

## Influência de defeitos e diferentes processos de fabricação nas propriedades mecânicas finais das cerâmicas

Daniel Schuller, [schuller.unesp@yahoo.com.br](mailto:schuller.unesp@yahoo.com.br)<sup>1</sup>  
Eduardo Carlos Bianchi, [bianchi@feb.unesp.br](mailto:bianchi@feb.unesp.br)<sup>1</sup>  
Paulo Roberto de Aguiar, [aguiarpr@feb.unesp.br](mailto:aguiarpr@feb.unesp.br)<sup>2</sup>  
Rafael Plana Simões, [rafael@fc.unesp.br](mailto:rafael@fc.unesp.br)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru, Departamento de Engenharia Mecânica, Avenida Engenheiro Luiz Edmundo C. Coube 14-01.

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru, Departamento de Engenharia Elétrica, Avenida Engenheiro Luiz Edmundo C. Coube 14-01.

**Resumo:** *Nos processos de fabricação da cerâmica existem diversos fatores que contribuem para as características do produto final. Devido a isso, muitos pesquisadores têm trabalhado no estudo da influência de alguns defeitos e diferentes técnicas de processamento nas características finais do produto. Este trabalho tem como objetivo fazer uma revisão bibliográfica de recentes artigos publicados que analisam a influência de determinados fatores como velocidade de queima, surgimento de trincas, porosidade, fases cristalinas e tamanho de partículas nas propriedades mecânicas finais das cerâmicas. O presente estudo dá subsídios para o aperfeiçoamento do processo de fabricação a fim de promover as melhores características mecânicas, de acordo com a necessidade de aplicação, do produto final.*

**Palavras chave:** *cerâmicas, processo de fabricação, propriedades mecânicas.*

### 1. INTRODUÇÃO

Os materiais cerâmicos são, atualmente, cada vez mais utilizados na engenharia mundial, pois possuem excelentes propriedades mecânicas principalmente quando comparados ao aço, tais como: alta resistência mecânica, alta tensão de cisalhamento admissível, baixo coeficiente de expansão térmico, baixa condutividade térmica e resistência ao desgaste elevada.

Devido à suas características, a aplicação desses materiais é extremamente ampla e tende a crescer ainda mais. Atualmente podem-se encontrar materiais cerâmicos aplicados nas seguintes áreas: mancais; automotivas (sensores, isoladores, catalisadores, pistões, válvulas, revestimentos); implantes biocompatíveis (dentário, substituição óssea, válvulas cardíacas); produtos sujeitos ao desgaste (guias); refratários (revestimento de equipamento bélico, componentes de fornos); eletrônica e outras.

As características de corpos cerâmicos são decorrentes de sua composição química e do processo de fabricação que lhe deu origem, como: temperatura de queima, proporção dos componentes e também granulometria da matéria-prima utilizadas na fabricação. Defeitos como trincas e porosidade não desejada são decisivos para a qualidade final do produto (Pagani et al, 2003; Bragança e Bergmann, 2004a).

Durante o processo de fabricação das cerâmicas, especificamente em sua queima, reações termicamente ativadas se processam no interior da massa cerâmica promovendo a formação das fases determinantes para características mecânicas na fase final do processo (Dutra e Araújo Pontes, 2002).

As matérias primas usadas no fabrico de cerâmicos tradicionais podem ser de três tipos, segundo o papel que desempenham durante o processamento e o modo como afetam as propriedades tecnológicas: plásticos (argilas), fundentes (feldspato) e inertes (quartzo). A variação da proporção de cada um destes componentes promove uma gama de possibilidades de propriedades mecânicas e conseqüentemente aplicações do material (Correia et al, 2005).

Contudo, este trabalho tem como objetivo estudar a influência de alguns defeitos e processos de fabricação na qualidade final da cerâmica, contribuindo assim para o aperfeiçoamento da fabricação e garantindo as qualidades mecânicas necessárias.

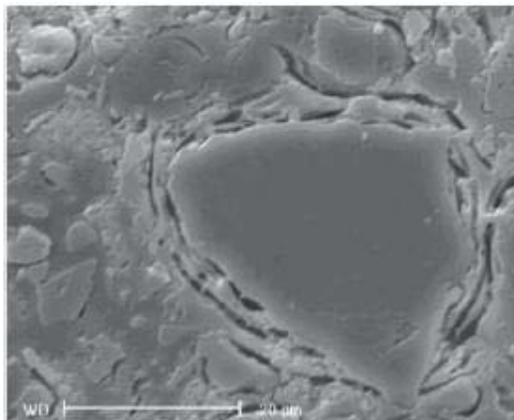
## 2. INFLUÊNCIAS NEGATIVAS ÀS PROPRIEDADES MECÂNICAS FINAIS

Dois dos principais fatores prejudiciais às propriedades mecânicas de uma cerâmica são surgimentos de trincas e porosidade indesejada. Suas causas e respectivas influências serão apresentadas a seguir.

