

ANÁLISE DE PH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE BIOCARVÃO PRODUZIDO A PARTIR DA CARNAÚBA (*Copernicia prunifera*)

CARLOS EDUARDO MACHADO DE OLIVEIRA¹, JOÃO PEDRO CASTRO BEZERRA², DANIELA LIMA MACHADO DA SILVA³

¹Mestrando da Universidade Federal do Ceará, Russas-CE, Brasil, edu.machado@alu.ufc.br;

²Discente da Universidade Federal do Ceará, Russas-CE, Brasil, joaopdro@alu.ufc.br;

³Dra. em Engenharia civil e ambiental, Profa. Da Universidade Federal do Ceará, Russas-CE, Brasil, danielalms@ufc.br.

RESUMO: O estudo investigou o pH e a condutividade elétrica (CE) de biocarvão produzido a partir de resíduos de palha e talo da carnaúba (*Copernicia prunifera*), visando avaliar suas características e potencial de aplicação. A biomassa, coletada no município de Russas-CE, foi seca, triturada e homogeneizada, sendo submetida à pirólise lenta em forno mufla a 550 °C, com taxa de aquecimento de 5 °C/min e tempo de residência de 60 minutos. O rendimento obtido foi de 30%, indicando elevada degradação térmica. O pH médio do biochar foi 8,96, caracterizando-o como alcalino, enquanto a CE apresentou valor médio de 3,93 mS/cm, sugerindo presença significativa de sais minerais, íons solúveis e cinzas. Esses resultados evidenciam que as condições de pirólise e as propriedades da biomassa influenciam diretamente as características físico-químicas do biocarvão. O aproveitamento de resíduos de carnaúba para produção de biochar configura uma estratégia sustentável alinhada à economia circular, com potencial para mitigação de impactos ambientais e valorização de subprodutos agroindustriais.

PALAVRAS-CHAVE: Biochar, Caracterização, Resíduos agrícolas, Carnaúba.

PH AND ELECTRICAL CONDUCTIVITY ANALYSIS OF BIOCHAR PRODUCED FROM CARNAÚBA (*Copernicia prunifera*)

ABSTRACT: This study investigated the pH and electrical conductivity (EC) of biochar produced from carnauba (*Copernicia prunifera*) straw and stalk residues, aiming to evaluate its characteristics and potential applications. The biomass, collected in Russas, Ceará (Brazil), was dried, milled, homogenized, and subjected to slow pyrolysis in a muffle furnace at 550 °C, with a heating rate of 5 °C/min and a residence time of 60 minutes. The biochar yield was 30%, indicating significant thermal degradation. The mean pH was 8.96, characterizing the material as alkaline, while the mean EC was 3.93 mS/cm, suggesting a high content of soluble salts, ions, and ash. These results highlight that pyrolysis conditions and biomass properties directly influence the physicochemical characteristics of biochar. The use of carnauba residues for biochar production represents a sustainable strategy aligned with circular economy principles, contributing to environmental impact mitigation and the valorization of agro-industrial by-products.

KEYWORDS: Biochar, Characterization, Agricultural residues, Carnaúba.

1. INTRODUÇÃO

O uso de biocarvões, igualmente conhecido como biochar, têm sido objeto de estudos recentes devido ao seu amplo potencial de aplicação. Produzido a partir de biomassas, como bagaço de cana-de-açúcar, cascas de coco, dentre outros resíduos agrícolas, podem ser empregados na geração de biocombustíveis, remediação de solos, remoção de compostos orgânicos e inorgânicos em meio aquoso e controles de poluentes atmosféricos (Yaashikaa et al., 2020; Oyebamiji et al., 2025; Ding et al., 2016; Cheng et al., 2021).

Resultado da decomposição termoquímica da biomassa em ambientes de oxigênio limitado e temperatura controlada (Lehmann & Joseph, 2015), o biocarvão rico em carbono apresenta alta eficiência na remoção de poluentes devido às suas propriedades como porosidade, área superficial, pH,

menor teor de carbono dissolvido e natureza hidrofóbica (Yaashikaa et al., 2020). Os metais interagem com o biocarvão dependendo do pH, conferindo ao biochar uma alta eficiência como adsorvente na remoção desses metais.

