

APROVEITAMENTO DA CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR PARA AUMENTO DA EFICIÊNCIA EM COLETORES SOLARES

Ithyara Dheylye Machado de Medeiros (1); Kerolayne Santos Leite (2); Jéssica Felipe do Nascimento (3); João Victor Furtado Frazão de Medeiros (4); Kelly Cristiane Gomes (5)

- (1) *Universidade Federal da Paraíba*, ithyaramachado@gmail.com
(2) *Universidade Federal da Paraíba*, kerolayne15@hotmail.com
(3) *Universidade federal da Paraíba*, jessicafelipedonascimento@hotmail.com
(4) *Universidade Federal da Paraíba*, joao.medeiros@cear.ufpb.br
(5) *Universidade Federal da Paraíba*, gomes@cear.ufpb.br

Resumo: O emprego de fontes renováveis de energia apresenta-se cada vez mais promissor mundialmente. Fato influenciado pela não geração de impactos ambientais e pela disponibilidade gratuita. O Brasil é um país privilegiado em termos de radiação solar, com índices de radiação comparáveis às melhores regiões do mundo nessa variável. Uma das aplicações da energia solar é atuar como fonte primária de energia através da sua conversão em calor. Usualmente, coletores solares são empregados para a conversão da energia solar em energia térmica objetivando o aquecimento doméstico da água. No entanto o emprego de superfícies seletivas (superfícies que têm a capacidade de absorver a maior quantidade de radiação possível ao mesmo tempo que limitam as perdas de calor por radiação), nos coletores solares, têm possibilitado a ampliação desse uso, fazendo com que possam atuar em temperaturas acima de 100°C sem grandes perdas térmicas, aumentando assim sua eficiência. O presente estudo teve por objetivo analisar se a cinza do bagaço da cana-de-açúcar podia ser empregada como matéria prima para a fabricação dessas superfícies através da técnica de ativação alcalina. Para isso, foi realizada o beneficiamento de dois tipos de cinza (leves e pesadas) proveniente de duas usinas do Estado da Paraíba, sob essas cinzas foi realizada uma caracterização química para avaliar sua capacidade pozolânica, posteriormente foi executada a ativação alcalina com a cinza que apresentou maior concentração de óxido de silício. Em seguida, ocorreu a deposição do filme produzido sobre substratos de cobre e aço inoxidável. Após avaliação óptica dos filmes fabricados, foi verificado que o substrato de cobre se apresentou como o mais adequado para a obtenção de superfícies seletivas quando utilizados os filmes a base de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar avaliado nesta pesquisa.

Palavras-chave: energia solar, coletores solares, superfície seletiva.

Introdução

O emprego de fontes renováveis de energia apresenta-se cada vez mais promissor mundialmente. Fato influenciado pela não geração de impactos ambientais e pela disponibilidade gratuita. Destacam-se como principais fontes: a energia hidráulica, a eólica, a biomassa e a solar (ANEEL, 2008).

Uma das aplicações da energia solar é atuar como fonte primária de energia através da sua conversão em calor, os sistemas que realizam essa conversão são chamados de fototérmicos, como é o caso de sistemas de aquecimento industriais, aquecedores de água domésticos e usinas de energia solar térmica. Os sistemas fototérmicos dependem da temperatura de trabalho porém, a maioria apresenta um item em comum, que é a superfície responsável pela absorção da radiação solar (CASTILLO, 2015).

A importância desse item está situada no fato dela influenciar na eficiência destes equipamentos, ou seja, a eficiência do processo está relacionada ao fato da superfície possuir a capacidade de absorver a maior quantidade de radiação possível ao mesmo tempo que limita as perdas de calor por radiação (RODRIGUES, 2014). A superfície absorvedora que possui essas propriedades é denominada de superfície seletiva solar. Um exemplo de materiais utilizados para a obtenção desse revestimento são aqueles que possuem características intrínsecas de seletividade.

