

BIOCARVÃO DE RESÍDUOS DE LARANJA COMO MEIO FILTRANTE EM SISTEMA *WETLAND* VISANDO REÚSO AGRÍCOLA

MARIANA PAOLA CABRINI¹, REINALDO GASPAS BASTOS², CLAUDINEI
FONSECA SOUZA³

¹ Eng. Química, Mestranda em Agricultura e Ambiente, PPGAA/UFSCar, Araras - SP, marianacabrini@estudante.ufscar.br

² Eng. de Alimentos, Prof. Doutor, PPGAA/UFSCar, Araras - SP, reinaldo.bastos@ufscar.br

³ Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, PPGAA/UFSCar, Araras - SP, cfsouza@ufscar.br

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: O Brasil se destaca como maior produtor mundial de laranja e em razão da alta produção agroindustrial, são geradas milhões de toneladas de resíduos. Uma maneira de reaproveitar esses resíduos é a produção de biocarvão de laranja e sua utilização como meio filtrante em sistema *wetland* para tratamento de efluentes. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é a determinação da temperatura ótima para produção do biocarvão, a partir da caracterização do material em termos de sua capacidade adsorvente. Para a produção do biocarvão foi realizado a carbonização durante 60 minutos em mufla na faixa de temperatura entre 350 a 650°C, em seguida foi realizada a caracterização do material através de análises imediatas, microscopia eletrônica de varredura e difratometria de raios-x. A partir dos testes de carbonização obteve-se que a temperatura ótima para síntese do biocarvão foi de 550°C, assim como os resultados a partir da caracterização do material trouxe informações promissoras sobre sua característica como material adsorvente. Portanto foi possível afirmar que o biocarvão de laranja após processo de carbonização em 550°C possui características ideais para uso como material filtrante em sistema *wetland*.

PALAVRAS-CHAVE: biochar, tratamento de efluente, reaproveitamento de resíduos

BIOCHAR FROM ORANGE RESIDUES AS A FILTER MEDIA IN A *WETLAND* SYSTEM FOR AGRICULTURAL REUSE

ABSTRACT: Brazil stands out as the world's largest producer of oranges and, due to the high agro-industrial production, millions of tons of waste are generated. One way to reuse these residues is the production of orange biochar and its use as a filter medium in a *wetland* system for treating effluents. Thus, the objective of this work is the excellence of the optimal temperature to produce biochar, based on the characterization of the material in terms of its adsorbent capacity. To produce biochar, carbonization was carried out for 60 minutes in a muffle at a temperature between 350 and 650°C, then the characterization of the material was carried out through immediate analysis, scanning electron microscopy and x-ray diffraction. From the carbonization tests obtained, it was found that the optimum temperature for the synthesis of biochar was 550°C, as well as the results from the characterization of the material brought promising information about its characteristic as an adsorbent material. Therefore, it was possible to affirm that the orange biochar after carbonization process at 550°C has ideal characteristics for use as filter material in *wetland* system.

KEYWORDS: biochar, effluent treatment, waste reuse

INTRODUÇÃO: A laranja é uma das frutas mais produzidas no Brasil, sendo o estado de São Paulo o principal produtor da fruta e o Brasil o líder mundial na produção e exportação (FUNDECITRUS, 2021). Devido a essa alta produção, em muitos casos os resíduos gerados no processamento do suco não são reaproveitados e são descartados sem tratamento prévio, assim uma alternativa para a reutilização dos resíduos de laranja é a produção de biocarvão. Biocarvão é um material sólido obtido a partir da conversão termoquímica de biomassa em um ambiente limitado em oxigênio (IBI, 2018). Por apresentar grande área superficial e elevada porosidade, trata-se de um material promissor à aplicação como adsorvente no tratamento de águas residuais (LIMA et al., 2018). Portanto, a produção de biocarvão, além de possibilitar o reaproveitamento dos resíduos de laranja e evitar o seu descarte de forma inapropriada é uma alternativa para o tratamento do esgoto ao utilizar o biocarvão de resíduos de laranja como meio filtrante em um sistema *wetland* visando seu reúso como água de irrigação. Nesse contexto, o intuito desse trabalho é a determinação da melhor temperatura para produção do biocarvão, assim como a caracterização do material para verificar sua capacidade como material adsorvente para utilização como meio filtrante em um sistema *wetland*.

