

Utilização do Resíduo do Beneficiamento do Caulim na Produção de Blocos e Telhas Cerâmicos

R. R., Menezes ^a, R. R. de Almeida ^b, L. N. L. Santana ^c, H. S. Ferreira ^d, G. A. Neves ^e, H. C. Ferreira ^f

Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, Centro de Ciências e Tecnologia
Universidade Federal de Campina Grande

Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, Campina Grande, PB 58 109 970

e-mail: ^a romualdomenezes@dema.ufcg.edu.br, ^b rralmeida01@yahoo.com.br, ^c lisiane@dema.ufcg.edu.br,
^d heber@paqtc.rpp.br, ^e gelmires@dema.ufcg.edu.br, ^f heber@dema.ufcg.edu.br

RESUMO

As indústrias da mineração e beneficiamento de caulim são um importante segmento econômico do estado da Paraíba, entretanto produzem uma grande quantidade de resíduos, que poluem e agredem o meio ambiente. Assim, esse trabalho tem por objetivo a caracterização do resíduo do beneficiamento do caulim e a avaliação de sua aplicabilidade como matéria-prima cerâmica alternativa para a produção de blocos e telhas cerâmicos. O resíduo foi caracterizado através da determinação de sua composição química e mineralógica, por difração de raios X e análise térmica diferencial e gravimétrica, distribuição de tamanho de partículas e análise morfológica por microscopia eletrônica de varredura. Foram formuladas composições contendo o resíduo e confeccionados corpos de prova por prensagem e extrusão. Os corpos de prova foram queimados e em seguida foram avaliados quanto à absorção de água e o módulo de ruptura à flexão. Pode-se concluir que o resíduo é constituído por caulinita, mica e quartzo e que é possível a incorporação de até 50% de resíduo em formulações para a produção de blocos e telhas cerâmicos.

Palavras chaves: Resíduo, reciclagem, caulim, blocos cerâmicos, telhas.

Use of Kaolin Processing Waste for the Production of Ceramic Brick and Roof Tiles

ABSTRACT

The miner and processing industries of kaolin are an important economic sector in the state of Paraíba, however, they generate a large amount of wastes, which are source of contamination and pollution of environment. This work has as aim the characterization of the kaolin processing waste and the evaluation of its suitability as an alternative ceramic raw material for the production of bricks and roof tiles. The waste was characterized by chemical composition determination, X-ray diffraction, differential thermal and gravimetric analyses, particle size distribution, and morphological analysis by electronic scanning microscopy. Several formulations were prepared and samples bodies were prepared by uniaxial pressing and by extrusion. The sample bodies were fired at different temperatures. Sintered samples were characterized in terms of water absorption and mechanical strength. The results showed that the waste is composed by quartz, kaolinite and mica and that is possible incorporations of up to 50% in formulations for the production of ceramics bricks and roof tiles.

Keywords: Wastes, recycling, kaolin, bricks, roof tiles.

1 INTRODUÇÃO

A demanda contínua por maiores índices de produtividade na economia mundial levou ao rápido decréscimo dos recursos naturais e ao mesmo tempo, à geração de grandes quantidades de resíduos e subprodutos, a maioria deles não reciclados diretamente. Nos últimos anos diferentes setores industriais têm sido mencionados como fonte de contaminação e poluição do meio ambiente, devido às enormes quantidades de resíduos produzidos [1].

Tradicionalmente, resíduos são dispostos em aterros e muito geralmente descartados diretamente no meio ambiente, sem qualquer processo de tratamento ou imobilização. Todavia, alternativas de reciclagem

e/ou reutilização devem ser investigadas e, sempre que possível, implementadas [1, 2]. A abordagem ambiental mais recente objetiva obter o desenvolvimento sustentável, minimizando o descarte de materiais [3], estimulando o reaproveitamento dos resíduos gerados nos diversos setores da economia.

A reutilização e a reciclagem de resíduos, após a detecção de suas potencialidades são consideradas atualmente alternativas que podem contribuir para a diversificação de produtos, diminuição dos custos de produção, fornecer matérias-primas alternativas para uma série de setores industriais, conservação de recursos não renováveis, economia de energia e, principalmente, melhoria da saúde da população [4-6].

A indústria da mineração e beneficiamento de caulim é um importante segmento da indústria mineral do estado da Paraíba, com importante papel econômico e social em várias regiões do Estado, entretanto, produz uma enorme quantidade de resíduo por ano. Dois tipos de resíduos são gerados pela indústria de processamento do caulim, um oriundo da primeira etapa do beneficiamento, separação da areia do minério caulim, que representa cerca de 70% do total do resíduo produzido e é gerado pelas empresas mineradoras em etapa logo após a extração. O outro resíduo origina-se na segunda fase do beneficiamento, que compreende processos de tratamento a úmido que objetivam separar a fração fina do minério purificando o caulim, mas que geram um resíduo na forma de lama.

