

COMPORTAMENTO DE QUEIMA E RESISTÊNCIA MECÂNICA DA FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA < 2 μm DE UMA ARGILA CAULINÍTICA¹

Carlos Maurício Fontes Vieira²
Diogo Neves Henriques³
Sergio Neves Monteiro⁴

Resumo

Este trabalho tem por objetivo avaliar por dilatometria o comportamento de queima das partículas com diâmetro esférico equivalente abaixo de 2 μm de uma argila caulinítica, bem como determinar a resistência mecânica por compressão diametral em função da temperatura de queima. A fração granulométrica abaixo de 2 μm da argila foi obtida através da técnica de sedimentação baseada na lei de Stokes, de acordo com norma técnica. Os resultados indicaram que esta fração granulométrica é a principal responsável pela consolidação microestrutural da argila, apresentando uma sinterização muito mais efetiva em comparação com a argila natural. Este comportamento é atribuído à morfologia e pequeno tamanho das partículas, associadas à ausência de quartzo.

Palavras-chave: Argila; Granulometria; Resistência mecânica; Sinterização.

FIRING BEHAVIOR AND MECHANICAL STRENGTH OF THE PARTICLE SIZE < 2 μm OF A KAOLINITIC CLAY

Abstract

This work has for objective to evaluate the firing behavior, by dilatometry, of the particles with equivalent spherical diameter less than 2 μm of a kaolinitic clay, as well as to determine the mechanical strength by diametrical compression as a function the firing temperature. The sample with particle size less than 2 μm was obtained by sedimentation technique through Stokes law. The results showed that these particles are the main response by the microstructural consolidation of the clay, presenting a more effective sintering in comparison with the natural clay. This behavior is attributed to the particle morphology and its small size, associated with the absence of quartz.

Key words: Clay; Particle size; Mechanical strength; Sintering.

¹ Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ

² Professor Doutor. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV. vieira@uenf.br

³ Aluno de Iniciação Científica do curso de engenharia metalurgia e de materiais da UENF.

⁴ Professor titular. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV. sergio.neves@pesquisador.cnpq.br

INTRODUÇÃO

O estágio final do processamento de cerâmicas argilosas é a queima que tem como objetivo promover transformações físicas e químicas que vão acarretar um material com características microestruturais, tais como porosidade, tipo de fases e tamanho de grão, compatíveis com a performance técnica exigida.^(1,2) No caso de cerâmicas vermelhas como telhas, blocos de vedação, dentre outros, a literatura⁽³⁾ recomenda temperaturas de queima da ordem de 900°C. Porém, em algumas indústrias brasileiras e particularmente em Campos dos Goytacazes, são utilizadas temperaturas de patamar ao redor de 600°C. A vantagem desta baixa temperatura de processamento é a redução de gastos energéticos. Entretanto, será que nesta faixa de temperatura a cerâmica apresenta consolidação microestrutural?

O principal mecanismo de sinterização de cerâmicas silicáticas, como as argilas, é a sinterização por fase líquida.^(1,2) Teoricamente, isto ocorre em temperaturas a partir de aproximadamente 700°C. Desta forma, dificilmente uma cerâmica argilosa poderia apresentar consolidação microestrutural em temperaturas da ordem de 600°C. Entretanto, devido às características peculiares dos minerais argilosos, estes possibilitam a sinterização nesta faixa de temperatura por difusão no estado sólido.

Em trabalho reportado na literatura⁽⁴⁾ um modelo de sinterização no estado sólido de partículas empilhadas em forma de disco e de espessura nanométrica foi proposto. Este modelo foi elaborado para simular a sinterização no estado sólido de partículas de minerais argilosos, como a caulinita, que apresentam morfologia lamelar sendo associadas a tamanho de diâmetro esférico equivalente inferior a 2 μm .⁽⁵⁾ O modelo proposto para estas partículas difere do modelo clássico de esfera basicamente em função de duas características geométricas dos minerais argilosos. A primeira é a ocorrência de nonoporos de espessura similar às partículas e formado de disco. A taxa de sinterização foi gerada para estes nanoporos e mostrou, para uma dada temperatura, magnitude muitas vezes inferior do que aquela determinada para o modelo de esfera. O segundo fator está associado à existência de grandes áreas de contato entre as partículas. Isto é particularmente eficiente para a consolidação da cerâmica argilosa em torno de 600°C seguido da desidroxilação e conseqüente ativação das ligações do mineral argiloso.

