



SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO PRODUZIDO A PARTIR DA CASCA DA BANANA NANICA PARA ADSORÇÃO DE CONTAMINANTES EMERGENTES

Vitor B. Marques¹; Kauê S. Pereira²; Yago K. de S. França³; Isabela Martins Souza⁴; Danilo R. de Souza⁵

*vitor.m0682@ufob.edu.br*¹; *kaue.p1257@ufob.edu.br*²; *yago.franca@ufob.edu.br*³; *isabela2msouza@gmail.com*⁴; *danilo.souza@ufob.edu.br*⁵;

Palavras-Chave: Adsorventes, Biomassa, Pirólise.

1. Introdução

A crescente preocupação com a poluição ambiental têm destacado a necessidade urgente de desenvolver métodos eficazes para a remoção de contaminantes emergentes das águas residuais. Estes contaminantes, que incluem produtos farmacêuticos, hormônios e produtos de cuidados pessoais, são frequentemente encontrados em baixas concentrações, mas podem ter impactos significativos na saúde humana e no ecossistema aquático (Zhang et al., 2021). As tecnologias convencionais de tratamento de água muitas vezes não são suficientes para lidar com esses poluentes, o que destaca a necessidade de alternativas inovadoras e eficazes para a purificação da água.

Entre as estratégias emergentes para a remoção de contaminantes, a adsorção utilizando materiais de biomassa tem mostrado grande potencial. A biomassa derivada de resíduos orgânicos pode ser convertida em materiais adsorventes com características adequadas para a captura de poluentes, oferecendo uma solução sustentável e econômica (Ali et al., 2018). Dentre as várias fontes de biomassa, a casca de banana, um resíduo agrícola abundante, tem atraído atenção devido à sua composição rica em celulose, hemicelulose e lignina, fundamentais para processos de adsorção (Jouandu et al., 2018).

A casca de banana nanica, especificamente, é um material promissor para a adsorção de contaminantes emergentes devido às suas propriedades físicas e químicas. Estudos anteriores indicam que a casca de banana pode ser utilizada para remover diversos contaminantes de águas residuais, como corantes e metais pesados (Oliveira et al., 2016; Munir et al., 2019).

No entanto, para maximizar a eficácia da adsorção, é essencial que o material passe pelo processo de pirólise, o que leva à modificação das propriedades físicas e químicas do material resultante, os principais mecanismos através dos quais a pirólise pode aumentar a capacidade de adsorção são, aumento da área superficial e porosidade, modificação da composição química, desenvolvimento de micro e mesoporos, estabilidade térmica e química. Além disso, caracterizar detalhadamente o material pirolisado, mostra como o processo serve para entender suas propriedades e otimizar o processo de adsorção.

A caracterização de materiais adsorventes é crucial para entender suas propriedades e avaliar seu desempenho em processos de adsorção. As técnicas de caracterização fornecem informações sobre a morfologia, estrutura porosa, área superficial, composição química, entre outros atributos que influenciam diretamente a capacidade do material de adsorver substâncias.

Neste trabalho, a caracterização do material foi realizada utilizando técnicas como a espectroscopia no infravermelho (FTIR) e a difração de raios X (DRX).

A espectroscopia FTIR é uma ferramenta crucial para identificar os grupos funcionais presentes na biomassa, tais como hidroxilas, carbonilas e aminas, que são responsáveis pelas interações com os contaminantes (Mohan et al., 2006). As alterações nos espectros FTIR após a adsorção fornecem informações sobre a interação entre os contaminantes e a biomassa, o que é fundamental para entender a eficiência do processo.

Por outro lado, a difração de raios X (DRX) oferece informações sobre a estrutura cristalina da biomassa, permitindo identificar a presença de fases cristalinas e amorfas, que podem influenciar a área superficial e a acessibilidade dos sites de adsorção (Jiang et al., 2019). A combinação dessas técnicas de caracterização proporciona uma visão abrangente das propriedades estruturais e químicas da biomassa, permitindo ajustes na sua preparação para melhorar a eficiência na remoção de contaminantes.

Neste contexto, este estudo visa sintetizar e caracterizar a biomassa derivada da casca de banana nanica para sua aplicação na adsorção de contaminantes emergentes. A pesquisa foca na utilização de FTIR e DRX para analisar a biomassa e entender as suas propriedades funcionais e estruturais. A metodologia envolve a preparação da biomassa, seguida por tratamentos específicos para otimizar suas propriedades adsorventes, e a realização de análises FTIR e DRX para avaliar a eficácia da biomassa como material adsorvente.