A maioria do rejeito gerado pela indústria do caulim é, em geral, descartada em campo aberto e em várzeas de riachos e rios, o que causa vários danos ao meio ambiente, com agressão à fauna e flora da região e à saúde da população. Essa postura das empresas da região vem sendo alvo de severas fiscalizações por parte dos órgãos de proteção ambiental, fazendo com que o resíduo gerado torne-se uma fonte de custos para as empresas e um limitante no aumento de suas produções. O que vislumbra um grande potencial de lucro para as empresas que poderem reaproveitar ou incorporar esses resíduos em suas linhas de produção.

Recentemente, considerável esforço vem sendo dedicado aos estudos e pesquisas visando à reutilização e aplicação segura dos resíduos originados das indústrias de mineração e beneficiamento mineral [3, 6-15]. A maioria desses estudos mencionou que os resíduos podem ser considerados importantes recursos minerais secundários. Trabalhos anteriores [16, 17], evidenciaram o potencial de utilização do uso do resíduo do beneficiamento do caulim como matéria-prima cerâmica alternativa para produção de revestimentos cerâmicos. No entanto, nenhum trabalho abordou a aplicação do resíduo do beneficiamento do caulim para produção de blocos e telhas cerâmicos. Assim, esse trabalho tem por objetivo a caracterização do resíduo do beneficiamento do caulim e a avaliação de sua aplicabilidade como matéria-prima cerâmica alternativa para a produção de blocos e telhas cerâmicos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Nessa pesquisa foram utilizados os seguintes materiais: resíduo do processamento de caulim e argila vermelha. A argila vermelha utilizada foi estudada anteriormente [18], sendo observado que é constituída por caulinita, quartzo e mica, apresenta um tamanho médio de partículas de 8,2 μm ($D_{50} = 18 \mu\text{m}$, $D_{10} = 1,9 \mu\text{m}$ e $D_{90} = 60 \mu\text{m}$). A argila é utilizada na confecção de blocos e telhas pela Cerâmica Espírito Santo, PB.

O resíduo do processamento do caulim é resultante da segunda etapa do beneficiamento de caulins primários extraídos da província pegmatítica da Borborema, município de Juazeirinho – PB, sendo cedidos pela CAULISA indústria S/A.

2.2 Metodologia

O resíduo foi caracterizado através da determinação da análise química por fluorescência de raios X (Shimadzu EDX-900), difração de raios X (Siemens/Brucker, AXS D5005), análises térmica diferencial (ATD) e termogravimétrica (TG) (BP Engenharia, RB3000), determinação da distribuição do tamanho de partícula (Cilas, 1064LD) e microscopia eletrônica de varredura (MEV) (Leica, S440). Para os ensaios de caracterização (e o processamento das peças) o resíduo foi brevemente desaglomerado em moinho de bolas e passado em peneira com abertura de 991 μm (ABNT N° 16) para a retenção do material grosseiro, cerca de 6% em massa. O restante do material foi cominuído em almofariz e passado em peneira com abertura de 74 μm (ABNT N° 200), a exceção do ensaio de determinação da distribuição granulométrica, para o qual o resíduo foi passado em peneira com abertura de 300 μm (ABNT N° 42).

O resíduo foi seco a 110°C e desaglomerado em moinho de bolas. Após breve desaglomeração (30min) o material foi passado em peneira com abertura de 991 μm (ABNT N° 16) para a retenção do material grosseiro, cerca de 6% em massa. O restante do material foi reconduzido ao moinho de bolas para desaglomeração e moagem e em seguida passado através de peneira com abertura de 300 μm (ABNT N° 42) (esse material foi o utilizado para a análise granulométrica). Em seguida foram preparadas formulações

através da mistura a seco em moinho de bolas por 2h do resíduo de caulim e da argila vermelha. A Tabela I apresenta as composições estudadas. Após mistura em moinho de bolas, as formulações foram novamente passadas por peneira com abertura de 300 µm (ABNT N° 42) e foram confeccionados corpos de prova de 60 mm x 20 mm x 5 mm por prensagem uniaxial de 25MPa e de 200 mm x 20 mm x 5 mm por extrusão (extrusora Vêrdez). Foram utilizadas duas formas de conformação a fim de simular as principais técnicas de conformação utilizadas em cerâmica tradicional. Os corpos de prova foram queimados a 800, 900 e 1000°C.

Tabela 1: Massas cerâmicas com resíduo de caulim

| Composições Argila+Resíduo | Composições – Porcentagem em Peso de Resíduo | | | | | | | | |
|-------------------------------|--|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | M | M5 | M10 | M15 | M20 | M25 | M30 | M40 | M50 |
| Resíduo de Caulim | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 |

Os corpos de prova queimados foram submetidos a ensaio de caracterização física, com determinação da absorção de água e módulo de ruptura a flexão pelo método dos três pontos (com velocidade de aplicação de carga de 0,5 mm/min).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a composição química do resíduo de caulim. O resíduo contém SiO₂ e Al₂O₃ como principais constituintes e Fe₂O₃, K₂O e TiO₂ em menores proporções. Observa-se uma elevada quantidade de fundentes (particularmente K₂O) no resíduo. A Figura 1 apresenta o padrão de difração de raios X do resíduo de caulim. As fases cristalinas presentes no resíduo são caulinita, quartzo e mica. A mica é provavelmente a fonte da elevada quantidade de potássio observada na composição química, o que indica que uma possível ação fundente do K₂O em baixas temperaturas (em torno de 900°C), favorecendo a densificação, com a formação de fase líquida pode não ser observada.

