

T05

FORMAÇÃO DE SÍLICA NAS CINZAS DE BAGAÇO DE CANA SUBMETIDAS A DIFERENTES TEMPERATURAS DE QUEIMA

Miryam Torres dos Santos Cunha¹; Thailys Campos Magalhães²; Regla Toujaguez;³
Jerusa Goes Aragão Santana⁴

RESUMO: Ricas em dióxido de silício (SiO_2), as cinzas residuais do bagaço de cana (CBC) podem ser empregadas no desenvolvimento de materiais alternativos como, concretos e argamassas. Uma vez que o bagaço pode ser aproveitado em caldeiras para a geração de calor e eletricidade, as cinzas resultantes não apresentam uniformidade na queima, sendo visível a presença de restos de bagaço e grande quantidade de carbono. A partir desta observação e objetivando verificar o processo de formação de sílica nas CBC submetidas a diferentes temperaturas de queima, amostras deste material foram divididas em lotes com igual volume e submetidas a uma nova queima (400, 600 e 800°C). Como a presente pesquisa vislumbra a possibilidade de aproveitamento da sílica contida na CBC para fabricação de vidro, as amostras foram caracterizadas por meio da realização dos ensaios de perda de massa, EDX (para análise quantitativa das cinzas), DRX (para verificar a estrutura cristalina das cinzas) e microscopia óptica. A análise de perda de massa das CBC mostrou que na temperatura de 800°C ocorreu uma maior redução percentual de massa (19,89%). Já os resultados da difração de raios X indicaram a presença de SiO_2 cristalino em diferentes formas polimorfas (quartzo, tridimita e cristobalita), com picos característicos da presença deste material. Os resultados dos ensaios de EDX ratificaram a presença de sílica nas amostras, indicando que o lote não submetido a uma segunda queima apresentou menores percentuais de SiO_2 dentre os materiais estudados (65,57%).

Palavras-Chave: Bagaço de cana; Queima; Cinzas; Sílica.

1 INTRODUÇÃO

Dentre os subprodutos da cana de açúcar, o bagaço, produzido após a extração do caldo da cana (cerca de 30% da cana moída) é utilizado na geração de energia elétrica e vapor, em virtude do seu poder calorífico (1800 kcal/kg) (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2007, p. 127; PAULA et. al, 2009, p. 354).

Segundo Mehta (1992), a casca de arroz é o material que produz maior percentual de cinzas (20%, em média), seguindo-se do bagaço de cana (15%), palha de arroz (14%), folha de sorgo (12%) e folha de trigo (10%). As cinzas residuais provenientes da queima do bagaço

¹ Afiliação: Universidade Federal de Alagoas – Campus A. C. Simões
Email: miryam.cunha@ceca.ufal.br

² Afiliação: Universidade Federal de Alagoas – Campus A. C. Simões
Email: thailys.magalhaes@ceca.ufal.br

³ Afiliação: Universidade Federal de Alagoas – Campus A. C. Simões
Email: toujaguez@yahoo.com

⁴ Afiliação: Universidade Federal de Alagoas – Campus A. C. Simões
Email: jerusa.santana@ceca.ufal.br

da cana (CBC), apresentam predominância de dióxido de silício (SiO_2) na sua composição química. Assim, estes materiais podem ser utilizados como materiais pozolânicos para concreto (NUNES et al, 2008, p. 40) e como matéria prima para conformação de cerâmicos (PARANHOS, 2010, p. 84). Entretanto, a temperatura e o tempo de realização da queima influenciam na composição mineralógica da cinza, uma vez que, alteram a quantidade de sílica presente, bem como, determinam o surgimento de fases amorfas e/ou cristalinas presentes neste material. Assim, a sílica pode apresentar mais de uma estrutura cristalina, um fenômeno denominado polimorfismo.

