

# PRODUÇÃO DE BIOCARVÃO A PARTIR DO BAMBU GIGANTE (*DENDROCALAMUS GIGANTES*) PARA A REMOÇÃO DE CONTAMINANTES EM MEIO AQUOSO.

Lima, F. J. W.<sup>1</sup>, Costa, A. L. J. C.<sup>3</sup>, Valadares A.<sup>2</sup>, Ribeiro, C. J. A.<sup>2</sup>, Souza, L. B. S.<sup>2</sup>, Oliveira, R. G.<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>IFMG Campus Arcos, <sup>2</sup>IFMG Campus São João Evangelista, <sup>3</sup>Apoio Técnicos do Campus São João Evangelista, <sup>3</sup>Estudante de Iniciação Científica do IFMG Campus São João Evangelista, fabio.lima@ifmg.edu.br.

## Resumo

A retirada de contaminantes de efluentes aquosos é cada vez mais necessário principalmente devido as legislações ambientais mais vigorosas. Um dos caminhos é a utilização de adsorvente, mas os que estão disponíveis no mercado são produzidos a partir de derivados de olefinas e tem custos elevados. Uma das alternativas, é a utilização de biocarvão produzidos a partir de biomassa de crescimento rápido e de baixo custo. O objetivo desse trabalho é produzir biocarvão a partir do Bambu Gigante (*Dendrocalamus Goganteus*) uma fonte renovável e de baixo custo. Para realizar esse trabalho o Bambu Gigante (*Dendrocalamus Goganteus*) que é conhecido na região de São João Evangelista como “Bambu de Ponte” foi colhido no campus do IFMG, seco a sombra, e triturado em moinho de faca da ACB Labor, o biomaterial processado foi condicionado em um reator e pirolisado utilizando uma mufla com baixo fluxo de oxigênio o biocarvão obtido foi lavado a exaustão até o pH da água de lavagem estiver constante. As propriedades químicas dos biocarvões obtido foram determinadas utilizando espectroscopia de absorção na região do infravermelho (FT-IR) e o potencial de carga zero (pH<sub>pzc</sub>). As características físicas, área superficiais e volume de poros foram determinados por BET. A capacidade do biocarvão em remover contaminantes de fluidos aquosos foram realizados utilizando o azul de metileno como molécula modelo. Os resultados sugerem que o biocarvão produzido a partir do Bambu Gigante (*Dendrocalamus Goganteus*) tem potencial para retirar contaminantes do meio aquoso e com o acréscimo na temperatura de pirolise contata aumento significativo da área superficial do biocarvão.

**Palavras chaves:** biocarvão; bambu; renovável; baixo custo.

## Introdução

O desenvolvimento industrial e o crescimento da população contribuem para a contaminação da água e do ar atmosférico com resíduos que podem provocar vários danos à saúde humana. A utilização de adsorvente pode ser uma alternativa para descontaminar esses ambientes, mas esses produtos têm altos custos e são de fontes não renováveis. Um produto que está chamando a atenção são os biocarvões, que possuem propriedades superficiais que ajuda a capturar esses contaminantes. Outra vantagem dos biocarvões é que eles podem ser produzidos a partir de fontes de baixo custo e de fácil acesso (ODEGA et al., 2023).

Os Biocarvões podem ser produzidos a partir de diferentes fontes de biomassa, essas fontes são de origem lignocelulósica ou não lignocelulose. As fontes lignocelulósicas são: resíduos agroindustriais, florestais e resíduos sólidos gerados nas cidades “por exemplo resíduos de podas”. Sendo que, a biomassa de origem vegetal é a responsável por metade da biomassa lignocelulósica produzida sobre a superfície terrestre, cerca de  $1,7-2,0 \times 10^{11}$  toneladas. Já os resíduos não lignocelulose são os obtidos das sobras de processamentos de proteína animal, esterco produzidos em confinamentos de animais e o lodo de estações de tratamento de água (FAKAYODE et al., 2020).

No Brasil, a principal fonte de produção do biocarvão é o eucalipto uma fonte de lignocelulose vegetal. As suas cultivarias possuem ciclo de produção curto que varia de 5-7 anos, essa característica, colabora com a reciclagem de CO<sub>2</sub> e gera grande quantidade de biomassa. No país, a média de produção de eucalipto por hectare é de 38,9 m<sup>3</sup> uma das maiores do mundo e ocupa uma área de 7,53 milhões de hectares plantados (QUEIROZ et al., 2023). No entanto, o seu custo de produção tem sofrido elevações nos últimos anos principalmente devido ao preço das terras no Brasil (PEDERSOLI BORGES; COLODETTE; BORGES GOMES, 2018).