Tabela 2: Composição química do resíduo de caulim

| Material | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | K ₂ O | TiO ₂ | CaO | MgO | Na ₂ O | P.F. ^a |
|-------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|-----|-----|-------------------|-------------------|
| Resíduo de Caulim | 52,68 | 33,57 | 0,93 | 5,72 | 0,12 | - | - | - | 6,75 |

^a Perda ao Fogo

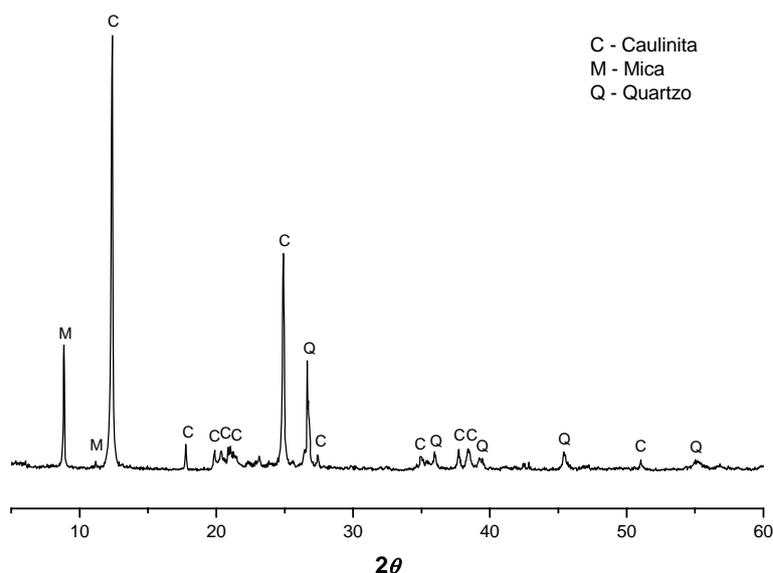


Figura 1: Padrão de difração de raios X do resíduo de caulim.

A Figura 2 apresenta as curvas das análises térmica diferencial (ATD) e gravimétrica (TG/DTG – diferencial da curva termogravimétrica) do resíduo de caulim. A curva de ATD apresenta um pico endotérmico em torno de 580°C, provavelmente associado à desidroxilação da caulinita e um pico exotérmico em torno de 980°C, provavelmente relacionado à nucleação de mulita. Com base na curva de TG e DTG observa-se uma acentuada perda de massa entre 450 e 600°C e entre 780 e 860°C, associadas provavelmente com a desidroxilação da caulinita e da mica respectivamente [19-21]. Verifica-se uma perda total de massa de 6,5%.