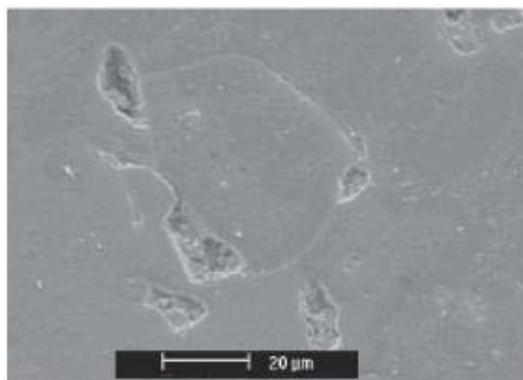
### 2.1. Surgimento de Trincas

Um dos motivos propostos para a ocorrência de trincas nos materiais cerâmicos é a diferença entre os coeficientes de expansão térmica da matriz e das fases cristalinas. O surgimento dessas falhas prejudica drasticamente as propriedades mecânicas do material, como resistência mecânica, por exemplo.

Se com a variação de temperatura as partículas se contraem mais que a matriz, observa-se a ocorrência de pequenas trincas ao redor das partículas, como é possível observar nas Fig. (1a) e (1b), (Bragança e Bergmann, 2004a; Bragança e Bergmann, 2004b).



**Figura 1a.** Fotomicrografia obtida em microscópio eletrônico de varredura, mostrando trincas periféricas ao redor do quartzo; ataque com ácido fluorídrico a 20% por 10s (20°C), (Bragança e Bergmann, 2004a).



**Figura 1b.** Fotomicrografia obtida em microscópio eletrônico de varredura, mostrando trinca periférica ao redor do quartzo; sem ataque ácido, (Bragança e Bergmann, 2004a).

A Fig. (1b) mostra claramente trincas ao redor da partícula de quartzo. Nestes casos, não se observa a ocorrência de intersecção das trincas que pode ser fatal para a peça quando submetida a esforços mecânicos como em algum tipo de usinagem ou decorrentes da própria aplicação do material.

### 2.2. Porosidade

As cerâmicas porosas possuem uma grande aplicação como isolantes térmicos para altas temperaturas, pois não possuem boa capacidade de transmissão de calor. Existem praticamente dois tipos de porosidade em corpos cerâmicos: aberta e fechada (Van Vlack, 1973). As porosidades abertas são as que possuem contato com a superfície externa da peça, enquanto as fechadas se encontram dentro do material. Ambas são importantes para diferentes aplicações do material na engenharia. Os materiais de porosidade aberta têm uma de suas aplicações na fabricação de filtros para fluidos, já os de porosidade fechada são empregados também como materiais isolantes, conforme citado.

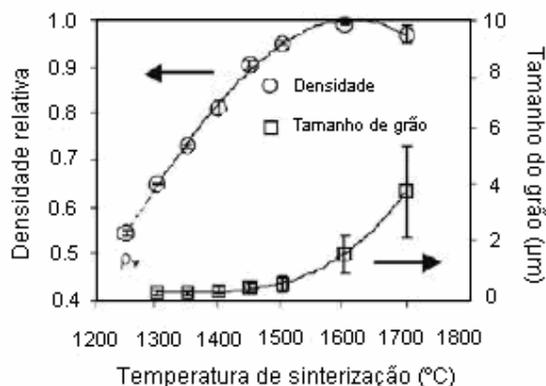
Como o processamento de porcelanas é feito principalmente pela tecnologia do pó, podem ocorrer frações de poros involuntárias (indesejáveis) ou também pode-se obtê-la principalmente por adição de materiais orgânicos na cerâmica (Dutra e Araújo Pontes, 2002; Yoshimura et al, 2005)

Chatterjee et al (2001) compararam experimentalmente a utilização de dois tipos de feldspato (sódico e de potássio). Foi constatado que quando se utilizado combinações entre 60 e 40% de feldspato sódico em substituição ao potássio, o surgimento de porosidade fechada é favorecido devido à excessiva formação de fase líquida. Porém, a natureza do feldspato utilizado na massa de partida não afeta a proporção de quartzo que se dissolve nem a quantidade de mulita formada como afirma Sanchez et al (2001).

Carlos et al (2005), experimentalmente, constataram que a utilização do método de heterocoagulação para obtenção de cerâmicas porosas garante melhor qualidade às peças fabricadas. Esse método baseia-se na ocorrência de coagulação ordenada onde as matérias orgânicas e inorgânicas devem apresentar cargas opostas, sendo assim ocorre o recobrimento das partículas orgânicas pelas inorgânicas.

