



Caracterização eletroquímica de biocarvões de açaí e cupuaçu em compósitos de LiFePO_4/C para utilização como eletrodos em supercapacitores

Lucilene C. dos Santos (PG)¹, Fálron F. Xavier (PQ), Eduardo R. Marinho (PG), Leonardo B. Garcia (G) Ricardo F. Brocenschi (PQ), Fábio A. Amaral (PQ), Sheila C. Canobre (PQ).

¹lucilene.santos@ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Química

RESUMO

Este trabalho visa avaliar o desempenho eletroquímico de compósitos de LiFePO_4/C com biocarvões de açaí e cupuaçu como eletrodos para supercapacitores. Os biocarvões foram obtidos a partir de resíduos, ativados com H_3PO_4 e NaOH , e caracterizados por análise BET e por voltametria cíclica em KOH 1 mol L^{-1} . Observou-se que o biocarvão de açaí (BA50H300) apresentou maior área superficial específica, e o biocarvão de cupuaçu (BC10N300) apresentou melhor perfil capacitivo. O eletrodo $\text{LiFePO}_4/\text{BA50H300}$ manteve comportamento predominantemente capacitivo e melhor desempenho eletroquímico em relação ao eletrodo $\text{LiFePO}_4/\text{BC10N300}$ em diferentes velocidades de varredura. Conclui-se que os compósitos sintetizados são promissores para aplicações em dispositivos de armazenamento de energia, aliando desempenho eletroquímico e sustentabilidade.

Palavras-chave: biocarvão, supercapacitores, LiFePO_4

Introdução

O desenvolvimento de sistemas de armazenamento e conversão de energia, tais como baterias, células a combustível e supercapacitores, é fundamental para maximizar o potencial de fontes limpas e eficientes para enfrentar os desafios da alta demanda de energia e a intermitência das fontes renováveis, por meio da disponibilidade de energia mesmo quando as condições climáticas não são favoráveis. Neste contexto, os supercapacitores eletroquímicos (SCEs) surgem como tecnologia promissora por apresentar densidade de potência superior às baterias e densidade de energia e de corrente superiores aos capacitores convencionais (1, 2).

Dentre os materiais de eletrodos para supercapacitores a associação com materiais carbonáceos, como os biocarvões, apresenta-se como uma alternativa interessante para uma melhora nas propriedades do LiFePO_4 , uma vez que observa-se aumento na resistência mecânica, térmica e eletroquímica, os quais apresentam alta área superficial específica, sítios condutores térmicos e elétricos, que permite o maior acúmulo de cargas na interface eletrodo/eletrólito, aumentando a capacitância do dispositivo, além de contribuir para a mitigação de impactos ambientais, ao valorizar resíduos agrícolas e urbanos, alinhando-se com as demandas por tecnologias mais verdes e sustentáveis (2, 3, 4).

Diante da importância de melhorar o desempenho do material catódico de LiFePO_4 , esse trabalho tem como objetivo comparar diferentes biocarvões de açaí e cupuaçu em compósitos de LiFePO_4/C a fim de obter boa resposta eletroquímica e aplicação em supercapacitores.

Experimental

Síntese de LiFePO_4 .

O LiFePO_4 foi sintetizado pelo método solvotermal, utilizando 12 mmol de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e 12 mmol de H_3PO_4 dissolvidos em 40 mL de etilenoglicol. Concomitantemente, foi preparada uma solução de 36 mmol de $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ em 30 mL de etilenoglicol, na qual foi adicionada, lentamente, na primeira solução. A solução resultante foi colocada em um reator acoplado a um controlador de temperatura (Incon CNT120), e aquecida a 200 °C por 10 h. Os precipitados obtidos foram lavados diversas vezes com uma solução alcoólica 50% (v/v) em uma centrífuga a uma de velocidade de 8000 RPM durante 15 minutos e, posteriormente submetidos a secagem em estufa a 70 °C por 8 h.

Síntese dos biocarvões a partir de caroço de açaí e cascas de cupuaçu

Os biocarvões de caroço de açaí e cascas de cupuaçu foram produzidos por meio de resíduos descartados no Centro Comercial de Belém – PA e, posteriormente realizadas sua carbonização e ativação. As amostras foram sintetizadas em diferentes condições de síntese que foram identificadas por siglas, na qual BA50H300 corresponde ao biocarvão de açaí utilizando 50% de H_3PO_4 a temperatura de 300 °C, BA10N500 corresponde ao biocarvão de açaí utilizando a 10% de NaOH temperatura de 500 °C, BC50H500 corresponde ao biocarvão de cupuaçu utilizando 50% de H_3PO_4 a temperatura de 500 °C e BC10N300 corresponde ao biocarvão de cupuaçu utilizando 10% de NaOH e 300 °C, sendo todas amostras carbonizadas por 2 h e enviadas para caracterização da área superficial específica por BET para a determinação da área superficial específica.



Preparação e caracterização dos eletrodos LiFePO_4/C

Os eletrodos foram preparados por meio da mistura física de LiFePO_4 com os biocarvões e PVDF, como ligante, na proporção de 75:20:5 em massa e encaminhados para caracterizações morfológicas por meio de MEV e, posteriormente imersos em eletrólito de KOH 1 mol L^{-1} para caracterização por voltametria cíclica aplicando-se 10 ciclos voltamétricos em diferentes velocidades de varreduras 5-100 mV s^{-1} , em um intervalo de potencial de -0,4 a 0,6 V vs. $\text{Ag}_{(\text{s})}/\text{AgCl}_{(\text{s})}/\text{Cl}^-_{(\text{sat})}$.

