

Efeito da adição de fonolito na sinterização de argila caulinitica

(Effect of phonolite addition on sintering kaolinitic clay)

P. M. Andrade, H. S. N. Neto, S. N. Monteiro, C. M. F. Vieira

Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF

Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV

Av. Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes, RJ 28013-602

vieira@uenf.br

Resumo

Este trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento de queima de uma argila caulinitica incorporada com fonolito visando à obtenção de revestimento cerâmico prensado do tipo semiporoso. Foram preparadas composições com adição de fonolito a uma argila caulinitica nas proporções de 20 e 40% em peso. Para efeito comparativo, avaliou-se uma massa cerâmica industrial proveniente do pólo cerâmico de Santa Gertrudes. Foram preparados corpos de prova cilíndricos por prensagem uniaxial a 25 MPa para queima em temperaturas variando de 1050 a 1200 °C. Nas amostras queimadas, foram realizados ensaios tecnológicos para determinação da retração linear e absorção de água em função da temperatura de queima. A avaliação microestrutural das composições estudadas foi realizada por difração de raios X e microscopia eletrônica de varredura. Os resultados mostraram que a adição de fonolito melhora significativamente a sinterização da argila caulinitica, sobretudo, em temperaturas acima de 1150 °C, onde ocorre uma redução brusca da porosidade. Apesar do maior teor de óxidos alcalinos em comparação com uma massa industrial de revestimento cerâmico, as misturas argila/fonolito só alcançaram uma absorção de água de 10% , máxima para revestimentos semiporosos, em temperaturas cerca de 80 °C superior à massa industrial.

Palavras-chave: fonolito, argila caulinitica, revestimento cerâmico.

Abstract

This work had as its objective to evaluate the firing behavior of a kaolinitic clay incorporated with phonolite aiming at semiporous pressed ceramic tiles. Compositions were prepared with addition of 20 and 40 wt.% of phonolite to a kaolinitic clay. For comparison, an industrial ceramic body from Santa Gertrudes, State of S. Paulo, was also evaluated. Cylindrical specimens were prepared by uniaxial pressure at 25 MPa followed by firing at temperatures varying from 1050 to 1200 °C. The fired specimens were submitted to the following tests: linear shrinkage and water absorption as function of the firing temperature. The microstructural evaluation of the compositions was accomplished by X-ray diffraction and scanning electron microscopy. The results showed that the phonolite addition significantly improve the sintering of the clay, mainly, above 1150 °C with sharp decrease of the porosity. Although the clay/phonolite mixtures showed higher amount of alkaline oxides as compared with the industrial ceramic tile body, the required water absorption of 10% for semiporous tiles was only reached at temperatures around 80 °C higher than the industrial body.

Keywords: *phonolite, kaolinitic clay, ceramic tiles.*

INTRODUÇÃO

Este trabalho se enquadra numa linha de pesquisa do Laboratório de Materiais Avançados da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro que tem como objetivo possibilitar a fabricação de produtos cerâmicos argilosos com maior valor agregado. Estes produtos destinados à construção civil, seriam uma alternativa mais valorizada em comparação com a cerâmica vermelha amplamente produzida no município de Campos dos Goytacazes, norte do Estado do Rio de Janeiro. A obtenção de revestimentos cerâmicos prensados se enquadra dentro desta ótica, o que permitiria valorizar um recurso natural não renovável, no caso a argila da região.

As pesquisas realizadas até o momento com argilas de Campos dos Goytacazes, visando à obtenção de revestimento

cerâmico para aplicação em pavimentos, indicam que estas não são adequadas para serem utilizadas como único componente de massa. Isto é devido à sua predominância caulinitica que confere um comportamento refratário durante a queima e ainda apresenta problemas de compactação durante a etapa de prensagem [1].

Uma das alternativas seria a incorporação de matérias-primas fundentes que possibilitariam maior formação de fase líquida, contribuindo para reduzir a refratariedade das argilas locais. Além disso, os fundentes modificariam a composição granulométrica da argila, contribuindo para otimizar a compactação das peças.

A adição de argila fundente em até 60% em peso a uma argila caulinitica de Campos dos Goytacazes, visando à obtenção de revestimento semiporoso, possibilitou que peças, no tamanho de 10 x 20 cm, queimadas industrialmente

alcançassem absorção de água dentro dos valores exigidos por norma. Entretanto, o patamar mínimo de resistência mecânica, 18 MPa, não foi alcançado [1]. Em outro trabalho realizado posteriormente com incorporação de granito [2], foi possível alcançar as especificações mínimas de absorção de água e tensão de ruptura à flexão para revestimento semiporoso. Isto foi conseguido para uma mistura de argila com 10% em peso de granito numa temperatura de queima cerca de 30 °C inferior em comparação com a argila pura. Além disso, houve uma redução benéfica da retração linear. O incremento da adição de granito em até 40% em peso praticamente não alterou a absorção de água. Além disso, a resistência mecânica foi reduzida em função do aumento no teor de quartzo [2].

A necessidade de reduzir a porosidade de queima da argila caulínica de forma mais efetiva, foi a principal justificativa para a incorporação de fonolito para possibilitar a obtenção de revestimento cerâmico semiporoso. O fonolito é uma rocha de origem vulcânica que apresenta em sua composição mineralógica, predomínio de feldspato potássico, feldspatos plagioclásios e feldspatóides [3, 4]. O elevado teor de óxidos alcalinos enquadra o fonolito como um fundente cerâmico, podendo assim, contribuir para redução da porosidade através da formação de fase líquida durante a queima.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Materiais

Para realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: argila plástica caulínica, fonolito e massa industrial de revestimento cerâmico. A argila foi proveniente do município de Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro, sendo comumente empregada na composição de massa de cerâmica vermelha pelas indústrias da região. Esta argila é constituída por caulinita, quartzo, mineral micáceo e gibsita. A massa de revestimento cerâmico é composta por argilas fundentes conhecidas como taguá e utilizadas por indústrias do pólo cerâmico de Santa Gertrudes, Estado de São Paulo. A sua constituição mineralógica é composta predominantemente por ilita, caulinita, quartzo. Existe ainda a presença de minerais argilosos esmectíticos, feldspatos, calcita, dolomita e hematita. O fonolito, na forma de pó com resíduo retido em malha de 50 mesh de 1,3%, foi fornecido pela empresa de mineração Curimbaba, localizada em Poços de Caldas, Estado de Minas Gerais. O fonolito possui em sua composição mineralógica um feldspatóide, a nefelina, feldspatos plagioclásios (cálcio-sódio), andesina e oligoclásio, quartzo e feldspato potássico do tipo ortoclásio.

Foram preparadas duas composições com incorporação de fonolito, conforme mostrada na Tabela I. As composições argila/fonolito foram avaliadas comparativamente com a argila caulínica pura e uma massa cerâmica industrial de revestimento semiporoso.