No Ceará, a carnaúba (*Copernicia prunifera*) é encontrada em quase todo seu território, com maiores concentrações nas regiões do Vale do Jaguaribe, Acaraú e Coreaú (Arruda, 2004). A utilização desta palmeira para diversos fins data dos primeiros povos que habitavam o continente sul-americano. Extração de cera, fabricação de peças artesanais, ração animal e obtenção de pó são alguns dos usos dados para esta espécie. No entanto, parte da palha e do talo se perdem durante o processo de produção da cera e do pó de carnaúba. Dessa forma, a produção de biochar a partir da palha e do talo da carnaúba possibilita a economia circular e a sustentabilidade pelo reaproveitamento destes resíduos agrícolas, além de fornecer uma alternativa de baixo custo na remediação de demandas ao solo e à água, por exemplo.

Dessa forma, o presente estudo visa analisar o pH e a condutividade elétrica do biochar produzido a partir da carnaúba e que pode ser utilizado para fins diversos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Coleta e preparação da biomassa

A biomassa utilizada nesse estudo foi coletada no município de Russas, no Estado do Ceará, localizado sob as coordenadas geográficas: latitude 04° 56' 25" S e longitude 37° 58' 33" W. Os resíduos do talo e da palha da carnaúba foram coletados e armazenados em sacos plásticos devidamente identificados, onde permaneceram até a preparação para a produção do biochar.

A biomassa foi colocada em estufa a 100 ± 5 °C para a remoção da umidade dos resíduos, logo após, passou por um processo de trituração utilizando um moinho de faca e em seguida, foi misturada para homogeneizar os resíduos. Para a produção do biochar foram utilizadas partes iguais de resíduos do talo e da palha da carnaúba.

2.2. Produção do biochar

O biochar foi preparado utilizando a técnica de pirólise lenta, onde utilizou-se um forno mufla da marca Linn Elektro Therm, modelo KK-170, sobre atmosfera inerte. Os parâmetros operacionais da pirólise selecionados para este estudo estão detalhados na Tabela 1, na qual se observa que a temperatura adotada foi de 550°C, com uma taxa de aquecimento controlada de 5°C por minuto, e um tempo de residência de 60 minutos, garantindo a completa conversão térmica da biomassa em biocarvão. Para assegurar a confiabilidade e a reprodutibilidade dos resultados obtidos, a produção do biochar foi realizada em duplicata, permitindo uma avaliação consistente das características físicas e químicas do material resultante.

Tabela 1 - Parâmetros operacionais da pirólise.

Biochar	Temperatura (°C)	Taxa de aquecimento (°C/min)	Tempo de residência (min)
BC550	550	5	60

Fonte: Autor (2025).

2.3. O rendimento

O rendimento do biochar foi calculado com base na Equação 1, conforme estabelecido por Mariyam *et al.*, (2024), em seu estudo sobre a previsão de rendimento de biochar utilizando metodologia de superfície de resposta, e por Rodrigues *et al.*, (2023), em seu estudo sobre a importância da qualidade do biochar e do rendimento da pirólise para sequestro de carbono do solo.

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Massa do biochar}}{\text{Massa da biomassa bruta}} \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

2.4. Ensaio de pH e Condutividade Elétrica (CE)

Os ensaios de pH e de condutividade elétrica foram realizados no Laboratório de Saneamento da Universidade Federal do Ceará Campus Russas, seguindo as recomendações da NBR 1006:2004 (ABNT, 2004), que estabelece o procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. As medições foram realizadas utilizando um pHmetro da marca Lucaderma, modelo LUCA-210, e um condutivímetro da marca Lucaderma, modelo LUCA-150 MC, respectivamente. Ambos os ensaios foram realizados em duplicata para uma maior confiabilidade dos resultados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O *biochar* produzido a partir da carnaúba sob temperatura de 550°C apresentou rendimento médio de 30%, conforme observado na Tabela 2, indicando uma significativa degradação térmica da biomassa durante o processo de pirólise. Comportamento esse encontrado também por Wystalksa et al., (2021).