Neste trabalho, a sinterização da fração abaixo de 2 μm , predominantemente composta por mineral argiloso, foi avaliada através de dilatometria. Paralelamente, foi verificada a variação da resistência mecânica em função da temperatura de queima desta fração granulométrica em comparação com uma argila natural peneirada em malha de abertura de 840 μm .

MATERIAIS E MÉTODOS

A argila estudada consistiu de um material sedimentar de origem flúvio-lacustre proveniente do município de Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro, utilizada para fabricação de cerâmica vermelha, sobretudo, blocos de vedação, elementos para lajes e telhas.

A fração < 2 μm da argila foi obtida por técnica de sedimentação, baseada no princípio da lei de Stokes, de acordo com norma técnica.⁽⁶⁾ Para efeito comparativo, avaliou-se também a argila natural, beneficiada por peneiramento em malha de 20 mesh (840 μm).

A composição mineralógica qualitativa das amostras foi obtida por difração de raios-X (DRX), utilizando um difratômetro Sheifert, modelo URD 65, operando com radiação Cu-K α e 2 θ variando de 5° to 40°.

A morfologia das partículas da fração < 2 μ m foi observada por microscopia eletrônica varredura (MEV) utilizando um microscópio Jeol, modelo JSM 6460 LV da Coppe/UFRJ.

A análise dilatométrica das amostras foi realizada utilizando um dilatômetro Orton com taxa de aquecimento de 10°C/min.

Foram preparados corpos-de-prova cilíndricos por prensagem a 20 MPa, com 3,13 cm de diâmetro e 0,8 cm de espessura. Os corpos de prova após secagem em estufa a 110°C, foram queimados em forno de laboratório a temperaturas variando de 400 a 1100°C. Utilizou-se uma taxa de aquecimento de 3°C/min, com tempo de patamar de 60 minutos. O resfriamento foi realizado desligando-se o forno.

A resistência mecânica, por compressão diametral, foi determinada utilizando uma máquina de ensaios universal, marca Instron, modelo 5582.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os difratogramas de raios-X das amostras da argila natural e da fração < 2 μ m. Observa-se que a argila natural é composta pela caulinita, mineral micáceo, gibsita, goetita e quartzo. Já a fração < 2 μ m apresenta similar composição mineralógica em comparação com a argila natural, à exceção do quartzo. Isto indica que além de argilomineral, a caulinita, os hidróxidos apresentam-se com tamanho de partículas extremamente pequenas. Já o mineral micáceo pode estar associado a um argilomineral, a illita, e/ou a mica não hidratada, a muscovita.