A relevância deste estudo reside na sua capacidade de contribuir para o desenvolvimento de soluções sustentáveis e eficazes para a remoção de contaminantes emergentes, utilizando um resíduo agrícola como a casca de banana nanica. Este trabalho visa contribuir com a redução de resíduos sólidos, e sobretudo oferece uma alternativa econômica e eficiente para o tratamento de águas residuais. Espera-se que os resultados desta pesquisa forneçam insights valiosos sobre a aplicação de biomassa de casca de banana nanica em processos de adsorção, promovendo práticas mais sustentáveis e inovadoras no campo do tratamento de águas.

2. Material e Métodos

2.1 Preparação da Biomassa



Figura 1: Preparação da biomassa

O material foi coletado e pesado, cortado em pedaços com diâmetro de 1cm aproximadamente, lavado em água corrente seguida com água fervente, posteriormente foi levado para secagem a temperatura ambiente por 7 dias, o material foi pesado, triturado parcialmente em um liquidificador marca MONDIAL 700W na proporção de 40g da biomassa por 80 segundos, em seguida, foi passado por uma peneira de plástico média, pesado e levado para estufa a 100°C por 24h, pesado novamente e armazenado.

2.2 Calcinação e ativação

A calcinação de biomassa é um processo térmico amplamente utilizado na conversão de resíduos orgânicos em materiais carbonosos ou compostos inorgânicos. Esse processo envolve o aquecimento da biomassa em atmosferas controladas, geralmente em condições de baixa ou ausência de oxigênio, a temperaturas elevadas. Durante a calcinação, ocorre a decomposição térmica da matéria orgânica, eliminando componentes voláteis como água e gases, e concentrando o carbono fixo (Antal, M. J., & Grønli, M., 2003).

Na figura 2, mostra o processo para calcinação e ativação do material.

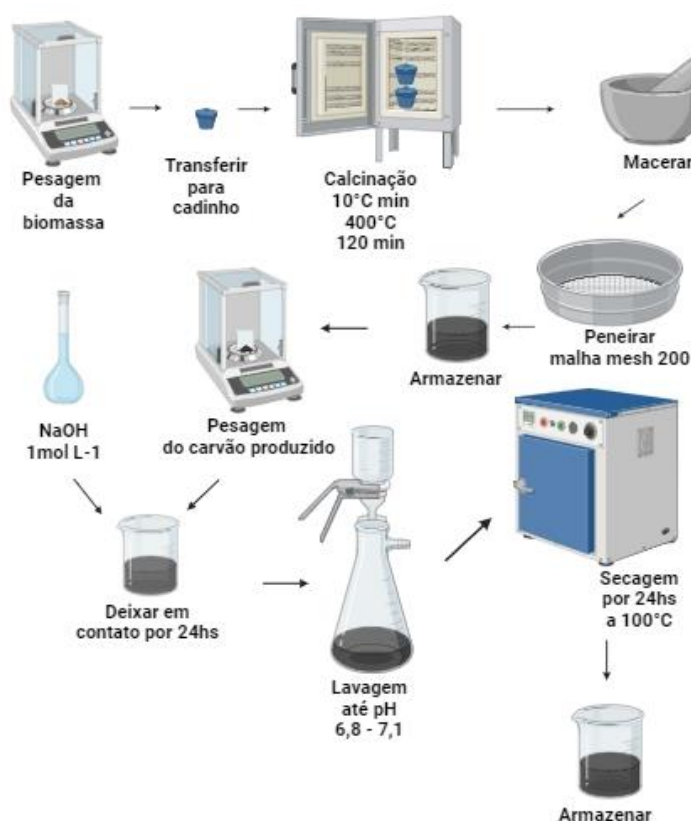


Figura 2: Calcinação e ativação

Foi pesado 40g do material peneirado, transferido para o cadinho e levado para calcinação a 400°C, com taxa de aquecimento a 10°C por minuto e permanência por 120 min.



Após a calcinação, o material foi macerado e passado por uma peneira de 200 mesh e armazenado.

Para se obter o carvão ativado, foi realizado a pesagem de 1g da amostra e colocado em contato com 2mL de uma solução de NaOH e deixado em contato por 24hs, seguida de lavagem com água deionizada até obter pH entre 6,8 - 7,1 e levado para secagem na estufa por 24hs a 100°C.

2.3 Caracterização por espectroscopia no infravermelho

As análises por espectroscopia no infravermelho (FTIR) tiveram como objetivo determinar as frequências de vibrações dos grupos funcionais presentes no carvão comercial, produzido e biomassa. Para essa finalidade, foram preparadas pastilhas dessas amostras numa proporção de aproximadamente 1% de amostra com KBr e foram obtidos espectros de transmitância no intervalo de número de onda (k) de 400 a 4000 cm^{-1} .

