

Compacidade do suporte cerâmico cru versus propriedades do revestimento cerâmico cozido

Compactness of the raw artifacts versus the proprieties of sintered ceramic tiles

Ana Candida de Almeida Prado

Doutora em Geologia Regional, Professora
Universidade Federal do Ceará - Campus Cariri.
acaprado@cariri.ufc.br

Antenor Zanardo

Doutor em Geologia, Professor do
Departamento de Petrologia e Metalogenia,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas,
Universidade Estadual Paulista.
azanardo@rc.unesp.br

Maria Margarita Torres Moreno

Doutora em Química, Professora do
Departamento de Petrologia e Metalogenia,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas,
Universidade Estadual Paulista.
mmoreno@rc.unesp.br

Ana Paula Margarido Menegazzo

Doutora em Tecnologia Nuclear -
Superintendente do Centro de Inovação
Tecnológica / Centro Cerâmico do Brasil.
anapaula.ccb@terra.com.br

Resumo

A compacidade é definida como a razão entre a densidade a seco e a densidade real, propriedade importante no processo cerâmico, pois, quanto maior a compacidade, menor é a necessidade de fechamento dos poros durante a sinterização. Os principais fatores que influenciam a compacidade são: distribuição granulométrica das partículas, tamanho e formato do grânulo, preenchimento do molde, pressão e umidade de prensagem. Com o objetivo de variar a compacidade de corpos de prova compostos, primordialmente, por argilas vermelhas da Formação Corumbataí da região de Rio Claro (SP - Brasil), foram aplicadas diferentes pressões durante a confecção de peças. Foram determinadas as propriedades físicas (absorção de água, retração linear, porosidades aberta, fechada e total, densidade aparente e módulo de ruptura à flexão) das referidas peças. Conclui-se que, para essas massas compostas por argilas illíticas, albíta e teores relativamente elevados de hematita ($\pm 4,5\%$), quanto maior é a compacidade, menor é a temperatura de queima, para se obterem produtos com um determinado padrão de absorção de água, sendo que as compacidades entre 0,66 e 0,69 apresentaram menor risco de atingir a superqueima.

Palavras-chave: Compacidade, propriedades do suporte cru, propriedades do revestimento, superqueima.

Abstract

Compactness is the ratio between the dry and real density of the ceramic artifact. This is an important property in the ceramic process, since the greater the compactness, the less need for pore closure in the sinter stage. The main factors that influence compactness are: particle size distribution, granule size and shape, mold filling method, humidity, and compacting pressure. The compacting pressure was modified in order to vary the compactness of the samples, which consisted primarily of red clay from the Rio Claro (SP-Brazil) region in the sedimentary deposit of the Corumbataí Formation. To understand the initial compacting influence, the physical properties of water absorption, linear shrinkage, open porosity, closed porosity, total porosity, bulk density and bending strength of the fired bodies were determined. The results indicated that, for artifacts composed of illitic clays with a relatively high content of hematite ($\pm 4.5\%$), there was greater compactness at a lower firing temperature to obtain tiles with the same patterns of water absorption. However, a compactness between 0.66 and 0.69 decreased the risk of over firing occurrence, while the higher compactness tested (0.71-0.72) was excessive, increasing over firing susceptibility.

Keywords: Compactness, properties of raw support, properties of ceramic tiles, over firing.

1. Introdução

Pesquisas correlacionam a densidade de prensagem com as características da placa cerâmica após a queima. Escardino et al. (1981) concluíram que uma maior densidade diminui a temperatura de máxima densificação, reduz os valores de retração linear, diminui as inclinações das curvas de retração e absorção na zona de gresificação, porém reduz a faixa de temperatura onde a porosidade é nula. Sánchez et al. (1996) observaram as mesmas variações, nessas propriedades, ao comparar características pós-queima de uma massa industrial de porcelanato prensada sob duas pressões distintas, verificando que as porosidades fechada e total também foram menores em peças mais compactadas inicialmente. Na pesquisa de Amorós Albaro et al. (1982), baixa pressão de compactação gerou maiores retrações lineares de secagem.

Massas com composições mineralógicas distintas apresentam densidades reais diferentes. Dessa forma, não basta determinar a densidade a seco, torna-se necessário calcular o volume de vazios, elemento que realmente influencia as propriedades antes e após a queima. Para tal, é necessário calcular a razão entre a densidade a seco e a densidade real da massa. Tal razão é denominada compacidade.

A compacidade afeta as propriedades da cerâmica, pois, quanto maior a compacidade, menor é a necessidade de fechamento dos poros na etapa de sinterização sendo que a interação entre partículas, durante a sinterização, é mais efetiva; portanto, geralmente, a temperatura necessária para se obterem peças

com a mesma absorção de água é reduzida. Observa-se, também, que a retração linear de queima é diminuída.