Tabela I - Composições estudadas (% em peso).
[Table I - Studied compositions (wt.%).]

Matérias-primas	Composições			
	MI	AC	A20F	A40F
Massa industrial	100	-	-	-
Argila caulínica	-	100	90	80
Fonolito		-	10	20

Métodos

A argila caulínica foi triturada em almofariz de porcelana até total passagem em malha 40 mesh (425 µm). Tanto o fonolito quanto a massa industrial de revestimento cerâmico não sofreram beneficiamento em laboratório. Estes materiais foram utilizados com granulometria tipicamente industrial. As composições argila/fonolito foram homogeneizadas a seco em moinho de bolas por 60 min.

A caracterização das matérias-primas foi realizada através de análises de difração de raios X (DRX) e determinação da composição química. As análises por DRX foram conduzidas em amostras na forma de pó em difratômetro Seifert, modelo URD 65, operando com radiação de Cu-K_α, e 2θ variando de 5° a 40°. A composição química das matérias-primas foi determinada por fluorescência de raios X em equipamento Phillips PW 2400.

Para realização dos ensaios tecnológicos foram preparados corpos-de-prova cilíndricos (φ = 31,5 mm, com 8 mm de espessura) por prensagem uniaxial a 25 MPa com 8% de umidade. Os corpos-de-prova foram secos em estufa a 110 °C por 24 h. A etapa de queima foi realizada em forno de laboratório nas temperaturas de 1050 a 1200 °C, com intervalos de 50 °C. A taxa de aquecimento empregada foi de 10 °C/min, com 6 min de permanência na temperatura de patamar. O resfriamento foi realizado desligando-se o forno. Após queima, as amostras foram submetidas aos seguintes ensaios tecnológicos: retração linear e absorção de água.

A retração linear foi obtida através da determinação do comprimento das amostras antes e após queima utilizando um paquímetro da Mitutoyo com precisão de 0,1 mm. A absorção de água foi obtida através do método da fervura, determinando o peso das amostras secas e saturadas com água.

A análise microestrutural das composições queimadas foi realizada por microscopia eletrônica de varredura e difração de raios X. A análise por DRX foi realizada de acordo com procedimento descrito anteriormente. A análise por microscopia eletrônica de varredura foi realizada em microscópio Zeiss, modelo DSM 962.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características das matérias-primas

As Figs. 1 a 3 apresentam os resultados de DRX da argila, fonolito e massa industrial de revestimento cerâmico,

respectivamente. Conforme esperado, a Fig. 1 mostra que a argila de Campos é predominantemente caulinitica. Foram identificadas como fases minerais secundárias quartzo, mineral micáceo e gibsita. Além disso, é possível verificar, em pequenas quantidades, argilominerais esmectíticos. O fonolito é constituído predominantemente por ortoclásio (feldspato potássico), nefelina (feldspatóide), andesina (feldspato plagioclásio) e egirina (piroxênio). Estes resultados estão em concordância com as informações da mineradora que forneceu este material. Finalmente, a massa industrial

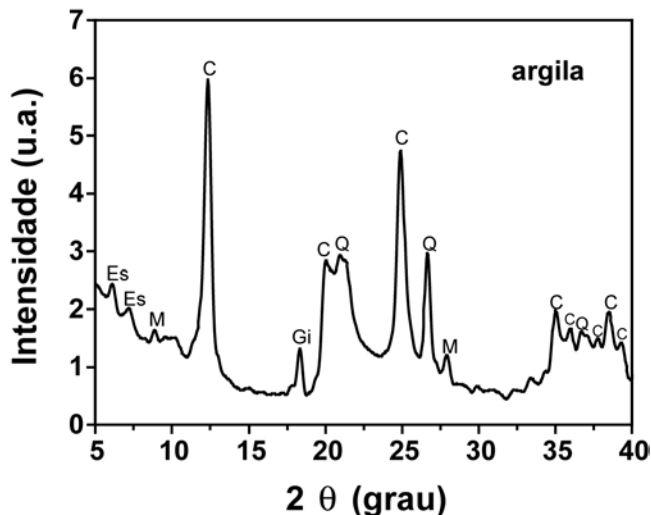


Figura 1: Difratoograma de raios X da argila caulinitica. C: caulinita; Es: argilominerais esmectíticos; Gi: gibsita; M: mineral micáceo; Q: quartzo.

[Figure 1: X-ray diffraction pattern of the kaolinitic clay. C: kaolinite; Es: smectites clayminerals; Gi: gibbsite; M: micaceous mineral; Q: quartz.]

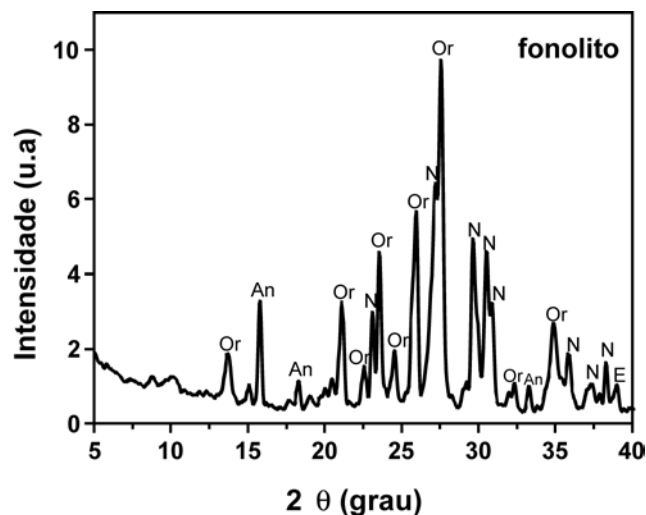


Figura 2: Difratoograma de raios X do fonolito. An: andesina; E: egirina; N: nefelina; Or: ortoclásio.

[Figure 2: X-ray diffraction pattern of the phonolite. An: andesine; E: egirine; N: nepheline; Or: orthoclase.]

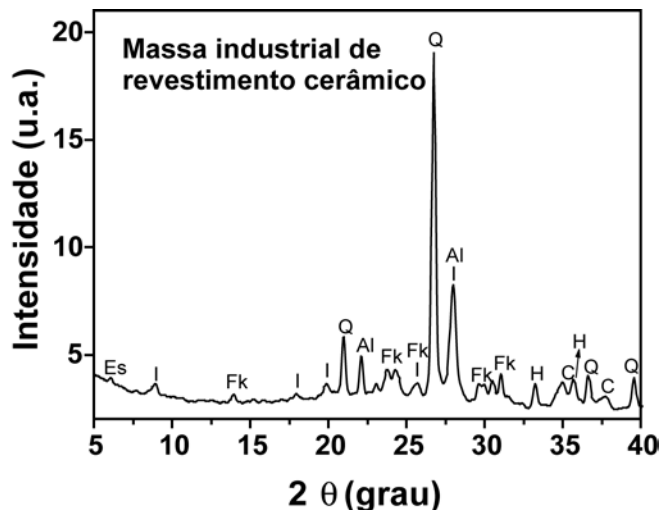


Figura 3: Difratoograma de raios X da massa cerâmica industrial. Al: albite; C: caulinita; Es: argilominerais esmectíticos; Fk: feldspato potássico; H: hematita; I: ilita; Q: quartzo.