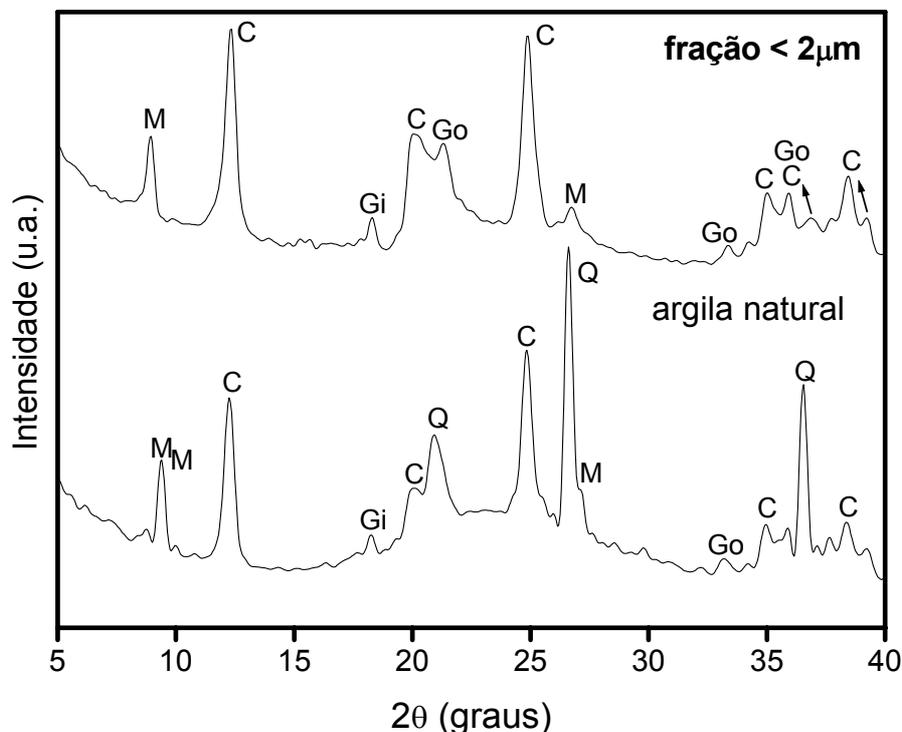


Figura 1. DRX das amostras. C = caulinita; Gi = gibsita; Go = goetita; M = mineral micáceo; Q = quartzo.

A Figura 2 apresenta micrografias obtidas por MEV da fração < 2 μm . É possível observar a predominância de aglomerados de partículas e partículas individualizadas de formato pseudo-hexagonal e de tamanho extremamente pequeno. Estas partículas estão associadas predominantemente com a caulinita. Entretanto, hidróxidos de Fe e Al e mineral micáceo também estão presentes, de acordo com a Figura 1.

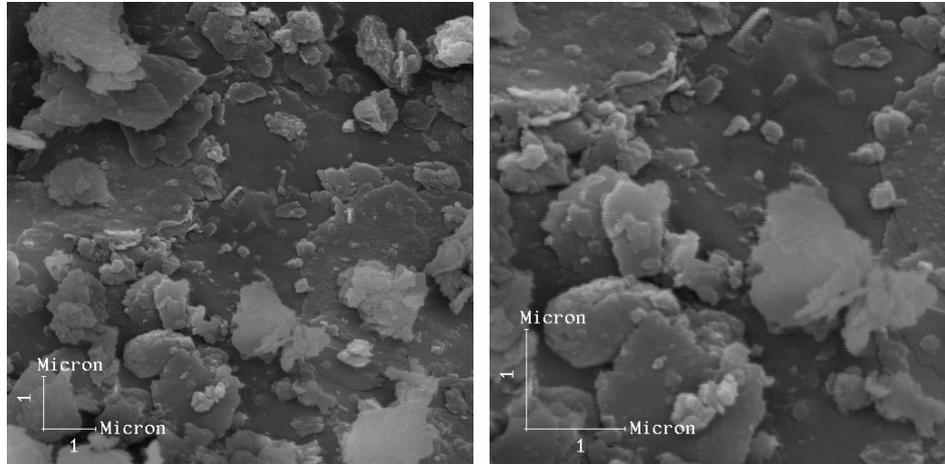


Figura 2. Micrografias obtidas por MEV da fração < 2 μm .