O efeito do volume inicial dos poros sobre as propriedades do produto final deve ser estudado caso a caso, pois a magnitude dessa influência varia com a composição da massa e do revestimento desejado. Por exemplo, o estudo de Melchies et al. (2001) demonstrou que a retração linear de queima de revestimentos semiporosos não variou, significativamente, com a densidade aparente a seco, por outro lado, já em peças preparadas com massa de porcelanato, a variação da densidade a seco modificou, significativamente, a retração linear de queima.

A compacidade tem duas definições: a primeira é a razão entre a densidade a verde e a densidade real do suporte cerâmico e a segunda é a razão entre a densidade a seco e a densidade real (Barba et al., 2002). Nesse artigo, será adotada a definição que compacidade é a razão entre a densidade do suporte após a secagem sobre a densidade real da massa.

Vários fatores influem no valor da densidade após a prensagem e, consequentemente, na compacidade: dois deles são a umidade e a pressão de prensagem. Outros são a composição (particularmente, a relação entre materiais argilosos e desplastificantes) e o formato dos grãos. A densidade aparente é diretamente proporcional ao logaritmo da pressão. Além do que, quanto maior a umidade do aglomerado, menor é a influência da pressão de prensagem sobre a densidade (Amorós Albaro et al., 1983; Amorós et al., 1988).

2. Material e métodos

As matérias-primas usadas, para a preparação das massas, foram caulim comercial, diabásio da região e argila advinda de um nível rico em albite da Fm. Corumbataí. Este último material foi coletado na jazida Cruzeiro, com sede no município de Limeira (SP). A fonte do caulim usado na composição das misturas, foi a mineração Romer de São Paulo (SP). Já o diabásio adveio da mineração Cavinato, localizada no município de Limeira (SP). As matérias-primas foram analisadas, mineralogicamente, por difração de raios X e, quimicamente, por fluorescência de raios X.

A argila foi, primeiramente, seca ao ar, britada, moída em moinho cruzeta e,

em seguida, moída em moinho de bolas a seco por 8 horas. O diabásio foi coletado na jazida já previamente britado. Em laboratório, ele foi moído em moinho cruzeta e em moinho de bolas a seco por 8 ½ horas. O caulim já estava beneficiado e todas suas partículas apresentavam tamanhos inferiores a 45 µm.

As densidades reais dos materiais coletados foram determinadas em picnômetro de hélio.

Dois massas foram estudadas: uma composta por 70% de argila da Fm. Corumbataí mais 30% de caulim (denominada ME) e a outra, por 57% de argila, 23% de caulim e 20% de diabásio (denominada MB), sendo os valores

A Formação (Fm.) Corumbataí é um depósito sedimentar de idade Permiana, que é explorado na região de Rio Claro (SP), para uso na indústria de placas cerâmica para revestimento. Essa formação é composta por uma mescla de minerais, com predomínio de illita, feldspatos alcalinos (dominantemente sódicos), quartzo muito fino, hematita, carbonatos, clorita e montmorillonita, o que possibilita seu uso como matéria-prima única pelo maior Polo de Revestimento Cerâmico da América Latina. Há níveis da formação que são ricos em calcita, especialmente os localizados na porção superior da coluna. Outros contêm teores altos de argilo-minerais e, outros, ainda, são mais ricos em feldspatos, como a porção intermediária inferior da coluna. Níveis com essa última característica foram escolhidos para compor as massas dessa pesquisa, pois esse nível feldspático, mesclado com outras matérias-primas (caulim e diabásio), são menos suscetíveis à ocorrência de superqueima e à deformação piroplástica (Prado et al., 2008).

Nessa pesquisa, foram preparadas duas massas usando, como componente principal, material da Formação Corumbataí, adicionando-se ora caulim, ora diabásio mais caulim. A pressão de prensagem das duas massas foi modificada durante a preparação de corpos de prova, partindo-se de diferentes compacidades iniciais, com o intuito de testar a influência da referida pressão sobre as propriedades do revestimento queimado.

estão apresentados de acordo com a porcentagem de massa. As densidades reais das massas foram calculadas pela média ponderada das densidades reais das matérias-primas.

Após a pesagem das matérias-primas, estas foram homogeneizadas no moinho de bolas a seco por 30 minutos. Para se verificar a distribuição granulométrica das partículas mais grossas, peneiramentos a úmido foram feitos em peneiras de abertura de 180, 150, 62 e 45µm. Em seguida, as misturas foram umidificadas com, aproximadamente, 10% em peso de água, granuladas, secas até aproximadamente, 6,5% de umidade, regranuladas e deixadas em descanso

por 48 horas, para homogeneizar.

