

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE MASSAS CERÂMICAS PARA TIJOLO SOLO-CIMENTO INCORPORADAS COM RESÍDUO DE SERRAGEM DE MADEIRA PROVENIENTE DO MUNICÍPIO DE UBÁ, MG

B.C.A. Pinheiro¹; V.L.B. Filho²; N. Roberti³; T.S. Alves⁴; S.C.S. Lima⁵

^{1,2,3,4} Departamento de Design – UEMG – Avenida Olegário Maciel, 1427, 36500-000, Ubá, MG.

^{1,5} Departamento de Engenharia de Produção – FIC – Rua Romualdo Meneses, 701, 36770-000, Cataguases, MG.

Rua Vigorito Lamas da Silva, 86, Centro, 36788-000 Itamarati de Minas - MG

bruno.pinheiro@uemguba.edu.br

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo estudar as propriedades físico-mecânicas de massas cerâmicas para tijolos do tipo solo-cimento incorporadas com resíduo de serragem de madeira proveniente do município de Ubá – MG. As matérias-primas utilizadas foram: solo, cimento, água e resíduo de serragem de madeira. Três misturas contendo 0, 0,5 e 1 parte em volume de resíduo de serragem de madeira em substituição ao solo foram preparadas. As massas cerâmicas foram caracterizadas quanto a distribuição de tamanho de grânulos, resíduo em peneira, massa específica aparente dos grânulos e morfologia dos grânulos. Corpos cimentícios foram preparados por prensagem uniaxial e curados durante 28 dias. Em seguida, foi determinada a massa específica bulk, a absorção de água e a resistência à compressão. Os resultados indicaram que as massas cerâmicas incorporadas com o resíduo de serragem de madeira têm grande potencial para serem usadas na fabricação de tijolos do tipo solo-cimento.

Palavras-chave: resíduo de serragem de madeira, tijolo solo-cimento, Ubá - MG.

INTRODUÇÃO

As atividades industriais geram uma grande quantidade de resíduos sólidos. Tais atividades geram riquezas à custa dos recursos naturais do planeta, não havendo nenhuma preocupação com a disposição final de maneira correta dos resíduos gerados ⁽¹⁾. Assim, a necessidade de preservação ambiental e a tendência de escassez dos recursos naturais fazem com que cerâmica adquira novos conceitos e soluções técnicas alternativas ⁽²⁾. Uma destas soluções alternativas é o desenvolvimento de materiais cerâmicos ecológicos classificados como tijolos do tipo solo-cimento. Este material apresenta-se como possível alternativa para o reaproveitamento de diversos tipos de resíduos industriais. Além disso, também pode ajudar a reduzir o problema do déficit populacional brasileiro ⁽³⁾.

O resíduo de serragem de madeira é classificado como classe IIB – Inerte ⁽⁴⁾, podendo ser reciclado por diferentes processos industriais e podendo ser transformado em produtos de uso similar ou diferente ao da madeira inicialmente processada. Na maioria das vezes este resíduo é tratado como um subproduto de baixo valor agregado. Assim, o desenvolvimento de trabalhos de pesquisa que busquem a utilização de resíduos gerados, dentro de uma visão que os trata como importantes matérias-primas para aplicações com maior valor agregado visando a sua utilização em produtos úteis para a sociedade e a proteção do meio ambiente, é uma iniciativa de grande importância e cada vez mais necessária.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo estudar as propriedades físico-mecânicas de massas cerâmicas típicas de tijolo ecológico do tipo solo-cimento incorporadas com o resíduo de serragem de madeira proveniente de indústrias componentes do pólo moveleiro de Ubá – MG e região. Destaque foi dado às seguintes características das massas cerâmicas: distribuição de tamanho de grânulos, resíduo em peneira 200 meh (75 µm ABNT), massa específica aparente e morfologia dos grânulos. É feita uma correlação entre estas características e as propriedades dos produtos obtidos após cura, bem como a microestrutura final.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a formulação das massas cerâmicas para tijolo ecológico do tipo solo-cimento foram utilizadas as seguintes matérias-primas: um solo coletado no município de Ubá - MG, cimento Portland CPIII – 40 RS, água potável coletada a

partir da rede de distribuição de água do município de Ubá, fornecida pela COPASA – MG e o resíduo de serragem de madeira proveniente das indústrias componentes do pólo moveleiro de Ubá e região.

