



Catalisador suportado por biocarvão de casca de laranja: síntese e aplicações

Marcela de O. B. Cortez (PG)^{1*}, Lavinia N. Louzada (PG)¹ e Renata P. L. Moreira (PQ)¹

¹ Departamento de Química, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

*marcela.cortez@ufv.br

RESUMO

O presente trabalho aborda o aproveitamento de resíduos da indústria citrícola, com foco na casca de laranja, para a produção de biocarvões (BC), visando aplicações catalíticas sustentáveis. Diante do destaque do Brasil como maior produtor e exportador de suco de laranja, torna-se relevante o reaproveitamento dos resíduos gerados, que representam mais da metade da fruta processada. A produção de BC a partir desses resíduos surge como alternativa ambientalmente viável, sendo possível aprimorar suas propriedades físico-químicas por meio de ativação química, como com ureia. O estudo visa caracterizar a biomassa *in natura* e os biocarvões obtidos, ativados ou não, com o intuito de avaliar seu potencial como suporte catalítico em reações de carboxilação, especialmente na conversão de CO₂, contribuindo tanto para a valorização de resíduos agroindustriais quanto para a mitigação de impactos ambientais.

Palavras-chave: resíduos agroindustriais, pirólise, nanopartículas, carboxilação

Introdução

O Brasil ocupa a posição de maior produtor e exportador de suco de laranja. É inerente a elevada geração de resíduos, como a casca e bagaço de laranja (50-55%), sementes, bagaço e águas residuais da fruta processada (20-40%)⁽¹⁾. Dessa forma, a produção de biocarvão (BC), material rico em carbono resultante da decomposição térmica da matéria orgânica, a partir dos resíduos da laranja surge como uma alternativa ambientalmente adequada. A ativação química da biomassa pode influenciar as características do BC, como área superficial específica e estrutura porosa, por exemplo. Dessa forma, o uso de materiais carbonáceos como suporte para nanocatalisadores têm bastante estudados^(2,3). O BC é um material promissor pela capacidade de dispersar nanopartículas e óxidos metálicos, aumentar a estabilidade e a reatividade do catalisador, entre outras vantagens⁽⁴⁾. Há diversas aplicações para o catalisador suportado por BC, com destaque para a conversão de CO₂, principal gás de efeito estufa, combinando o reaproveitamento de resíduos na produção do BC e a mitigação do poluente atmosférico em condições melhoradas para obtenção de produtos químicos de valor agregado. Portanto, este trabalho tem como objetivo caracterizar a biomassa (BM) de casca de laranja e os BC produzidos ativados ou não com ureia visando aplicações futuras em reação de carboxilação.

Experimental

Obtenção e preparo da biomassa

A casca e bagaço da laranja foram obtidas de lanchonetes e restaurantes de Viçosa. Em seguida, foram lavados com água de torneira e secos em estufa a 105 °C por 24 h, peneirados em 32 mesh

e armazenados à temperatura ambiente.

Síntese do biocarvão

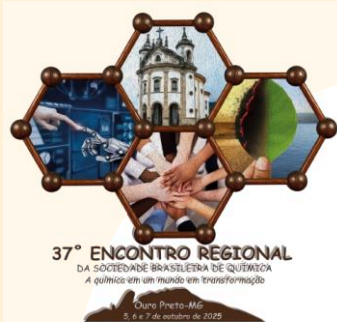
A biomassa foi pirolizada a 600 °C em forno mufla por 2 h. Em seguida, o BC obtido foi ativado com ureia, na proporção de 1:1, conforme⁽⁵⁾ e levado à mufla por mais 1 h. Esse biocarvão foi denominado BC-U, sendo lavado com solução HCl (1,5 mol L⁻¹), seguida de lavagem com água destilada até atingir pH próximo da neutralidade⁽⁶⁾. Por fim, o material foi seco em estufa por 24 h a 105 °C.

Caracterizações dos Materiais

Os materiais foram caracterizados por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) acoplado a Energia Dispersiva (EDS), Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e Área Superficial Específica. O MEV/EDS foi realizado a partir do microscópio JEOL, modelo JSM-6010LA. A FTIR executada através de reflectância total atenuada pelo espectro (Perkin Elmer, Frontier Single Range-MIR) e varreduras de transmitância na faixa de 550 a 4.000 cm⁻¹. A Área Superficial Específica foi determinada a partir de isotermas de adsorção e dessorção de nitrogênio em analisador BET (NOVA 600, Anton Paar), com gaseificação prévia da amostra a 353 K por 4 h.

Resultados e Discussão

A morfologia dos materiais pode ser observada na Figura 1. Em geral, os materiais apresentaram uma superfície irregular. Além disso, o BC apresentou uma estrutura mais rugosa, fina, com maior fragmentação em relação à biomassa de casca de laranja.