Segundo Paula (2006), as modificações ocorridas no bagaço de cana durante o processo de queima podem ser assim descritas: até a temperatura de 100°C , há perda de massa ocasionada pela evaporação da água absorvida; à aproximadamente 350°C , inicia-se a queima dos materiais mais voláteis e do bagaço da cana-de-açúcar; entre 400 e 500°C , o carbono residual é oxidado, sendo, neste estágio, observada a perda mais substancial da massa; O emprego de temperaturas acima de 700°C pode levar a formação de quartzo e níveis mais elevados de temperatura podem acarretar na formação de outras formas cristalinas. Acima de 800°C , a sílica presente na cinza de bagaço de cana-de-açúcar é essencialmente cristalina.

Vislumbra-se a possibilidade de aproveitamento dos teores de sílica apresentados pelas CBC na fabricação de vidros. Assim, o presente trabalho foi concebido com o objetivo de estudar o processo de formação de sílica nas CBC submetidas a diferentes temperaturas de queima. Para comparação de resultados foi utilizado o mesmo lote de material originário da usina Copervales Agroindustrial (Cooperativa Agrícola do Vale do Satuba – antiga Usina Uruba, Atalaia-AL).

A escolha do bagaço de cana como fonte desta pesquisa foi motivada pelo sua, disponibilidade e facilidade de obtenção, além do notório reconhecimento do Centro de Ciências Agrárias (CECA) na pesquisa e desenvolvimento de variedades de cana de açúcar.

2 METODOLOGIA

A seguinte metodologia foi utilizada na realização deste trabalho: Inicialmente as cinzas do bagaço foram examinadas visualmente para retirada de impurezas existente (pedregulhos e

restos de fibras do bagaço parcialmente queimados). Posteriormente, o material selecionado foi submetido à moagem manual, com o objetivo de reduzir o tamanho das partículas. Para tanto, utilizou-se almofariz e pistilo por um período estipulado de 30 min., acondicionando-se, posteriormente, o material em sacos plásticos devidamente etiquetados.

Na separação granulométrica das cinzas do bagaço de cana, utilizou-se peneira com abertura de 270 MESH, procedendo-se, posteriormente, à divisão do material em três lotes com igual volume e designados por A (temperatura de queima 400°C), B (temperatura de queima 600°C) e C (temperatura de queima 800°C). As amostras foram, então, secas em estufa e pesadas em balança semi analítica (Bel Engineering, modelo S3102 com resolução 0,01g). Para comparação de resultados, foram utilizadas condições de preparação idênticas às adotadas para as amostras anteriores, porém, neste caso, as amostras (designadas por D) não foram submetidas a uma nova temperatura de queima.

Na Queima das CBC foi utilizado um forno Mufla Jung, modelo N1200, variando-se os parâmetros da temperatura e tempo de queima. Após atingirem a temperatura pré-estabelecida (400, 600 e 800°C), as amostras foram resfriadas a uma taxa de 29,5°C/min, durante 10 min., até alcançarem a temperatura de 105°C quando, então, foram retiradas do forno e colocadas em dessecador (para não adquirirem umidade), permanecendo até atingirem a temperatura ambiente.

Após queima nas temperaturas acima indicadas, o material resultante foi pesado novamente e em seguida, determinado seu percentual de perda de massa. Posteriormente, as cinzas do bagaço de cana foram colocadas em recipientes plásticos, devidamente vedadas e identificadas, para realização dos ensaios de microscopia óptica, EDX e difração de raios X.

Para realização dos ensaios de microscopia óptica utilizou-se um Estereoscópio Olympus modelo SZ61 (ampliação de 20 e 40 vezes) acoplado a câmara Olympus Sc30 e os softwares Cellsens Standard (captura das imagens) e ImageJ (processamento das imagens).

Os ensaios de difração de raios X (Difratômetro de raios X, modelo XRD 6000, Shimadzu, para verificar a estrutura cristalina dos materiais) e de EDX (Espectrômetro por energia dispersiva de raios X, modelo EDX 800HS, Shimadzu, para análise quantitativa dos materiais) foram realizados no Laboratório de Caracterização e Microscopia de Materiais, Grupo de Óptica e Nanoscopia / Universidade Federal de Alagoas.

