

PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO A PARTIR DA PODA DE FLAMBOYANT (DELONIX REGIA): CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO

Letícia Pereira Cardoso¹, Thiago Minuzzi Batista², Sophia Almeida Alves³, Marcelo Mendes Pedroza⁴, Elaine da Cunha Silva Paz⁵, Claudia da Silva Aguiar Rezende⁶

¹Estudante do Curso Superior de Engenharia Agrônômica – IFTO. Bolsista do Programa de Iniciação Científica IFTO. e-mail: leticia.cardoso3@estudante.ifto.edu.br

²Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas para Internet – IFTO. voluntário(a). e-mail: thiago.batista4@estudante.ifto.edu.br

³Estudante do Curso Técnico em Administração Integrado ao Ensino Médio – IFTO. voluntário(a). e-mail: sophia.alves@estudante.ifto.edu.br

⁴Docente em Química– IFTO. Orientador(a). e-mail: mendes@ifto.edu.br

⁵Docente em Química– IFTO. Orientador(a). e-mail: elaine@ifto.edu.br

⁶Docente na área de Engenharia Ambiental– IFTO. Orientador(a). e-mail: claudia@ifto.edu.br

1 INTRODUÇÃO

O flamboyant (*Delonix regia*), árvore ornamental amplamente cultivada no Brasil, gera grandes volumes de resíduos devido à necessidade de podas frequentes (Paz et al., 2023). O aproveitamento dessa biomassa como matéria-prima para a produção de adsorventes tem se mostrado uma alternativa sustentável, especialmente por conter compostos funcionais capazes de interagir com poluentes orgânicos, como corantes sintéticos (Aravidhan et al., 2024).

A pirólise, processo termoquímico em atmosfera inerte, é uma rota eficiente para conversão desses resíduos em carvão ativado, favorecendo tanto a gestão de resíduos quanto o tratamento de efluentes (Bridgwater, 2012). Biomassas com alto teor de carbono e baixo teor de cinzas, como as de *Delonix regia*, apresentam bom desempenho nesse processo (Pedroza et al., 2023).

Diante disso, este estudo avalia a viabilidade de produção de carvão ativado a partir de resíduos de flamboyant, utilizando a pirólise como via tecnológica, com foco em sua aplicação ambiental e reaproveitamento de resíduos urbanos.

2 OBJETIVO

Investigar a viabilidade da poda de flamboyant (*Delonix regia*) como matéria-prima para a produção de carvão ativado por meio de um processo de pirólise controlada, avaliando rendimento, propriedades físico-químicas, otimização de parâmetros térmicos e potencial de aplicação como adsorvente em tratamentos ambientais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado foi o resíduo de poda de *Delonix regia* (flamboyant), coletado no município de Palmas–TO. Após a coleta, o material foi seco em estufa a 80 °C até peso constante e padronizado em tamanhos. As análises foram realizadas no Laboratório de Inovação e Aproveitamento de Resíduos e Sustentabilidade Energética (LARSEN), do IFTO – Campus Palmas. Os detalhes metodológicos adotados no processo experimental da produção e caracterização do carvão pirolítico estão descritos na Figura 1.

Figura 1. Evolução metodológica dos procedimentos realizados na pesquisa



Fonte: Autor (2025)

O processo pirolítico sucedeu em um reator de leito fixo de quartzo (100 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro externo) (figura 2), aquecido em regime de batelada por forno bipartido. A biomassa, previamente seca em estufa a 80 °C e fragmentada em pequenos pedaços foi submetida ao aquecimento na presença de vapor de água, que atuou como gás de arraste e transportou os produtos até o sistema de condensação.

O aquecimento ocorreu a 20 °C/min, permanecendo a 150 °C por 15 minutos e, em seguida, elevando-se até 650 °C, temperatura mantida por 30 minutos. O tempo total dos experimentos variou entre 45 e 60 minutos.

Figura 2. Reator



Fonte: Autor (2025)

Os parâmetros investigados e os métodos analíticos usados para caracterizar a biomassa e o carvão são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros investigados e os métodos analíticos usados para caracterizar a biomassa e o carvão.

Parâmetro medido	Método analítico	
Análise Imediata da biomassa (%)	Umidade	ASTM D 2415-66
	Material Volátil	Método ASTM D 2415-66
	Cinzas	Método ASTM D 2415-66
	Carbono Fixo	Norma ABNT NBR 829-1983
Análise Imediata do carvão (%)	Umidade	ASTM D 2415-66
	Material Volátil	Método ASTM D 2415-66
	Cinzas	Método ASTM D 2415-66
	Carbono Fixo	ASTM D 2415-66
	Umidade	Método ASTM D 2415-66
pHPCZ	Método dos 11 pontos (Park e Regalbutto)	
Número de Iodo - (I ₂)	NBR 12073:1991	

Fonte: Autor (2025)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 2. Resultados dos parâmetros analisados

Parâmetro	Biomassa (%)	Carvão 650°C (%)
Umidade	6,50	2,55
Material Volátil	87,6	24,6
Cinzas	2,0	3,42
Carbono Fixo	3,73	69,42
Densidade aparente g/mL	0,320	
pHpcz		8,00
Número de Iodo - (I ₂).		317,88

Fonte: Autor (2024)

Os resíduos de poda de *Delonix regia* apresentaram propriedades favoráveis para a conversão termoquímica, com alto teor de voláteis, o que indica boa reatividade para processos como a produção de carvão ativado (Maia, 2021). O teor de carbono fixo se aproximou dos 70%, valor considerado indicativo de biochar de alta qualidade (Yao et al., 2018).