Dessa forma, o presente estudo procurou determinar se a cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBC) pode ser utilizada como matéria prima para a produção de superfícies seletivas solares por meio da técnica de ativação alcalina. A escolha da matéria prima veio do fato da CBC não possuir um valor comercial dessa forma, a pesquisa viria a contribuir para a atribuição de uma empregabilidade para esse tipo de resíduo que é abundante no Brasil. Somente do ponto de vista do Estado da Paraíba tem-se, segundo Conab (2017), que a safra 2017/2018 irá produzir em torno de 5,9 milhões de toneladas de cana-de-açúcar. Isso representa 147,5 mil toneladas de cinza disponíveis anualmente (CORDEIRO *et al.*, 2010). É importante destacar que o principal destino dessa cinza é o descarte em aterros sanitários, enfatizando assim a importância do presente estudo.

Metodologia

Para concretizar o objetivo geral da pesquisa foi estabelecido o programa experimental esquematizado na Figura 1.

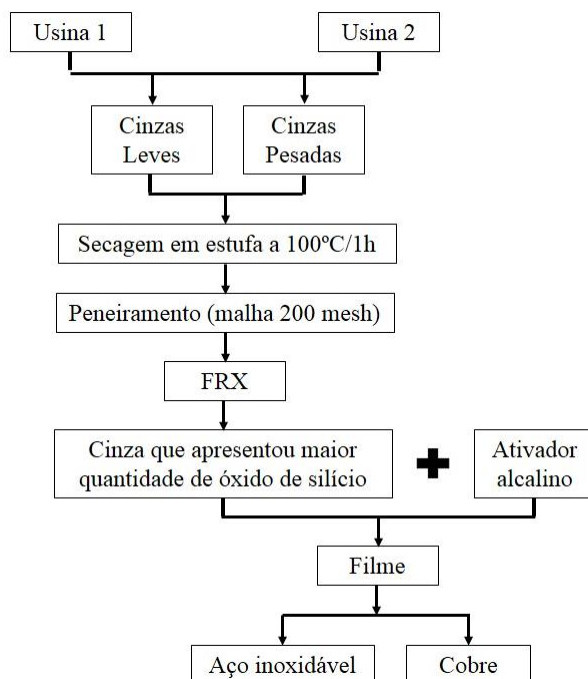


Figura 1. Programa experimental do presente estudo.

A partir da Figura 1, observa-se que a cinza residual do bagaço da cana-de-açúcar utilizada na pesquisa foi obtida a partir de duas usinas produtoras do Estado da Paraíba, sendo empregadas duas fontes da matéria-prima (as provenientes do filtro do forno denominadas de cinzas leves e as do fundo do forno que são as cinzas pesadas). Esse material foi armazenado em sacos plásticos vedados após serem secos em estufa a 100°C/1h. Desta forma, foram utilizadas nesta pesquisa quatro amostras de cinzas do bagaço da cana de açúcar que seguiram a seguinte nomenclatura:

CBCL1 – Cinza do bagaço de cana de açúcar obtida do filtro do forno da usina 1.

CBCP1 – Cinza do bagaço de cana de açúcar obtida do fundo do forno da usina 1.

CBCL2 – Cinza do bagaço de cana de açúcar obtida do filtro do forno da usina 2.

CBCP2 – Cinza do bagaço de cana de açúcar obtida do fundo do forno da usina 2.

As cinzas coletadas foram passadas em peneiras, para remoção de material orgânico e impurezas, sendo utilizado o material passante na peneira de 200 mesh. Esta peneira foi utilizada com o objetivo de obter uma uniformidade no tamanho dos grãos para posterior avaliação da influência da composição química da matéria-prima. Os materiais precursores beneficiados foram caracterizados quimicamente via fluorescência de raios-x em Sequential X-ray Fluorescence Spectrometer, Modelo XRF-1800 da Shimadzu, sendo utilizada a varredura em vácuo com abertura de leitura de 30 mm no estado bulk (sem a utilização de filmes) e na metodologia de análises quali-quantitativas de óxidos.

Após a determinação dos percentuais de óxidos presentes nas 4 (quatro) amostras de cinza utilizadas na pesquisa, foi feita a ativação alcalina desse material utilizando a cinza que apresentou a maior quantidade de óxido de silício, por esse influenciar à produção de filmes com maiores níveis de absorção (GOMES, 2001). A cinza foi então submetida à síntese alcalina em dois traços diferentes, sendo 1:1 e 1,5:1 (matéria prima : ativador alcalino). A matéria prima foi dissolvida na solução alcalina e realizou-se o processo de mistura manual por 10 minutos. As matrizes foram submetidas a temperatura de cura de 55°C por 7 dias, sendo moldados 2 corpos de prova para os ensaios de Espectrofotometria na região do Ultravioleta-Visível (UV-Vis).