O solo foi submetido a um processo de secagem em estufa de laboratório a 110 °C por 24 h. Em seguida, o solo foi destorroado manualmente até a passagem completa em peneira 4 mesh (4,75 mm ASTM). O cimento e o resíduo de serragem de madeira foram secos em estufa de laboratório a 110 °C por 24 h e passados em peneira 200 mesh (75 µm ABNT). Em seguida, foi realizada a formulação das massas cerâmicas. A composição das massas cerâmicas estudadas é dada na Tabela 1.

Tabela 1: Composição das massas cerâmicas estudadas.

Massas Cerâmicas (Partes em volume)	Solo	Cimento	Resíduo de serragem de madeira	Formulação
TR	9	1	0	9/1/0
TR1	8,5	1	0,5	8,5/1/0,5
TR2	8	1	1	8/1/1

Em seguida, as matérias-primas foram dosadas conforme formulação dada na Tabela 1 e misturadas manualmente até a obtenção de uma coloração uniforme. Logo após, foi realizada a umidificação das misturas com o auxílio de um borrifador. As seguintes propriedades das massas cerâmicas foram determinadas: distribuição de tamanho de partículas, resíduo em peneira 200 mesh (75 µm ABNT), massa específica aparente dos grânulos e morfologia dos grânulos. A distribuição de tamanho de partículas das massas cerâmicas foi feita por peneiramento. A morfologia e a textura dos grânulos foram observadas por microscopia ótica. O resíduo em peneira das massas cerâmicas foi determinado a partir da razão entre a massa dos grânulos retidos em peneira 200 mesh (75 µm ABNT) (m_r) e a massa inicial dos grânulos (m_i).

Corpos cerâmicos cimentícios foram conformados por prensagem uniaxial sob pressão de 2 toneladas. A conformação foi realizada em prensa hidráulica, modelo

PHP com capacidade de 15 toneladas. Foi utilizada uma matriz de forma cilíndrica ($\phi = 30 \text{ mm}$) e pistões de aço. Em seguida, os corpos cimentícios foram colocados sobre uma superfície plana em local coberto e deixados por um período de 6 h. Logo após, os corpos cimentícios foram submetidos a um processo de molhagem freqüente durante 7 dias. Após este período, os corpos cimentícios foram deixados sobre a mesma superfície sólida em local coberto até que se completasse um período igual a 28 dias (secagem e cura). Os corpos cimentícios curados após 28 dias foram avaliados por meio das seguintes propriedades: massa específica bulk, absorção de água ⁽⁵⁾ e resistência mecânica a compressão ⁽⁶⁾.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a distribuição de tamanho de grânulos das massas cerâmicas estudadas.