Cada massa foi prensada em três pressões diferentes. MB foi compactada sob pressões de 20, 40 e 90 MPa, já ME, em pressões de 25, 50 e 90MPa, o que determinou três níveis de densidades após a secagem para ambas as massas. Dessa forma, obtiveram-se seis amostras: três compostas pela massa MB e três, por ME.

A compactidade das amostras foi determinada calculando-se a razão entre a densidade dos corpos após a secagem

$$PA(\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s - m_i} \times 100$$

Onde, m_u , m_s e m_i correspondem, respectivamente, às massas da peça úmida, seca e imersa e DR é a densidade real da amostra determinada em picnômetro de hélio.

3. Resultados

A Tabela 1 traz os percentuais dos óxidos dos elementos químicos presentes nas matérias-primas e os resultados das composições químicas das massas MB e ME calculados a partir da contribuição ponderada de cada matéria-prima. Esses dados foram usados para auxiliar na interpretação do ensaio de difração de raios X. A Figura 1 mostra os gráficos de difração de raios X realizada nas matérias-primas que compõem as massas MB (nível da Fm. Corumbataí, caulim e diabásio) e ME (Fm. Corumbataí e caulim). A amostra da formação contém quartzo,

sobre a densidade real da massa.

Os corpos de prova foram secos em estufa a 110°C por 24 horas. Cinco corpos de cada amostra foram queimados em forno gradiente em pelo menos 10 diferentes temperaturas, que variaram de 990 a 1150°C. As características físicas dos corpos foram determinadas e a média dos resultados dos cinco corpos de prova foi calculada.

A caracterização consistiu em determinar a absorção de água (AA), a retração linear total (RLT), módulo de

$$Pt(\%) = \left(1 - \frac{m_s}{(m_u - m_i) \times DR}\right) \times 100$$

Os resultados das amostras, com a mesma composição e compactidades diferentes, foram avaliados considerando-se a média de cada uma das características. A tendência

ruptura à flexão (MRF), porosidade aparente ou aberta (PA), porosidade fechada (Pf), porosidade total (Pt) e a densidade aparente (DA). Os procedimentos, para determinação de AA e MRF, seguiram as recomendações da norma ABNT-NBR 13818/1997 (ABNT, 1997). A RLT foi determinada pela diferença relativa entre o comprimento da peça queimada e o comprimento da peça após a prensagem. As porosidades aparente (PA), fechada (Pf) e total (Pt) foram determinadas através das seguintes equações:

$$Pt(\%) = Pf(\%) + PA(\%)$$

à estabilidade dimensional foi determinada analisando-se os diagramas de gresificação e os gráficos de porosidades e densidade versus temperatura de queima.

illita (argilomineral predominante), clorita, albita e hematita. O caulim é composto, principalmente, por caulinita e, em menor quantidade, illita. O diabásio é rico em quartzo, anortita sódica, augita, pigeonita, magnetita e também, contém montmorillonita, ilmenita e clorita.

Os resultados das densidades reais da argila vermelha da Fm. Corumbataí, do caulim e do diabásio foram, respectivamente, 2,72; 2,71 e 2,91 g/cm³. Como a massa MB continha 57% de argila vermelha, 23% de caulim e 20% de diabásio, sua densidade real resultou em 2,76

g/cm³ e a densidade real de ME, formada por 70% de argila vermelha mais 30% de caulim, em 2,72 g/cm³.

A Tabela 2 mostra os valores de prensagem usados na conformação dos corpos, as densidades geométricas médias após a secagem, os desvios-padrões dessas densidades, as densidades reais das massas e a compactidade das amostras. Apesar de serem verificados valores de densidades a seco diferentes, obtiveram-se corpos-de-prova com três quantidades-padrões de poros para cada massa.

Tabela 1
Análise química das matérias-primas.

Amostra	Óxidos dos elementos químicos maiores (%)										
	PF	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
CV	2,27	69,28	13,97	5,45	0,54	0,02	0,45	1,64	3,11	3,22	0,11
Caulim	12,87	47,48	36,94	0,98	0,04	0,01	0,03	0,23	0,12	1,28	0,04
Diabásio	1,08	55,59	12,6	13,71	2,26	0,23	5,73	1,98	3,64	2,32	0,87
MB	4,47	61,53	18,98	6,07	0,77	0,06	1,41	1,38	2,53	2,59	0,25
ME	5,45	62,74	20,86	4,11	0,39	0,02	0,32	1,22	2,21	2,64	0,09

Tabela 2
Pressão de prensagem, média e desvio padrão da densidade das peças secas, densidade real das massas e compactidade das amostras.