MATERIAL E MÉTODOS: Na etapa de preparo dos resíduos de laranja, o material foi seco em estufa por 48 h à 105°C. Em seguida, os resíduos foram moídos em um macro moinho de facas e peneirados em peneira de até 10 Mesh. Na otimização da etapa de carbonização, foi realizado quatro ensaios em temperaturas na faixa de 350 a 650°C, com os resíduos secos de laranja com o intuito de verificar qual a melhor temperatura para a produção do biocarvão. Para cada temperatura o material foi pesado antes e após da carbonização para obtenção do rendimento do processo e acondicionados na mufla até atingir a temperatura determinada, a qual foi mantida constante por 60 minutos. Para determinar qual das condições de temperatura de carbonização geraram o biocarvão com melhores características foi realizado a filtragem do material com papel filtro, adicionando 3 g do biocarvão em 25 mL de água destilada sendo observada a cor do filtrado e pH para as quatro temperaturas. Uma vez determinada as condições ideais de carbonização, o procedimento de obtenção do biocarvão foi repetido até a obtenção da quantidade necessária para ser utilizado no desenvolvimento do trabalho. Após a produção do biocarvão, o material foi caracterizado em termos de teor de cinzas em mufla e, umidade gravimétrica por aquecimento à 105°C em estufa até massa constante. A determinação da matéria volátil foi em realizada em mufla a 980°C durante 3 minutos e, por fim, carbono fixo foi calculado através da diferença entre a soma dos teores de matéria volátil e cinzas. A composição do material foi realizada difratometria de Raios-X (DRX). A morfologia do biocarvão transformado foi realizada por análise da superfície da matéria por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A partir da análise experimental verificou-se que na temperatura de 550 °C obteve-se o pH mais próximo da neutralidade e um filtrado mais límpido, o que indica que a partir de 550°C o biocarvão deixou de transferir os subprodutos da queima para o filtrado, definindo essa temperatura como a ótima para produção do material (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros de produção e qualidade do biocarvão de resíduos de laranja em diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	Massa inicial de resíduos de laranja (g)	Massa após aquecimento (g)	Rendimento (%)	pH	Coloração
350	20,01	8,92	43,58	9,61	Turvo
450	20,02	6,55	32,73	9,16	Turvo
550	20,01	5,40	27,02	8,98	Incolor
650	20,02	4,72	23,56	9,17	Incolor

A partir dos resultados apresentado na Tabela 2 é possível analisar que o material possui baixa umidade (1,47%), ou seja, o material se tornou menos higroscópico contribuindo para o aumento da resistência (GUILHEN, 2018). O teor de cinzas representa a quantidade de matéria inorgânica presente no material e varia conforme a composição da matéria-prima. A presença de mineral influencia as propriedades podendo diminuir o rendimento do biocarvão, (ENDERS et al., 2012). O processo de carbonização contribui para a liberação de compostos voláteis, quando há temperaturas baixas há uma menor concentração de voláteis e maior concentração de carbono fixo, representando a massa restante após a liberação dos compostos voláteis, umidade e cinzas (BREWER, 2009). Esse teor está relacionado com o poder calorífico dos materiais e, quanto maior o carbono fixo mais tempo o material resiste à queima (AICH et. al., 2020).

Tabela 2. Médias dos resultados obtidos durante a análise química imediata do biocarvão de laranja submetido a processo de queima em 550°C.

Análises	Valores obtidos (%)
Umidade	1,47
Teor de cinzas	16,94
Teor de material volátil	29,61
Teor de carbono fixo	51,98

Para a realização da análise em D.R.X. foram utilizadas as amostras do resíduo de laranja antes e após a carbonização. A partir da Figura 1 pode-se observar que as amostras apresentam picos largos, característicos de regiões amorfas (STACHURSKI, 2011). A característica amorfa permaneceu no biocarvão, corroborando com Mafra et al. (2013) o qual cita a predominância de regiões amorfas do que cristalinas em biocarvões, por possui matéria orgânica. Ambas as análises possuem um pico em $2\theta = 21^\circ$, indicando a presença de celulose cristalina. Porém, é possível observar que o pico aparece com uma menor intensidade no biocarvão, tal alteração ocorre devido ao aumento da temperatura do material no processo de carbonização. A observação de pequenos picos pode estar relacionada com a presença de alumínio, calcita, potássio e ferro (KEILUWEIT et al, 2010).