[Figure 3: X-ray diffraction pattern of the industrial ceramic body. Al: albite; C: kaolinite; Es: smectites clayminerals; Fk: potassic feldspar; H: hematite; I: illite; Q: quartz.]

de revestimento cerâmico apresenta como argilomineral predominante a ilita. Foram também identificados traços de caulinita e argilomineral esmectítico. Os minerais acessórios identificados são quartzo, albite (feldspato sódico) e feldspato potássico (ortoclásio ou microclina) e hematita.

A Tabela II apresenta a composição química das matérias-primas. Observa-se que a argila caulinitica apresenta um elevado percentual de alumina e baixo percentual de sílica em comparação com a massa industrial de revestimento cerâmico. Observa-se também baixo percentual de óxidos alcalinos fundentes, $K_2O + Na_2O$, e elevada perda ao fogo PF. O maior percentual de óxidos fundentes alcalinos da massa industrial, $K_2O + Na_2O$, proveniente da ilita, mica muscovita e feldspato contribui para a formação de fase líquida, que

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

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

Determinações	Argila	Massa caulinitica	Fonolito industrial
SiO ₂	50,16	66,40	54,10
Al ₂ O ₃	25,16	15,50	21,70
Fe ₂ O ₃	8,88	5,92	3,99
TiO ₂	1,25	0,55	0,59
CaO	0,35	0,35	1,39
MgO	1,02	1,80	-
Na ₂ O	0,47	1,07	7,20
K ₂ O	1,95	3,48	8,20
PF	10,20	4,50	2,49

se constitui o principal agente de sinterização de cerâmicas argilosas. O baixo valor de perda ao fogo está associado, principalmente, a uma quantidade à predominância ilítica das argilas constituintes da massa industrial. O baixo percentual de PF facilita a etapa de queima rápida minimizando o aparecimento de defeitos e retração excessiva. Já o fonolito apresenta um elevado potencial fundente, com teor de $K_2O + Na_2O$ de 15,40%, proveniente, sobretudo, da nefelina e feldspatos presentes em sua constituição mineralógica.

Propriedades tecnológicas de queima

As Figs. 4 e 5 apresentam o comportamento da absorção de água e da retração linear das composições em função da temperatura de queima, respectivamente. De acordo com a Fig. 4, comparando a argila caulinitica com a massa cerâmica industrial de revestimento semiporoso, de predominância ilítica, é nítida a diferença de comportamento da absorção de água. A argila caulinitica apresenta valores muito superiores de absorção de água em todas as temperaturas avaliadas. Este comportamento é bem conhecido na literatura sendo associado à maior fundência de argilas ilíticas em comparação com argilas cauliniticas [5]. A incorporação de fonolito, material considerado fundente devido ao elevado teor de óxidos alcalinos, possibilitou uma redução dos valores de absorção de água em comparação com a argila pura. Nas temperaturas iniciais avaliadas, o menor teor de fonolito incorporado, 20%, foi pouco mais eficiente na redução da absorção de água da argila caulinitica em comparação com a composição, A40F, com 40% de fonolito incorporado. Isto poderia ser atribuído ao menor grau de compactação obtido para a composição A40F. Entretanto, a 1200 °C, o maior teor de fonolito reduz significativamente a absorção.

Apesar da redução da absorção de água com incorporação de fonolito, os valores obtidos são superiores à massa industrial. Isto pode ser atribuído à granulometria extremamente pequena da ilita em comparação com o fonolito, o que contribui para uma reatividade muito mais eficiente durante as reações de sinterização. Por outro lado, o fonolito, que possui nos feldspatos sua fonte de óxidos alcalinos, apresenta maior formação de fase líquida em temperaturas superiores à 1150 °C. Isto pode ser constatado na Fig. 4 na forma de uma maior inclinação na curva da composição com 40% de fonolito AC40F. A massa industrial alcançou a 1084 °C o patamar máximo de absorção de água, 10%, especificado para revestimento semiporoso. A argila caulinitica não alcançou este patamar. As composições com fonolito, AC20F e AC40F, alcançaram 10% de absorção de água a 1165 e 1169 °C, respectivamente.

De acordo com a Fig. 5 observa-se que, à exceção da massa industrial na temperatura de 1200 °C, o incremento da temperatura de queima acarreta um aumento da retração linear. Este comportamento é atribuído ao fechamento da porosidade que possibilita uma densificação das peças acompanhada de retração. A massa industrial apresentou uma

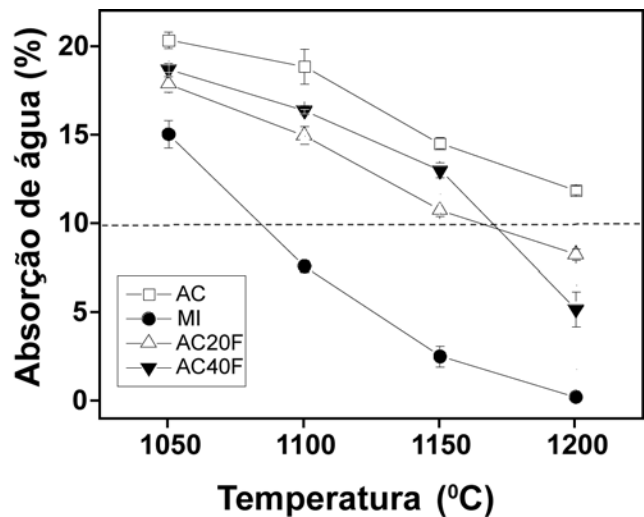


Figura 4: Absorção de água das composições estudadas em função da temperatura de queima.