Tabela 2 – Caracterização do biochar.

Biochar	Rendimento (%)	pH	CE (mS/cm)
BC550	30%	8,96	3,93

Fonte: Autor (2025).

Já quanto ao valor de pH, o *biochar* apresentou um valor médio de 8,96 (Tabela 2), caracterizando-se como material alcalino, o que pode indicar a presença de sais minerais e compostos básicos que pode ser proveniente da degradação térmica da biomassa durante o processo de pirólise.

Quanto a condutividade elétrica, o *biochar* apresentou um valor médio de 3,93 mS/cm (Tabela 2), o que pode indicar a presença de íons solúveis e elevada concentração de cinzas. A CE está diretamente relacionada à composição da biomassa utilizada para a produção do biochar, ao teor de cinzas provocado pela elevada degradação térmica e à temperatura de pirólise. Este valor pode aumentar devido ao tamanho das partículas e o teor de lignina presente na biomassa (Kane et al., 2021).

4. CONCLUSÃO

A carnaúba como matéria prima para a produção de biochar demonstrou um pH básico médio de 8,96 e um valor de condutividade elétrica de 3,93 mS/cm, ambos resultados indicam presença de cinzas, sais e compostos básicos devido ao processo de pirólise. As condições de pirólise, como taxa de aquecimento, tipo de matéria-prima, pré-processamento e temperatura são parâmetros decisivos no comportamento do pH e condutividade elétrica de biocarvões.

Ademais, o aproveitamento dos resíduos de carnaúba na fabricação de biochar configura uma estratégia de valorização de subprodutos agroindustriais, contribuindo para a economia circular, a redução dos impactos ambientais e a sustentabilidade das cadeias produtivas locais, promovendo uma solução de alto custo-benefício.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, Oscar D. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ Núcleo de Pós-Graduação Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente O EXTRATIVISMO DA CARNAÚBA NO CEARÁ. [S.l.: S.n.].
- CHENG, Ning et al. Adsorption of emerging contaminants from water and wastewater by modified biochar: A review. Environmental Pollution Elsevier Ltd, , 15 mar. 2021.
- DING, Yang et al. Biochar to improve soil fertility. A review. Agronomy for Sustainable Development Springer-Verlag France, , 1 jun. 2016.

- Downie, A., Crosky, A., & Munroe, P. (2009). Physical properties of biochar. In J. Lehmann & S. Joseph (Eds.), *Biochar for environmental management: Science and technology*. Earthscan.
- KANE, Seth et al. Physical and chemical mechanisms that influence the electrical conductivity of lignin-derived biochar. *Carbon Trends*, v. 5, p. 88, 2021.
- Mariyam, S., Alherbawi, M., Pradhan, S. *et al.* Predição do rendimento de biochar usando metodologia de superfície de resposta: efeito do carbono fixo e das condições operacionais de pirólise. *Biomass Conv. Bioref.* 14 , 28879–28892 (2024). <https://doi.org/10.1007/s13399-023-03825-6>.
- OYEBAMIJI, Olufunke O. et al. Evaluation and characterization of biochar and briquettes from agricultural wastes for sustainable energy production. *Waste Management Bulletin*, v. 3, n. 3, 1 set. 2025.
- Rodrigues, L., Budai, A., Elsgaard, L., Hardy, B., Keel, S. G., Mondini, C., Plaza, C. & Leifeld, J. (2023). *The importance of biochar quality and pyrolysis yield for soil carbon sequestration in practice*. *European Journal of Soil Science*, 74(4), e13396. <https://doi.org/10.1111/ejss.13396>.
- Wystalska, K.; Kwarciak-Kozłowska, A. The effect of biodegradable waste pyrolysis Properties. *Materials (basel)*. 2021 mar 27; 14 (7):1644. <https://doi.org/10.3390/mar14071644>.
- YAASHIKAA, P. R. et al. A critical review on the biochar production techniques, characterization, stability and applications for circular bioeconomy. *Biotechnology Reports Elsevier B.V.*, , 1 dez. 2020.