Pressão de prensagem (MPa)	D.A. Seco (g/cm ³)	D _{Real} (g/cm ³)	(D _{real} - D _{seco}) (g/cm ³)	Compactidade	Denominação da amostra
20	1,81±0,01	2,76	0,95	0,66	MB - 0,66
40	1,90±0,00	2,76	0,86	0,69	MB - 0,69
90	1,97±0,01	2,76	0,79	0,71	MB - 0,71
25	1,79±0,01	2,72	0,93	0,66	ME - 0,66
50	1,87±0,00	2,72	0,85	0,69	ME - 0,69
90	1,95±0,01	2,72	0,77	0,72	ME - 0,72

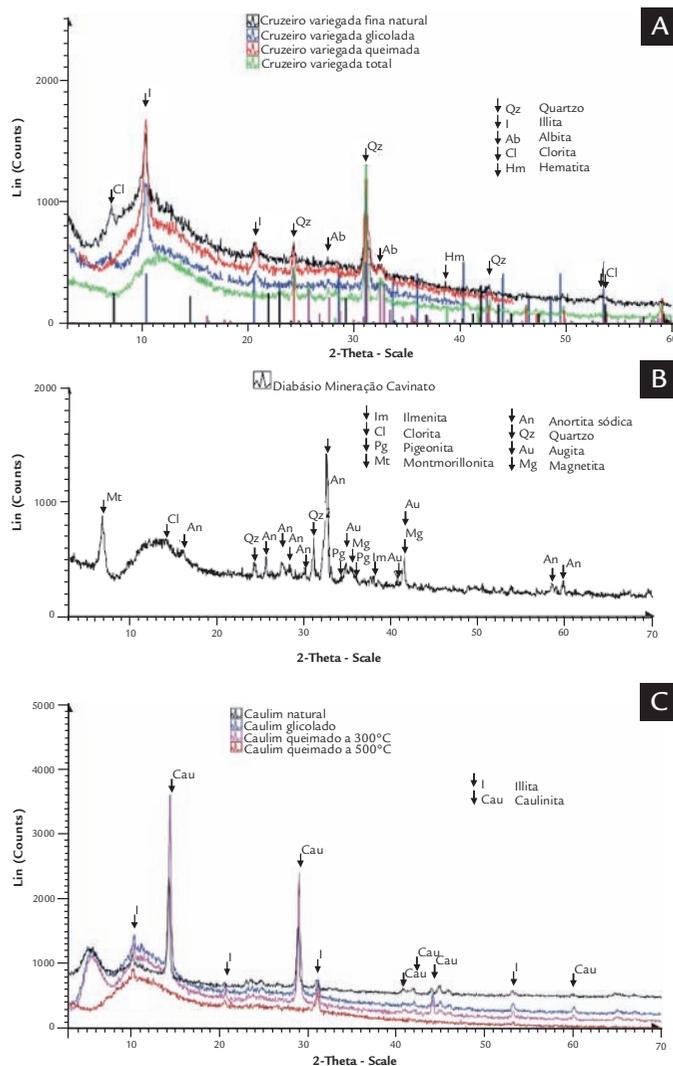


Figura 1 - Difração de raios X de: (A) Nível da Formação Corumbataí. (B) Diabásio. (C) Caulim.

Como era esperado, uma maior compacidade inicial levou a uma maior densidade aparente após a queima a uma mesma temperatura (Figura 2), ou, por outro ponto de vista, a uma determinada temperatura, as amostras mais compactadas, inicialmente, apresentaram maiores densidades aparentes pós-queima. Nas temperaturas mais baixas (de 1010 a 1080°C), a inclinação da curva da densidade aparente versus temperatura de queima é equivalente para os três padrões de compacidade. As mais altas densidades aparentes foram alcançadas pelas amostras com compactação a seco

de 0,69 a 0,72, tanto para a massa ME, como para a MB.

Quando o produto desejado é o porcelanato, é importante que haja uma faixa de temperatura de queima onde os corpos apresentem o máximo de densificação (ou seja, a porosidade aberta nula ou praticamente nula e mínima porosidade fechada), assim, as flutuações de temperatura inerentes do forno não gerarão revestimentos com defeitos. A porosidade antes da queima afetará a amplitude da faixa de temperaturas onde ocorre a máxima densificação, como demonstra a Figura 3, para a massa MB. Nesta, é possível

observar que, para a massa MB, com compacidade inicial de 0,69 (Figura 3b), há duas temperaturas (1100 e 1110°C), onde a porosidade total era mínima e a porosidade fechada era igual à total; já MB, com compacidade inicial de 0,66 (Figura 3a), e MB, com compacidade de 0,71 (Figura 3c), a máxima densificação ocorreu em uma única temperatura.