A Figura 3 apresenta as curvas de dilatométrie de amostras correspondentes à fração < 2 μm e à argila natural. É evidente a diferença de comportamento entre as amostras. A fração < 2 μm apresenta maior retração e máxima taxa de sinterização em temperatura inferior, 890,9°C, bem como temperatura de vitrificação, correspondente à máxima retração, de 1050°C. Por outro lado, a argila natural, apresenta máxima taxa de sinterização a 1124,5°C e alcança o limite de detecção do equipamento a 1300°C. De acordo com as curvas da Figura 3, a fração < 2 μm apresenta um aumento significativo da retração a partir de 810°C. Já a argila natural apresenta um aumento significativo da retração a aproximadamente 1040°C. É possível observar também que ocorre um pequeno aumento da retração, para ambas as amostras, a partir de aproximadamente 450°C. Este comportamento está associado à desidroxilação da caulinita e possivelmente ao início da sinterização por difusão no estado sólido de acordo com o modelo proposto de discos.⁽⁴⁾

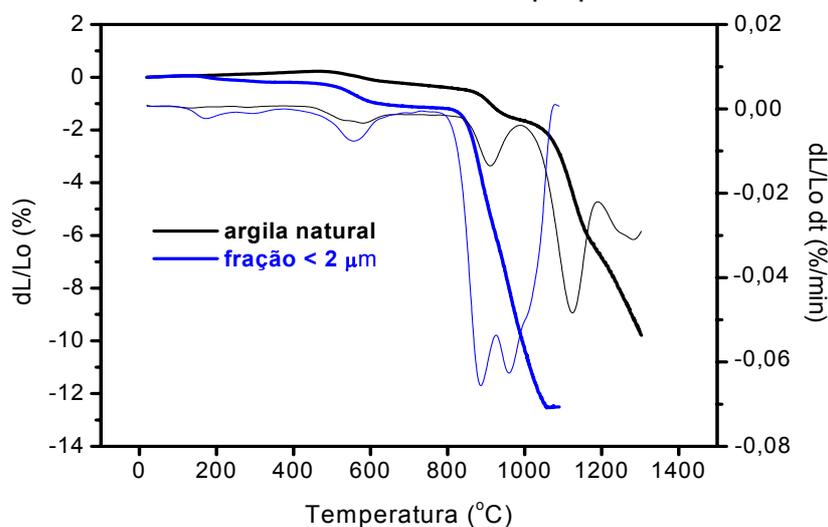


Figura 3. Curvas dilatométricas da fração < 2 μm e da argila natural.

A resistência mecânica da fração $< 2 \mu\text{m}$ e da argila natural em função da temperatura de queima é mostrada na Figura 4. É possível observar que de 400 a 700°C não ocorre diferença entre as amostras estudadas. Já a partir de 800°C, a fração $< 2 \mu\text{m}$ apresenta um brusco incremento da resistência mecânica. Para a argila natural, este incremento ocorre até a temperatura de 1100°C de forma mais gradual. O brusco incremento da resistência mecânica da fração $< 2 \mu\text{m}$ ocorre justamente na temperatura em que esta amostra apresenta um incremento significativo da retração, 800°C, Figura 3. O incremento da resistência mecânica é uma forte comprovação de que a fração $< 2 \mu\text{m}$ apresenta uma consolidação microestrutural mais efetiva, em comparação com a argila natural, sobretudo, a partir de 800°C. Por fim, deve ser observado na Figura 4 que a 1100°C, a fração $< 2 \mu\text{m}$ apresenta uma redução da resistência mecânica. Isto ocorreu em função do aparecimento de trincas originadas da excessiva retração. A ausência de quartzo na fração $< 2 \mu\text{m}$ também contribui para sua maior resistência mecânica em comparação com a argila natural. As partículas de quartzo geralmente acarretam trincas na cerâmica como consequência de sua transformação alotrópica com variação de volume, o que ocorre em temperaturas ao redor de 573°C. ⁽²⁾