2.4 Caracterização por difração de raios-X (DRX)

As análises por difração de raio X (DRX) tiveram como objetivo a identificação das fases e avaliar a estrutura cristalina do sólido pelas medidas das distâncias basais existentes na cela unitária. Foi utilizada radiação de Cu-K α ($\lambda = 1,54 \text{ \AA}$), com uma tensão de 40kV e uma corrente de 30 mA e uma taxa de varredura de 5°. min^{-1} com um passo de 0,02°

3. Resultados e Discussão

3.1 Infravermelho

Os grupos funcionais presentes nos materiais adsorventes são importantes para ajudar a desvendar os mecanismos de adsorção. Através da análise de infravermelho é possível identificar compostos que contenham ligações covalentes, sejam eles orgânicos ou inorgânicos (PAVIA et al., 2010). A radiação infravermelha se refere a região do espectro eletromagnético, situada entre as faixas do visível e micro-ondas.

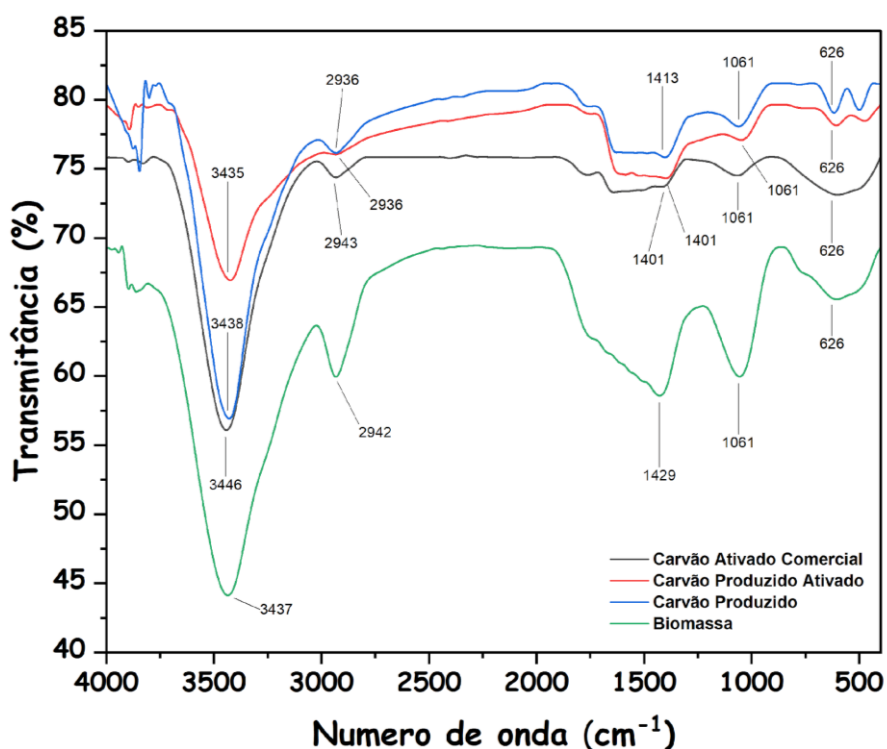


Figura 3 – Espectro do infravermelho de amostras de carvão.

A partir da análise de infravermelho é possível identificar grupamentos funcionais orgânicos que podem atuar como sítios de adsorção (Figura 3). Os compostos de celulose e hemicelulose do material são responsáveis pela maioria dos grupos funcionais oxigenados presentes no espectro, uma vez que possuem grupos hidroxila, éter e carbonila em suas estruturas (Hendawy, 2006).

Os resultados obtidos por estas análises apresentam características de banda do grupo funcional -OH no número de onda de 3438 cm^{-1} para forças intermoleculares de ligações de hidrogênio, -CH no número de onda de 2932 cm^{-1} , -OH para ácido carboxílico no número de onda de 1421 e 1062 cm^{-1} mostrando a presença de celulose e hemicelulose no qual, para o carvão produzido, essa banda não é tão visível, mostrando que o processo de calcinação converte o material.

3.2 DRX

Os materiais adsorventes podem estar na forma amorfa ou na forma cristalina, em que o termo cristalino se aplica a materiais que apresentam repetição regular no espaço tridimensional constituído de moléculas ou grupo de moléculas com ordenamento na sua estrutura, figura 4. (Bhatia, S. K. 2019).