Para a massa ME, com compacidade de 0,66, a porosidade fechada se igualou à porosidade total a 1120°C, atingindo o valor mínimo de porosidade total (ou seja, esta é a temperatura de máxima densificação). Quando se aumentou a

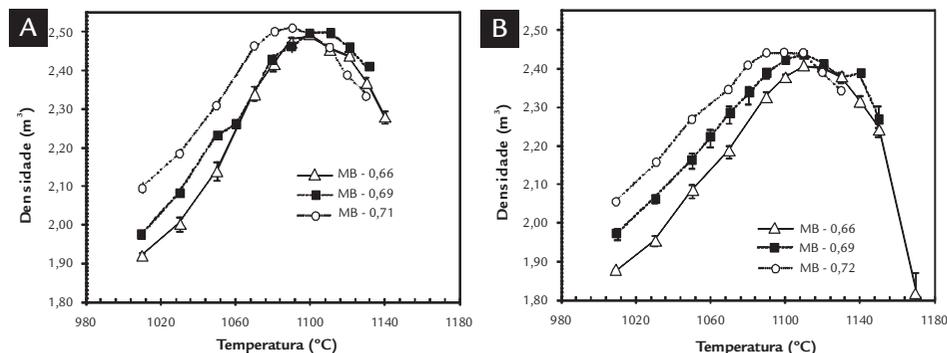


Figura 2 Variação da densidade aparente com a temperatura: (A) MB. (B) ME.

Figura 3
Variação das porosidades fechada e total com a temperatura da massa MB com compactidade de:
(A) 0,66.
(B) 0,69.
(C) 0,71.

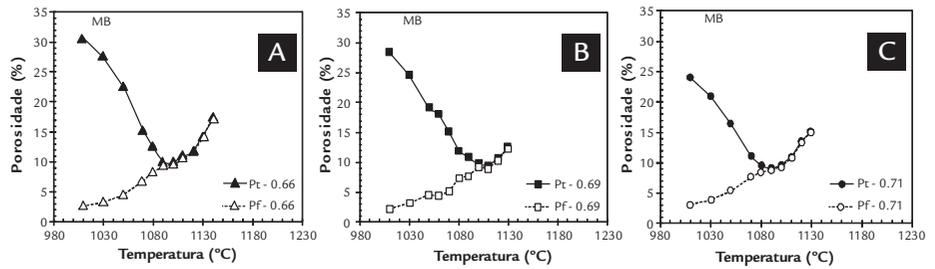
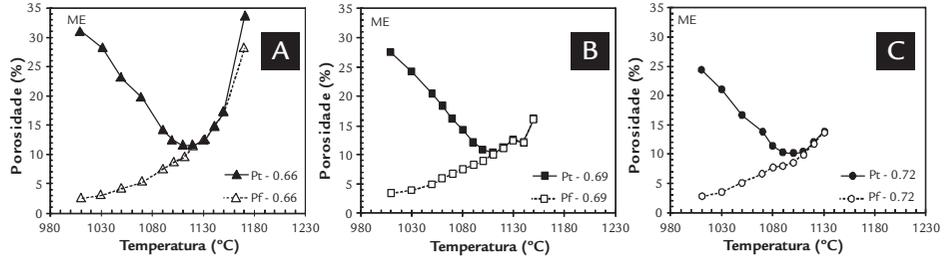


Figura 4
Variação das porosidades fechada e total com a temperatura da massa ME com compactidade de:
(A) 0,66.
(B) 0,69.
(C) 0,72.



temperatura de queima em 10°C, houve um aumento das porosidades, porém tal aumento não foi significativo. O mesmo ocorreu com ME - 0,69, nas temperaturas de 1110°C e 1120°C. Na maior compactidade, a maior densificação ocorreu a 1110°C. Diferentemente das amostras de menor compactidade, a elevação da temperatura de queima já aumentou muito as porosidades (Figura 4).

O mesmo fenômeno que ocorreu com as porosidades também se refletiu na RLT e na AA da massa ME (Figura 5). Os valores absolutos da RLT e as temperaturas de densificação máxima de ME diminuíram à medida que se aumentou a compactidade, porém a faixa de temperatura em que ocorreu a máxima densificação e que a RLT não variou, significativamente, também diminuiu.

As temperaturas de queima, para se alcançar a mesma absorção de água, não foram muito distintas para as amostras MB com compactidade de 0,69 e 0,66 (Figura 5). Mas a MB com compactidade de 0,71 alcançou os valores de AA em temperaturas menores do que as amostras menos compactadas. Os valores absolu-

tos da retração, da temperatura de máxima densificação, e a faixa de temperatura onde não houve evidência de superqueima de MB aumentaram com a máxima compactidade estudada. A variação da retração, na faixa de AA, entre 0,5 e 3,0%, foi menor na amostra com compactidade de 0,69. Já, na faixa de produção do porcelanato, a menor sensibilidade da amostra MB foi a com compactidade de 0,66 (Figura 5).