[Figure 4: Water absorption of the studied compositions as a function of the firing temperature.]

expansão a 1200 °C, associada à eliminação de O_2 proveniente da redução da hematita (Fe_2O_3) [6]. Porém, esta expansão não foi suficiente para mudar o comportamento da curva de absorção de água a 1200 °C, conforme pode ser visto na Fig. 4. Diferentemente da absorção de água, o comportamento da retração linear da massa industrial está mais próximo das demais composições. Este comportamento é atribuído principalmente ao baixo valor de perda ao fogo que está relacionado com um incremento da retração de queima. Isto significa que, apesar da maior fundência da massa industrial, sua retração não é tão significativa em função de sua baixa

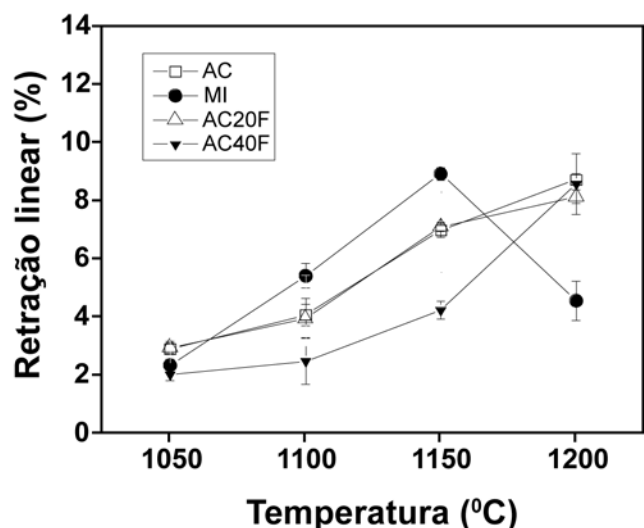


Figura 5: Retração linear das composições estudadas em função da temperatura de queima.

[Figure 5: Linear shrinkage of the studied compositions as a function of the firing temperature.]

perda de massa durante a queima. Observa-se também que as composições com 40% de fonolito apresentam uma brusca variação da retração linear a partir de 1150 °C. Isto está aparentemente associado à elevada formação de fase líquida a partir da fusão dos feldspatos.

Análise microestrutural

As Figs. 6 a 9 apresentam os DRX de queima das composições AC, AC20F, AC40F e MI. Observa-se que o quartzo é a fase cristalina de queima predominante em todas as composições nas temperaturas avaliadas. O quartzo é uma fase residual, ou seja, já presente na matéria-prima, e provém tanto da argila caulínica quanto da massa industrial de revestimento.

Na argila caulínica, Fig. 6, as seguintes fases cristalinas foram identificadas a 1050 °C: mica muscovita, quartzo, hematita, sanidina (feldspato potássico) e mulita. Tanto a mica muscovita quanto o quartzo são fases residuais. A hematita é proveniente da perda de água de hidróxidos de ferro que ocorre em torno de 260 °C. A sanidina é um feldspato potássico formado em temperaturas elevadas [7]. Já a mulita é um aluminossilicato formado a partir da decomposição da metacaulinita [7]. Com o incremento da temperatura ocorre a fusão ou perda de cristalinidade da mica, fusão da sanidina, dissolução parcial do quartzo na fase líquida e início de redução da hematita com formação de magnetita.

Nas composições com fonolito incorporado, AC20F e AC40F, Figs. 7 e 8, já aparecem também os minerais

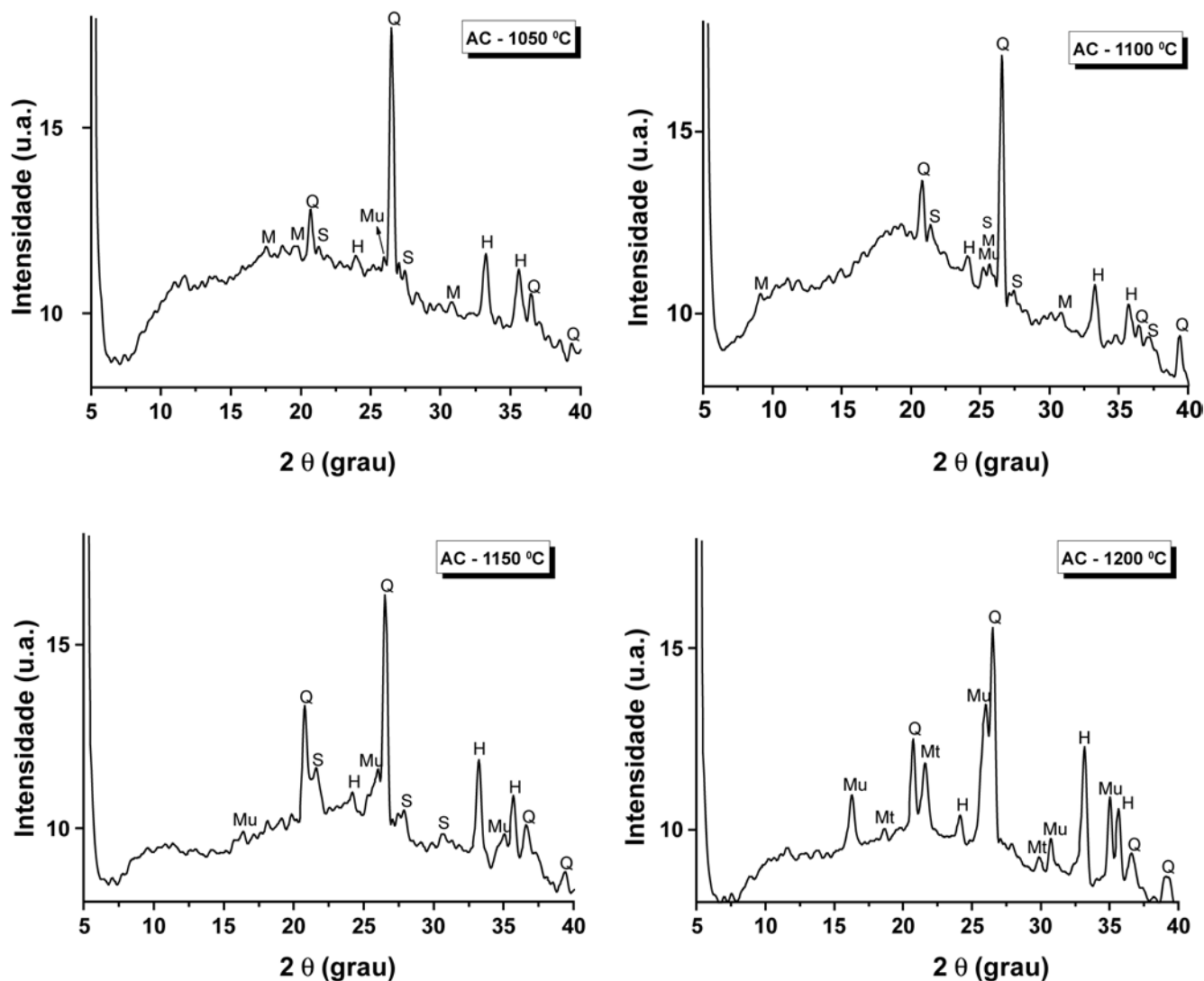


Figura 6: Difratoogramas de raios X da argila caulínica - AC - queimada a 1050, 1100, 1150 e 1200°C. H: hematita; M: mica; Mt: magnetita; Mu: mulita; Q: quartzo; S: sanidina (feldspato potássico).