Para realização do ensaio de difração de raios X, inicialmente, estipulou-se uma faixa angular de varredura das amostras de 10 a 90° com passo angular (2θ) de aproximadamente 0,02°. Entretanto, somente a amostra D pode ser analisada conforme os parâmetros anteriormente estipulados. Para os demais lotes, devido á falta de aderência das partículas de CBC com o porta amostras, foram adotados os seguintes parâmetros para realização do referido ensaio: faixa angular de varredura de 10 a 70° com passo angular (2θ) de aproximadamente 0,02°.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de perda de massa das amostras estudadas (Tabela 1) mostrou que na temperatura de 800° C (amostra C) ocorreu um maior percentual de redução de massa (19,89%), indicativo da eliminação mais efetiva de materiais voláteis presentes na composição, bem como da provável transformação de fase de alguns materiais na temperatura empregada. Já nas amostras A, a queima a 400°C durante 120min não foi suficiente para eliminar todo o carbono existente na composição, conforme pode ser observado na Figura 1a e micrografias da Figura 2 (a e b).

Tabela 1: Perda de massa das amostras após queima.

Identificação da amostra	Massa antes da queima (g)	Temperatura de queima (° C)	Tempo de queima (min.)	Massa após queima (g)
A	117,75	400	120	100,97
B	117,75	600	120	103,71
C	117,75	800	120	94,33

Fonte: Os Autores

Uma vez que não foi possível a medição da perda de massa das CBC coletadas diretamente dos fornos da Usina Copervales (designada por D), as amostras utilizadas nas diferentes etapas deste trabalho não puderem ser comparadas.

Por meio de uma câmara fotográfica (Canon EOS 400D Digital com objetiva Canon 28-80 mm) e por análise visual das imagens (Figuras 1a-d), observou-se que a amostra D (Figura 1a) apresentou grande quantidade de carbono, indicativos de um processo de combustão

incompleto. Já vestígios deste mesmo material foram encontrados na amostra cuja queima ocorreu à 400° C (Figura 1b), conforme ratificado pelas micrografias obtidas no ensaio de microscopia óptica (Figura 2b). Já nas amostras queimadas à 600° C e 800° C não foram encontrados resíduos de materiais orgânicos.

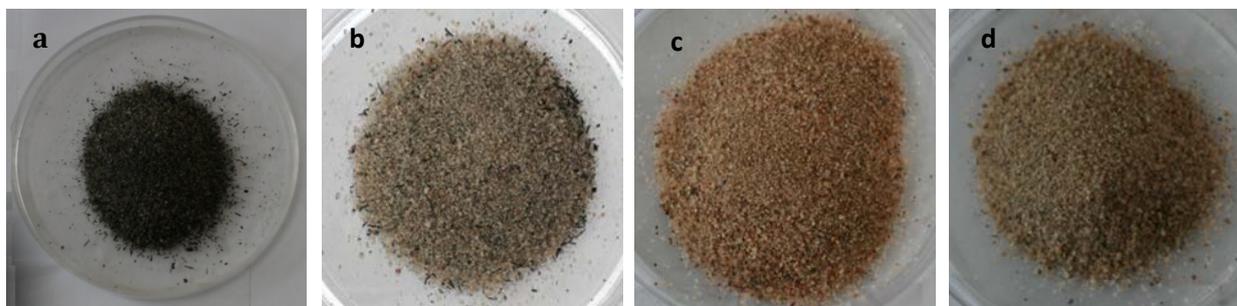


Figura 1 – CBC coletadas diretamente dos fornos (a) e submetidas a diferentes condições de temperaturas: 400°C (b); 600°C (c) e 800°C (d).

No processamento e análise das imagens foram utilizadas 07 imagens por amostra com ampliações de 20 vezes (micrografias maiores) e 40 vezes (micrografias menores com detalhamento de um campo da imagem), utilizando-se o software ImageJ (Figuras 2).