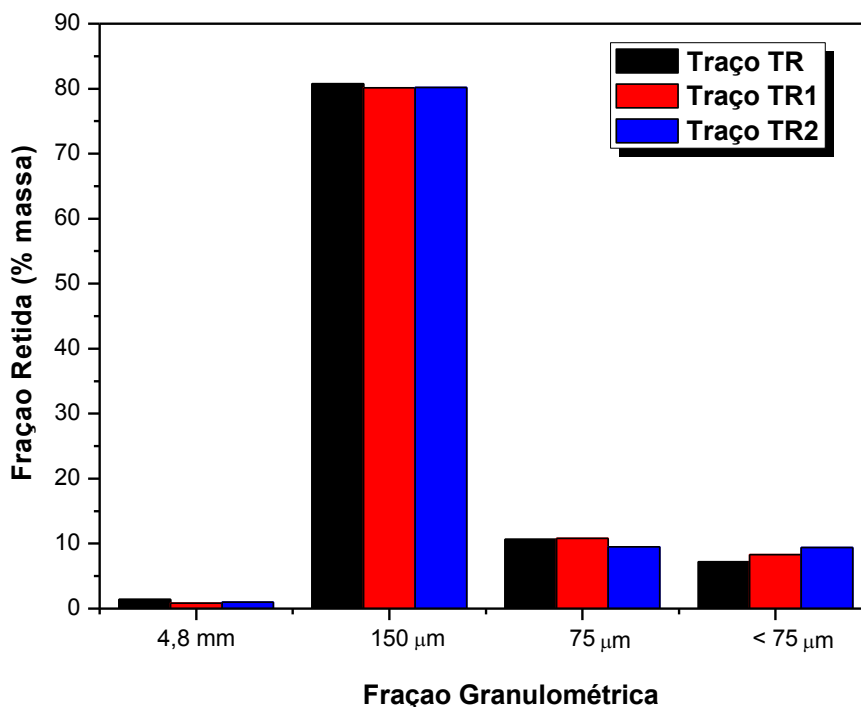


Figura 1: Distribuição de tamanho de grânulos das massas cerâmicas.

Pode ser observado da Figura 1 que as massas cerâmicas apresentam uma larga distribuição de tamanho de grânulos. Pode ser observado também que a maior fração dos grânulos se encontra dentro do intervalo compreendido entre < 75 a 150 μm apresentando baixa concentração de grânulos com tamanhos superiores a 150

μm . Além disso, a incorporação do resíduo de madeira provocou um ligeiro aumento na concentração de grânulos com tamanhos inferiores a $75 \mu\text{m}$ ($< 75 \mu\text{m}$). Isso pode sugerir que a incorporação do resíduo de serragem de madeira altera a distribuição de tamanho de grânulos das massas cerâmicas para uma fração mais fina.

A Tabela 2 apresenta os resultados do ensaio de resíduo em peneira 200 mesh ($75 \mu\text{m}$ ABNT) e massa específica aparente dos grânulos para as massas cerâmicas.

Tabela 2: Resíduo em peneira e massa específica aparente dos grânulos.

Massas Cerâmicas	Resíduo em Peneira 200 mesh ($75 \mu\text{m}$ ABNT) (%)
TR	75,68
TR1	74,95
TR2	74,54

Pode ser observado que as massas cerâmicas contendo o resíduo de serragem de madeira (TR1 e TR2) apresentaram fração mássica retida em peneira menor que a massa cerâmica sem a incorporação de resíduo (TR), confirmando assim a distribuição de tamanho de grânulos ligeiramente mais fina apresentada pelas cerâmicas TR1 e TR2.

A morfologia e a textura dos grânulos são mostradas na Figura 2.



Figura 2: Morfologia dos grânulos da massa cerâmica TR2.

Pode ser observado que os grânulos apresentam uma morfologia arredondada e textura rugosa típica de grânulos formados por aglomeração de partículas finas. O mesmo comportamento foi observado para os grânulos das outras massas cerâmicas formuladas. A Figura 2 também mostra a larga distribuição de tamanho de grânulos apresentada pelas massas cerâmicas.

A Figura 3 apresenta os resultados de massa específica bulk dos corpos cimentícios após cura em 28 dias. Conforme pode ser observado a incorporação do resíduo de serragem de madeira provoca uma ligeira redução na massa específica bulk. Isso contribui para um menor grau de empacotamento dos traços estudados, diminuindo a densificação dos corpos cimentícios.