[Figure 6: X-ray diffraction patterns of the kaolinitic clay - AC - fired at 1050, 1100, 1150 e 1200°C. H: hematite; M: muscovite mica; Mt: magnetite; Mu: mullite; Q: quartz; S: sanidine (potash feldspar).]

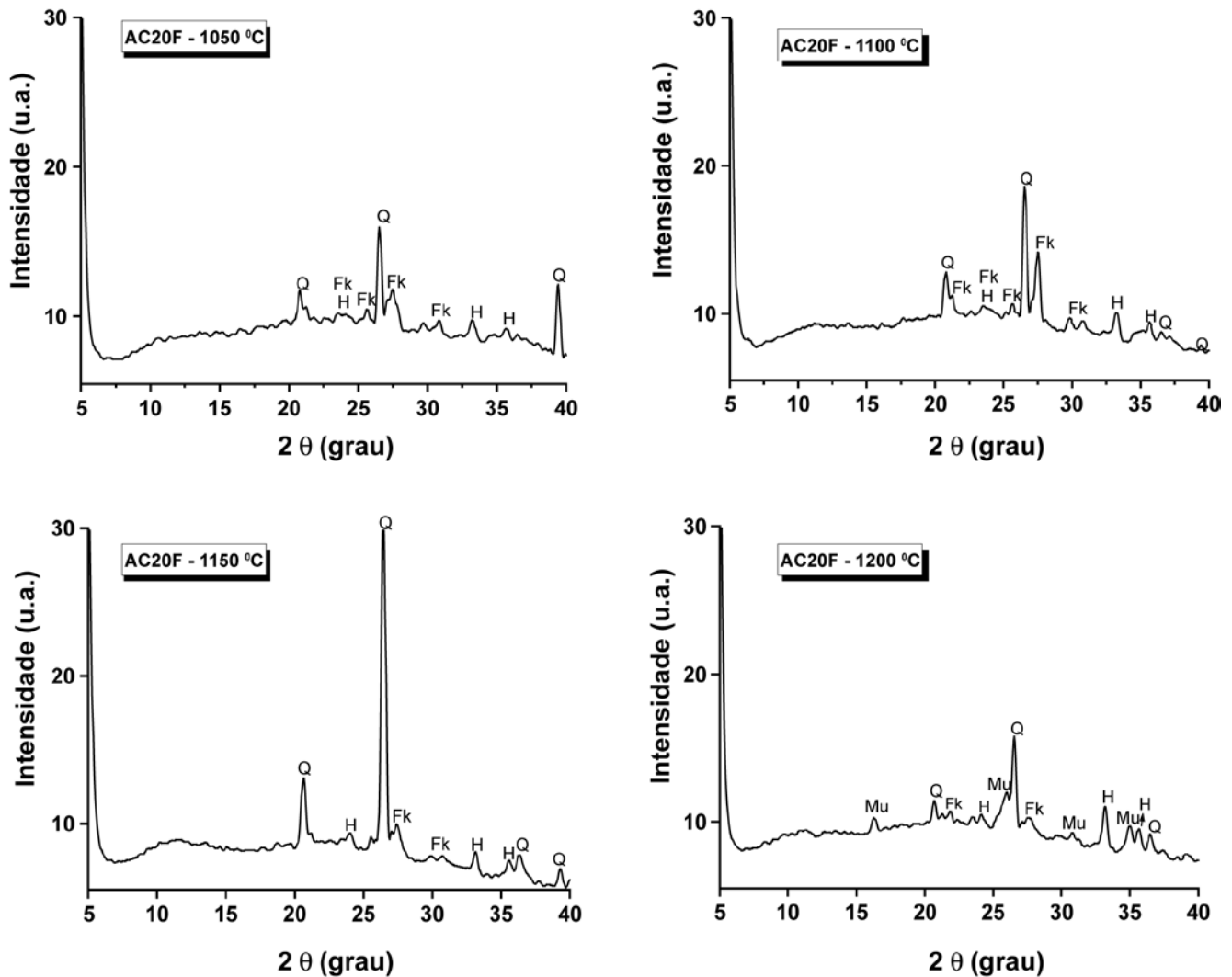


Figura 7: Difratomogramas de raios X da argila caulínica com 20% de fonolito - AC20F - queimada a 1050, 1100, 1150 e 1200°C. Fk: feldspato potássico; H: hematita; Mu: mulita; Q: quartzo.

[Figure 7: X-ray diffraction patterns of the kaolinic clay with 20% of phonolite - AC20F - fired at 1050, 1100, 1150 e 1200°C. Fk: potash feldspar; H: hematite; Mu: mullite; Q: quartz.]

provenientes do fonolito como a nefelina (feldspatóide) e ortoclásio (feldspato potássico). Nestas composições existem dois tipos de feldspato potássico: o primeiro, a sanidina, é proveniente da argila caulínica. O segundo, ortoclásio, é o principal constituinte do fonolito. Com o incremento da temperatura ocorre a fusão do feldspato potássico e feldspatóide, dissolução parcial do quartzo e incremento da mulita.

De acordo com a Fig. 9 pode-se notar que a massa industrial de revestimento cerâmico apresenta uma composição mineralógica de queima relativamente simples. A 1050 °C a massa MI é constituída de quartzo, hematita e feldspato potássico. Com o incremento da temperatura, ocorre fusão do feldspato e formação da mulita.

Na argila caulínica, observa-se uma maior intensidade dos picos de difração e menos ruído. Isto pode ser indicativo de menor formação de fase vítrea. Observa-se também que

as composições com fonolito apresentam redução brusca dos picos de difração dos feldspatos e feldspatóides a partir de 1150 °C. Isto está associado à formação de fase líquida.

As Figs. 10 a 13 apresentam as micrografias, obtidas por MEV, das composições estudadas. Observa-se na Fig. 10 que a argila caulínica apresenta a 1100 °C uma textura grosseira que persiste na temperatura de 1200 °C. Na Fig. 10b, apesar de uma maior formação de fase líquida, nota-se ainda elevada porosidade que está associada a uma sinterização pouco efetiva.

As Figs. 11 e 12 mostram que a incorporação de fonolito, tanto em 20 quanto em 40% em peso, melhorou os aspectos microestruturais da argila caulínica. Isto é mais efetivo na temperatura de 1200 °C. É possível observar na Fig. 12b que a composição com 40% de fonolito apresenta a 1200 °C uma microestrutura bem vitrificada.