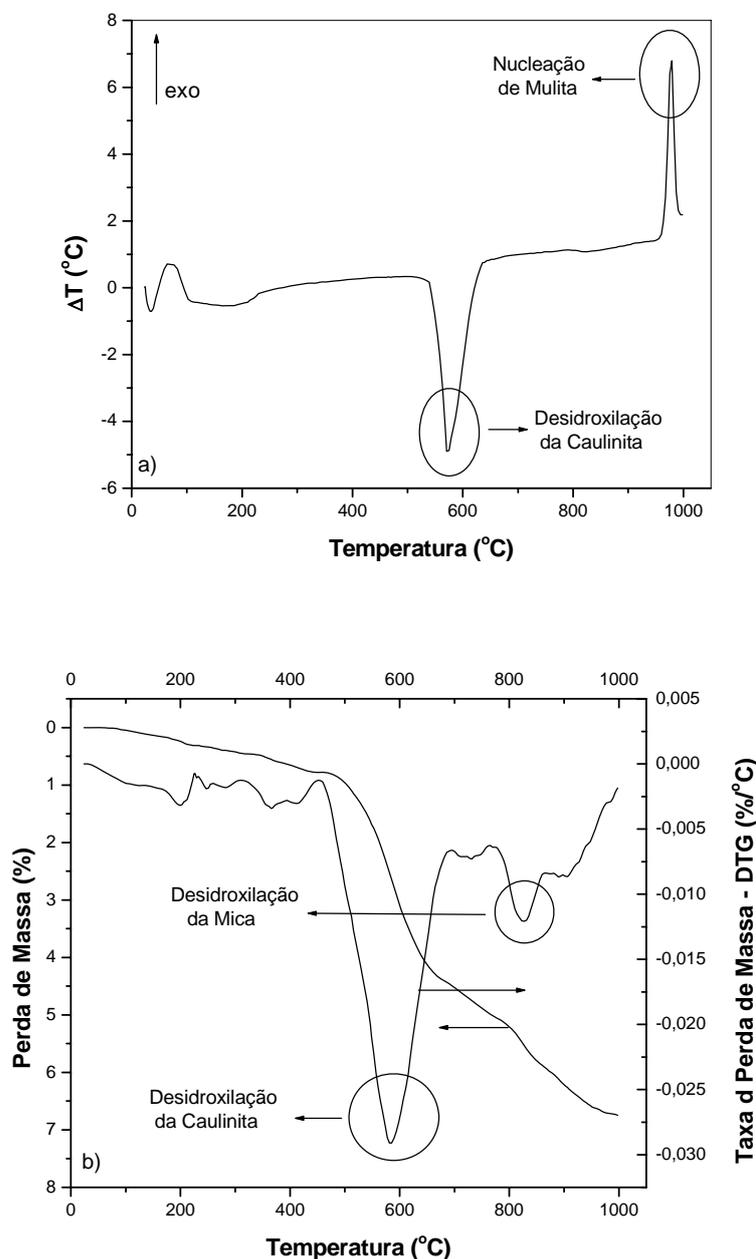


Figura 2: Curvas de a) análise térmica diferencial (ATD) e b) termogravimétrica (TG) e diferencial termogravimétrica (DTG) do resíduo de caulim.

A distribuição do tamanho de partículas do resíduo de caulim está presente na Figura 3. O resíduo apresenta um tamanho médio de partículas de 54,35 μm e uma larga distribuição de tamanhos, com $D_{10} = 5 \mu\text{m}$, $D_{50} = 58 \mu\text{m}$ e $D_{90} = 130 \mu\text{m}$. Pode-se observar uma distribuição de tamanho de partículas multi-modal, com uma elevada fração de partículas com diâmetro médio equivalente superior a 40 μm .

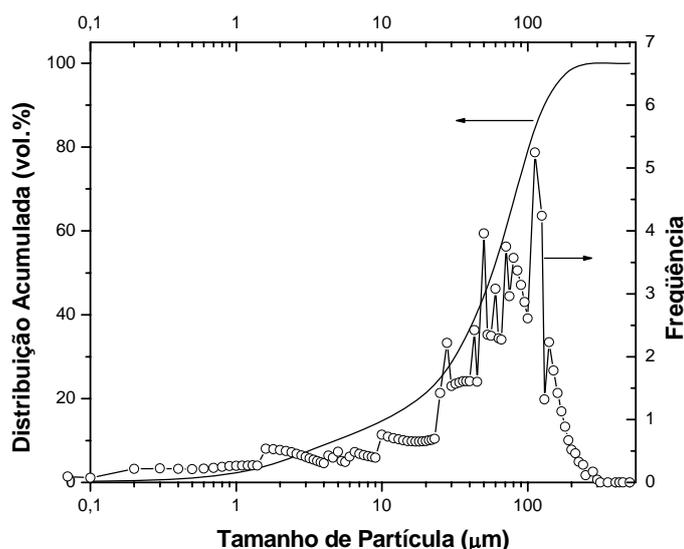


Figura 3: Distribuição do tamanho de partícula do resíduo de caulim.

A morfologia do pó do resíduo de caulim pode ser observado na Figura 4, através das micrografias de microscopia eletrônica de varredura. Através da Figura 4 verifica-se a presença de partículas finas e grossas em um largo intervalo de dimensões. As partículas maiores apresentam formas irregulares, com cantos agudos, parecendo ser partículas de quartzo. As partículas mais finas estão presentes na forma de aglomerados, o que indica que a pequena fração de finos ($< 2\mu\text{m}$) observada na Figura 3 pode ser consequência da presença de grandes aglomerados de argilominerais no caulim.

A Figura 5 apresenta a absorção de água e módulo de ruptura à flexão dos corpos de prova confeccionados por prensagem uniaxial. Com base na Figura 5 pode-se observar um aumento da absorção de água com a elevação da quantidade de resíduo incorporado às formulações, independentemente da temperatura de queima. Esse aumento é mais acentuado nos corpos de prova queimados na temperatura de 1000°C . Com a queima a 1000°C a formulação sem resíduo apresenta uma absorção de água significativamente inferior às determinadas após queima a 800 e 900°C , fazendo com que a variação da absorção com a adição de resíduo seja mais acentuada.

Através da Figura 5 observa-se também a diminuição do módulo de ruptura à flexão com o aumento da quantidade de resíduo incorporado às formulações. Esse comportamento é observado em todas as temperaturas de queima utilizadas no estudo. Verifica-se que a queda do módulo de ruptura é mais acentuada até teores de 15% de resíduos, a partir de então o decréscimo é mais suave.