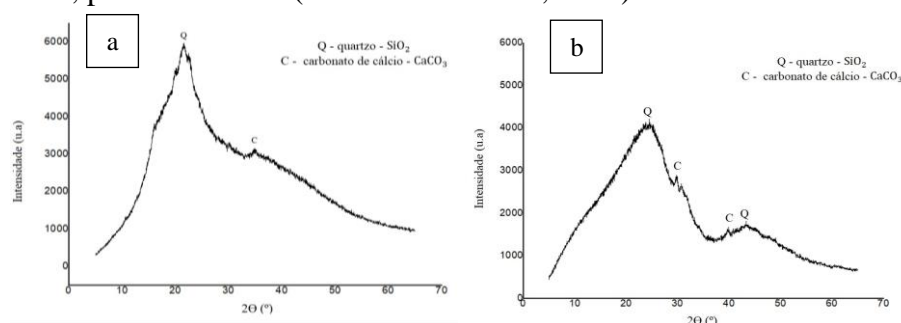


Figura 1. Análise de DRX a) resíduos de laranja; (b) biocarvão de laranja.

Ao realizar análises de MEV foi possível observar a alteração da morfologia dos resíduos de laranja *in natura* e do biocarvão. A Figura 2 apresenta imagem em aumento de 1000x, onde é possível observar que os resíduos de laranja apresentam uma superfície mais homogênea e plana quando comparada ao biocarvão, onde houve o desenvolvimento de poros resultante da carbonização. Esta maior porosidade do biocarvão é, uma característica essencial ao material, uma vez que auxilia o processo de adsorção (WANG et al., 2010).

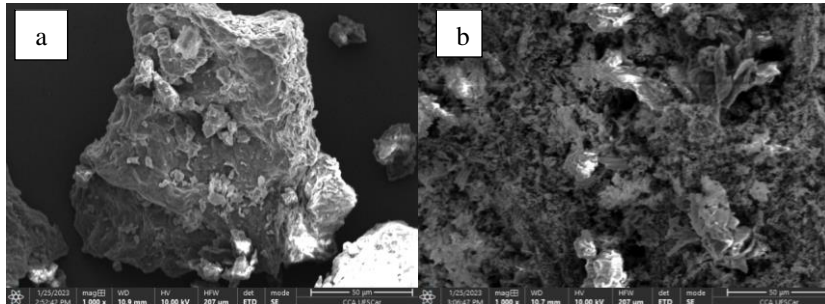


Figura 2. Imagens da microscopia eletrônica de varredura com aumento de 1000X (a) resíduos de laranja; (b) biocarvão.

CONCLUSÃO: A partir dos resultados da produção e caracterização do biocarvão de laranja após processo de carbonização em diferentes temperaturas foi possível concluir que o material tratado a 550°C possui características adequadas para a utilização como adsorvente no tratamento de residuárias.

REFERÊNCIAS:

- AICH, S.; BEHERA, D.; NANDI, B.K.; S., BHATTACHARYA. Relationship between proximate analysis parameters and combustion behaviour of high ash Indian coal. *Int J Coal Sci Technol* **7**, 766–777 (2020).
- BREWER, C. E.; Schmidt-Rohr, J. A.; Brown, R. C. Characterization of biochar from fast pyrolysis and gasification systems. *Environmental Progress & Sustainable Energy* 2009, **28**, 386.
- ENDERS, A.; HANLEY, K.; WHITMAN, T.; JOSEPH, S.; LEHMANN, J. Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. *Bioresource Technology*, Oxford v. 114, p. 644+653, 2012.
- FUNDECITRUS. Reestimativa da Safra de Laranja 2021/22 do Cinturão Citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro – Cenário em dezembro/2021. 10 dez. 2021.
- GUILHEN, S. N. Síntese e caracterização de biocarvão obtido a partir do resíduo de coco de macaúba para remoção de urânio de soluções aquosas. 2018. Tese (Doutorado em Ciências, na área de Tecnologia Nuclear – Materiais) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2018.
- IBI - International Biochar Initiative. List of frequently asked questions, 2018.
- KEILUWEIT, M.; NICO, P. S.; JOHNSON, M. G.; KLEBER, M. Dynamic Molecular Structure of Plant Biomass-Derived Black Carbon (Biochar). *Environmental Science & Technology*, v. 44, n. 4, p. 1247-1253, 15 Feb. 2010.
- LIMA, E. C.; SOPHIA, A. C. Removal of emerging contaminants from the environment by adsorption. *Ecotoxicology and environmental safety*, v. 150, p. 1-17, 2018.
- STACHURSKI, Z. H. On Structure and Properties of Amorphous Materials. *Materials*, p. 1564–1598, 15 set. 2011.
- WANG, H.; XU, J.; SHENG, L. Preparation of straw biochar and application of constructed wetland in China: A review. *Journal of Cleaner Production*, v. 273, p. 123131, 2020.