As propriedades ópticas foram obtidas através de ensaios realizados em Espectrofotômetro UV/Visível da marca Shimadzu modelo UV-2550 com acessório para reflectância. Na pesquisa foram analisadas a absorvidade e a refletividade do material sintetizado que por se tratar de uma superfície opaca, a transmissividade tende a ser desprezada. A absorvidade representa a fração da radiação que é absorvida pela superfície enquanto a refletividade representa a porção que será refletida (GOMES, 2001). Tal estudo se fez necessário visando o objetivo de avaliar o potencial da

aplicação destes materiais para produção de filmes a serem aplicados como absorvedores em superfície solar seletiva. Foram confeccionados 2 amostras (filme a base do geopolímero otimizado obtido da ativação alcalina da cana-de-açúcar) para cada tipo de substrato utilizado (cobre e aço inoxidável).

Resultados e discussão

Caracterização química do material precursor

A Tabela 1 apresenta a composição química das matérias prima utilizadas na pesquisa, obtidas por fluorescência de raios-X (FRX).

Tabela 1. Composição Química das cinzas do bagaço de cana-de-açúcar utilizadas na pesquisa.

Matéria prima	SiO₂ (%)	Al₂O₃ (%)	Fe₂O₃ (%)	CaO (%)	Na₂O (%)	K₂O (%)	Outros (%)
CBCL1	72,70	5,30	3,90	8,00	0,80	3,50	5,80
CBCP1	75,00	6,70	6,30	2,80	1,10	2,40	5,70
CBCL2	63,20	9,70	5,40	3,10	1,35	5,20	12,05
CBCP2	65,20	8,38	2,73	4,90	1,02	10,18	7,59

Pode-se observar pela Tabela 1 que todas as amostras apresentam predominância de sílica na sua composição, com valores entre 63,20% e 75%. O maior teor de sílica foi observado para a amostra CBCP1, o que era esperado visto esta ter sido obtida do fundo do forno e ser considerada como uma cinza pesada. Este comportamento foi similar ao da cinza obtida da indústria 2 (CBCP2). O fato das amostras CBCL1 e CBCL2 apresentarem os menores teores de sílica referem-se as mesmas se tratarem de cinzas leves.

Como material pozolânico, a composição química das matérias prima indica que as mesmas atendem aos limites para o referido uso, visto a soma dos compostos SiO₂+Al₂O₃+Fe₂O₃ ser superior ao recomendado pela norma (valor correspondente a 70%). Com relação ao uso na ativação alcalina, pode-se observar que as matérias prima são fontes representativas de aluminossilicatos (TORRES, 1999; GOMES, 2008).

Dessa forma, tendo observado que todas as cinzas analisadas apresentaram limites superiores ao recomendado pela norma, pôde-se então escolher a cinza a ser usada na ativação

alcalina. Essa escolha foi estabelecida em função da quantidade de óxido de silício assim, pela Tabela 1, observa-se que a cinza empregada foi a CBCP1 por ser essa a que apresentou maior porcentagem desse óxido.

Espectroscopia UV-Vis

O material foi depositado em duas bases metálicas: cobre e aço inoxidável. As Figuras 2 e 3 apresentam o aspecto visual dos substratos onde foram depositados os filmes obtidos dos geopolímeros oriundos da cinza do bagaço da cana-de-açúcar.



Figura 2. Substrato de cobre após deposição do geopolímero.