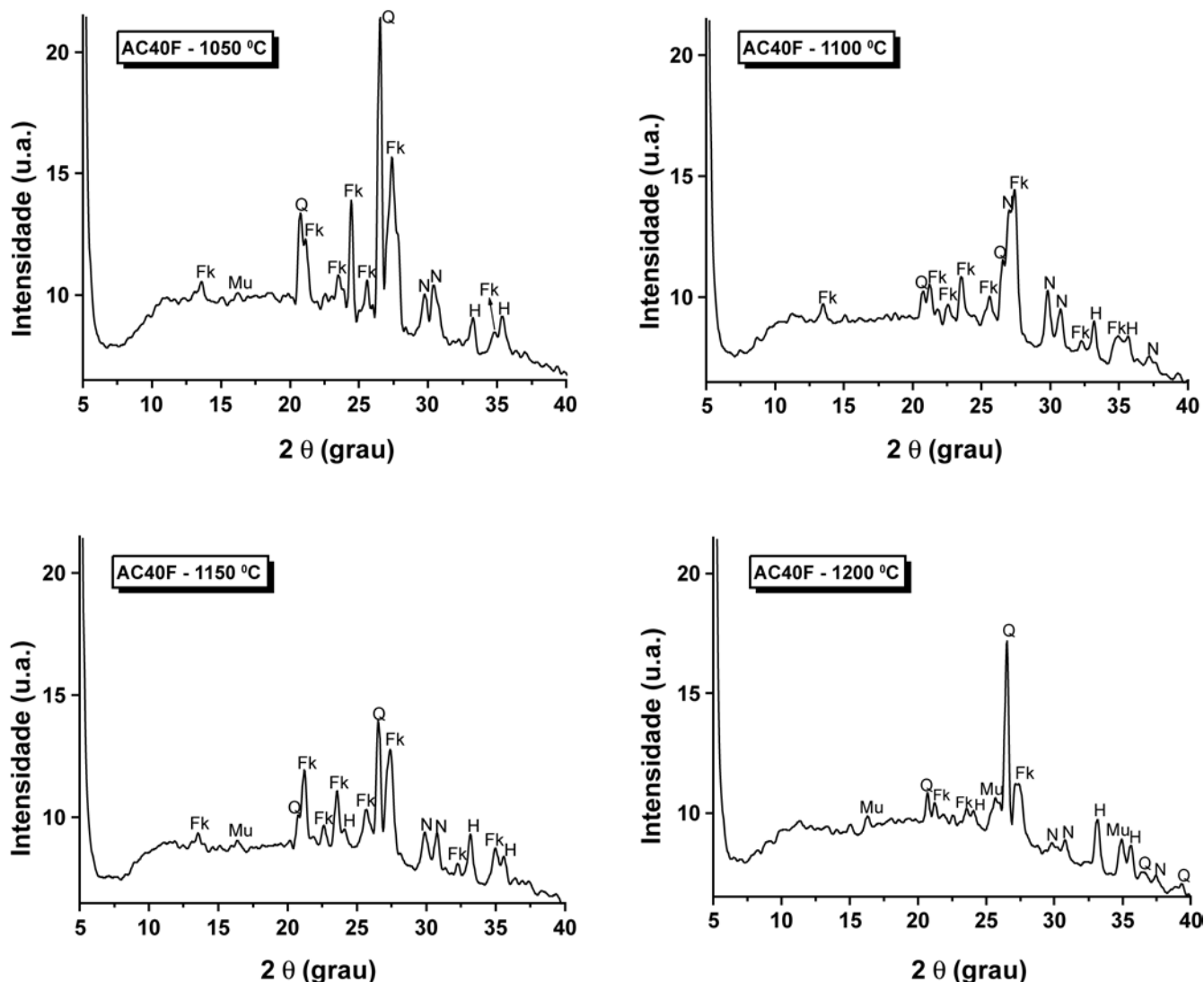


Figura 8: Difratomogramas de raios X da argila caulínica com 40% de fonolito – AC40F - queimada a 1050, 1100, 1150 e 1200 °C. Fk: feldspato potássico; H: hematita; Mu: mulita; N: nefelina; Q: quartzo.

[Figure 8: X-ray diffraction patterns of the kaolinitic clay with 40% of phonolite – AC40F - fired at 1050, 1100, 1150 e 1200 °C. Fk: potash feldspar; H: hematite; Mu: mullite; N: nepheline; Q: quartz.]

A Fig. 13 apresenta as micrografias da massa industrial queimada a 1100 e 1200 °C. Observa-se que a 1100 °C, Fig. 13a, a massa industrial apresenta, diferentemente da argila caulínica, uma textura lisa e microestrutura vitrificada. Na temperatura de 1200 °C, a massa industrial apresenta uma microestrutura totalmente vitrificada com a presença de poros isolados esféricos. Estes poros são possivelmente associados à liberação de O₂ proveniente da redução da hematita.

Em resumo, a avaliação microestrutural por MEV mostra que na temperatura típica para a obtenção de revestimento semiporoso, 1100 °C, a massa industrial MI já se apresenta altamente vitrificada. Por outro lado, a argila caulínica apresenta microestrutura porosa. A adição de fonolito melhorou levemente os aspectos microestruturais

da argila. Entretanto, somente em temperaturas elevadas foi possível obter uma microestrutura similar à massa industrial queimada a 1100 °C.

CONCLUSÕES

Neste trabalho, que teve como objetivo a obtenção de revestimento semiporoso através da incorporação de fonolito à argila caulínica, conclui-se que:

- de uma maneira geral, a incorporação de fonolito em 20 e 40% em peso à argila caulínica contribuiu para a melhoria das propriedades de queima, sobretudo, em temperaturas superiores a 1150 °C.
- Entretanto, em comparação com uma típica massa industrial de revestimento semiporoso, as composições