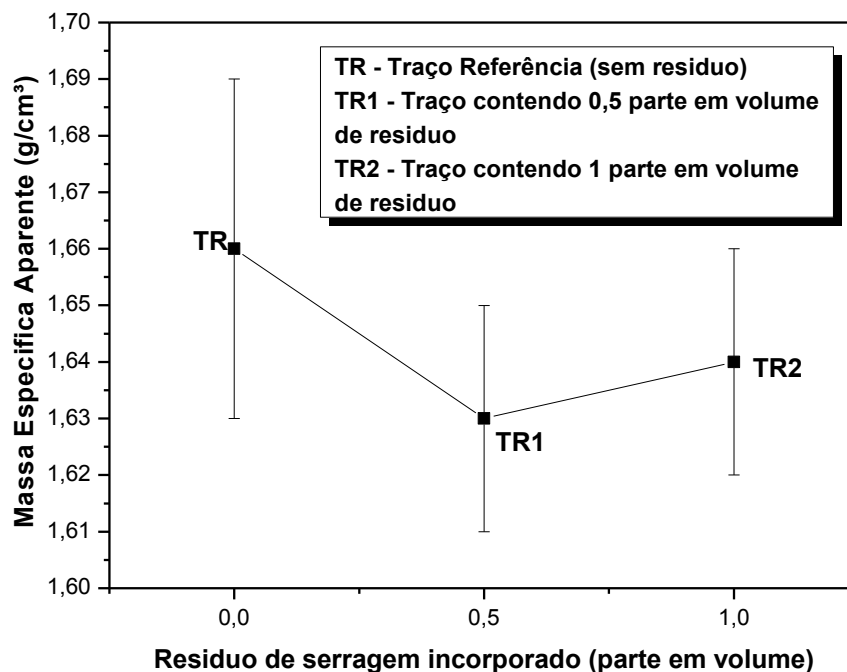


Figura 3: Massa específica bulk dos corpos cimentícios incorporados com o resíduo de serragem após 28 dias de cura.

A Figura 4 apresenta os resultados de absorção de água (porosidade aberta) dos corpos cimentícios ensaiados após 28 dias de cura. A Figura 4 também mostra o valor máximo de absorção de água de acordo com a norma NBR 10834/94. Pode ser observado que a incorporação do resíduo de serragem de madeira provoca um aumento na absorção de água dos corpos cimentícios. Esse comportamento pode estar relacionado ao menor empacotamento das partículas, o qual promoveu o

aumento da porosidade, principalmente, da porosidade aberta. É importante destacar que os traços cerâmicos estudados apresentam valores de absorção de água abaixo do limite estabelecido pela norma NBR 10834/94. A incorporação do resíduo de serragem de madeira não fez com que os produtos saíssem da especificação para tijolo solo-cimento em termos da absorção de água.

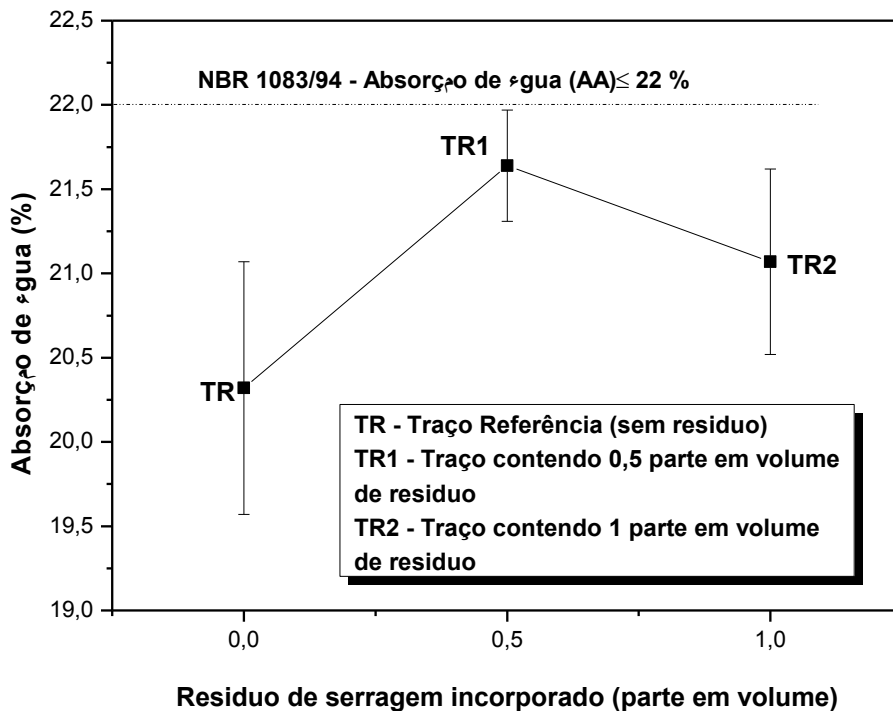


Figura 4: Absorção de Água dos corpos cimentícios incorporados com o resíduo de serragem após 28 dias de cura.

