

INFLUÊNCIA DA TÉCNICA DE DEPOSIÇÃO SOB O NÍVEL DE ABSORÇÃO SOLAR DE UM FILME SELETIVO A BASE DE CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Medeiros, I.D.M.¹; Gomes, K.C.^{1,2}; Galvão, G.O.²; Lima Filho, M.F.²

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFPB, Brasil

²Departamento de Engenharia de Energias Renováveis, UFPB, Brasil

Cidade Universitária, João Pessoa/PB – Brasil, CEP: 58051-970, Caixa Postal 5115
ithyara.medeiros@cear.ufpb.br

RESUMO

Uma das formas de produção de eletricidade a partir da energia solar é através da utilização de coletores solar de placa plana. Estes coletores são constituídos por filmes absorvedores seletivos. No entanto, a técnica de deposição desses filmes sobre o substrato é um dos fatores que interfere na absorção da radiação, e conseqüentemente na eficiência desses coletores. Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência da técnica de deposição em relação ao nível de absorção solar de um filme solar seletivo a base de Cinza do Bagaço de Cana-de-açúcar (CBC). Desta forma, foram empregadas duas técnicas de deposição (sol-gel e pintura), e sob os conjuntos (filme + substrato) foram realizadas análises ópticas e microestruturais. Os resultados obtidos no trabalho evidenciaram que dentre as técnicas analisadas a que atingiu níveis comerciais de absorção, para este tipo de filme, foi a técnica de deposição por pintura, apresentando 65% de média global de absorção ao longo do espectro em análise e picos na ordem de 90% de absorção. Essa absorção foi associada ao fato da pintura ter proporcionado uma diminuição da espessura e da aglomeração das cinzas sobre o substrato.

Palavras-chave: filme absorvedor, deposição, pintura, sol-gel.

INTRODUÇÃO

No contexto social atual, a alternativa energética que proporciona maiores benefícios é a implementação de energias renováveis, pois elas constituem uma ampla variedade de fontes de energia encontradas na natureza de forma cíclica. A

sua utilização é vasta, podendo produzir eletricidade, calor, e fabricar combustíveis líquidos destinados ao setor de transporte. Desta forma, se torna imprescindível sua inserção nas políticas energéticas dos países, em função de vários benefícios, tais como: sua importância na sustentabilidade do sistema energético; atendimento à crescente demanda de energia; serem ambientalmente corretas apresentando baixo impacto ambiental; permitir, em muitos casos, a geração distribuída ⁽¹⁾.

Assim, a diversificação da matriz energética, contemplando o uso das energias renováveis é uma estratégia de alto valor no cenário de desenvolvimento projetado. Dentre essas fontes, destaca-se a energia solar que pode ser aproveitada como fonte de calor para aquecimento ou para a produção de eletricidade. Uma das formas de produção de eletricidade a partir da energia do Sol é por meio de coletor solar de placa plana, o qual embora seja usualmente utilizado para aquecimento de água a baixas temperaturas, o emprego de filmes absorvedores seletivos tem proporcionado aumento da eficiência desse equipamento, possibilitando uma temperatura de operação mais elevada na saída do coletor, aumentando assim o horizonte para novas aplicações.

Este absorvedor é então chamado superfície seletiva e é geralmente composto por um filme fino aplicado sobre um substrato condutor térmico, podendo ser precedido por uma camada antioxidante (ou antidifusiva) e sucedido por uma camada antirrefletiva, em contato com o ambiente.

Essa superfície absorvedora é o principal componente de um coletor solar, pois é nela que ocorre a conversão fototérmica. A maioria dos coletores solares do tipo painel plano utiliza a tinta preta fosca comum para absorver a energia incidente, sem que haja a preocupação com perdas térmicas ⁽²⁾.

No entanto, o ideal é que os coletores solares tenham uma superfície absorvedora que possua alta absorvância para radiação no espectro de energia solar e, simultaneamente, baixa emitância térmica. Foi com essa ideia que em 1955, em uma conferência internacional sobre energia solar, Tabor, Gier e Dunkle estabeleceram o conceito de superfície seletiva e apresentaram uma primeira aplicação para a mesma ⁽³⁾. Dessa forma, uma superfície seletiva absorvedora ideal é aquela que absorve a radiação solar sem emitir radiação térmica ⁽⁴⁾.

A seletividade óptica de uma superfície absorvedora varia em virtude do comprimento de onda (λ) da radiação incidente, de forma que o comportamento seletivo, a uma determinada temperatura, consiste em absorver toda a radiação

incidente abaixo de determinado comprimento de onda, tido como o comprimento de onda de corte (λ_c), e não emitir radiação acima deste comprimento de onda ^(5,6).