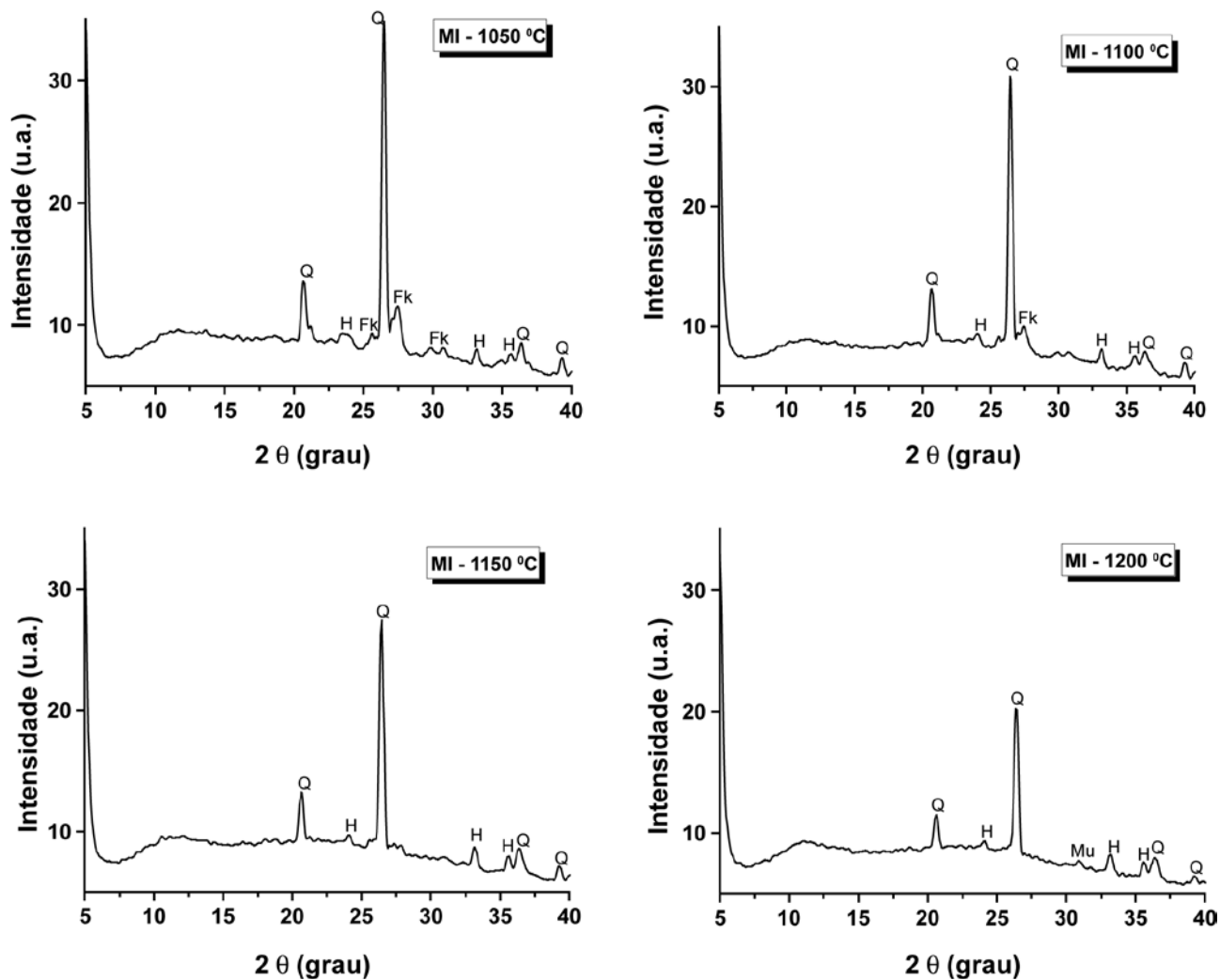


Figura 9: Difratogramas de raios X da massa cerâmica industrial - MI - queimada a 1050, 1100, 1150 e 1200 °C. Fk: feldspato potássico; H: hematita; Mu: mulita; Q: quartzo.

[Figure 9: X-ray diffraction patterns of the industrial ceramic body - MI - fired at 1050, 1100, 1150 e 1200 °C. Fk: potash feldspar; H: hematite; Mu: mullite; Q: quartz.]

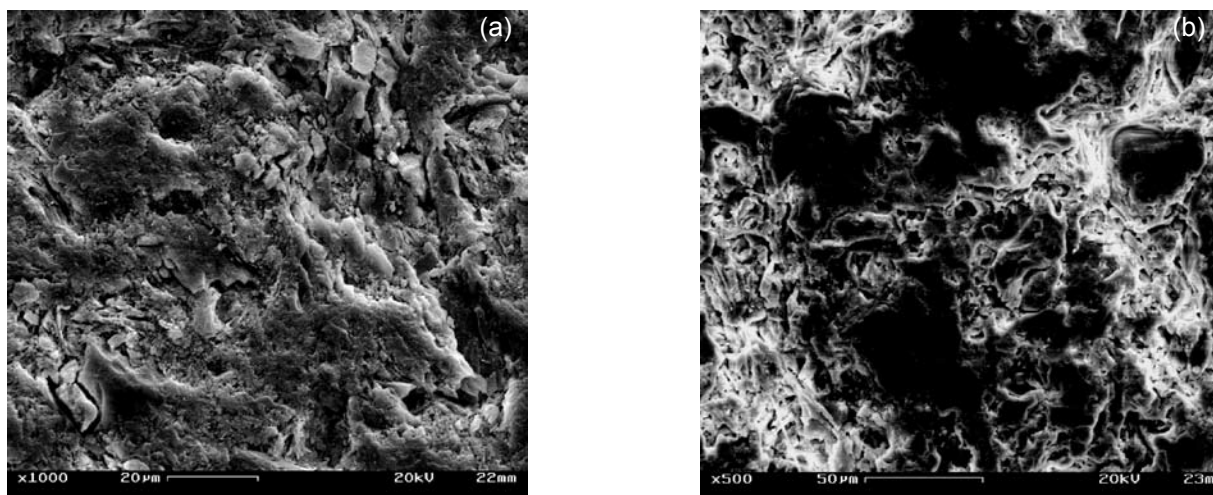


Figura 10: Micrografias obtidas por MEV da argila caulínica. (a) 1100 °C; (b) 1200 °C.

[Figure 10: SEM micrographs of the kaolinitic clay. (a) 1100 °C; (b) 1200 °C.]

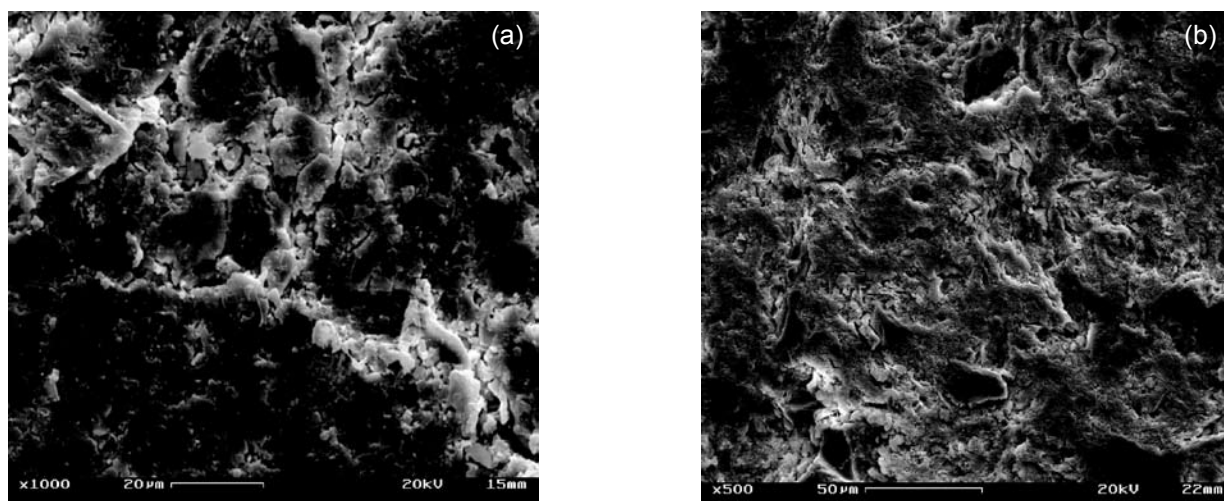


Figura 11: Micrografias obtidas por MEV da argila caulínica com 20% de fonolito. (a) 1100 °C; (b) 1200 °C.
 [Figure 11: SEM micrographs of the kaolinitic clay with 20% of phonolite. (a) 1100 °C; (b) 1200 °C.]