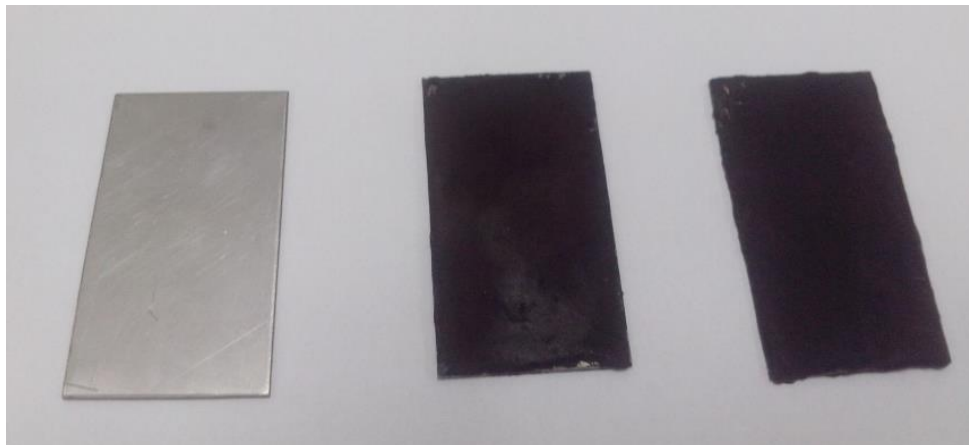


Figura 3. Substrato de aço inoxidável após deposição do geopolímero.

Com esses substratos foram realizados ensaios para obter suas propriedades ópticas. O ensaio foi realizado em um Espectrofotômetro Shimadzu UV-2550 utilizando uma varredura para os comprimentos de ondas de 190 até 890 nm.

As Figuras 4 e 5 apresentam os resultados de reflectância e absorptância, respectivamente, para os substratos de aço inoxidável com filme de geopolímero a base de cinzas e para o substrato de cobre com filme de geopolímero a base de cinzas.

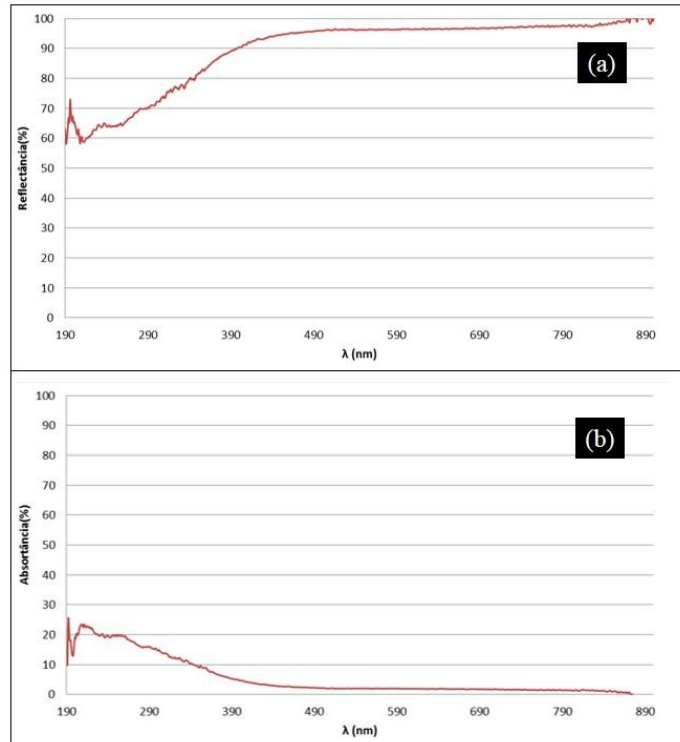


Figura 4. (a) Espectrofotometria de reflectância do aço inoxidável após deposição do filme de geopolímero, (b) espectrofotometria de absorptância do aço inoxidável após deposição do filme de geopolímero.