Alguns fatores podem influenciar seu λ_c , tal como a microestrutura do material. Assim, materiais que possuem inclusão de partículas com diâmetro inferior a faixa de comprimentos de onda da radiação incidente, terão suas propriedades ópticas afetadas, pois estas partículas gerarão múltiplas reflexões internas ao material ⁽⁷⁾.

Outro parâmetro que pode gerar alterações no λ_c é a espessura do filme seletivo, visto que este pode atuar como filtro a determinados comprimentos de onda de radiação incidente, além de que se a espessura da superfície for elevada, a quantidade de energia emitida por radiação também será maior ⁽⁸⁾.

Um dos problemas que dificultam a produção de superfícies seletivas é a necessidade dessa baixa emitância, o que conduz à fabricação de superfícies seletivas com configurações complexas e sujeitas a degradação na temperatura de operação ^(9,10).

A Tabela 1 apresenta os principais materiais utilizados como superfícies seletivas e os processos utilizados em suas deposições.

Tabela 1. Materiais e processos de fabricação comerciais de filmes absorvedores ⁽¹¹⁾.

Material	Substrato	Processos de Fabricação	Temp. de Trabalho (°C)
Níquel Negro	Aço	Eletrodeposição	<200
Cobre Negro	Cobre	Eletrodeposição	<250
Cromo Negro	Ni-Cu	Eletrodeposição	<350
Au/TiO ₂	Aço Inoxidável	Sol-gel	>500
Ni-SiO ₂	Alumínio ou Cobre	Deposição Química Reativa	400-800
CuFeMnO ₄ / SiO ₂	Vidro ou Silício	Sol-gel	Não Informado
a-C:H	Alumínio	Deposição Física de Vapor	<250
TiN	Alumínio ou Cobre	Deposição Química Reativa	<500

Em função da diversidade de processos de fabricação empregados para depositar o filme sobre o substrato, o presente trabalho procurou avaliar a influência da técnica de deposição, via sol-gel e via pintura, sob o nível de absorção solar de um filme seletivo a base de CBC, correlacionando essa absorção com a espessura e a microestrutura do filme.

MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento experimental realizado nessa pesquisa está ilustrado na Figura 1.



Figura 1. Planejamento experimental.

O experimento foi realizado partindo da CBC na sua forma *in natura*, a qual foi submetida a um processo de peneiramento, obtendo assim a CBC com granulação máxima de 38 µm. Este material foi então submetido a moagem de alta energia com carga bola:massa de 5:1 e rotação de 250 rpm.

Em seguida, foi realizada uma síntese alcalina com a cinza moída (CBC.5.250), obtendo um material alcalinamente ativado que foi, posteriormente, depositado em substratos de vidro através de deposição via sol-gel e o outro, via pintura.

Os conjuntos filme + substrato foram submetidos a avaliações ópticas e microestruturais para caracteriza-los em termos de absorvância e sua relação com a espessura e microestrutura dos filmes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espectroscopia de Absorvância na Região do Ultravioleta-Visível

A região de radiação solar de maior intensidade compreende a faixa de 300 à 850 nm. Em função disso, os comportamentos ópticos da CBC peneirada, da CBC.5.250 e dos filmes depositados por técnicas diferentes (sol-gel ou pintura) foram determinados ao longo desses comprimentos de onda, e podem ser visualizados na Figura 2.