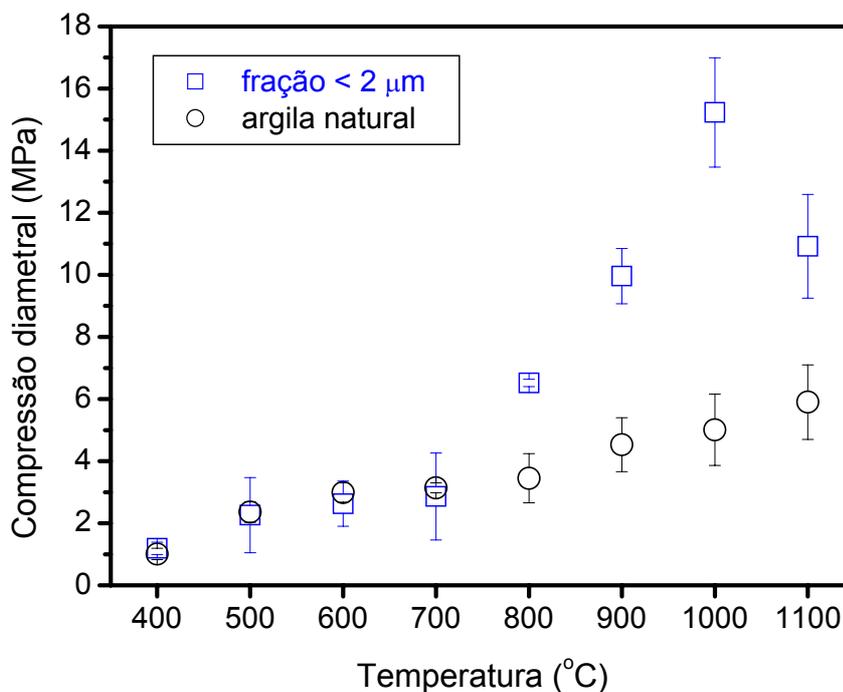


Figura 4. Compressão diametral das amostras em função da temperatura de queima.

CONCLUSÕES

O trabalho de caracterização e avaliação do comportamento de queima da fração $< 2 \mu\text{m}$ de uma argila caulinítica de Campos dos Goytacazes, permitiu concluir que:

- A fração $< 2 \mu\text{m}$ é composta de caulinita, mineral micáceo e hidróxidos de ferro e alumínio. A única diferença na mineralogia em comparação com a argila natural é a ausência de quartzo.

- A fração < 2 μm apresenta um início de sinterização em temperaturas mais baixas em comparação com a argila natural, acarretando maior retração linear.
- A fração < 2 μm apresenta um brusco incremento da resistência mecânica a partir de 800°C como consequência dos mecanismos de sinterização e da ausência de quartzo.
- Devido ao tamanho reduzido das partículas e predomínio de minerais argilosos, a fração < 2 μm é a principal responsável pela consolidação microestrutural de uma argila.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPERJ (proc. nº E-26/151.859/2005), CNPq, Capes e FENORTE/TECNORTE.

REFERÊNCIAS

- 1 KINGERY, W.D, BOWEN, H.K. UHLMANN, D.R. **Introduction to Ceramics**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1976.
- 2 EMILIANI, P, CORBARA, F. **Tecnología Cerámica: Le Materie Prime**. Faenza: Grupo Editoriale Faenza Editrice, 1999.
- 3 ABAJO, M.F., **Manual sobre Fabricación de Baldosas, Tejas y Ladrillos.**, Barcelona,: Beralmar S. A, 2000.
- 4 MONTEIRO, S.N., VIEIRA, C.M.F. Solid state sintering of red ceramics at lower temperatures, **Ceramics International**, v. 30, n. 3, p. 381-387, 2004.
- 5 SANTOS, P.S. **Ciência e tecnologia das argilas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1989.
- 6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Determinação da Análise Granulométrica dos solos, NBR – 7181-84, 1984.

⁽¹⁾ 61º Congresso Anual da ABM, 24 a 27 de julho de 2006 – Rio de Janeiro - RJ

⁽²⁾ Professor Doutor. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV. vieira@uenf.br

⁽³⁾ Aluno de Iniciação Científica do curso de engenharia metalurgia e de materiais da UENF.

⁽⁴⁾ Professor titular. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV. sergio.neves@pesquisador.cnpq.br