A Figura 5 apresenta os resultados de resistência mecânica à compressão (RC) para os corpos cimentícios ensaiados após 28 dias de cura. A Figura 5 também mostra o valor mínimo de resistência mecânica à compressão de acordo com a norma NBR 12025/90. Pode ser observado que a incorporação do resíduo de serragem provoca uma redução na resistência a compressão dos corpos cimentícios. Este comportamento pode estar relacionado, principalmente, com o aumento da porosidade devido à incorporação do resíduo. Os poros funcionam como concentradores de tensão levando à diminuição da resistência a compressão dos corpos cimentícios. É muito importante notar também que os corpos cimentícios estudados apresentam valores de resistência a compressão bem superiores ao valor mínimo exigido pela norma NBR 12025/90.

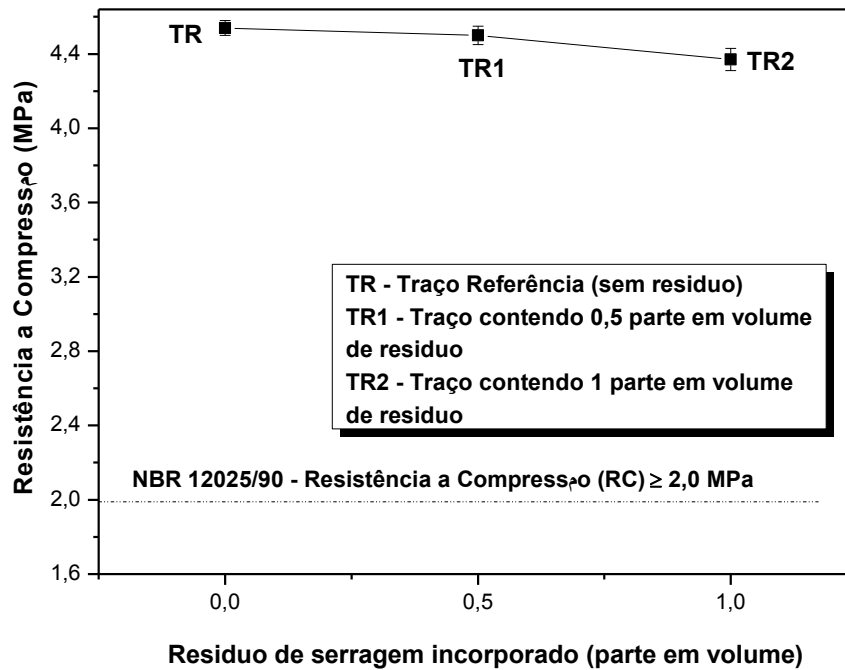


Figura 5: Resistência a compressão dos corpos cimentícios incorporados com o resíduo de serragem após 28 dias de cura.

A Figura 6 (a-c) mostra a superfície de fratura via imagens em microscópio óptico dos corpos cimentícios dos traços estudados após cura em 28 dias. Como pode ser observado os corpos cimentícios representativos do traço de referência (traço TR) apresentam uma estrutura bem compactada e homogênea. Já nas Figuras 6.b (traço TR1) e 6.c (traço TR2) pode ser observado uma superfície mais grosseira, heterogênea e porosa, o que evidencia o empacotamento menos eficiente entre as partículas. A porosidade observada é responsável pela alteração das propriedades físicas, resultando em menor massa específica bulk, maior absorção de água e menor resistência mecânica a compressão. Também pode ser observado a partir da Figura 6.c (traço TR2) a presença de trincas na superfície de fratura. As trincas, assim como os poros funcionam como concentradores de tensão diminuindo a resistência mecânica a compressão. A presença de trincas é responsável pelo menor valor de resistência a compressão apresentado pelo traço TR2.

Com base nos resultados obtidos e mostrados anteriormente e nas normas NBR 1083/94 e NBR 12025/90, é possível avaliar o potencial de utilização das massas cerâmicas formuladas e preparadas nas condições descritas aqui para a

fabricação de tijolos ecológicos do tipo solo-cimento. Conforme observado nas Figuras 4 e 5, a substituição parcial do solo pelo resíduo de serragem de madeira possibilitou a obtenção de produtos com propriedades técnicas que se enquadram nas especificações de normas para tijolo do tipo solo-cimento. Esses resultados são muito importantes, pois mostram claramente que o resíduo de serragem de madeira proveniente do pólo moveleiro de Ubá – MG pode ser usado como uma matéria-prima alternativa de baixo custo em massas cerâmicas para a obtenção de tijolos do tipo solo-cimento.

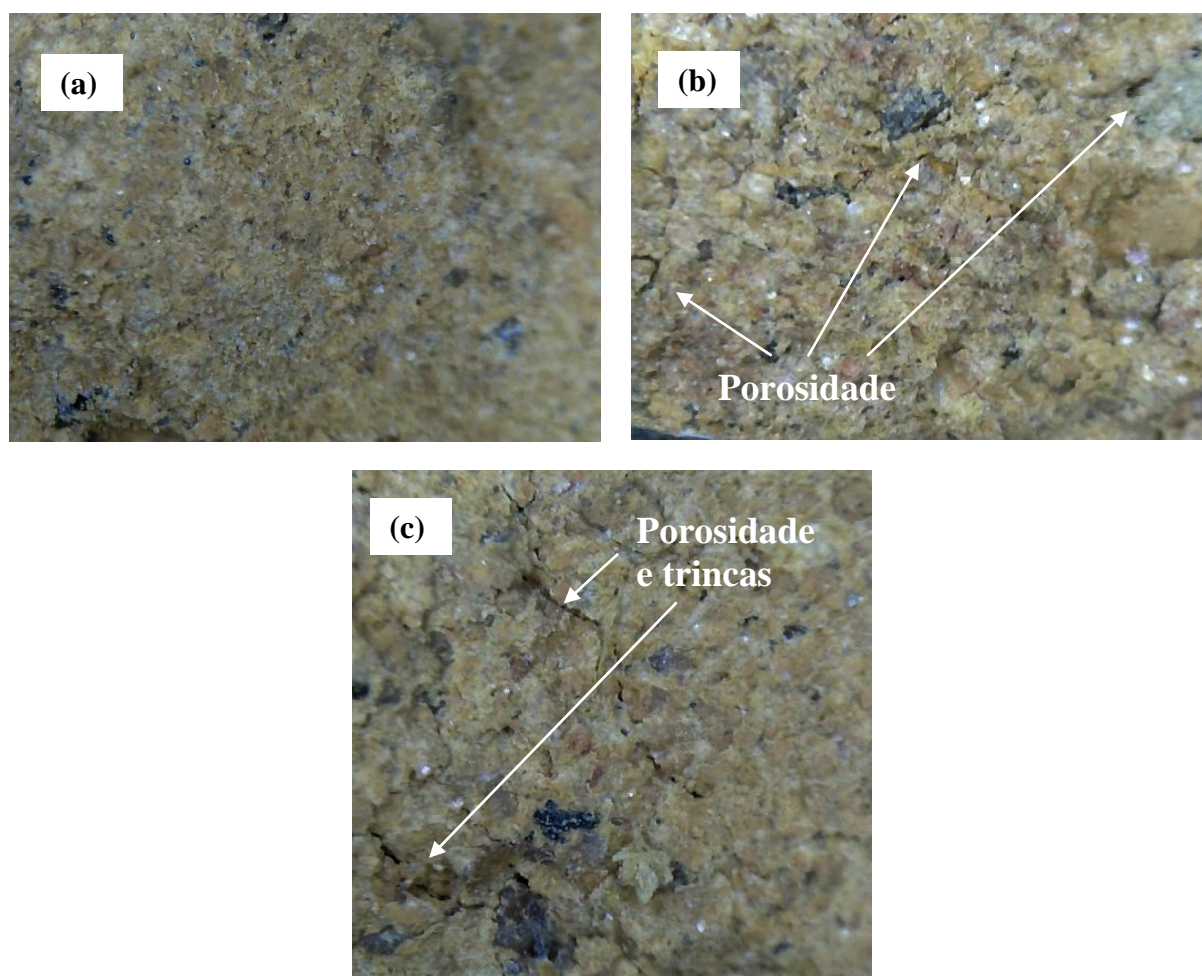


Figura 6 – Micrografias obtidas por microscopia ótica dos corpos cimentícios
(a) TR; (b) TR1 e (c) TR2.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados experimentais obtidos no presente trabalho, é possível concluir que:

- As massas cerâmicas incorporadas com o resíduo de serragem de madeira proveniente do município de Ubá-MG tem potencial para a fabricação de materiais cerâmicos classificados como tijolos ecológicos do tipo solo-cimento. As especificações de normas (NBR 10834/94 e NBR 12025/90) para tijolos ecológicos do tipo solo-cimento foram atingidas em termos da absorção de água e da resistência a compressão;
- A incorporação do resíduo de serragem de madeira altera as características das massas cerâmicas. A incorporação do resíduo alterou a granulometria das massas para uma distribuição de tamanho de partículas mais fina;
- As alterações provocaram mudanças na microestrutura dos corpos cimentícios curados após 28 dias. A principal mudança observada foi um ligeiro aumento da porosidade e aparecimento de trincas na microestrutura dos corpos cimentícios.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, a UEMG/UNIDADE DE UBÁ, MG, e as Faculdades Integradas de Cataguases – FIC/GRUPO UNIS pelo apoio financeiro e suporte técnico.

REFERÊNCIAS

1. MANHÃES, J. P. V. T; HOLANDA, J. N. F. Caracterização e classificação de resíduo sólido “pó de rocha granítica” gerado na indústria de rochas ornamentais. **Química Nova**, v.31, n.6, p.1301-1304, 2008.
2. SOUZA, M. I. B., et. al, Avaliação de tijolos de solo-cimento produzidos com resíduos de construção. In: 2º Workshop Concreto: Durabilidade, Qualidade e Novas Tecnologias. Anais do 2º Workshop Concreto: Durabilidade, Qualidade e Novas Tecnologias. Ilha Solteira – UNESP. Jun. 2004. 15 p.
3. VIEIRA, A. et al. Estudo do processo de obtenção e caracterização de tijolos solo-cimento. **Cerâmica Industrial**, v.12, n.6, p.47-50, nov/dez, 2007.

4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**. Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10834**. Solo-cimento – Ensaio de determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 1994. 2 p.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12025**. Solo-cimento – Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1990. 2 p.

EVALUATION OF PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF CERAMIC PASTES FOR SOIL-CEMENT BRICKS INCORPORATED WITH WOOD WASTE FROM UBA, STATE OF MINAS GERAIS

ABSTRACT

The present work aimed at studying the physical-mechanical properties of the ceramic pastes incorporated with wood waste from the Ubá, State of Minas Gerais, for soil-cement bricks. The raw materials used were: soil, Portland cement, water and wood waste. Three soil-cement mixtures containing 0; 0,5 e 1 volume of wood waste replacing the soil were prepared. The ceramic pastes were characterized regarding granule size distribution, apparent specific mass and morphology. The cementitious bodies were prepared by uniaxial pressing and cured during 28 days. The cementitious bodies cured were characterized in terms of bulk density, water absorption and compressive strength. The experimental results indicated that the ceramic pastes incorporated with wood waste have large potential to be used in the manufacture of soil-cement bricks.

Keywords: soil-cement bricks, wood waste, Ubá - State of Minas Gerais.