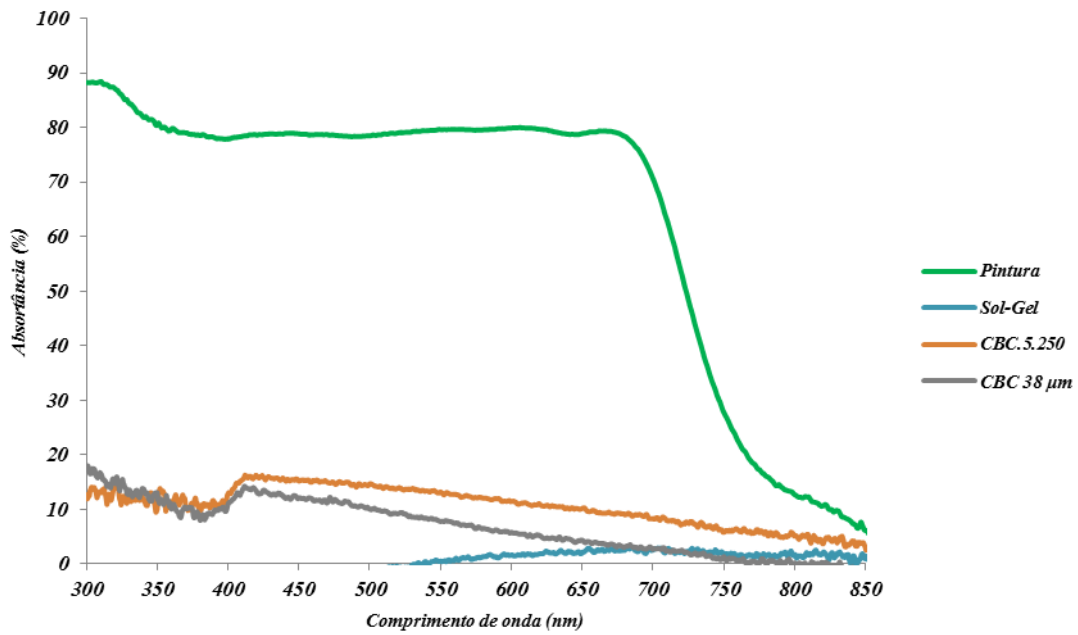


Figura 2. Gráfico com as percentagens de absorância das matérias-primas (CBC 38 µm e CBC.5.250) e dos filmes a base de CBC.5.250) depositados sobre os substratos, via Sol-gel e Pintura.

Por meio da Figura 2 percebe-se que a realização da moagem de alta energia proporcionou maior estabilidade de absorção, uma vez que a cinza peneirada obteve média de absorção de 7% com picos na ordem de 18%, enquanto a cinza moída obteve média de absorção de 11% com picos de 19%.

Para os conjuntos de filmes + substrato, é possível observar que a técnica de deposição via sol-gel não se apresentou favorável para esse tipo de conjunto, obtendo média de absorção na ordem de 2% ao longo do espectro em estudo, se mostrando inviável para a atuação como superfície seletiva absorvedora. Já, quando considerado os filmes depositados via pintura, observa-se um incremento significativo na absorção do conjunto (filme + substrato) com média de absorção na ordem de 65% e picos na ordem 90%, atingindo níveis comerciais de absorção.

Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Os níveis de absorção, observados na Figura 2, podem estar associados com a espessura e com a microestrutura dos filmes depositados sobre os substratos de vidro. As Figuras 3 e 4 ilustram as dimensões das espessuras de cada um dos filmes depositados.

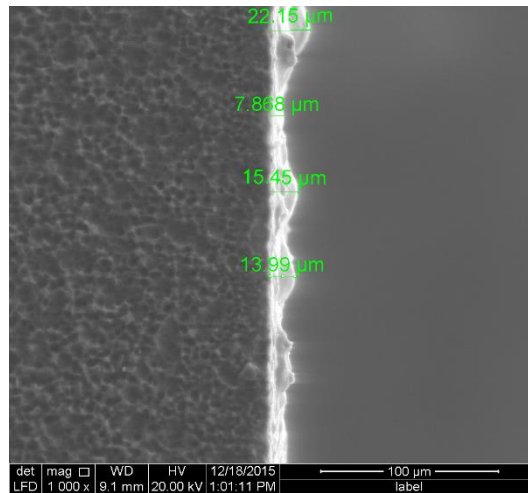


Figura 3. Espessura do filme depositado pela técnica sol-gel.