Yoshimura et al (2005) analisaram as características mecânicas de alumina de elevada pureza sinterizada entre 1300°C e 1700°C para preparação de amostras com diferentes porosidades. Para o valor de densidade relativa, observou-se um repentino aumento entre 1300° e 1500°C chegando ao valor máximo (99,2% da densidade teórica) em 1600°C e iniciou um decaimento em 1700°C, como mostra Fig. (2). Até a temperatura de 1450°C os corpos apresentavam porosidade aberta e os grãos não tiveram crescimento anormal até 1700°C. Portanto, a diminuição da densidade nessa região deve-se à ocorrência de crescimento e coalescimento de poros em altas temperaturas, que leva à diminuição da pressão interna dos gases (aumento do raio dos poros).

Na análise do módulo de Young, módulo de cisalhamento, resistência à flexão, tenacidade à fratura e dureza Vickers de acordo com a fração volumétrica dos poros, observou-se que os valores apresentaram crescimento com o aumento da temperatura de 1300°C a 1600°C enquanto os resultados se mantiveram praticamente constantes entre 1600°C e 1700°C. Com isso conclui-se que a porosidade até 3,1% e o maior tamanho de grão das amostras sinterizadas a 1700°C em relação às sinterizadas à 1600°C pouco afetaram as propriedades mecânicas.



**Figura 2. Densidade relativa e tamanho de grão das amostras sinterizadas entre 1300 e 1700 °C (Yoshimura et al, 2005).**

Também foi possível concluir que, em geral, as propriedades mecânicas como módulo de elasticidade, resistência à flexão, tenacidade e dureza diminuíram com o aumento da porosidade, sendo mais acentuadas na dureza, como mostrado nas Fig. (3a), (3b), (3c), (3d). Porém, nem todos os tipos de poros são prejudiciais às propriedades mecânicas da porcelana. Uma porosidade praticamente esférica numa matriz altamente densificada pode aumentar a resistência mecânica do material (Bragança e Bergman, 2004b).

Para a Fig. (3a), ao analisar o módulo de Young, pode-se verificar uma redução de aproximadamente 72% do valor (de 400GPa a 110GPa) quando se vai da condição de menor fração volumétrica de poros à maior. Os módulos de cisalhamento e volumétrico também apresentaram o mesmo comportamento, diminuindo significativamente em função do aumento da fração volumétrica de poros

Observa-se através da Fig. (3b) que a resistência à flexão dos corpos apresentou uma redução de aproximadamente 75% quando se variou a fração volumétrica dos poros de 0 a aproximadamente 0,37. Já para tenacidade à fratura, mostrado na Fig. (3c), observou-se uma variação de quase 70% passando de 4MPa, quando fração volumétrica de poros é aproximadamente zero, para 1,2MPa, quando a fração é de aproximadamente 0,37.

Quando se analisou a dureza Vickers dos corpos, na Fig. (3d), constatou-se a maior queda de qualidade, cerca de 98% do valor inicial comparado com o final. Para fração de porosidade de aproximadamente 0 o valor da dureza apresentava-se em torno de 18GPa, para fração de 0,37 atingiram-se valores com 0,2GPa de dureza.

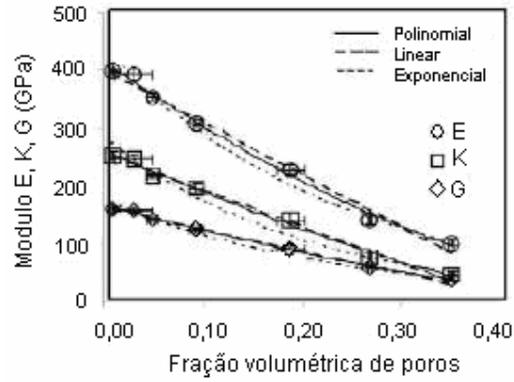


Figura 3a. Resultados dos módulos de Young (E), de cisalhamento (G) e volumétrico (K) em função da porosidade, (Yoshimura et al, 2005).

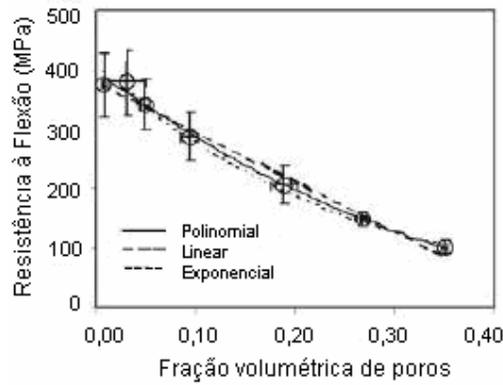


Figura 3b. Resultados de resistência à flexão em quatro pontos ( $\sigma$ ) em função da porosidade, (Yoshimura et al, 2005).