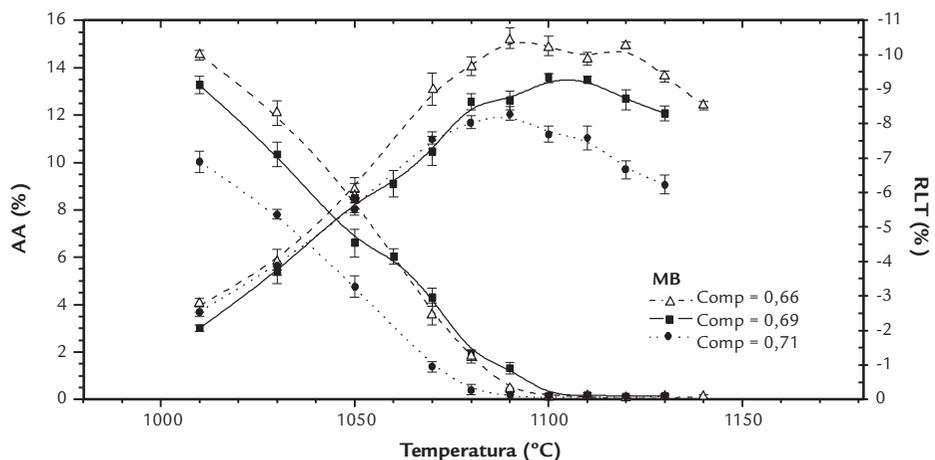
Na faixa de produção do porcelanato (denominada, pela ABNT, como classe BIa), a menor variação da retração linear com temperatura de queima ocorreu na amostra ME com 0,69 de compactidade inicial (Figura 6). Abaixo disso (0,66), a menor compactidade necessitou, um aumento da temperatura de máxima densificação, o que elevou a quantidade de fase líquida e diminuição da viscosidade dessa fase. A compactidade mais alta (0,72) também levou a uma maior variação da retração com a temperatura - apesar de a temperatura de máxima densificação ser mais baixa, a interação entre as partículas da amostra mais compactada foi excessiva, confirmando-se os resulta-

dos de outros pesquisadores (Escardino et al., 1981; Sánchez et al., 1996).

Na faixa de produção dos revestimentos semiporosos (BIb e BIIa) e, principalmente, na faixa do grés (BIb), a sensibilidade à retração com a temperatura aumentou com a maior compactidade (comparar as inclinações das curvas de retração x temperatura, na Figura 6) - ao contrário da pesquisa de Escardino et al. (1981), que afirmaram que a inclinação das curvas de retração e absorção na zona de gresificação diminuiu com o aumento da densidade aparente. No entanto, essa afirmação não estava evidente no gráfico apresentado pelos pesquisadores.

Todas as amostras obtiveram alta resistência mecânica, superando os valores mínimos estabelecidos nas normas técnicas brasileiras ABNT-NBR 13818/1997 e ABNT-NBR 15463/2007 (ABNT, 1997; 2007) e da International Organization for Standardization (ISO) 13006/1998 (ISO, 1998), para quase todas as classes de placas cerâmicas para revestimentos. Há a exceção para a classe BIII, cuja AA é superior a 10% (Figura 7). As amostras de menor compactidade

Figura 5
Diagrama de gresificação da massa MB, variando-se a compactidade a seco.



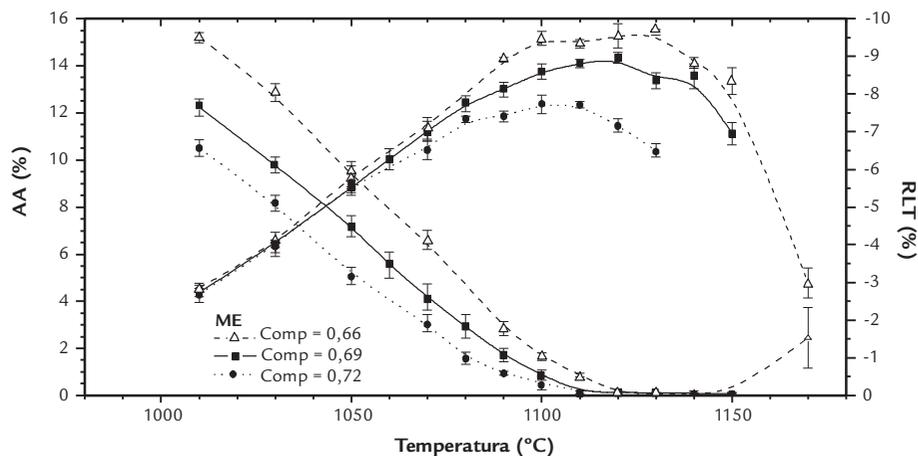


Figura 6 Diagrama de gresificação da composição ME, variando-se a compacidade a seco.

