes. Na típica temperatura de uso industrial, 950°C, estatisticamente, o gnaiss fino não alterou a absorção de água, aumentou em aproximadamente 46% a resistência mecânica e aumentou em 27% a retração linear. Este ganho na resistência mecânica é atribuído à menor quantidade de quartzo e ao menor tamanho de suas partículas presentes em comparação com a areia. Nos resultados obtidos por Silva *et al.* [10], foi observado que quantidades de rejeito incorporado maiores que 30% em peso e temperaturas menores que 1100°C, originaram uma redução da resistência mecânica, atribuída a uma porosidade mais elevada. Este resultado contradiz o que foi obtido na Figura 3, ou seja, aumento da resistência mecânica com a utilização do resíduo. Isto ocorreu porque no trabalho de Silva *et al.* [10] a metodologia empregada foi a adição do resíduo à massa argilosa. No trabalho atual foi realizada uma substituição da areia de quartzo pelo resíduo, o que possibilitou a eliminação de grãos de quartzo de granulometria grosseira, acarretando um refinamento da microestrutura da cerâmica queimada com menos defeitos associados a trincas originadas da transformação alotrópica do quartzo.



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



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



**Figura 4:** Retração linear das massas cerâmicas em função da temperatura de queima.

#### 4 CONCLUSÕES

Neste trabalho de utilização de um gnaisse fino obtido no efluente do corte de lajes e blocos no processo de beneficiamento da pedra Miracema, através da substituição de areia de quartzo, numa composição de massa para telhas, foi possível concluir que:

- A utilização do gnaisse fino não alterou a trabalhabilidade da massa cerâmica industrial.
- Devido à sua granulometria fina em comparação com a areia, o gnaisse fino aumentou a resistência mecânica da cerâmica em todas as temperaturas investigadas. Na temperatura de 1050°C, o poder fundente do resíduo foi bastante pronunciado, reduzindo drasticamente a absorção de água e aumentando significativamente a resistência mecânica e retração linear da cerâmica.
- Os resultados demonstraram que o gnaisse fino pode ser facilmente utilizado na composição de massa de cerâmica vermelha. O efeito benéfico na resistência mecânica da cerâmica é a principal justificativa para sua utilização em substituição à areia.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (proc. n° 400915/2004-9), FAPERJ (proc. n° E-26/151.859/2005) e FENORTE/TECNORTE. Nossos agradecimentos também ao Sr. João Batista Fernandes Lopes (Patinho), presidente do Sindicato de Extração e Aparelhamento de Gnaisses do Noroeste do Estado do Rio de Janeiro (SINDGNAISSES) pela sua colaboração na etapa de coleta do resíduo.

#### 6 REFERÊNCIAS

- [1] VIEIRA, C.M.F., PINATTI, D.G., “Caracterização de Massa Cerâmica Vermelha Utilizada na Fabricação de Tijolos na Região de Campos dos Goytacazes-RJ”, *Cerâmica*, v. 46, pp. 14-17, 2000.
- [2] MONTEIRO, S.N., VIEIRA, C.M.F., “Characterization of Clays from Campos dos Goytacazes, North Rio de Janeiro State (Brazil)”, *Tile & Brick Int.*, v. 18, n. 3, pp. 152-157, 2002.
- [3] VIEIRA, C.M.F., SOARES, T.M., MONTEIRO, S.N., “Massas Cerâmicas para Telhas: Características e Comportamento de queima”, *Cerâmica*, v. 49, n. 312, pp. 245-250, 2003.
- [4] MONTEIRO, S.N., VIEIRA, C.M.F., “Influence of Firing Temperature on the Ceramic Properties of Clays from Campos dos Goytacazes, Brazil”, *Applied Clay Science*, v. 27, pp. 229-234, 2004.
- [5] PRACIDELLI, S., MELCHIADES, F.G., “Importância da Composição Granulométrica de Massas para Cerâmica Vermelha”, *Cerâmica Industrial*, v. 2, pp. 31-35, 1997.

- [6] OLIVEIRA, A.P.N., MONTEDO, O.R.K., PIZETE, J., CASAGRANDE, M., “Matérias-primas Empregadas na Fabricação de Tijolos e Blocos de Construção: Características e Influência sobre as Propriedades do Produto Final”, *Cerâmica Informação*, n. 10, pp. 57-65, 2000.
- [7] ABAJO, M.F., *Manual Sobre Fabricación de Baldosas, Tejas y Ladrillos*, Espanha, Ed. Beralmar S.A., 2000.
- [8] EMILIANI, G.P., CORBARA, F., *Tecnología Cerámica – La Lavorazione*, Faenza, Italia, Gruppo Editoriale Faenza Editrice, 1999.
- [9] MENEZES, R.R., FERREIRA, H.S., NEVES, G.A., LIRA, H. de L., FERREIRA, H.C., “Use of Granite Sawing Wastes in the Production of Ceramic Bricks and Tiles”, *Journal of the European Ceramic Society*, v. 25, pp. 1149-1158, 2005.
- [10] SILVA, J.B, HOTZA, D., SEGADÃES, A.M., ACCHAR, W., “Incorporação de Lama de Mármore e Granito em Massas Argilosas”, *Cerâmica*, v. 51, n. 320, pp. 325-330, 2005.
- [11] VIEIRA, C.M.F., SOARES, T.M., SANCHEZ, R.J., MONTEIRO, S.N., “Incorporation of Granite Waste in Red Ceramics”, *Materials Science and Engineering A-Structural Materials Properties Microstructure and Processing*, v. 373, pp. 115-121, 2004.
- [12] CANINÉ, J.M., *Pedra Miracema, a Rocha Ornamental de Santo Antônio de Pádua – diagnóstico preliminar*, Niterói, DRM, 1992.
- [13] PEITER, C.C., VILLAS BOAS, R.C., *Abordagem Participativa na Gestão de Recursos Minerais*, Rio de Janeiro, CETEM/MCT, 2001.
- [14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, *Determinação do Limite de Plasticidade*, NBR-7180, Rio de Janeiro, 1984.
- [15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, *Determinação do Limite de Liquidez*, NBR-6459, Rio de Janeiro, 1984.
- [16] MARSIGLI, M. DONDI, M., “Plasticità delle Argille Italiane per Laterizi e Previsione del Loro Comportamento in Foggatura”, *L’Industria dei Laterizi*, v. 46, pp. 214-222, 1997.