Resultados e Discussão

Determinação da área superficial por B.E.T. dos biocarvões de caroço de açaí e cascas de cupuaçu

A partir dos dados obtidos nas análises por B.E.T., conforme a Tabela 1 observa-se que as amostras que apresentaram a maior área superficial específica são o biocarvão de açaí que utiliza 50% de H_3PO_4 e temperaturas de pirólise de 300 °C (BA50H300) e o biocarvão de cupuaçu que utiliza 50% de H_3PO_4 e temperaturas de pirólise de 500 °C (BC50H500).

Biocarvões	ASE ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$)
BA50H300	1.154,7434
BA10N500	1,8010
BC50H500	499,2229
BC10N300	24,3226

Tabela 1. Valores de área superficial específicas, para amostras de biocarvões em diferentes condições de pirólise.

Caracterização eletroquímica dos biocarvões de caroço de açaí e cascas de cupuaçu

A partir das caracterizações eletroquímicas (Figura 1), observa-se que os biocarvões apresentaram perfis predominantemente capacitivos, sugerindo que a variação na temperatura de pirólise (300 °C e 500 °C) e a biomassa usada (caroço de açaí ou casca de cupuaçu) não exerceram influência significativa sobre o comportamento eletroquímico dessas amostras. Por outro lado, o biocarvão BC10N300 apresentou uma área eletroativa maior do que a do BC50H500, mesmo possuindo uma área superficial específica menor. Então, os biocarvões BA50H300 e BC10N300 foram os escolhidos para a montagem do eletrodo com a amostra de LiFePO_4 sintetizado pelo método solvotermal a temperatura de 200°C por 10 h.

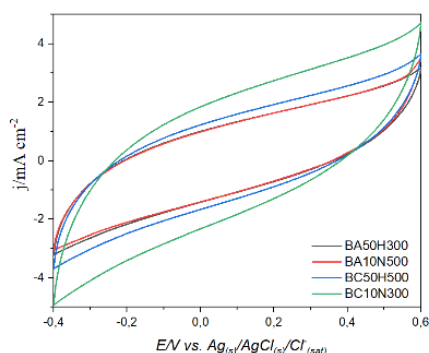


Figura 1. Voltamogramas cíclicos das amostras de biocarvões referentes ao 5º ciclo voltamétrico, a 50 mV s^{-1} em solução aquosa de KOH 1 mol L^{-1} .

Caracterização eletroquímica dos eletrodos de $\text{LiFePO}_4/\text{BA50H300}$ e $\text{LiFePO}_4/\text{BC10N300}$ por voltametria cíclica

Ao analisar os voltamogramas em diferentes velocidades de varredura é observado que a amostra $\text{LiFePO}_4/\text{BA50H300}$ apresentou densidades de corrente superiores em todas as velocidades de varredura avaliadas e consequentemente uma maior carga total (47,625C) quando comparado com o eletrodo de $\text{LiFePO}_4/\text{BC10N300}$ (Figura 2) possivelmente devido à maior área eletroativa.

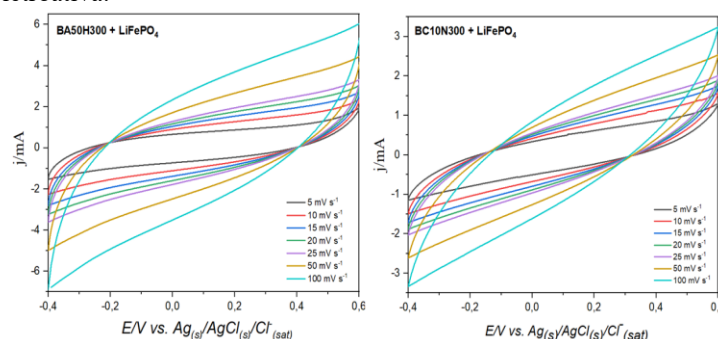


Figura 2. Voltamogramas referentes ao 10º ciclo voltamétrico do composto $\text{LiFePO}_4/\text{BA50H300}$ e composto $\text{LiFePO}_4/\text{BC10N300}$ em diferentes velocidades de varredura (5-100 mV s^{-1}) em solução aquosa de KOH 1 mol L^{-1} .

Conclusões

Os biocarvões BA50H300 e BC10N300 obtiveram um perfil capacitivo com uma maior área eletroativa do que os biocarvões BA10N500 e BC50H500 sendo os escolhidos para a montagem do eletrodo com o LiFePO_4 .

O composto de BA50H300/ LiFePO_4 apresentou perfil capacitivo e uma carga total de 47,625 C sendo promissor como eletrodo em supercapacitor simétrico.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos auxílios disponibilizados pela FAPEMIG, CAPES E CNPQ.

Referências

- Pozo-Gonzalo, C. *RSC Sustainability*, 2023, 1(4), 662–664.
- Yuan, C., Xu, H., A. El-khodary, S., Ni, G., Esakkimuthu, S., Zhong, S., & Wang, S. *Fuel*, 2024, Vol. 362.
- Hao, J., Wang, B., Xu, H., Du, J., Wu, C., Qin, W., & Wu, X. *Journal of Energy Storage*, 2024, 86, 11130.
- Khan, H. A., Tawalbeh, M., Aljawrneh, B., Abuwatfa, W., Al-Othman, A., Sadeghifar, H., & Olabi, A. G. *Energy*, 2025, Vol. 295.