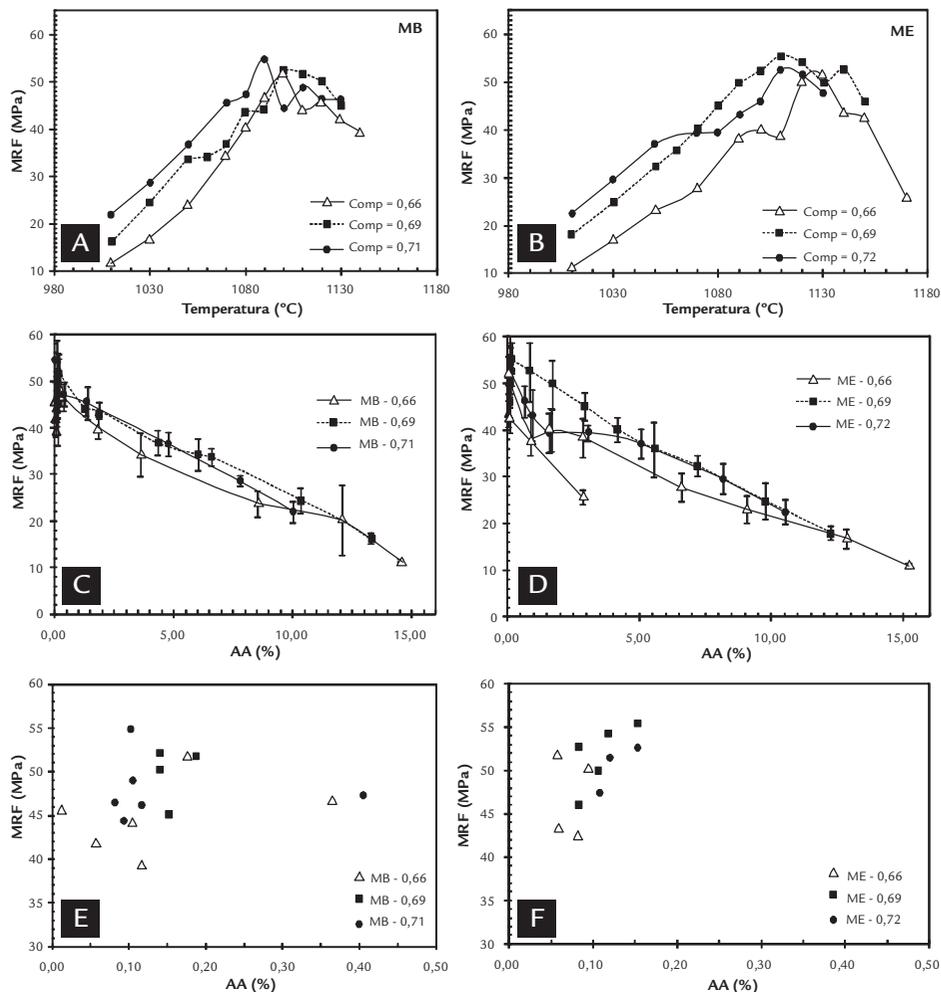


Figura 7 Resistência mecânica das amostras: (A) e (B) módulo de resistência à flexão versus temperatura de queima das massas MB e ME, respectivamente, em diferentes compacidades a seco. (C) e (D) módulo de resistência à flexão versus absorção de água de MB e ME. (E) e (F) módulo de resistência à flexão de MB e ME versus respectivas absorções de água na faixa de 0,00 a 0,50%.

- 0,66 – apresentaram, de maneira geral, para uma mesma temperatura de queima, menor MRF (Figura 7a, 7b). Nas amostras feitas com a massa ME, a que tinha compacidade inicial igual a 0,69 superou a resistência mecânica das outras amostras em temperaturas de queima mais altas do que 1100°C (quando a absorção de água era menor que 0,5%).

Comparando os valores de AA com MRF (Figuras 7c, 7d, 7e, 7f), para as duas massas, como era esperado, amostras com alta absorção de água apresentam baixas resistências mecânicas. Os corpos com a AA entre 5 e 15% não apresentaram diferenças significativas nos valores do módulo de resistência à flexão com a variação da compacidade de 0,69 para

0,71 ou 0,72 (Figura 7c, 7d). Na região de menor AA, representada nas Figuras 6e e 6f, não há relação direta entre AA e MRF. Dessa forma, conclui-se que o responsável pela resistência mecânica não é a quantidade de poros e, sim, o tamanho do maior poro (que atua como defeito crítico).