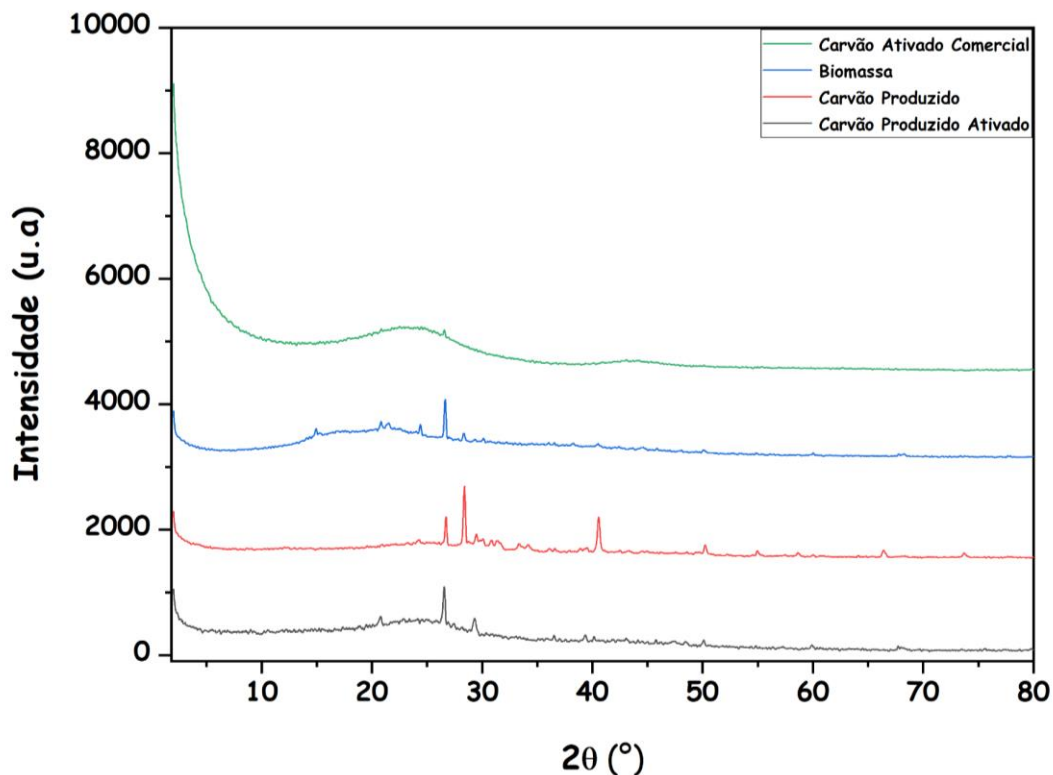


Figura 4: Difratograma das amostras de carvões

Os dados do difratograma da amostra da biomassa, carvão ativado comercial e carvão produzido e carvão produzido ativado, da figura 4 sugerem que as amostras apresentam um caráter tipicamente amorfo. Essa característica amorfa está relacionada à ativação do carvão, neste caso, alguns picos de difração saem da linha base, caracterizando uma pequena quantidade de material cristalino.

No DRX, um pico largo e difuso, tipicamente localizado em uma região de baixo ângulo (2θ entre 20° e 30°), pode ser atribuído a microestruturas desordenadas do carbono, como o grafeno em um estado não cristalino. Esses padrões podem ser associados a regiões compostas por camadas de carbono grafítico mal organizadas ou a uma mistura de microcristalitos e carbono amorfo (Wang, Y et al., 1990).

É possível identificar alguns picos, em todas as amostras, existe um pico largo em $26,58^\circ$ pode ser atribuído ao plano de reflexão C(002), característico de estrutura carbônica desorganizada de aromáticos (Yürüm e Sakintuna, 2006), enquanto o pico em $40,56^\circ$, bem definido para o carvão produzido não ativado, pode ser atribuído ao plano C (100/101) de carbono grafítico (Cazetta et al., 10 2016).

A ausência de picos bem definidos no DRX confirma que o carvão ativado a partir da casca de banana é predominantemente amorfo, o que pode ser esperado dado o processo de carbonização e ativação em temperaturas moderadas. Temperaturas mais elevadas, na faixa de $900-1000^\circ\text{C}$, podem começar a induzir a formação de estruturas grafíticas. Essa desordem estrutural está diretamente relacionada ao processo de ativação e à composição da biomassa, e pode ser vantajosa para aplicações em adsorção devido à maior quantidade de sítios ativos e porosidade desenvolvida. Além disso, o perfil difuso é indicativo de que o carbono ativado contém uma quantidade significativa de microporos, os quais são uma característica crucial para sua aplicação como adsorvente (Huang, X., Zhang, X., & Liu, Y. 2021).