Conclusões

Os resultados obtidos demonstram o potencial da casca de laranja como matéria-prima para a produção de biocarvões, especialmente quando ativados com ureia, sendo favoráveis à aplicação catalítica, indicando que esses materiais podem atuar como suportes eficientes em reações de carboxilação. Assim, o reaproveitamento de resíduos agroindustriais alia-se à busca por soluções sustentáveis na mitigação de CO₂, promovendo uma abordagem integrada entre valorização de biomassa e proteção ambiental.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Processos: 312400/2021-7; 405828/2022-5; 407799/2022-2), à FAPEMIG (APQ-01275-18; RED-00144-22, APQ-03572-23), à CAPES e Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Referências

1. Suri, S., Singh, A., Nema, P. K. Current applications of citrus fruit processing waste: A scientific outlook. *Applied Food Research*, v. 2, n. 1, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100050>
2. Zhang, X. et al. Boosting CO₂ Conversion with Terminal Alkynes by Molecular Architecture of Graphene Oxide-Supported Ag Nanoparticles. *Matter*, v. 3, n. 2, p. 558–570, 5 ago. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.matt.2020.07.022>
3. Kamran, U., & Park, S. J. Chemically modified carbonaceous adsorbents for enhanced CO₂ capture: A review. *Journal of Cleaner Production*, v. 290, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125776>
4. Pereira Lopes, R., & Astruc, D. Biochar as a support for nanocatalysts and other reagents: Recent advances and applications. *Coordination Chemistry Reviews*, v. 426, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2020.213585>
5. Crestani, L., et al. Pyrolytic N-doping of silica wastes with urea for tailored morphology, enhanced adsorptive and catalytic degradation of paracetamol and diclofenac. *Materials Chemistry and Physics*, 341, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2025.130903>
6. Reddy, B. S. et al. Potassium hydroxide activated carbon derived from albumen as an efficient sulfur host for room temperature sodium-sulfur batteries. *Journal of Energy Storage*, v. 45, p. 103666, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103666>

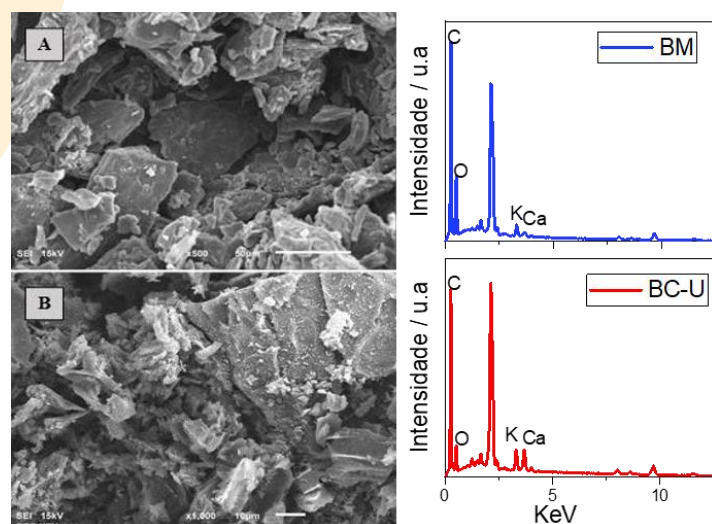


Figura 1. MEV da BM (A) e do BC-U (B).

Na Figura 2 são mostrados os espectros de FTIR para a BC e o BC-U. A BM apresentou bandas em $\sim 3300\text{ cm}^{-1}$ que indicam vibração de estiramento de grupos hidroxila (-OH). Em torno de 1700 cm^{-1} , observam-se bandas associadas a ligações C=O de cetonas e amidas. As bandas em 1600 cm^{-1} podem ser atribuídas ao estiramento de ligações C=C de estruturas aromáticas. Por fim, a banda em 1028 cm^{-1} pode ser atribuída ao estiramento das ligações C-O de grupos carboxílicos. Porém, observa-se na BC-U a ausência ou diminuição dessas bandas, evidenciando o efeito de carbonização da biomassa.

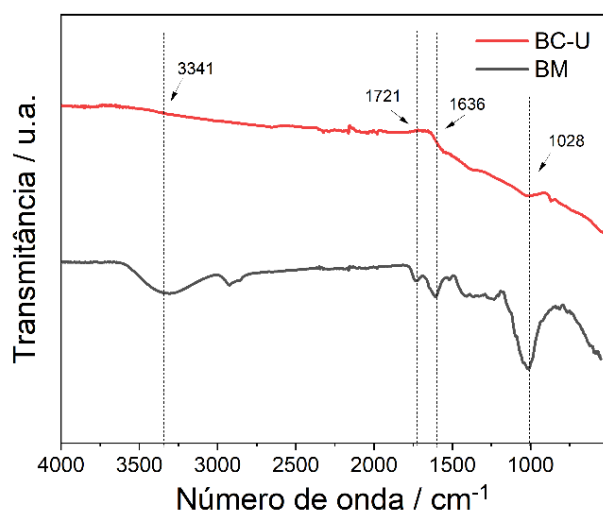


Figura 2. FTIR da BM e do BC-U.