A biomassa apresentou densidade aparente de 0,320 g/mL. Segundo Protásio et al. (2011), densidades mais altas favorecem o desempenho energético em aplicações térmicas.

O pH do ponto de carga zero (pHpzc) foi 8,0, caracterizando o carvão como moderadamente básico. Abaixo desse valor, favorece a adsorção de ânions; acima, de cátions, influenciando diretamente sua eficiência como adsorvente.

Apesar disso, o número de iodo obtido foi inferior ao valor mínimo de 600 mg/g exigido pela ABNT NBR 12073:1991, indicando que a ativação física empregada não gerou microporosidade adequada para aplicações mais exigentes.

Tabela 3. Melhores resultados do ensaio de adsorção do carvão

Exp.	Massa de carvão (g)	Concentração do corante (mg/L)	Absorbância do filtrado	Eficiência de remoção (%)	Razão de adsorção (mg/g)
4	1	100	0,153	98,9	2,95
5	0,5	60	0,043	99,4	3,57
8	0,75	100	0,109	99,2	3,95
10	0,75	60	0,105	98,7	2,35
11	0,75	60	0,130	98,4	2,34

Fonte: Autor (2025)

O maior valor de eficiência foi registrado no ensaio 5, com 99,4% de remoção, seguido pelo ensaio 8, com 99,2%. No entanto, ao considerar a razão de adsorção (mg/g), o ensaio 8 apresentou o melhor desempenho, alcançando 3,95 mg/g, evidenciando um uso mais eficiente do adsorvente em termos de corante removido por grama de carvão ativado. Observa-se ainda que o aumento da massa de carvão não garante melhor desempenho por unidade de massa, como demonstrado no ensaio 4, que utilizou 1,0 g de carvão e apresentou uma razão de adsorção inferior (2,95 mg/g). Assim, os dados indicam que a otimização da dosagem do adsorvente é crucial para maximizar a eficiência do processo, conciliando remoção total com o uso racional do material.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos confirmam que os resíduos de poda de *Delonix regia* possuem viabilidade para a produção de carvão ativado por pirólise, contribuindo para a valorização de biomassa urbana e o desenvolvimento de tecnologias ambientalmente sustentáveis.

O material produzido ainda possui limitações quanto à sua capacidade adsorviva, possivelmente relacionadas à ativação física utilizada, à estrutura porosa obtida ou à temperatura empregada.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao CNPq pelo fomento à pesquisa, ao IFTO pelo suporte institucional, aos integrantes do (LARSEN) pela colaboração durante a execução das análises, e ao professor Marcelo Mendes Pedroza pela orientação e apoio técnico ao longo do desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

ARAVINDHAN, S.; BHARATH KUMAR, G.; SARAVANAN, M.; ARUMUGAM, A. Delonix regia biomass as an eco-friendly biosorbent for effective Alizarin Red S textile dye removal: Characterization, kinetics, and isotherm studies. **Bioresource Technology Reports**, [S. l.], v. 25, p. 101721, 2024. DOI: 10.1016/J.BITEB.2023.101721.

BRIDGWATER, A. V. Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. **Biomass and Bioenergy**, [S. l.], v. 38, p. 68–94, 2012. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.01.048.

MAIA, Danielma Silva. Aproveitamento do carvão ativado obtido da casca de castanha de caju no processo de tratamento de águas cinzas. [S. l.], 2021. Disponível em: <http://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/3312>.

Paz, E.C.S., Paschoalato, C.F., Arruda, M.G., Silva, G.G., Santos, M.L.G., Pedroza, M.M., Oliveira, L.R.A. (2021) Production and characterization of the solid product of coconut pyrolysis. *Biomass Conversion and Biorefiner*.11, 1-13 p. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01561-3>

PEDROZA, Marcelo Mendes; SILVA, Alexandre Cotrin Da; BARROS, Pedro Alexandre Pinto Cerqueira; REZENDE, Cláudia da Silva Aguiar; LÔBO, Ranyere do Nascimento; ARRUDA, Matheus Gomes. PREPARAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO A PARTIR DA PIRÓLISE DE VAGENS DE FLAMBOYANT (Delonix regia). **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, [S. l.], p. 779–796, 2023. b. DOI: 10.22201/iingen.0718378xe.2023.16.3.83265.

PROTÁSIO, Thiago de Paula; ALVES, Isabel Cristina Nogueira; TRUGILHO, Paulo Fernando; SILVA, Vinícius Oliveira; BALIZA, Ana Elisa Rodarte. Compactação de biomassa vegetal visando à produção de biocombustíveis sólidos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 31, n. 68, p. 273, 2011. DOI: 10.4336/2011.pfb.31.68.273.

YAO, Zhiyi; YOU, Siming; GE, Tianshu; WANG, Chi Hwa. Biomass gasification for syngas and biochar co-production: Energy application and economic evaluation. **Applied Energy**, [S. l.], v. 209, p. 43–55, 2018. DOI: 10.1016/J.APENERGY.2017.10.077.