4. Conclusões

Este estudo demonstrou o grande potencial da casca de banana nanica, um resíduo agrícola abundante, como matéria-prima para a produção de adsorventes eficazes na remoção de contaminantes emergentes de águas residuais. Através da pirólise e ativação química, foi possível modificar significativamente as propriedades físicas e químicas da biomassa, aumentando sua área superficial e porosidade, bem como otimizando suas características estruturais para adsorção.

A caracterização por espectroscopia no infravermelho (FTIR) e difração de raios-X (DRX) permitiu uma análise detalhada das mudanças estruturais e funcionais ocorridas no material ao longo do processo de ativação. O FTIR mostrou a presença de grupos funcionais oxigenados, como hidroxila e carbonila, que são cruciais para interações de adsorção com os poluentes, enquanto o DRX confirmou a predominância de uma estrutura amorfa, com presença limitada de cristalinidade, o que favorece a adsorção devido à alta porosidade.

Os resultados sugerem que o carvão ativado derivado da casca de banana possui características promissoras para a remoção de contaminantes emergentes. Além de contribuir para a redução de resíduos sólidos, o uso desse material como adsorvente oferece uma solução sustentável e de baixo custo para o tratamento de águas residuais, tornando-se uma alternativa viável às tecnologias convencionais. A continuidade deste estudo pode explorar a otimização dos parâmetros de ativação e ampliar o entendimento sobre a eficiência de adsorção em diferentes condições de tratamento de águas, abrindo novas perspectivas para o uso de biomassa em práticas de remediação ambiental.

7. Agradecimentos

GPCMF, UFOB, POSQUIPA, PAEPG (UFOB), PROPGP (UFOB), FAPESB, LABCAT (UFBA), LPMSC (UFU Pontal) - INFR13 01.13.0371.00, INFR13 01.14.0371.00.

8. Referências

Ali, I., et al. (2018). "Adsorption of pollutants using biomass-derived adsorbents: A review." *Environmental Science and Pollution Research*, 25(12), 11918-11931.

Antal, M. J., & Grønli, M. (2003). "The art, science, and technology of charcoal production." *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 42(8), 1619-1640.

BHATIA, S. K. *Adsorption in fluid-phase systems*. Springer Nature, 2019.

CAZETTA, A. L.; VARGAS, A. M. M.; SILVA, T. L.; ALMEIDA, V. C. Adsorption of reactive blue 5G dye from aqueous solution onto activated carbon produced from biomass: equilibrium and kinetic studies. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 4, n. 4, p. 4952-4961, 2016.



HENDAWY, A. N. A. Adsorption of nitrogen gas on activated carbon from olive stones by chemical activation. *Microporous and Mesoporous Materials*, v. 91, p. 187–191, 2006.

HUANG, X.; ZHANG, X.; LIU, Y. Preparation and characterization of activated carbon from agricultural wastes: adsorption properties and mechanism for organic pollutants. *Environmental Technology & Innovation*, v. 24, p. 101820, 2021.

Jiang, L., et al. (2019). "Structural characterization of biomass-derived carbon materials for environmental applications." *Carbon*, 153, 133-145.

Jouandu, T., et al. (2018). "Use of banana peels for the removal of heavy metals from wastewater: A review." *Journal of Environmental Management*, 218, 246-261.

Mohan, D., et al. (2006). "Removal of contaminants of concern from water using biochars: A review." *Environmental International*, 32(5), 675-690.

Munir, M. T., et al. (2019). "Banana peel-derived biochar for the removal of organic contaminants from aqueous solutions." *Chemical Engineering Journal*, 369, 624-635.

Oliveira, A. L., et al. (2016). "Removal of dyes from aqueous solutions using banana peel adsorbents: Batch and column studies." *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4(3), 2814-2823.

PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S. **Introdução à espectroscopia**. 4. ed. Cengage Learning, 2010.

WANG, Y.; ALSMEYER, D. C.; McCREERY, R. L. Raman spectroscopy of carbon materials: structural basis of observed spectra. *Chemistry of Materials*, v. 2, n. 5, p. 557-563, 1990.

YÜRÜM, Y.; SAKINTUNA, B. Carbon nanostructures from thermochemical processing of biomass: a review. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 31, n. 5, p. 667-682, 2006.

Zhang, Y., et al. (2021). "Removal of emerging contaminants from wastewater using advanced oxidation processes: A review." *Journal of Hazardous Materials*, 402, 123413.