4. Conclusão

Para ambas as massas, comprovou-se, corroborando com os resultados de

outros autores, que uma maior compacidade diminui a temperatura de sinteri-

zação e, também, diminui os valores da retração linear, principalmente em tem-

peraturas de queima acima de 1080°C.

Por outro lado, a amplitude da faixa de temperatura, onde a retração não varia, significativamente, com a temperatura de queima, não é diretamente proporcional à compacidade. As compacidades mais altas (0,71 para MB e 0,72 para ME) levaram a uma maior variação da retração com a temperatura - apesar de as temperaturas de máxima densificação das referidas massas serem mais baixas, as interações entre as partículas das massas foram favorecidas. Por tudo isso, formou-se mais fase líquida. A pressão interna dos gases inclusos nos poros foi suficiente para superar a pressão externa de fechamento dos poros. Já nas temperaturas de 1090°C, para a

massa MB, e de 1120°C, para a massa ME, aumentando-se o volume das peças. O motivo dessa diferença de temperatura é que a massa MB contém maior quantidade de minerais ricos em ferro, em especial, a hematita. A hematita se transforma em magnetita, gerando gases que aumentam a pressão interna dos poros fechados.

Os resultados da influência da compacidade sobre a sensibilidade à variação da retração linear, absorção de água, porosidade e densidade aparente com a temperatura de queima, levam a concluir que há uma compacidade ou uma faixa de compacidade ideal que deve reduzir a tendência à superqueima. Massas compostas, primordialmente, por rochas,

predominantemente, ilíticas e cauliniticas, contendo minerais de ferro, moídas a seco e apresentando uma granulação similar a massas de grés apresentaram maiores intervalos de máxima densificação sem evidências de superqueima quando submetidas a uma compacidade inicial de 0,66 a 0,69.

A compacidade não influenciou, significativamente, sobre o módulo de resistência à flexão de corpos de mesma absorção de água, quando essa absorção estava entre 5 e 15%. Os resultados indicam que a resistência à flexão de corpos com baixa porosidade (absorção de água menor que 0,5%) não é comandada pela quantidade absoluta dos poros e, sim, pelo tamanho do maior poro.

5. Agradecimentos

À FAPESP (Proc. 03/01123-7) e ao CNPq (Procs. 141051/2005-1, 305815/2005-9 e 470573/2006-6).

6. Referências bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *Placas cerâmicas para revestimentos: especificação e métodos de ensaios: 13818*. Rio de Janeiro, 1997. 78p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *Placas cerâmicas para revestimento – porcelanato: 15463*. Rio de Janeiro, 2007. 6p.
- AMORÓS ALBARO, J. L. et al. Estudio de la compactacion de soportes cerámicos (bizcochos) de pavimento y revestimiento. II: influencia de La presion y humedad de prensado. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidryo*, Madrid, v.21, n. 1, p. 9-18, 1983.
- AMORÓS ALBARO, J. L. et al. Estudio de la compactacion de soportes cerámicos (bizcochos) de pavimento y revestimiento. I: influencia del tamaño de granulo de atomizado. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidryo*, Madrid, v.21, n. 4-5, p. 245-250, 1982.
- AMORÓS, J. L. et al. La operación de prensado en la fabricación de pavimentos por monococción. I. Influenza de la naturaleza del polvo de prensas sobre las propiedades de las piezas en crudo. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, Madrid, v.27, n.5, p.273-282, set./oct. 1988.
- BARBA, A. et al. *Materias primas para la fabricación de suportes de baldosas cerámicas*. 2ed. Castellón, Espanha: Instituto de Tecnología Cerámica - ITC/AICE; Castañeda, 2002. 292p.
- ESCARDINO, B. A., AMORÓS, A. J. L., NAVARRO, J. E. E. El diagrama de gresificación de pavimentos de gres. *Cerâmica Informação*, Castellón, Espanha, n. 84, p. 211- 220, may. 1981.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. *Ceramic tiles: definitions, classification, characteristics and marking: 13006*. Switzerland, 1998. 56p.
- MELCHIADES, F.G. et al. Controle dimensional e do formato de revestimentos cerâmicos; parte 1: dimensões. *Cerâmica Industrial*, v.6, n.5, p. 27-33, 2001.
- PRADO, A. C. A. et al. Redução da susceptibilidade à deformação pirolástica das argilas do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes através da adição de matérias-primas. *Cerâmica*, v. 54, p. 7-20, 2008.
- SANCHÉZ, E. et al. Aspectos a mejorar en las características y homogeneidad de las arcillas rojas empleadas en la fabricación de baldosas cerámicas. *Técnica Cerámica*, Barcelona, n. 240, p. 16-29, 1996.