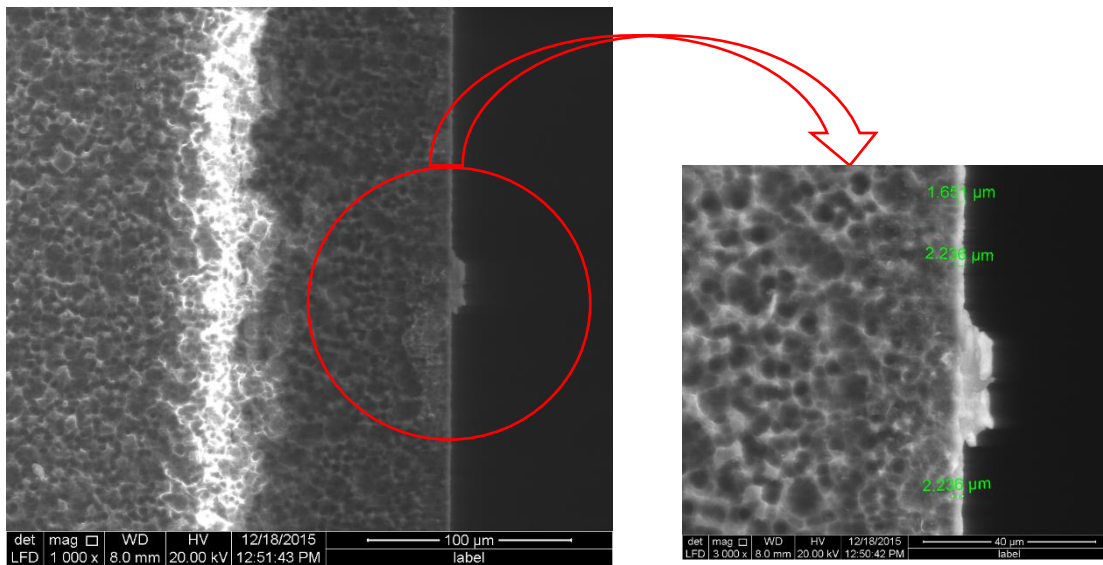


Figura 4. Espessura do filme depositado pela técnica de pintura.

Pode-se observar, pelas Figuras 3 e 4, que o filme que obteve o maior nível de absorção foi aquele que apresentou a menor espessura. Isto evidencia que existe uma relação inversa entre a absorção do filme e sua espessura, uma vez que a espessura age como um filtro a determinados comprimentos de onda de radiação incidente ^(7,8). De forma que uma uniformidade da espessura do filme favorece a absorção.

No caso específico dos filmes oriundos da ativação alcalina das CBC, observou-se que a técnica de deposição via pintura, proporcionou filmes com menores espessuras, acarretando, conseqüentemente, nas maiores absorções.

A obtenção dessa uniformidade pode ser melhor compreendida através da visualização da superfície do filme, por meio da Figura 5.

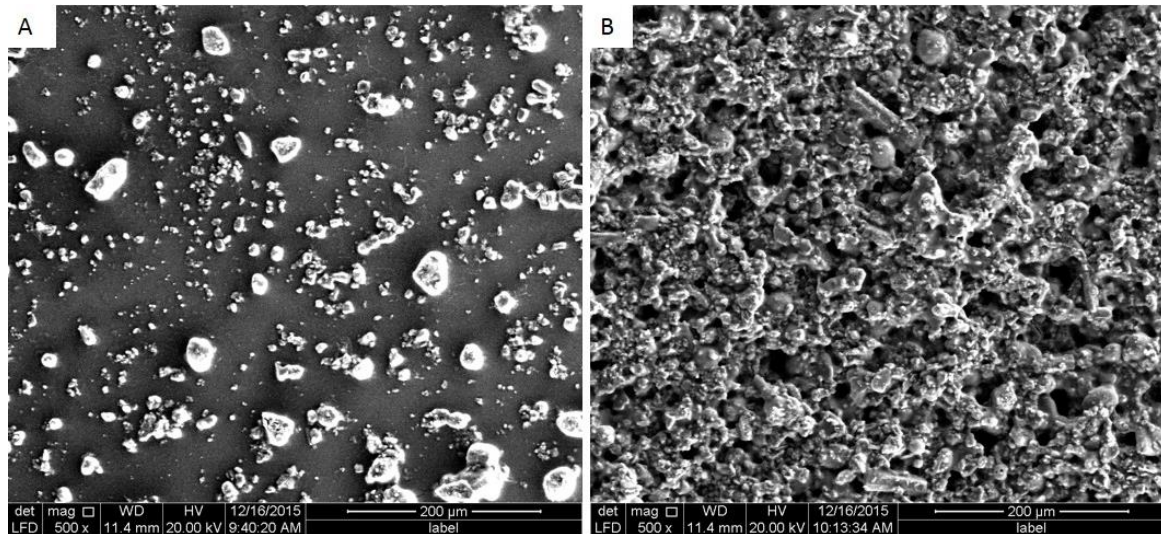


Figura 5. Micrografias da morfologia dos filmes, oriundos da ativação alcalina da CBC.5.250, depositados sobre os substratos de vidro por (a) Pintura (b) Sol-gel.

Percebe-se, pela Figura 5, que a deposição via sol-gel gerou aglomerações da CBC.5.250, fato esse que pode ter provocado a diminuição da média de absorção, uma vez que estas aglomerações dificultaram a transferência de calor ^(7,8). Já a deposição via pintura gerou um filme fino com algumas partículas de CBC.5.250 dispersas, o que favorece a absorção ⁽⁷⁾.

CONCLUSÕES

Através da análise óptica foi possível determinar que dentre as técnicas analisadas, a pintura foi a que proporcionou a maior média e pico de absorvância (65% e 90%, respectivamente) ao longo do espectro em análise.