Com base em indicações da literatura [19] (módulo de ruptura mínimo de 5,0 MPa), observa-se que as formulações com incorporações de resíduo em teores de até 20% podem ser utilizadas em cerâmica vermelha. Analisando que atualmente a técnica de prensagem é utilizada comercialmente apenas para confecção de blocos maciços, tem-se, de acordo com indicações da literatura [22] (módulo de ruptura mínimo de 1,5 MPa), que composições com teores de até 50% de resíduo podem ser utilizadas na confecção de blocos maciços.

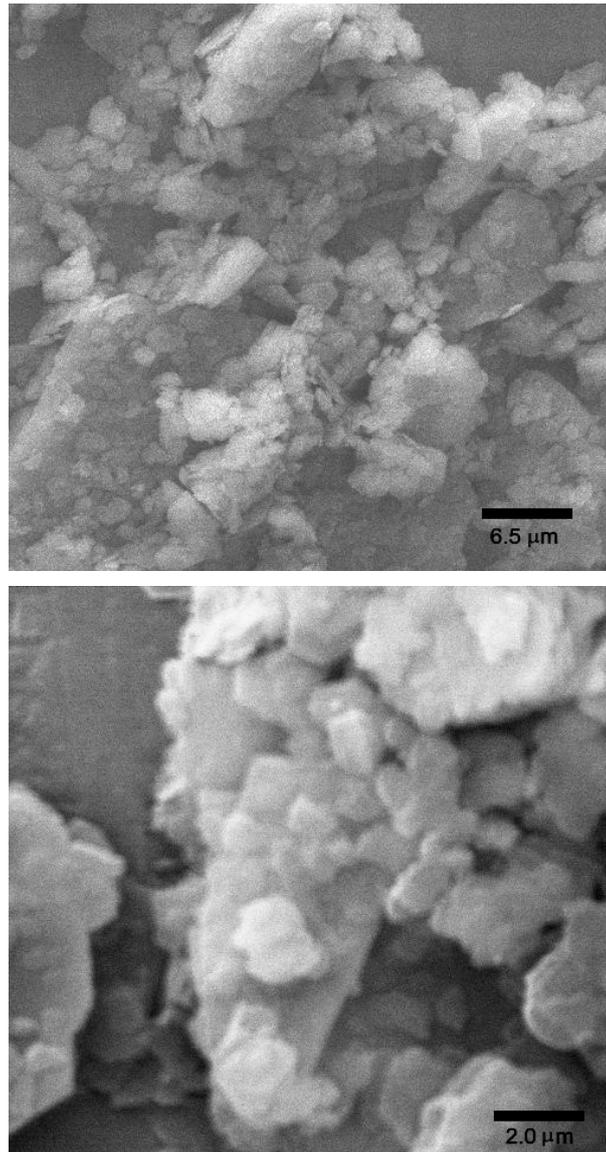


Figura 4: Micrografias de MEV do resíduo de caulim.

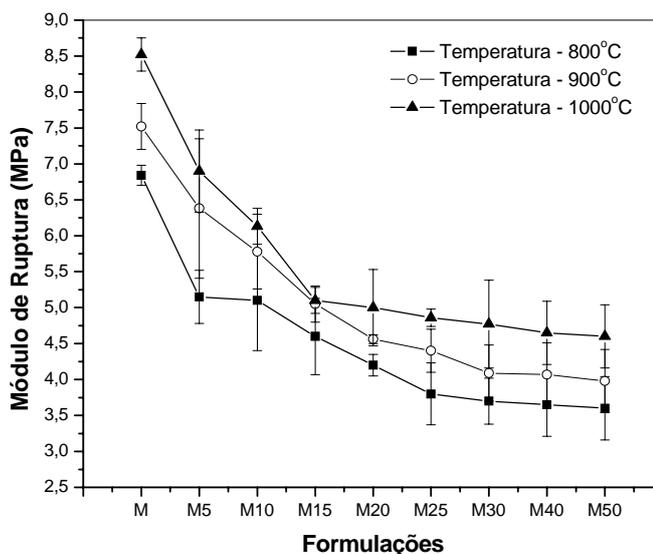
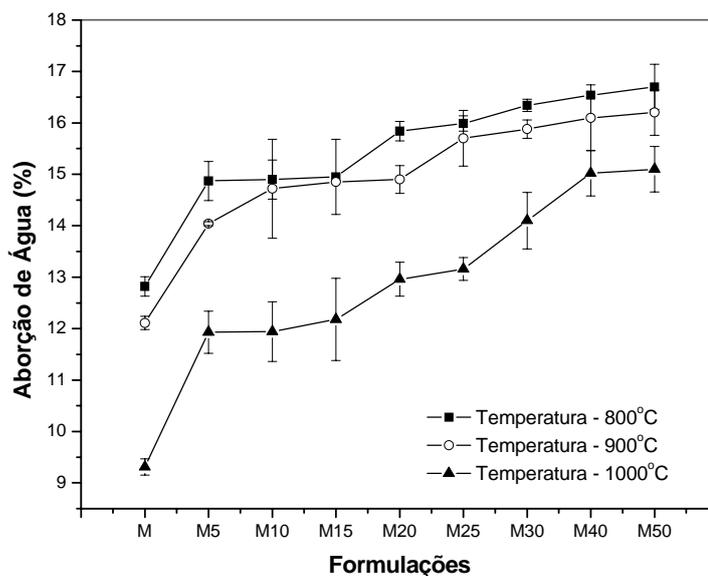


Figura 5: Absorção de água e módulo de ruptura dos corpos de prova confeccionados por prensagem uniaxial.