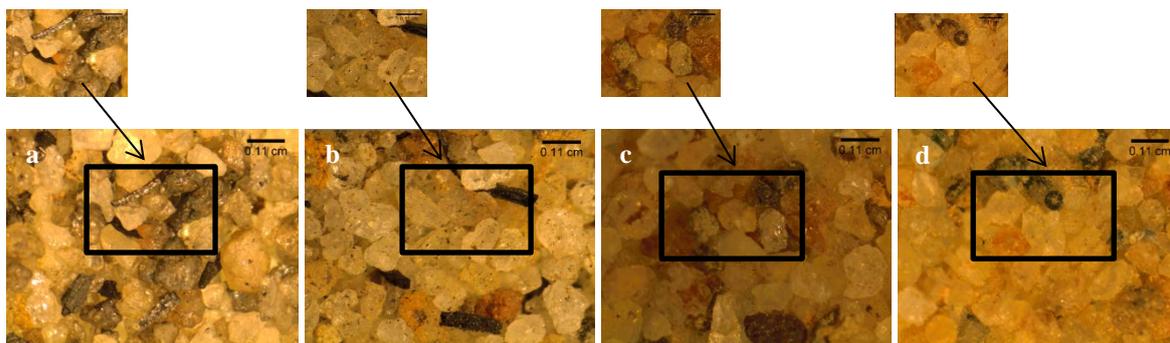


Figura 2 – Imagens da CBC coletada diretamente do forno (a) e submetidas a uma nova queima à temperatura de 400°C (b), 600°C (c) e 800°C (d). Micrografias maiores, ampliação de 20X e menores, 40X.

Em todas as micrografias analisadas, observou-se uma predominância de partículas indicativas da presença de SiO₂, complementando as informações obtidas por meio dos ensaios de difração de raios X e EDX. Na amostra coletada diretamente no forno da Usina (Figura 1a), a existência de restos de bagaço de cana decorreu da não uniformidade na queima do material. Entretanto, quando submetidos a uma nova queima à temperatura de 400°C,

verificou-se que, embora ainda com vestígios da presença de material orgânico, a alteração da cor e o formato das partículas sugerem a distribuição da sílica em diversas fases minerais. Já as amostras queimadas a 600 e 800°C apresentaram características que indicam, além da transformação de fase da sílica, a fusão de minerais devido ao aspecto arenoso apresentado pelas mesmas (Figura 2 c e d).

Segundo Cook (1986), o carbono que se mantém nas cinzas pode ser retirado novamente por meio de uma nova queima do material. Entretanto, uma segunda queima a temperatura mais elevada pode modificar a estrutura da sílica contida nas cinzas.

Os resultados da difração de raios X indicaram a presença de SiO₂ cristalino em diferentes formas polimorfas (quartzo, tridimita e cristobalita), com picos característicos da presença deste material, conforme pode ser observado na Figura 3 (a - d). Nota-se, pela análise dos gráficos, que os picos mais intensos ocorreram nos seguintes pontos: 2θ igual a 26,92 (amostra D, Figura 4a), 21,20 (amostra A, Figura 4b), 26,92 (amostra B, Figura 4c) e 26,96 (amostra C, Figura 4d). Comparando os resultados obtidos, percebe-se que, com exceção da amostra A (Figura 1b), as demais amostras apresentaram pico de maior intensidade para valores idênticos de 2θ. O comportamento apresentado pelo gráfico da Figura 1b (queima a temperatura de 400°C) foi decorrente, provavelmente, da distribuição da sílica em diversas fases minerais. Neste contexto, os resultados fornecidos pelo ensaio de EDX (Tabela 2), bem como as análises das micrografias (Figura 2b) ratificam o comportamento exibido pela amostra.

Segundo Soares (2010), a forma mais estável da sílica à temperatura ambiente é o quartzo-α, que se transforma em quartzo-β a 573°C. A tridimita-α pode existir na temperatura ambiente até 117°C, mas não é estável neste intervalo. O mesmo ocorre para a cristobalita-α desde a temperatura ambiente até 200 -275°C.

provavelmente, em decorrência da mudança de fase do SiO_2 e /ou formação de novas fases minerais do mesmo.

Tabela 2: Resultados dos ensaios de EDX para percentuais de SiO_2 existentes nas amostras.