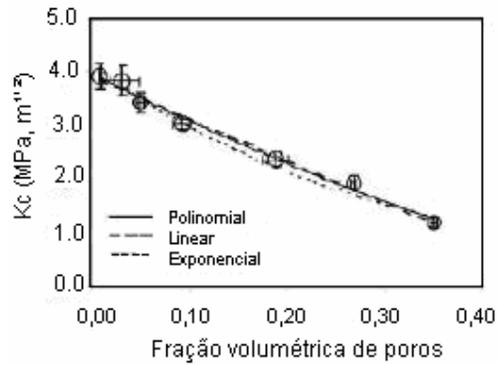


Figura 3c. Resultados da tenacidade à fratura ( $K_{Ic}$ ) em função da porosidade, (Yoshimura et al, 2005).

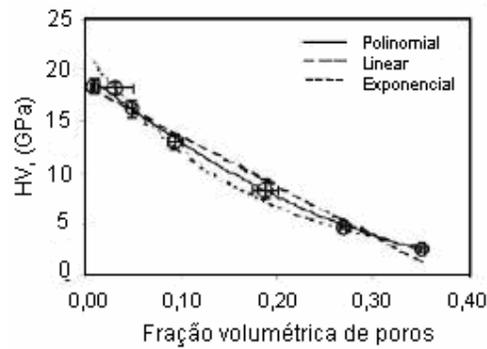


Figura 3d. Resultados da dureza Vickers ( $HV_1$ ) em função da porosidade, (Yoshimura et al, 2005).

Dutra e Araújo Pontes (2002) analisaram a variação da porosidade de acordo com a quantidade de matéria orgânica empregada ao corpo cerâmico. Concluíram que a oxidação da matéria orgânica ocorre entre temperaturas de 200°C e 500°C e quanto maior a sua ocorrência, maior a porosidade. Na Tab. (I) e na Fig. (4) é possível contemplar a afirmação dos autores.

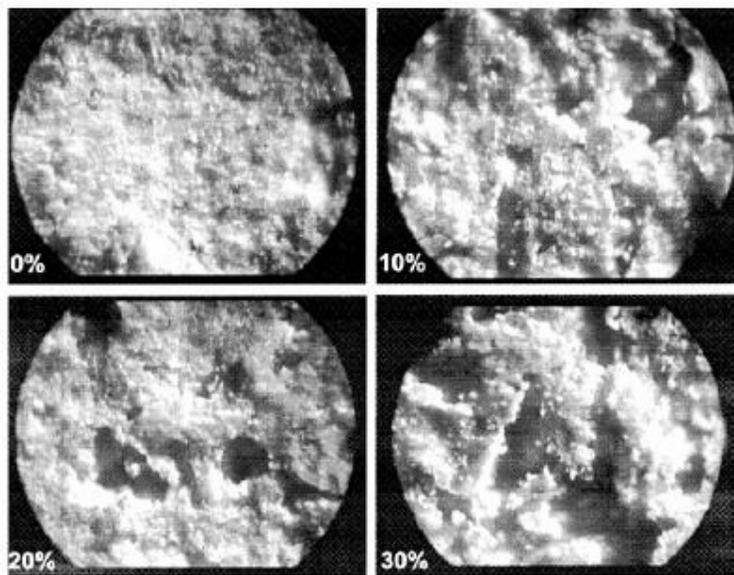
Tabela 1. Resultados experimentais: porosidade aparente (PA) e absorção de água (AA) dos corpos de prova de acordo com a porcentagem de matéria orgânica utilizada, (Dutra e Araújo Pontes, 2002).

Temperaturas		1100°C		1150°C		1200°C	
Propriedades		PA (%)	AA(%)	PA (%)	AA(%)	PA (%)	AA(%)
Misturas	0%	28,13	12,79	22,16	9,64	17,51	7,41
	10%	34,77	18,61	34,74	16,86	30,98	14,69
	20%	50,88	25,33	44,82	23,65	41,67	21,45
	30%	54,86	31,30	51,71	29,01	49,47	27,12

Pode-se observar que para temperatura de queima de 1100°C, ao variar quantidade de matéria orgânica de zero a 30%, tem-se um aumento de 95% na porosidade aparente, para 1150°C esse valor é de 233% e para temperatura de 1200°C de queima tem-se uma elevação de 282,5%.

Com esses dados fica evidente que a temperatura é uma variável importante no processo de obtenção de cerâmicas porosas e se pode utilizar isso como artifício na indústria para manipular a distribuição de porosidade desejada.

No experimento notou-se que não foi possível o controle quanto à formação dos poros no corpo cerâmico com o método utilizado podendo surgir porosidade aberta ou fechada dependendo apenas da localização do material orgânico no material.



**Figura 4. Micrografias ópticas do material poroso de acordo com a porcentagem de matéria orgânica aplicada, (Dutra e Araújo Pontes, 2002).**

A partir da Fig. (4), pode-se observar nítido aumento na porosidade aberta na superfície das amostras de acordo com a quantidade de matéria orgânica aplicada. Quando aplicado matéria orgânica para queima, crateras são observadas de forma crescente de acordo com a porcentagem utilizada.