A Figura 6 apresenta a absorção de água e módulo de ruptura à flexão dos corpos de prova confeccionados por extrusão. Com base na Figura 6 verifica-se um aumento da absorção de água dos corpos queimados com a elevação da quantidade de resíduo incorporado às formulações em todas as temperaturas utilizadas no estudo. Observa-se que nas composições com teores de até 30% de resíduo, não há diferenças significativas na absorção de água dos corpos queimados a 900 e 1000°C, diferentemente do observado nos corpos de prova confeccionados por prensagem. Esse comportamento indica que o processo de extrusão pode ter melhorado a compactação dos corpos de prova, com a destruição ou diminuição dos aglomerados presentes no resíduo, fazendo com que, quando são utilizadas pequenas quantidades de resíduo, a temperatura de 900°C seja suficiente para conduzir a baixos valores de absorção.

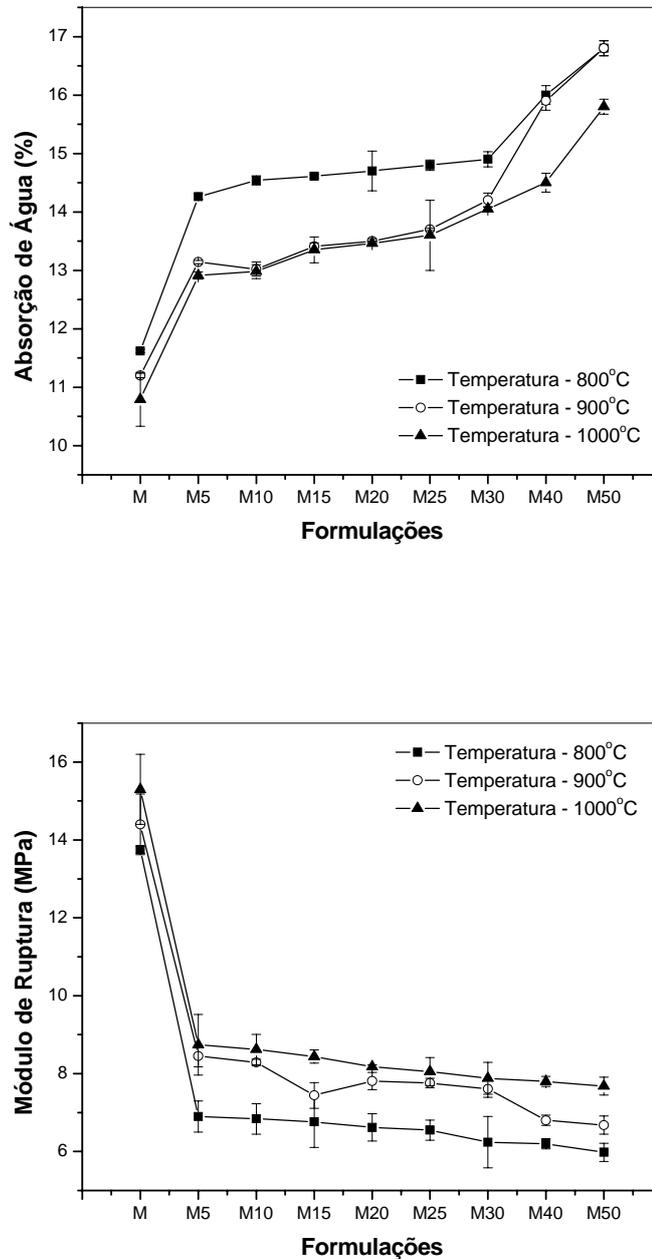


Figura 6: Absorção de água e módulo de ruptura dos corpos de prova confeccionados por extrusão.