Um das fontes que está chamando a atenção por combinar estas características, baixo custo e elevada produção, é o bambu (ODEGA et al., 2023; SAHOO et al., 2021). O Bambu é uma gramínea perene e de rápido crescimento, cujo o ponto de maturação é de 2 a 4 anos (EMAMVERDIAN et al., 2020; BORGES et al., 2018; PEDRANGELO et al., 2020). As florestas de bambu podem estocar até quatro vezes mais carbono que as florestas convencionais e isso colabora na recuperação de solos pobres ( BORGES et al., 2018; “Frontiers in Ecol Environ - 2007 - Lehmann - Bio-energy in the black.pdf”, [s.d.];

ODEGA et al., 2023). Outro ponto importante é o volume de biomassa produzido que pode chegar a 50 m<sup>3</sup> hectare ano superior a produção nacional de eucalipto 38,9 m<sup>3</sup> (MARAFON et. al., 2019).

A produção de biocarvão a partir de biomassa de baixo custo e de fontes renováveis está despertando o interesse de muitos pesquisadores, pois pouco se sabe sobre a sua estabilidade e propriedades físico-químicas principalmente quando interagem com outros materiais. As propriedades físico-químicas dos biocarvões não são afetadas exclusivamente pela fonte de lignocelulose, mas também pelo tratamento termoquímico utilizado. Os tratamentos termoquímicos na produção de biocarvão são: pirólise, gaseificação e a carbonização instantânea (HUANG et al., 2024) (KUMAR et al., 2020).

O processo de pirólise é o mais utilizado na produção de biocarvão, ele ocorre pela decomposição térmica em altas temperaturas, 400 – 700 °C, da biomassa seca, na ausência ou com baixo fluxo de oxigênio. A pirólise também pode ser caracterizada pelas taxas e tempo de permanência nos patamares de aquecimentos. Quando se lida com as taxas de aquecimento, ela pode ser lenta de 5 a 7 °C/min, e com longos períodos de residência nos patamares intermediários e finais do processo de pirólise (KUMAR et al., 2020). Já no processo rápido cuja a taxa de aquecimento é maior que 200 °C/min o tempo de permanência nos patamares intermediários e finais são curtos (KUMAR et al., 2020).

Os parâmetros de aquecimento podem alterar as características de adsorção, os rendimentos e de forma indireta os custos de produção do biocarvão (HUANG et al., 2024). Considerando o processo de aquecimento, as propriedades físicas e químicas, os grupos funcionais, área superficial, volume e tamanho de poros da superfície do biocarvão também são modificadas. Essas modificações ocorrem durante o processo de pirólise, pois, no processo de aquecimento com o baixo fluxo ou em condições limitadas de oxigênio a desidratação, a degradação estrutural molecular da biomassa, afetará as morfologias e as propriedades químicas e físicas do biocarvão produzido (NGAMBIA et al., 2024).

Os estudos atuais sobre biocarvão estão focados na estrutura e propriedades físico-química de sua superfície. O biocarvão tem uma estrutura de micro e macro poros que lhe proporciona elevada área superficial (EAS) e diferentes grupos funcionais que determina as suas propriedades superficiais. As estruturas micro e macro porosas dos biocarvão estão diretamente relacionadas à temperatura de pirólise (TP), o aumento da TP, eleva o

pH, a porosidade, volume, área superficial e a capacidade de adsorção do biocarvão. Já o oxigênio (O) e o hidrogênio (H) são reduzidos quando aumenta o TP, enquanto, os níveis de carbono (C) e nitrogênio (N) aumentam gradualmente.

Durante séculos o biocarvão foi utilizado na agricultura como corretivo de solo devido a sua capacidade de estocagem de carbono, já que, ele retarda a oxidação química da biomassa impedindo a perda de carbono para a atmosfera (SAHOO et al., 2021). Mas, recentemente o biocarvão está chamando a atenção pela sua capacidade de sequestrar carbono da atmosfera, retirar poluentes das águas residuais e do ar atmosférico, principalmente aqueles que não são facilmente biodegradáveis ou tem tamanho de partículas muito pequenas (SAHOO et al., 2021).

A utilização do biocarvão permite substituir outros adsorventes produzidos a partir de combustíveis fósseis reduzindo os custos desse produto e o tornando mais ecologicamente correto. Isso levou a um interesse nas propriedades adsorptivas do biocarvão e à publicação com diversas aplicações

## **Resultados e discussões**

### **Rendimento do material**

#### **Carvão produzido a partir de bambu**

O rendimento do material foi calculado pela relação entre a massa de biocarvão e a massa de matéria-prima utilizada na produção. O rendimento dos biocarvoes foram mais elevados nos materiais produzidos em baixas temperaturas conforme mostradas (Tabela 1). O maior rendimento em baixas temperaturas podem ser atribuídos a pequena decomposição térmica das ligninas, celulosas, hemicelulosas e outros constituintes da estrutura do bambu. Já em temperaturas mais elevadas a decomposição ocorrem em maior extensão por isso foi constatado o baixo rendimento na produção de carvão ativado.

**Tabela 1:** Rendimento percentual do biocarvão em diferentes temperaturas.

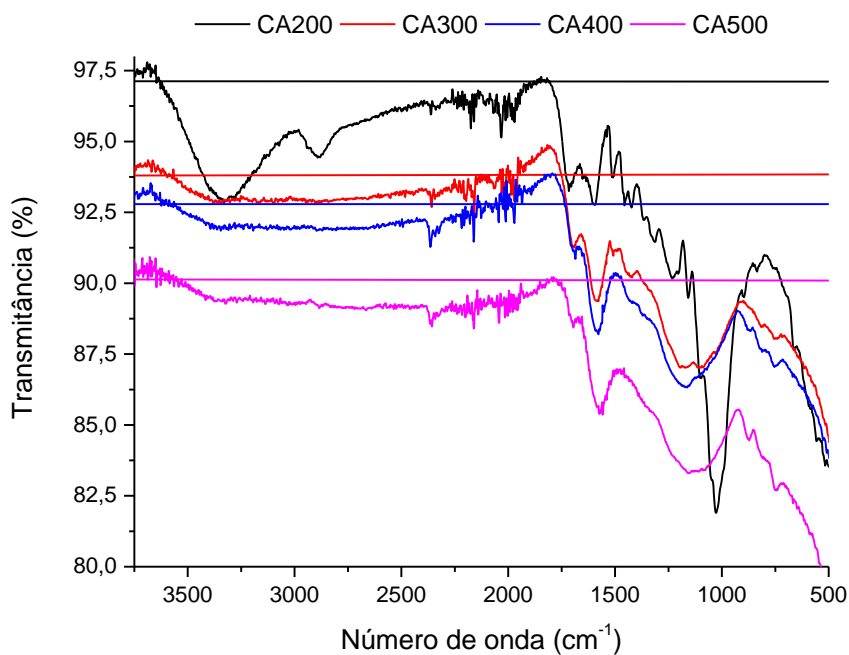
<b>Temperatura</b>	<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>Rendimento</b>
200 °C	5,51	3,59	65,10%
300 °C	6,44	2,22	34,51%
400 °C	5,37	1,38	25,67%
500 °C	5,17	1,12	21,59%

### **Caracterização química do biocarvão produzido.**

Na Figura 1 está apresentado os espectros do FT-IR dos biocarvões produzidos a partir do bambu foram analisadas as bandas entre  $4.000\text{ cm}^{-1}$  e  $500\text{ cm}^{-1}$ . No espectro de infravermelho, constata-se uma banda larga na região  $3.375\text{ cm}^{-1}$  atribuído ao estiramento do grupo O-H. Essa banda vai diminuindo de intensidade com o aumento da TP sugerindo a perda de oxigênio pelo material linocelulósico durante o processo de pirolise. Outra banda de interesse é em  $2.933\text{ cm}^{-1}$  (Figura 1) que pode ser atribuída a deformação axial C-H, ela desaparece com o aumento da TP sugerindo que o material de partida está perdendo hidrogênio durante a pirolise.

As bandas localizadas em  $1.750\text{ cm}^{-1}$  e  $1.625\text{ cm}^{-1}$  (Figura 1) podem ser atribuídas aos estiramentos C=C, essas bandas, estão mais intensas sugerindo que com o aumento do TP há o incremento do teor de carbono. Também constata o surgimento de uma banda de absorção em  $1.593\text{ cm}^{-1}$  que é referente a deformação C=O, essa banda pode ser a evidência da presença de carbonila conjugada a anéis aromáticos, essa característica pode sugerir que a superfície desse carvão possui características básicas.

A banda de absorção em  $1.250\text{ cm}^{-1}$  (Figura 1) pode estar relacionada as ligações C-O dos grupos ésteres, fenóis e hidroxilas presentes na superfície do material de partida (bambu), esses constituintes fazem parte da matriz celulósica. A banda intensa de adsorção em  $1.037\text{ cm}^{-1}$  (Figura 1) pode ser atribuída a deformação axial simétrica dos grupos C-O-C também pertencente aos grupos dos materiais de partida. Essa banda fica menos intensa quando a TP aumenta sugerindo a decomposição da matriz celulósica.



Na Tabela 2 são apresentados os valores do ponto de carga zero dos biocarvões produzidos nesse trabalho foi constatado que eles possuem características superficiais neutras. Mas o biocarvão produzido na TP de 500 °C tem o pH superficial mais elevado.

**Tabela 2:** Potencial de carga zero dos carvões ativados produzidos em diferentes temperaturas.

Temperatura de ativação (°C)	Biocarvão
200	5,95
300	7,2
400	6,82
500	7,31

## Caracterização física do biocarvão produzido

### Áreas superficiais medidas por BET.

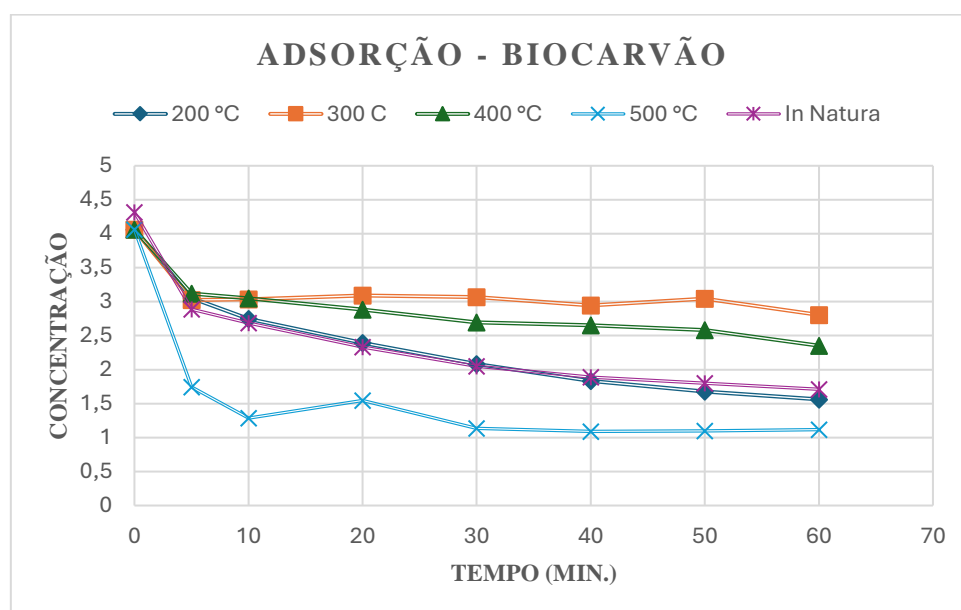
Na Tabela 3 estão as propriedades texturais dos biocarvões produzidos neste trabalho. Constata que a área superficial dos materiais produzidos em baixas TP são significativamente menores que os produzidos em TP mais elevadas.

**Tabela 3:** Áreas superficiais obtidas por BET dos biocarvões produzido nesse experimento.

	$S_{BET}$ (m <sup>2</sup> /g)	Volume de poros cm <sup>3</sup> /g
<b>Bambu</b>	0,381	0,000135
<b>CA 200</b>	0,74	0,000219
<b>CA 300</b>	14,32	0,006400
<b>CA 400</b>	36,52	0,017200
<b>CA 500</b>	310	0,143300

### Testes de adsorção química.

No gráfico 1, apresenta o decaimento de adsorção do azul de metileno, para os biocarvões produzidos entre as temperaturas de 200°C e 500°C.



Os testes de adsorção indicaram que o biocarvão produzido a 300°C foi menos eficiente na adsorção do corante quando comparado ao produzido na TP de 500 °C. A

maior capacidade de adsorção se deve a alta área superficial do biocarvão produzido conforme mostrado Tabela 3. Outro dado que chamou a atenção foi a capacidade adsorptiva do bambu *in-natura* sugerindo que o bambu pode ser utilizado sem o tratamento térmico reduzindo os custos e obtendo bons resultados.

## Conclusões

O biocarvão produzido a partir do Bambu Gigante (*Dendrocalamus Giganteus*) possui elevada área superficial quando produzido em temperaturas acima de 500 °C. Essa característica reflete na maior capacidade de adsorção do azul de metileno utilizado como molécula modelo. Isso sugere que o Bambu Gigante (*Dendrocalamus Giganteus*) pode ser uma fonte barata e abundante de biomassa para a produção de bi adsorvente na forma de biocarvão.

## Bibliografia

- BIBI, A. et al. Valorization of Agricultural Waste as a Chemiresistor H<sub>2</sub>S-Gas Sensor: A Composite of Biodegradable-Electroactive Polyurethane-Urea and Activated-Carbon Composite Derived from Coconut-Shell Waste. **Polymers**, v. 15, n. 3, p. 685, 29 jan. 2023.
- EMAMVERDIAN, A. et al. Application of Bamboo Plants in Nine Aspects. **The Scientific World Journal**, v. 2020, p. 7284203, 30 set. 2020.
- FAKAYODE, O. A. et al. Co-pyrolysis of lignocellulosic and macroalgae biomasses for the production of biochar – A review. **Bioresource Technology**, v. 297, p. 122408, fev. 2020.
- Frontiers in Ecol Environ - 2007 - Lehmann - Bio-energy in the black.pdf.** , [s.d.].
- HUANG, C. et al. Properties of biochars derived from different straw at 500°C pyrolytic temperature: Implications for their use to improving acidic soil water retention. **Agricultural Water Management**, v. 301, p. 108953, ago. 2024.
- KUMAR, A.; SAINI, K.; BHASKAR, T. Hydrochar and biochar: Production, physicochemical properties and techno-economic analysis. **Bioresource Technology**, v. 310, p. 123442, ago. 2020.
- MARAFON, A. C.; AMARAL, A. F. C.; LEMOS, E. E. P. D. Characterization of bamboo species and other biomasses with potential for thermal energy generation>. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, p. e55282, 2019.
- NGAMBIA, A.; MAŠEK, O.; ERASTOVA, V. Development of biochar molecular models with controlled porosity. **Biomass and Bioenergy**, v. 184, p. 107199, maio 2024.
- ODEGA, C. A. et al. Potential application and regeneration of bamboo biochar for wastewater treatment: A review. **Advances in Bamboo Science**, v. 2, p. 100012, 1 fev. 2023.

- PEDERSOLI BORGES, F.; COLODETTE, J. L.; BORGES GOMES, F. J.  
UTILIZAÇÃO DO BAMBU COMO MATÉRIA-PRIMA NA OBTENÇÃO DE  
POLPA CELULÓSICA VOLTADA À FABRICAÇÃO DE PAPEL DE  
EMBALAGEM SACKRAFT. **The Journal of Engineering and Exact  
Sciences**, v. 4, n. 4, p. 0405–0411, 23 out. 2018.
- PEDRANGELO, A. DE C. S. et al. POTENCIALIDADES DO MATERIAL BAMBU:  
UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia  
e Gestão (ISSN: 2525-4782)**, v. 5, n. 7, 6 dez. 2020.
- QUEIROZ, T. B. et al. Conteúdo volumétrico de água e crescimento do eucalipto em  
condições de solo e clima contrastantes. **Série Técnica IPEF**, v. 26, n. 48, p.  
162–165, 2023.
- REDDYGUNTA, K. K. R.; KUMAR, B. D. Biomass Activated Carbon Composites and  
Their Potential in Supercapacitor Applications: Current Trends and Future  
Perspectives. **Energy & Fuels**, v. 38, n. 12, p. 10560–10588, 20 jun. 2024.
- SAHOO, S. S. et al. Production and characterization of biochar produced from slow  
pyrolysis of pigeon pea stalk and bamboo. **Cleaner Engineering and  
Technology**, v. 3, p. 100101, jul. 2021.