### 3. INFLUÊNCIAS POSITIVAS ÀS PROPRIEDADES MECÂNICAS FINAIS

As propriedades mecânicas apresentadas por um corpo cerâmico têm influência direta de sua composição química e forma de fabricação. A seguir são estudados alguns dos principais fatores que são essenciais para garantir boas propriedades ao material cerâmico fabricado.

#### 3.1. Fases Cristalinas

As fases cristalinas têm influência direta na resistência mecânica das porcelanas principalmente pela sua microestrutura. O surgimento de alguns sistemas cristalinos é originário da própria queima da massa cerâmica e também no período de resfriamento. Se no ciclo de queima a temperatura necessária para fusão das fases cristalinas é atingida ou superada a taxa de resfriamento afeta de maneira significativa a quantidade de cristais formados, porém se a temperatura atingida é inferior ou insuficiente o resfriamento pouco afetará a fração cristalizada (Quinteiro et al, 2002).

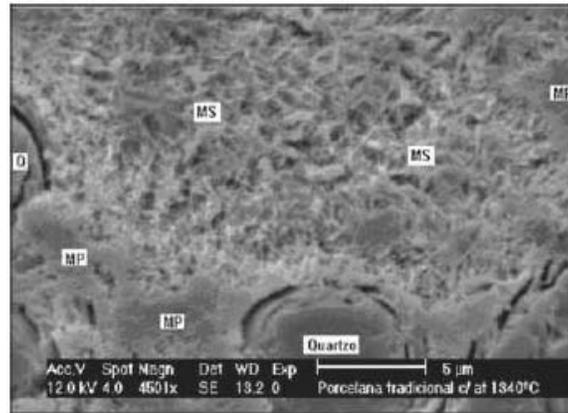
As principais fases cristalinas de uma porcelana são: quartzo e mulita. O quartzo é o mais abundante mineral da terra e possui estrutura cristalina trigonal composta por tetraedros de sílica.

A mulita é um silicato de alumínio ( $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ) e existe na natureza apenas como uma raridade mineralógica (ilha de Mull, daí o nome mulita), sendo obtida artificialmente por fusão ou pela reação no estado sólido (sinterização).

A presença de mulita em porcelanas tem papel fundamental nas características do material. À medida que se aumenta a quantidade de mulita cristalizada, aumenta-se a tenacidade da peça (Sanchez et al, 2001).

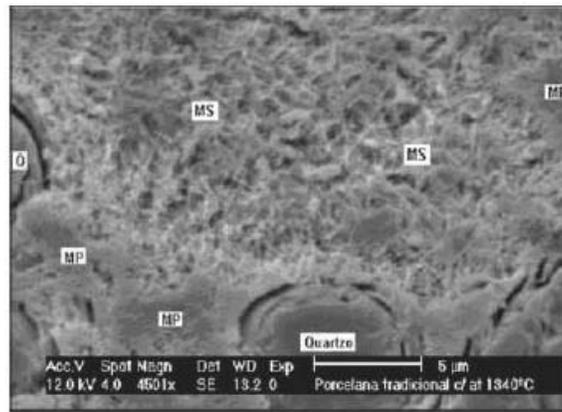
Em um corpo cerâmico a mulita se divide em dois tipos, mulita primária e secundária. A formação da mulita primária é uma consequência direta da decomposição do caulim quando a temperatura é aumentada. A formação da mulita secundária dá-se na fase vítrea formada pela fusão do feldspato, sendo fortemente influenciada pela viscosidade e composição química da fase vítrea (Bragança e Bergman, 2004a).

Iqbal e Lee (1999) apud Bragança e Bergmann (2004a), descrevem mulita primária como em forma de um agregado de cristais de pequenas dimensões ( $<0,5\mu m$ ) formada na região da argila, e mulita secundária, como em forma característica de uma agulha prismática formada na região do feldspato. Também afirmam que a mulita secundária se origina a partir da superfície externa da mulita primária e cresce na região de menor viscosidade (relicto do feldspato), como mostrado na Fig. (5).



**Figura 5. Fotomicrografia em MEV da superfície da amostra queimada a 1340 °C e atacada com ácido (HF 20% por 10s) sendo MP = mulita. 4500x, (Bragança e Bergmann, 2004a).**

Porém, ao analisar essa micrografia com maior detalhamento da superfície, como mostrado na Fig. (6), nota-se que não há necessidade de contato direto entre partículas de mulita primária e secundária. Também pode-se observar que as partículas de mulita primária possuem direção aleatória em relação à mulita secundária e partículas de possivelmente relictos de feldspato podem ser encontradas por baixo das agulhas.

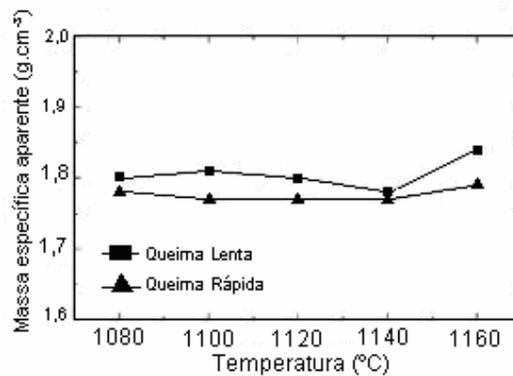


**Figura 6. Fotomicrografia em MEV (9000x) da superfície da amostra queimada a 1340°C e atacada com ácido (HF 20% por 10s), (Bragança e Bergmann, 2004a).**

A partir disso, conclui-se que a mulita secundária se forma nos relictos de feldspato, cristalizando-se na matriz vítrea. Esta, por ser líquida, permite elevada difusão e, portanto mesmo regiões mais afastadas da mulita primária podem adquirir composição química necessária e conseqüentemente potencial químico necessário para o crescimento de agulhas, não dependendo necessariamente da primária. Mas a hipótese de surgimento a partir da primária não pode ser totalmente descartada.

### 3.2. Velocidade de Queima

Pinto et al (2005) demonstraram experimentalmente que a velocidade de queima de cerâmicas tem influência direta nas propriedades mecânicas. Aplicando dois tipos de queima (rápido e lento) com temperaturas variando de 1080°C a 1160°C, observou-se que a microestrutura sinterizada das amostras queimadas em um ciclo de queima rápido é muito semelhante àquela sinterizada usando ciclo lento e as peças submetidas à queima lenta apresentaram tensão de ruptura e massa específica aparente superiores às queimadas em ciclo rápido, como mostra as Fig. (7) e (8) respectivamente.



**Figura 7. Massa específica aparente em função da temperatura de queima, (Pinto et al, 2005).**

Para o ciclo de queima lento, os valores de massa específica aparente se mantiveram sempre acima dos valores encontrados para queima rápida. A maior variação de valores foi encontrada para a temperatura de 1100°C e 1160°C. Para a variação de temperatura de 1140 a 1160°C, o ciclo de queima lento teve um grau de crescimento muito superior ao encontrado no ciclo de queima rápida chegando a uma diferença de aproximadamente 0,05g.cm<sup>-3</sup> (1,79g.cm<sup>-3</sup> para queima rápida e 1,84g.cm<sup>-3</sup> para queima lenta).

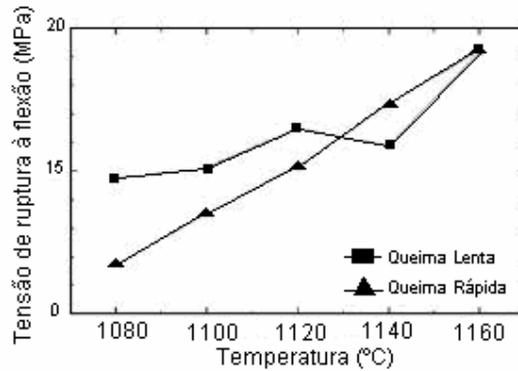


Figura 8. Tensão de ruptura à flexão em função da velocidade de queima, (Pinto et al, 2005).

A tensão de ruptura à flexão é maior para ciclos de queima lento é superior ao ciclo rápido até a temperatura de queima de aproximadamente 1130°C, onde essa tendência se inverte chegando a praticamente se igualar quando a temperatura atinge 1160°C.

A explicação para o fato de tensão de ruptura à queima lenta ser superior à queima rápida em boa parte do processo é que o material fica mais tempo exposto a altas temperaturas para esse ciclo e, conseqüentemente, favorece a formação de fases cristalinas. Porém, conclui-se que essas diferenças não são tão significativas em termos de propriedades e menores temperaturas, o que explica a preferência por ciclos de queima rápida do setor de revestimentos cerâmicos.

Santos et al (2006) analisaram, por microscopia eletrônica de transmissão (MET) e difração eletrônica de área selecionada (DEAS), a seqüência de transformações ocorrentes em argilas altamente aluminosas para diferentes temperaturas de queima (200°C a 1500°C). Observou-se que a reflexão basal de gibbsita decresce com queima a 200°C e praticamente desaparece a 300°C confirmando dados de temperatura de transformação para esse composto apresentados por Wefers e Misra (1987) apud Santos et al (2006).

Até a temperatura de 1200°C não se observou, na análise de DEAS, reflexões de mulita e alumina-alfa. A partir de 1300°C e 1400°C, observou-se o aumento relativo de mulita, em formas de ripas, como mostrado na Fig. (9), pela reação entre sílica não-cristalina e cristobalita (se houver se formado em algum quartzo original) com alumina-alfa. Esta alumina cresce em teor até 1300°C e, a partir dessa temperatura, decresce até 1500°C, contemplando a afirmação de reação para formação de mulita.

As linhas de quartzo se mantiveram praticamente constantes, porém após 1100°C e 1200°C desaparecem não sendo detectado cristobalita nessa faixa, até o aquecimento à 1500°C. Os cristais ripiformes de mulita aumentam em número a partir da reação entre cristobalita e alumina-alfa, como apresentado na Fig. (10).

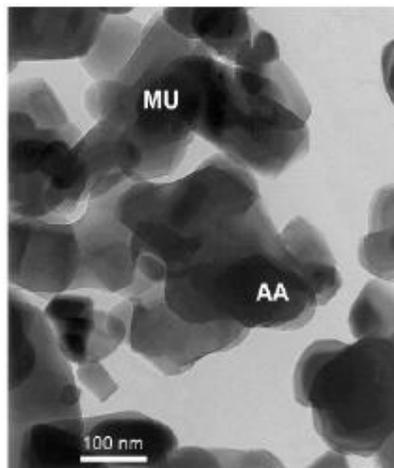
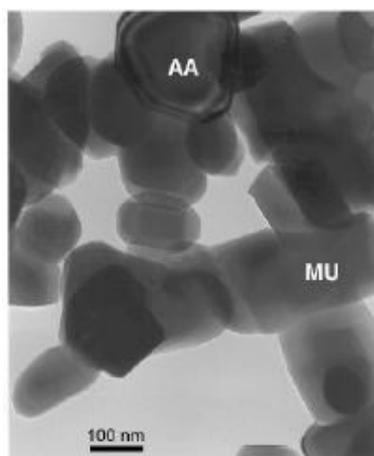


Figura 9. Argila Batalha após queima a 1300°C: microcristais ripiformes de mulita 3:2 (MU) e de alumina-alfa (AA) com perfil arredondado, (Santos et al, 2006).



**Figura 10. Argila Batalha após queima a 1500°C: os cristais de mulita (MU) têm a forma de bastonetes longos e espessos e os cristais de alumina-alfa (AA) são arredondados ou são placas espessas, (Santos et al, 2006).**

### 3.3. Granulometria

Os tamanhos de grãos também têm influência na características mecânicas das peças cerâmicas, tanto para formação de trincas como facilidade de acomodação, o que implica em densidade de empacotamento (Bragança e Bergmann, 2004; Bragança e Bergmann, 2004a).

Silva et al (2004) analisaram experimentalmente a densidade de empacotamento de argilas fabricadas com diferentes tipos granulométricos de pós de alumina. Segundo os resultados obtidos, misturas que apresentam sistemas “Finos” (“AR”, “-500” e “-230”) segundo o sistema de numeração *mesh* (ASTM E 11-87), apresentaram menor densidade de empacotamento com  $1,5\text{g/cm}^3$  e o máximo valor encontrado foi para os sistemas “Médios” (“-500”, “-100+140” e “-16+20”) com  $2,2\text{g/cm}^3$ . Para combinações de diferentes granulometrias, o autor verificou que a combinação que assimilou maior empacotamento foi a “Finos Optm.” (“AR”, “-500” e “-230”).

Zauberer e Riella (2001) verificaram os efeitos de utilização de diferentes tamanhos de quartzo nas propriedades mecânicas de monoporosas. Constatou-se que o aumento do teor de tamanho de partícula deste mineral acarreta em aumento do coeficiente de dilatação térmica linear e uma redução na resistência mecânica do produto. O módulo de resistência à flexão também é prejudicado com o aumento do tamanho de quartzo utilizado.

## 4. CONCLUSÕES

O processo de fabricação do material cerâmico influencia diretamente nas propriedades finais do produto. Desde variações na composição química das matérias primas utilizada, até na forma de queima, garante propriedades distintas ao material.

As fases cristalinas como mulita são de imensa importância para a resistência mecânica da cerâmica e sua quantidade varia de acordo com a temperatura de queima. Uma quantidade adequada pode garantir aumento significativo das propriedades do produto.

Alguns dos principais problemas em corpos cerâmicos são surgimentos de trincas e porosidade indesejada, que se formam respectivamente a partir da diferença do coeficiente de dilatação entre as partículas de fases cristalinas com a matriz e presença de material orgânico na massa cerâmica durante a queima. As trincas têm influência altamente negativa na resistência mecânica da porcelana e a porosidade indesejada pode prejudicar propriedades do material como resistência mecânica e tenacidade à fratura.

Como a gama de variáveis é muito grande para a fabricação de porcelanas pode-se, na indústria, aperfeiçoar os processos a fim de garantir melhores propriedades possíveis com a correção de imperfeições e utilização das melhores combinações de matérias primas para cada finalidade do produto final, assim como as melhores técnicas de fabricação.

## 5. REFERÊNCIAS

- Bragança, S.R. e Berfmann, C.P., 2004a, “Microestrutura e propriedades de porcelanas”, *Cerâmica*, Vol. 50, pp. 291-299.
- Bragança, S.R. e Bergman, C.P., 2004b, “Aspectos teóricos e práticos sobre a resistência mecânica de porcelanas”, *Cerâmicas*, Vol. 50, pp. 145-155.
- Carlos, M.O., Garcia, J.R., Oliveira, I.R., Salomão, R. e Pandolfelli, V.C., 2005, “Heterocoagulação como técnica para obtenção de cerâmicas porosas”, *Cerâmica*, Vol. 51, pp. 78-84.

- Chatterjee, A., Chitwadgi, S., Kulkarni, M. e Kaviraj, A.K., 2001, "Efeito da razão entre feldspato sódico e potássico no desenvolvimento das fases e microestrutura de porcelanatos queimados", *Cerâmica Industrial*, Vol. 6, No. 5, pp. 23-26.
- Correia, S.L., Hotza, D. e Segadães, A.M., 2005, "Otimização da resistência mecânica de corpos cerâmicos em função de matérias-primas e restrições de propriedades tecnológicas", *Cerâmicas*, Vol. 51, pp. 230-238.
- Dutra, R.P.S. e Araújo Pontes, L.R., 2002, "Obtenção e análise de cerâmicas porosas com a incorporação de produtos orgânicos ao corpo cerâmico", *Cerâmica*, Vol. 48, pp. 223-230.
- Pagani, C., Miranda, C.B. e Bottino, M.C., 2003, "Avaliação da tenacidade à fratura de diferentes sistemas cerâmicos", *J. Appl Oral Sci*, Vol. 11, No. 1, pp. 69-75.
- Pinto, M.F., Sousa, S.J. e Holanda, J.N.F., 2005, "Efeito do ciclo de queima sobre as propriedades tecnológicas de uma cerâmica vermelha para revestimento poroso", *Cerâmica*, Vol. 51, pp. 225-229.
- Quinteiro, E., Boschi, A.O., Arantes, F.J.S., Manfredini, T., Leonelli, C. e Siligardi, C., 2002, "Importância do Controle da Velocidade de Resfriamento na Obtenção de Vidrados Vitro-Cristalinos", *Cerâmica Industrial*, Vol. 7, No. 1, pp. 41-43.
- Sanchez, E., Orts, M.J., García-Ten, J. e Cantavella, V., 2001, "Efeito de composição das matérias-primas na fabricação de grês porcelanato sobre as fases formadas durante a queima e as propriedades do produto final", *Cerâmica Industrial*, Vol. 6, No. 5, pp. 15-22.
- Santos, H.S., Kiyohara, P., Coelho, A.C.V. e Santos, P.S., 2002, "Estudo por microscopia eletrônica das transformações durante queima de argilas altamente aluminosas brasileiras", *Cerâmica*, Vol. 52, pp. 125-137.
- Silva, A.P., Segadães, A.M. e Devezas, T.C., 2004, "Aplicação de métodos estatísticos na otimização da densidade de empacotamento de distribuição de pós de alumina", *Cerâmica*, Vol. 50, pp. 345-354.
- Van Vlack, L.H., "Propriedades dos materiais cerâmicos", Ed. Edgard Blücher, São Paulo, Brasil, 220p.
- Yoshimura, H.N., Molisani, A.L., Siqueira, G.R., de Camargo, A.C., Narita, N.E., César, P.F. e Goldenstein, H., 2005, "Efeito da porosidade nas propriedades mecânicas de uma alumina de elevada pureza", *Cerâmica*, Vol. 51, pp. 239-251.
- Zauberas, R.T. e Riella, H.G., 2001, "Defeitos de queima causados pelo quartzo em monoporosas", *Cerâmica Industrial*, Vol. 6, No. 2, pp. 40-45.

## 6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído nesse trabalho.

### **Influence of defects and different processes of manufacture on the ends properties mechanic from the ceramics**

**Daniel Schuller, schuller.unesp@yahoo.com.br<sup>1</sup>**  
**Eduardo Carlos Bianchi, bianchi@feb.unesp.br<sup>1</sup>**  
**Paulo Roberto de Aguiar, aguiarpr@feb.unesp.br<sup>2</sup>**  
**Rafael Plana Simões, rafael@fc.unesp.br<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru, Departamento de Engenharia Mecânica, Avenida Engenheiro Luiz Edmundo C. Coube 14-01.

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru, Departamento de Engenharia Elétrica, Avenida Engenheiro Luiz Edmundo C. Coube 14-01.

**Abstract:** *In ceramics manufacturing there are many factors that contribute to the final features of the product. Thus, many researchers have been working in studies about the influences of defects and production techniques about ceramics in the final mechanic properties. This work has as objective to make a literature review about recent articles published that study the influence of some factors like burn velocities, cracks rise, porosity, crystalline phases and particles size on the ends characters mechanic of ceramics. This present study gives important information to improve the manufacturing process to enhance mechanical characteristics for the final product solicitation.*

**Keywords:** *ceramics, manufacturing process, mechanical properties.*