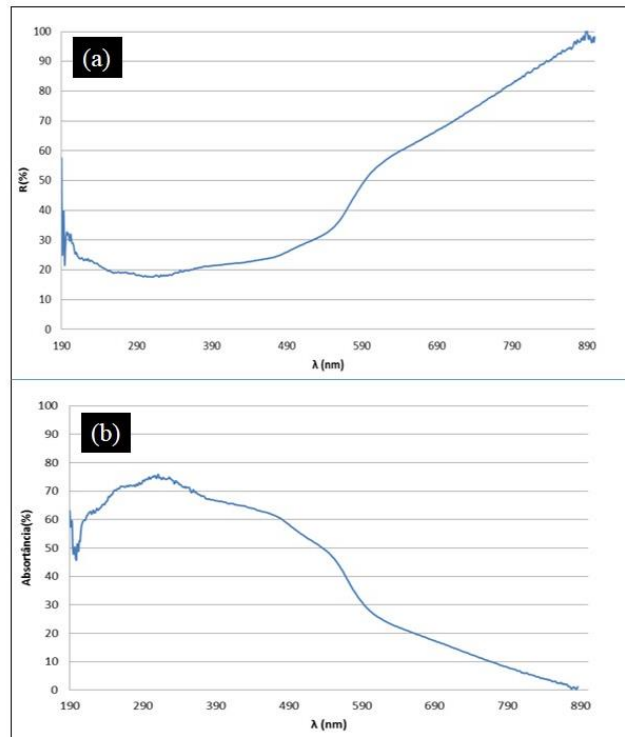


Figura 5. (a) Espectrofotometria de reflectância do cobre após deposição do filme de geopolímero, (b) espectrofotometria de absorvância do cobre após deposição do filme de geopolímero.

Pode-se observar pelas Figuras 4 e 5 que o substrato de cobre com filme de geopolímero a base de cinzas apresentou o melhor resultado de absorvância no espectro visível na ordem de 75% a 55% de absorção entre a faixa de 300 a 550nm. Para o substrato de aço inoxidável nessa mesma faixa foram obtidos valores na ordem de 18% a 7% de absorção apenas.

Estes resultados podem indicar que para esta formulação de geopolímero a base de cinza do bagaço da cana-de-açúcar utilizada na pesquisa, o melhor substrato a ser utilizado seria o de cobre, pois segundo Gomes (2001), um coletor solar deve ter uma superfície seletiva que apresente uma alta absorvância no espectro visível (200 nm até 700 nm).

Conclusões

Quanto à caracterização dos materiais precursores, os mesmos indicam que existe a possibilidade da sua utilização na síntese da ativação alcalina de materiais, haja vista que:

(i) Os teores de óxidos de silício e alumínio serem elevados nas cinzas obtidas nas duas indústrias avaliadas na pesquisa;

(ii) Há evidências do potencial pozolânico das cinzas trabalhadas nesta pesquisa, pois as mesmas atendem o que é preconizado na Norma Brasileira, ou seja, a soma dos teores de $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ é superior a 70%. No entanto, o estudo sistemático do potencial deste material como precursor na síntese de ativação alcalina é bastante escasso (FILHO, 2012).

Quanto à caracterização dos materiais alcalinamente ativados oriundos dos precursores aqui estudados que os materiais ativados apresentam grande potencial para aplicação, haja vista que:

(i) O potencial de ativação alcalina dos materiais podem ser relacionados com o seu teor de sílica, devendo ser avaliado para cada material precursor;

(ii) O substrato de cobre se apresentou como o mais adequado para a obtenção de superfícies seletivas quando utilizados os geopolímeros a base de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar avaliado nesta pesquisa.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL) - ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília, 2008.

CASTILLO, J. R. S. **Produção de filmes finos tipo cermeto de W-ZnO via magnetron Sputtering para aplicação em coletores solares**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. v. 4 – safra 2017/18. Abril 2017. Disponível em:
<https://www.novacana.com/pdf/18042017090451_Conab_-_1_Levantamento_2017-18_180417.pdf>. Acesso em: 11 de out. 2017.

CORDEIRO, C.G., TOLEDO FILHO, R.D., FAIRBAIRN, E.M.R. Ultrafine sugar cane bagasse ash: high potential pozzolana material for tropical countries. **Revista Ibracom de Estruturas e Materiais**, v.3, n.1, p. 50-67, 2010.

FILHO, P.F. **Utilização da cinza residual do bagaço de cana de açúcar na produção de materiais cimentícios alcalinamente ativados**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

GOMES, C.A.S. **Estudo comparativo de superfícies seletivas para coletores solares**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Materiais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

GOMES, K.C. **Potencial de ativação alcalina de materiais residuais aluminossilicosos no desenvolvimento de matrizes cimentícias**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

RODRIGUES, F. P. **Obtenção e estudo de uma superfície seletiva para coletores solares térmicos a partir de resíduos de granito.** 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

TORRES, S.M. **Concreções lateríticas como material de substituição do cimento:** Estudo de algumas propriedades mecânicas e caracterização por difração de raios-x, análise térmica diferencial e termogravimetria. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1999.