Com base na Figura 6 observa-se uma diminuição do módulo de ruptura com o aumento da quantidade de resíduo incorporado às formulações em todas as temperaturas utilizadas no estudo. Verifica-se que essa diminuição é significativamente acentuada com a incorporação do resíduo mesmo em pequenas quantidades (<10%). No entanto, observa-se que a partir de 5% de resíduo, a incorporação de maiores quantidades não altera significativamente o módulo de ruptura dos corpos de prova, o que indica a possibilidade de utilização de grandes quantidades de resíduo (> 30%) nas formulações, sem a ocorrência de perdas acentuadas na resistência mecânica do material. Um comportamento de decréscimo acentuado do módulo de ruptura com a adição de pequenas quantidades de resíduo, seguido por um decréscimo mais suave com o aumento da quantidade de resíduo incorporado também foi observado nos corpos de prova preparados por prensagem (Figura 5), entretanto, essa queda de resistência com o aumento da quantidade de resíduo foi

significativamente mais acentuada que a observada nos corpos de prova processados por extrusão. Essa queda abrupta da resistência mecânica está provavelmente associada a presença no resíduo de elevada quantidade de aglomerados e de grandes partículas de quartzo [18], o que dificulta o comportamento de densificação durante a queima com o conseqüente aumento na absorção e diminuição da resistência mecânica, mesmo com pequena adição de resíduo. Comportamento semelhante foi observado [23] anteriormente quando da produção de corpos porosos, onde se verificou que pequenas adições de resíduo aumentavam significativamente a porosidade do produto final devido a dificuldade de densificação durante a queima.

Com base em indicações da literatura [19, 22] observa-se que as formulações processadas por extrusão podem ser utilizadas em cerâmica vermelha mesmo com teores de 50%. Conforme indicação da literatura [22], após queima a 900°C ou 1000°C todas as formulações podem ser utilizadas para produção de blocos maciços e furados e telhas (módulo de ruptura mínimo de 2,0, 5,5 e 6,5 MPa respectivamente [22]) e após queima a 800°C as formulações com teores de resíduo acima de 25% não devem ser utilizadas para confecção de telhas.

Comparativamente pode-se observar que o módulo de ruptura dos corpos de prova processados por extrusão é significativamente superior ao módulo das peças processadas por prensagem uniaxial. O processo de extrusão, em virtude do elevado cisalhamento, provoca a destruição de aglomerados presentes na massa cerâmica, bem como a orientação preferencial das lamelas dos argilo-minerais. O que favorece tanto a densificação a verde como à após queima do produto. A elevação da resistência observada nas composições com resíduo (Figura 6) processadas por extrusão, comparativamente ao material prensado (Figura 5), pode estar associada à destruição de aglomerados presentes nas massas cerâmicas utilizadas. Como a resistência dos corpos de prova da formulação M (sem resíduo) aumentou acentuadamente quando do processo de extrusão e como a argila utilizada apresenta um elevado tamanho médio de partículas e uma elevada fração de massa acumulada acima dos 45 µm (25%) [18], esses aglomerados podem ser oriundos não apenas do resíduo incorporado, mas também, da argila utilizada.

Como base nos resultados obtidos pode-se observar que é possível incorporar elevadas quantidade de resíduo em formulações cerâmicas para produção de blocos e telhas. O que tem acentuada importância na redução do impacto ambiental e dos custos de produção e que, muitas vezes, passa despercebido em testes laboratoriais que não utilizam a técnica mais adequada de processamento, desfavorecendo o interesse comercial no reaproveitamento de uma série de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas.

4 CONCLUSÕES

Esse trabalho teve por objetivo a caracterização do resíduo do beneficiamento do caulim e a avaliação de sua aplicabilidade como matéria-prima cerâmica alternativa para a produção de blocos e telhas cerâmicos. Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que o resíduo é constituído por caulinita, quartzo e mica com larga distribuição de tamanho de partículas e elevada fração areia (tamanho de partícula > 60µm). Conclui-se também que a incorporação do resíduo em formulações para produção de tijolos e telhas é uma excelente alternativa para a reciclagem do resíduo de caulim, sendo possível a incorporação de até 50% de resíduo em formulações cerâmicas para a produção de tijolos e telhas. O que representa uma significativa economia de matérias-primas, nem sempre abundantes, para os produtores cerâmicos e uma alternativa economicamente viável, devido ao seu grande volume de produção, para os mineradores e beneficiadores de caulim para a reciclagem de seus resíduos.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (471414/04-9) e à FAPESQ/MCT/CNPq (003/03 e 001/06) pelo apoio financeiro.

6 BIBLIOGRAFIA

- [1] RAUPP-PEREIRA, F., HOTZA, D., SEGADÃES, A.M., *et al.*, “Ceramic Formulations Prepared with Industrial Wastes and Natural sub-products”, *Ceramics International*, v. 32, n. 2, pp 173-179, 2006.
- [2] TULYAGANOV, D.U., OLHERO, S.M.H., RIBEIRO, M. J., *et al.*, “Mullite-alumina Refractory Ceramics Obtained from Mixtures of Natural Common Materials and Recycled Al-rich Anodizing Sludge”, *Journal of Materials Synthesis and Processing*, v. 10, n. 6, pp. 311-318, 2002.