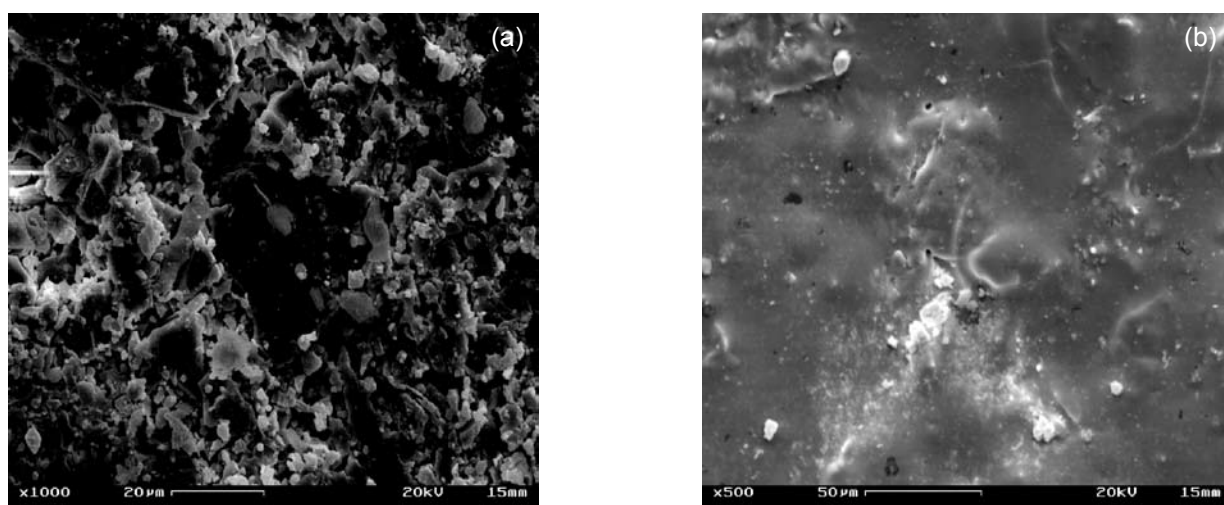


Figura 12: Micrografias obtidas por MEV da composição com 40% de fonolito AC40F (a) 1100 °C; (b) 1200 °C.
 [Figure 12: SEM micrographs of the kaolinitic clay with 420% of phonolite. (a) 1100 °C; (b) 1200 °C.]

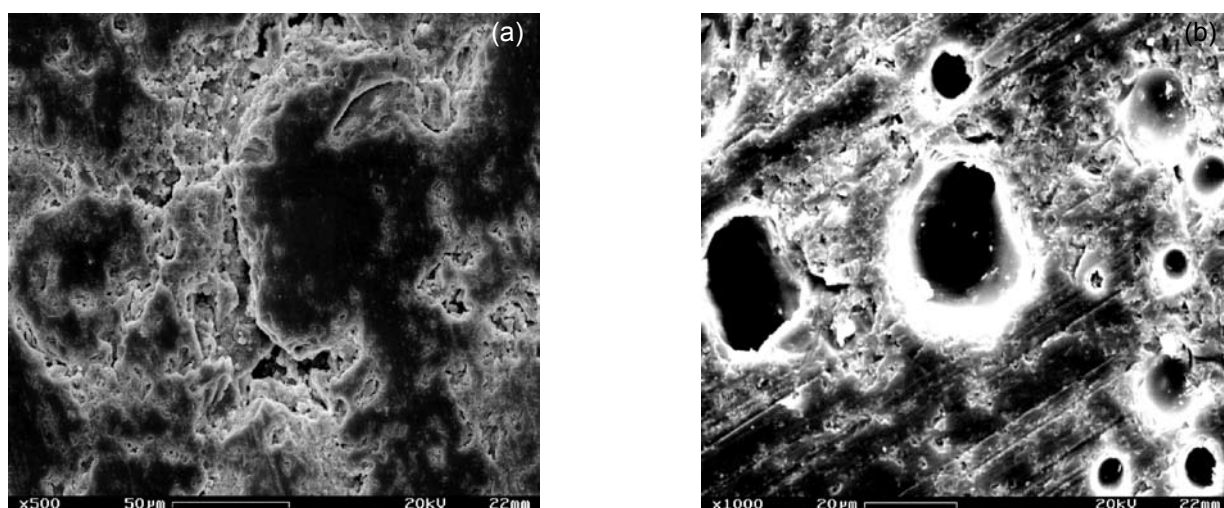


Figura 13: Micrografias obtidas por MEV da massa cerâmica industrial. (a) 1100 °C; (b) 1200 °C.
 [Figure 13: SEM micrographs of the industrial ceramic body. (a) 1100 °C; (b) 1200 °C.]

argila caulinitica/fonolito ainda apresentam algumas características químicas significativamente diferentes como uma menor relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ e maior PF. Esta última característica pode ocasionar o aparecimento de defeitos em uma queima industrial.

- Durante a queima, as composições com fonolito só alcançam o patamar máximo de absorção de água para revestimento semiporoso somente em temperaturas entre 81 e 85 °C superiores à massa industrial.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio, concedido na forma de bolsa de iniciação científica, para realização deste trabalho. É também motivo de agradecimento o apoio concedido pela CAPES e FAPERJ, bem como FENORTE/TECNORTE.

REFERÊNCIAS

- [1] C. M. F. Vieira, S. N. Monteiro, J. Duailibi F., *Ceram. Ind.* **6**, 6 (2001) 43.
 - [2] C. M. F. Vieira, T. M. Soares, S. N. Monteiro, *Cerâmica* **50**, 314 (2004) 122.
 - [3] J. J. Aumond, L. F. Scheibe, *Ceram. Ind.* **1**, 2 (1996) 17.
 - [4] S. Mussolin, C. Doneda, C. Vítório, O. Alarcon, *Ceram. Ind.* **1**, 2 (1996) 23.
 - [5] J. E. E. Navarro, J. L. A. Albaro, *Técnica Cerámica* **91** (1981) 119.
 - [6] A. E. Benlloch, J. L. A. Albaro, J. E. E. Navarro, *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr.* **20** (1982) 17.
 - [7] W. M. Carty, U. Senepati, *J. Am. Ceram. Soc.* **81**, 1 (1998) 3.
- (*Rec.* 27/01/2005, *Ac.* 08/04/2005)