SiO ₂ (%)			
Amostra D	Amostra A	Amostra B	Amostra C
65,57	80,92	78,89	77,24

Fonte: Os Autores

4 CONCLUSÕES

Cinzas de bagaço de cana procedente da usina Copervales, localizada em Atalaia, AL foram utilizadas para verificação da formação de sílica nas cinzas de bagaço de cana submetidas a diferentes temperaturas de queima. Para comparação de resultados, foi utilizado o mesmo lote, analisando-se, inicialmente, o material coletado diretamente na usina (designada por D) e, posteriormente, as amostras de CBC submetidas à queima em diferentes temperaturas (400, 600 e 800°C e denominadas, respectivamente, por A, B e C).

Após uma nova queima, a amostra submetida à temperatura de 400°C apresentou vestígio de matéria orgânica em sua composição, contrastando com a amostra D, cuja coloração escura indicou a existência de grande quantidade de carbono. Já nas amostras cujas temperaturas de queima foram, respectivamente, 600 e 800°C, a presença deste material não foi detectada por análise visual, fato confirmado pela microscopia óptica das amostras.

No ensaio microscópico, em todas as micrografias analisadas, observou-se uma predominância de partículas indicativas da presença de SiO_2 , complementando as informações obtidas por meio dos ensaios de difração de raios X e EDX. Restos de bagaço de cana foram encontrados na amostra D, evidenciando a combustão incompleta do material. A alteração da cor e o formato das partículas na temperatura de 400°C (amostra A) sugerem a distribuição da sílica em diversas fases minerais. Já as amostras queimadas a 600 e 800°C apresentaram características que indicam, além da transformação de fase da sílica, a fusão de minerais devido ao aspecto arenoso apresentado pelo material.

Os resultados da difração de raios X e, posteriormente, a classificação do material de acordo com a distância interplanar (d), indicaram a presença de SiO₂ cristalino em diferentes formas polimorfas (quartzo, tridimita e cristobalita), com picos característicos da presença deste material. Nas amostras D, B e C, o pico mais intenso ocorreu para valores de 2θ aproximadamente igual à 26,00. O comportamento apresentado pelas amostras A (queima a temperatura de 400°C) sugere a distribuição da sílica em diversas fases minerais.

Os resultados dos ensaios de EDX ratificaram a presença de sílica nas amostras. A amostra D (não submetida a uma segunda queima) apresentou menores percentuais de SiO₂ dentre os materiais estudados (65,57%) decorrente, provavelmente, de fatores como; variedade da cana cultivada, clima, dentre outros. Já as amostras A, B e C apresentaram percentuais de sílica decrescentes em função do aumento da temperatura, decorrentes provavelmente, da mudança de fase do SiO₂ e /ou formação de novas fases minerais do mesmo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COOK, D. J. Rice husk ash. In: Swamy, R. N. (ed). **Concrete technology and design** v.3: Cement replacement materials. London: Blackie & Son Ltd., 1986, 170p.

CORDEIRO, G. C. **Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz como aditivos minerais em concreto**. 2006. 445 p. Tese de Doutorado em Ciências em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro.

MEHTA, P. K. Rice hush ach. A unique supplementary cementing material. In: **Advances in Concrete Technology**. Ed. V. M. Malhotra Canmet, Canada, Ottawa, 1992, p. 407 – 431.

NUNES, I. H. S.; VANDERLEI, R. D.; SECCHI, M.; ABE, M. A. P. Estudo das características físicas e químicas da cinza do bagaço de cana de açúcar para uso em construção. **Revista tecnológica**, v. 17, 2008, p. 39 – 48;

PARANHOS, R. J. S. **Aproveitamento de resíduos de cinza da cana de açúcar em massas cerâmicas.** 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Mecânica, Rio Grande do Norte.

PAULA, M. O. de; TINÔCO, I. de F. F.; RODRIGUES, C. de S.; SILVA E.N. da; SOUZA C. de F. **Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.13, n.3, p.353–357, 2009 Campina Grande, PB, UAEEA/UFCG, 2009.

PAULA, M. O. S. de. **Potencial da cinza do bagaço da cana de açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland.** 2006. 77p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **PLANO NACIONAL DE ENERGIA – PNE 2030.** Rio de Janeiro, 2007;

SOARES, M. M. N. de S. **Influência das condições de queima nas características físico-químicas das cinzas do bagaço de cana-de-açúcar.** 2010. 117p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais.