

# **INCORPORAÇÃO DE CINZA DE BAGAÇO DE CANA EM MASSA CERÂMICA UTILIZADA PARA PRODUÇÃO DE TELHAS**, Néryla Vayne

Justino Alves, Silvio Rainho Teixeira, Agda Eunice de Souza, Gleyson Tadeu de Almeida Santos, Antonio Wellington Lima de Sá, Francine Bettio Costa – Engenharia dos Materiais e Metalurgia – Licenciatura em Física – Departamento de Física, Química e Biologia - Faculdade de Ciências e Tecnologia - Campus de Presidente Prudente.

Neste trabalho são apresentados os resultados da incorporação de resíduo (cinza) proveniente da queima do bagaço de cana-de-açúcar, nas propriedades de uma massa cerâmica utilizada para fabricação de telhas, no município de Presidente Epitácio, região oeste do estado de São Paulo. A adição deste resíduo em massas cerâmicas pode ser uma alternativa ambientalmente correta para o reaproveitamento do mesmo.

Para a incorporação do resíduo à massa cerâmica é importante a sua caracterização, química e mineralógica, para o entendimento das reações e das fases formadas durante o processo de sinterização. Atualmente, os resíduos de cinzas de bagaços de cana produzidos no processo de geração de vapor são descartados sobre o solo, juntamente com as tortas de filtro e a palha, para adubação das próprias lavouras.

A cinza de bagaço de cana é constituída principalmente de sílica (aproximadamente 70%), contendo também, carbono residual, óxidos de cálcio, potássio, sódio e magnésio. O teor de álcalis solúveis pode chegar a 5%. Em geral, a sílica encontrada na cinza é amorfa, apresentando no difratograma de raios-x um halo (em torno de  $23^\circ$ ) devido à fase vítrea e alguns picos finos caracterizando fases cristalinas, provavelmente quartzo.

Apesar do quartzo, em maior concentração, piorar as propriedades dos materiais cerâmicos, a presença dos álcalis pode favorecer as propriedades finais do material sinterizado. Os fundentes mais utilizados em cerâmicas são matérias-primas ricas em  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ . Eles atuam na formação da fase líquida que preenche os vazios na microestrutura do material contribuindo para incrementar a densificação e reduzir a porosidade, por meio de um processo comumente chamado de vitrificação<sup>(1)</sup>. Esses óxidos fundem formando a fase líquida ou, em reação com a sílica, formam eutéticos (fases que se fundem) a partir de temperaturas de aproximadamente  $700^\circ\text{C}$ .

Foi coletada uma amostra de massa cerâmica utilizada para produzir telhas de uma indústria cerâmica (Cerâmica Romana) situada no município de Epitácio, SP. Esta amostra foi seca em estufa a  $110^\circ\text{C}$  por vinte e quatro horas e, posteriormente, trituradas num moinho de facas e passadas numa peneira de 0,05mm. A amostra foi submetida à análise textural, usando o método da Pipeta.

As amostras de cinza foram coletadas numa usina sucroalcooleira (Usina Alto Alegre) localizada na região de Presidente Prudente, SP. A granulometria das amostras foi diminuída usando um moinho de bolas e usada a fração menor que 0,088mm. Difratomia de raios-X e análise térmica foram utilizadas para caracterização desta amostra de cinza.

A massa cerâmica para conformação dos corpos de prova foi seca em estufa a  $110^\circ\text{C}$  por vinte e quatro horas e adicionada concentrações diferentes de resíduo: 0, 5, 8 e 10%, em peso, de pó de cinza de bagaço de cana. Após a adição da porcentagem de resíduo, a massa plástica foi obtida adicionando 10% em peso, de água à massa cerâmica. Posteriormente, foi colocada dentro de saco plástico vedado e deixada a “descansar” por 48 horas, tendo sido agitada manualmente durante este período, visando uma melhor homogeneização na distribuição da umidade. As amostras foram passadas em peneira de 0,59mm e conformados (7 toneladas,  $\sim 18\text{MPa}$ ) usando uma prensa hidráulica uniaxial manual, marca SCHUZ. Após a prensagem, os corpos de prova foram medidos, pesados em balança analítica, colocados para secar em estufa ( $110^\circ\text{C}$ , 24 horas) e esfriados até a temperatura ambiente dentro de um dessecador. Novamente, foram pesados e medidos para determinação da perda de massa e retração linear de secagem.

Todos os ensaios foram realizados com seis repetições. Ensaio de resistência mecânica à flexão também foram realizados com corpos de prova verdes (secos em estufa a  $110^\circ\text{C}$ ).

Os corpos de prova foram queimados (em fornos elétricos com temperatura controlada, marca EDG) nas temperaturas de 800, 900, 1000, 1100 e  $1200^\circ\text{C}$ , razão de aquecimento de  $\sim 10^\circ\text{C}/\text{min}$  até  $100^\circ\text{C}$ , permanecendo nesta temperatura por 30 min, e então aquecidos até a temperatura de queima (também a  $10^\circ\text{C}/\text{min}$ ), permanecendo nesta temperatura por 2 horas e, finalmente, resfriados até

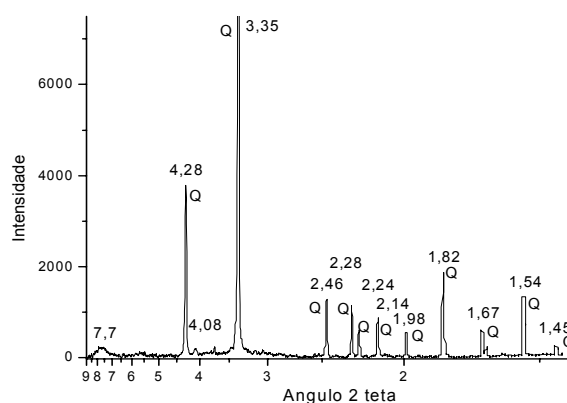
~60°C, com o forno desligado e fechado, e até a temperatura ambiente dentro do dessecador. Após a queima os corpos de prova foram medidos e pesados, para determinação de perda de massa e retração linear de queima. Posteriormente, foram submetidos aos ensaios de resistência mecânica à flexão (três pontos)<sup>(2,3)</sup>.

A **Tabela II** mostra a concentração de areia, argila e silte da massa cerâmica. Esses valores mostram que o material utilizado tem alta concentração de argila, estando fora da composição ideal para fabricação de telhas<sup>(4)</sup>.

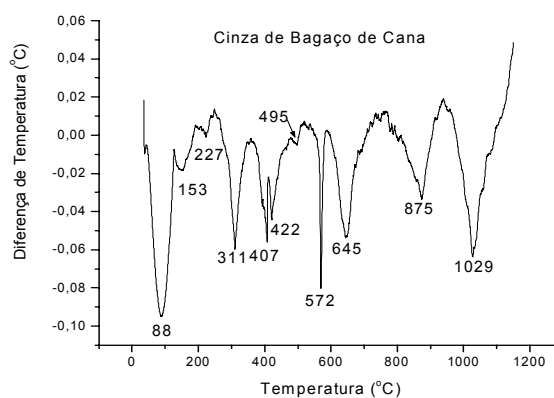
Tabela II: Resultados da análise textural.

Amostra	Areia (%)	Argila (%)	Silte (%)
Massa cerâmica	24,13	58,27	17,60

O difratograma de raios X (**Figura 1**) da cinza mostra que o material é composto basicamente de quartzo cristalino. O termograma (ATD) da cinza (**Figura 2**) mostra vários picos de reação. Estes picos estão associados às mudanças de fase dos silicatos presentes na cinza, sendo o principal deles a transição do quartzo ( $\alpha \rightarrow \beta$ ) em 572 °C. Além deste, ocorrem várias mudanças estruturais deste tipo (“low  $\rightarrow$  “high”), de baixa para alta ordem estrutural, da cristobalita (entre 200 e 275 °C), quartzo- $\beta$  para tridimita (em ~870 °C) e cristalização de opalinas em torno de 1100 °C<sup>(11)</sup>. Outros picos no termograma estão associados aos outros óxidos presentes em menor quantidade na cinza.



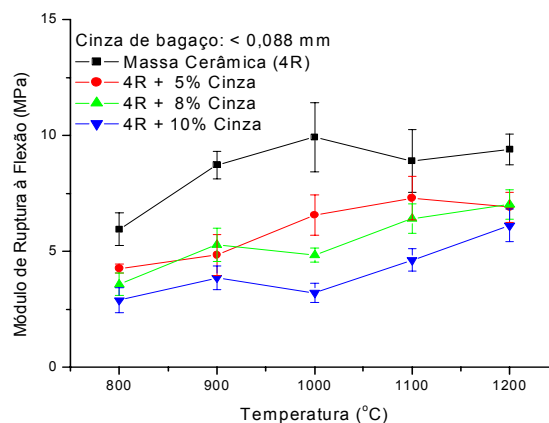
**Figura1:** Difratograma de raios X da cinza de bagaço de cana



**Figura 2:** Termograma (ATD) da cinza de bagaço de cana.

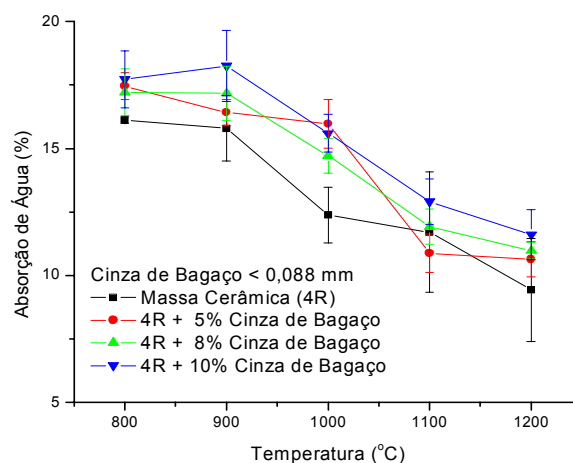
O quartzo cristalino, material não plástico presente na cinza, em geral, piorou as propriedades físicas da massa cerâmica. Com exceção da retração linear, que diminui com a adição deste tipo de material, todas as outras propriedades tiveram seus valores prejudicados.

Ao contrário do que acontece com a massa cerâmica, a partir de 1000°C o módulo de ruptura à flexão sempre cresce com a temperatura, nas amostras com pó de cinza. O que pode estar ocorrendo é a formação de fase líquida devido à presença de pequenas quantidades de óxidos alcalinos que, segundo a literatura, estão presentes na cinza de bagaço de cana. Os dados mostram que em 1000°C acontecem as maiores diferenças entre os valores obtidos para a massa cerâmica com e sem pó de cinza. Em 1100 e 1200°C, essas diferenças tendem a diminuir e as amostras com cinza apresentam valores semelhantes de MRF (**Figura 3**).

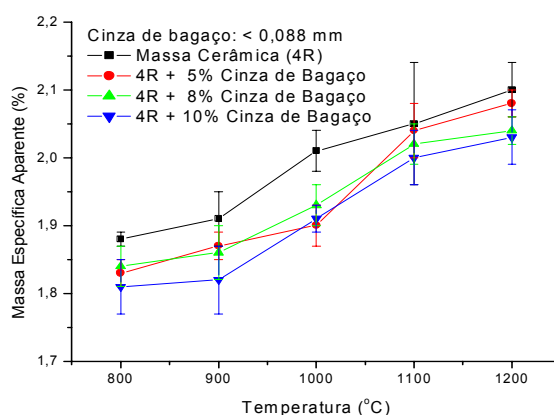


**Figura 3:** Módulo de ruptura à flexão da massa cerâmica com pó de bagaço de cana.

A retração linear de queima também mostra uma inversão na posição dos pontos na curva da RL pela temperatura, com relação à massa cerâmica, indicando que pode estar ocorrendo uma maior retração nas amostras com cinza de bagaço a partir de 1100°C. Esta informação confirma a hipótese acima, de ocorrência de formação de fase líquida, fazendo com que a retração linear da amostra com cinza, entre 1100 e 1200°C, tenha ultrapassado a RL da massa cerâmica. Os valores da AA (**figura 4**), PA e MEA (**Figura 5**) também se aproximam dos valores para a massa cerâmica, mas continuam piores do que os valores obtidos para ela.



**Figura 4:** Absorção de água da massa cerâmica com pó de bagaço de cana.



**Figura 5:** Massa específica aparente da massa cerâmica com pó de bagaço de cana.

A cinza de bagaço tem alta concentração de sílica cristalina e prejudica a maioria das propriedades cerâmicas do material sinterizado.

A cinza de bagaço de cana pode misturado com argila forte (com alta concentração de material plástico) em substituição à argila fraca (material menos plástico) para obtenção da massa cerâmica com textura adequada.

Embora ela seja um material não-plástico, em temperaturas maiores que 1000 °C, é observado que as propriedades cerâmicas dos corpos de prova com cinza melhoram, indicando a formação de fase líquida.

Este material pode ser avaliado como fonte de sílica fina para outras aplicações.

### Referências Bibliográficas

1. Vieira, C.M.F., H.F. Sales, S.N. Monteiro, Efeito da adição de argila fundente íltica em cerâmica vermelha de argilas cauliniticas, *Cerâmica* **50** 239 (2004).
2. Souza Santos, P. de, *Ciência e Tecnologia de Argilas*, Vol 1 e 2, 2ª Edição, Ed. Edgard Blucher Ltda, 1989.
3. Zandonari, A. R., D. D. D. Souza, M. A. P. Jordão, S. Saka, Curso IPT/JICA: Processos de fabricação de produtos de cerâmica vermelha (tijolos e telhas) e ensaios cerâmicos de argilas, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, São Paulo – SP (1988).
4. Pracidelli, S., F. G. Melchiades, *Cerâmica Industrial* **(02)** jan/abril (1997) 31.

**Bolsa:** Reitoria/PIBIC