A técnica sol-gel se mostrou inviável para a produção de superfícies absorvedoras a base de CBC. Essa inviabilidade foi decorrente das aglomerações do material precursor na superfície do filme, como evidenciado nas micrografias.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (projeto nº472793/2013-6) e da Capes, bem como aos técnicos e professores do Laboratório de Combustíveis e Materiais (LACOM-UFPB) e do Laboratório de Tecnologia de Novos Materiais (TECNOMAT-UFPB).

REFERÊNCIAS

- (1) COSTA, R. C.; PRATES, C. P. T. O Papel das Fontes Renováveis de Energia no Desenvolvimento do Setor Energético e Barreiras à sua Penetração no Mercado. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 21, p. 5-30, mar. 2005.
- (2) AGUILAR, M.; BARRERA, E.; PALOMAR-PARDAVÉ, M.; HUERTA, L.; MUHL, S. Characterization of black and White chromium electrodeposition films: surface and optical properties. **Journal of Non-crystalline solids**, v. 329, p.31-38, 2003.
- (3) NAHAR, N. M.; MO, G. H.; IGNATIEV, A. Development of Al₂O₃-Co selective absorber for solar collectors; Thin solid films; v. 172; p. 19-25, 1989.
- (4) SHANKER, K.; HOLLOWAY, P. H. Electrodeposition of black chrome selective solar absorber coatings with improved thermal stability. **Thin Solid Films**, Florida, n. 127, p. 181-189, 1985.
- (5) AMRI, A.; DUAN, X.; YIN, C.; JIANG, Z.; RAHMAN, M.; PRYOR, T. Solar absorptance of copper-cobalt oxide thin film coating with nano-size, grain-like morphology: optimization and synchrotron radiation XPS studies. **Applied Surface Science**, v. 275, p. 127-135, 2013.
- (6) MADHUKESHWARA, N.; PRAKASH, E. S. An investigation on the performance characteristics of solar flat plate collector with different selective surface coatings. **International Journal of Energy and Environment**, v. 3, n. 1, p. 99-108, 2012.
- (7) MARTINS, M. **Produção de Superfícies Seletivas por Magnetron Sputtering para Aplicação em Coletores Solares**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e dos Materiais) – UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.
- (8) REBOUTA, L.; PITÃES, A.; ANDRITSCHKY, M.; CAPELA, P.; CERQUEIRA, F. M.; MATILAINEN, A.; PISCHOW, K. Optical characterization of TiAlN/TiAlON/SiO₂ absorber for solar selective applications. **Surface and Coatings Technology**, v. 211, p. 41-44, 2012.
- (9) MIHELICIC, M.; FRANČETIC, V.; KOVAC, J.; VUK, A. S.; OREL, B.; KUNIC, R.; PEROS, D. Novel sol-gel based selective coatings: from coil absorber coating to high power coating. **Solar Energy Materials & Solar Cells**, v. 140, p. 232-248, 2015.
- (10) GOMES, C. A. S. **Estudo Comparativo de Superfícies Seletivas para Coletores Solares**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Materiais) – UFC, Fortaleza, 2001.

(11) KENNEDY, C. E. **Review of Mid-to-High Temperature Solar Selective Absorber Materials.** Colorado: National Renewable Energy Laboratory, 2002.

INFLUENCE OF DEPOSITION TECHNIQUE UNDER THE LEVEL OF SOLAR SELECTIVE ABSORBING FILM BASE SUGAR CANE BAGASSE ASH

Medeiros, I.D.M.¹; Gomes, K.C.^{1,2}; Galvão, G.O.²; Lima Filho, M.F.²

¹Postgraduate Program in Mechanical Engineering, UFPB, Brazil

²Department of Renewable Energy Engineering, UFPB, Brazil

Cidade Universitária, João Pessoa/PB – Brasil, CEP: 58051-970, Caixa Postal 5115
ithyara.medeiros@cear.ufpb.br

ABSTRACT

One way of producing electricity from solar energy is through the use of solar collectors flat plate. These collectors are made by selective absorbing film. However, these film deposition technique on the substrate is one of factors that interfere with absorption of the radiation, and consequently the efficiency of these collectors. This study aims to evaluate the influence of deposition technique on the level of solar absorption of a selective solar film base of Sugar Cane Bagasse Ash (CBC). Thus, it was employed two deposition techniques (sol-gel and painting). The film + substrate. were characterized by optical and microstructural analysis. The results showed that among the techniques discussed that reached commercial levels of absorbency for this film type is the technique of deposition by painting, performing 65% overall average absorptance along the spectrum analysis and peaks in the range of 90% of absorptance. This absorption has been associated with the fact of having provided a paint thinning and sintering of ash on the substrate.

Key-words: absorber film, deposition, painting, sol-gel.