- [3] SOUZA, L.P.F., MANSUR, H.S., “Production and Characterization of Ceramic Pieces Obtained by slip Casting Using Powder Wastes”, *Journal of Materials Processing Technology*, v. 145, pp. 15-20, 2004.
- [4] MENEZES, R.R., NEVES, G.A., FERREIRA, H.C., *et al.*, “Recycling of Granite Industry Waste from the Northeast Region of Brazil”, *Environmental Management and Health*, v. 13, pp. 134-141, 2002.
- [5] MENEZES, R. R., NEVES, G. A., FERREIRA, H. C., “O Estado da Arte Sobre o uso de Resíduos como matérias-primas Cerâmicas Alternativas”, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 6, n. 2, pp. 303-313, 2002.
- [6] MENEZES, R.R., FERREIRA, H.S., NEVES, G.A., *et al.*, “Use of Granite Sawing Wastes in the Production of Ceramic Bricks and Tiles”, *Journal of the European Ceramic Society*, v. 25, pp. 1149-1158, 2005.
- [7] HERNÁNDEZ-CRESPO, M.S., RINCÓN, J.M., “New Porcelainized Stoneware Materials Obtained by Recycling of MSW Incinerator Fly Ashes and Granite Sawing Residues”, *Ceramics International*, v. 27, pp. 713-720, 2001.
- [8] MENEZES, R.R., FERREIRA, H.S., NEVES, G.A., *et al.*, “Uso de Rejeitos de Granitos como matérias-primas Cerâmicas”, *Cerâmica*, v. 48, pp. 1-9, 2002.
- [9] CATARINO, L., SOUSA, J., MARTINS, I.M., *et al.*, “Ceramic Products Obtained from Rock Wastes”, *Journal of Materials Processing Technology*, v. 143–144, pp. 843-845, 2003.
- [10] TORRES, P., FERNANDES, H.R., AGATHOPOULOS, S., “Incorporation of Granite Cutting Sludge in Industrial Porcelain Tile Formulations”, *Journal of the European Ceramic Society*, v. 24, pp. 3177-3185, 2004.
- [11] VIEIRA, C.M.F., SOARES, T.M., SÁNCHEZ, R., *et al.*, “Incorporation of Granite Waste in red Ceramics”, *Materials Science and Engineering A*, v. 373, pp. 115-121, 2004.
- [12] CAMPOS, M., VELASCO, F., MARTÍNEZ, M. A., *et al.*, “Recovered Slate Waste as Raw Material for Manufacturing Sintered Structural Tiles”, *Journal of the European Ceramic Society*, v. 24, pp. 811-819, 2004.
- [13] MOREIRA, J. M. S., FREIRE, M. N., HOLANDA, J. N. F., “Utilização de Resíduo de Serragem de Granito Proveniente do Estado do Espírito Santo em Cerâmica Vermelha”, *Cerâmica*, v. 49, n. 312, pp. 262-267, 2004.
- [14] OLGUN, A., ERDOGAN, Y., AYHAN, Y., *et al.*, “Development of Ceramic Tiles from Coal Fly Ash and Tincal ore Waste”, *Ceramics International*, v. 31, pp. 153-158, 2005.
- [15] MOREIRA, J.M.S., MANHÃES, J.P.V.T., HOLANDA, J.N.F., “Reaproveitamento de Resíduo de Rocha Ornamental Proveniente do Noroeste Fluminense em Cerâmica Vermelha”, *Cerâmica*, v. 51, n. 319, pp. 180-186, 2005.
- [16] RAMALHO, M.A.F., FERREIRA, H.C., NEVES, G.A., *et al.*, “Incorporação de Resíduo de Caulim em Massa Cerâmica para Fabricação de Grés Porcelanato – Parte II”, In: *Anais do 47 Congresso Brasileiro de Cerâmica*, CDROM, João Pessoa, 2003.
- [17] LIMA, F.T., GOMES, J., LIRA, H.L., *et al.*, “Utilização do Resíduo Industrial Resultante do Beneficiamento do Caulim para Fabricação de Revestimentos Cerâmicos”, In: *Anais do 45 Congresso Brasileiro de Cerâmica*, CDROM, Florianópolis, 2001.
- [18] ALMEIDA, R.R., “Reciclagem de Resíduo de Caulim e Granito para Produção de Blocos e Telhas”, *Dissertação M.Sc.*, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2006.
- [19] SOUZA SANTOS, P., *Ciência e Tecnologia de Argilas*, ed. 3, v. 1, São Paulo, Edgard Blücher, 1992.

- [20] GRIM, R.E., *Clay Mineralogy*, ed. 2, New York, McGraw-Hill Book, 1968.
- [21] MACKENZIE, R.C., *The Differential Thermal Investigation of Clays*, Aberden, The Central Press, 1957.
- [22] BARZAGHI, L., SALGE, A., “Resistência a Flexão e Moldagem de Argilas”, *Cerâmica*, v. 28, n. 151, pp. 15-17, 1982.
- [23] MENEZES, R.R, BRASILEIRO, M.I., SANTANA, L.N.L., *et al.*, “Utilization of Kaolin Processing Waste for the Production of Porous Ceramic Bodies”, *Waste Management and Research*, In Press.