

# INVESTIGAÇÃO DAS FOLHAS DA ESPÉCIE FLORESTAL *Clitoria fairchildiana* R.A. HOWARD PARA A SUBSEQUENTE GERAÇÃO DE BIOCARVÃO ATRAVÉS DA PIRÓLISE LENTA EMPREGANDO ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA

Laiana S. Bacelar<sup>1</sup>; Murilo C. P. Marçal<sup>2</sup>; Cesário F. Virgens<sup>1</sup>

1. Programa de Pós-Graduação em Química Aplicada, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Universidade do Estado da Bahia, Rua Silveira Martins – 2555.
2. Universidade do Estado da Bahia, Curso de Licenciatura em Química, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Rua Silveira Martins – 2555.

**Palavras-Chave:** Síntese verde, pirólise lenta, análise térmica.

## Introdução

Nos últimos anos, processos variados de reaproveitamento podem ser aplicados com a finalidade de minimizar o impacto causado pela grande quantidade de resíduos urbanos. Dentre esses processos, pode-se destacar a pirólise lenta – processo de conversão termodinâmica para a formação de produtos de alto interesse comercial (Ordóñez, 2014). Diante disto, a espécie florestal *Clitoria fairchildiana* R.A. HOWARD foi investigada com a finalidade de avaliar, inicialmente os aspectos físico-químicos e termodinâmicos da folha para a subsequente geração de biocarvão, ressalta-se o estudo inédito diante da investigação desta espécie. Assim, neste trabalho, a folha da *Clitoria fairchildiana* foi caracterizada usando as técnicas convencionais do estado sólido, a fim de analisar os constituintes majoritários da biomassa, uma vez que, conhecendo os grupos presentes, o material torna-se uma possível alternativa para a geração de biocarvão e produção de energia.

## Material e Métodos

A metodologia adotada no presente trabalho foi dividida em duas etapas: coleta e tratamento da biomassa, seguida das caracterizações convencionas da Química do Estado Sólido.

### *Coleta e tratamento da biomassa*

As folhas da espécie *Clitoria fairchildiana* foram coletadas no primeiro bimestre de 2023, nas árvores às margens da reitoria da Universidade do Estado da Bahia, no *campus* I, na cidade de Salvador. O material foi lavado sucessivas vezes com água corrente, com o intuito de remover impurezas e resíduos sólidos associados à exposição urbana. Em seguida, o material foi deixado em banho com água ultrapura (Milli-Q), por um período de 2 horas. Todo o material foi seco em estufa por circulação de ar, a 50 °C, moído em moinho de facas e tamisado à granulometria de 30 mesh, gerando a amostra, com nomenclatura CF-N (*Clitoria fairchildiana* Natural).

### *Técnicas de caracterizações empregadas*

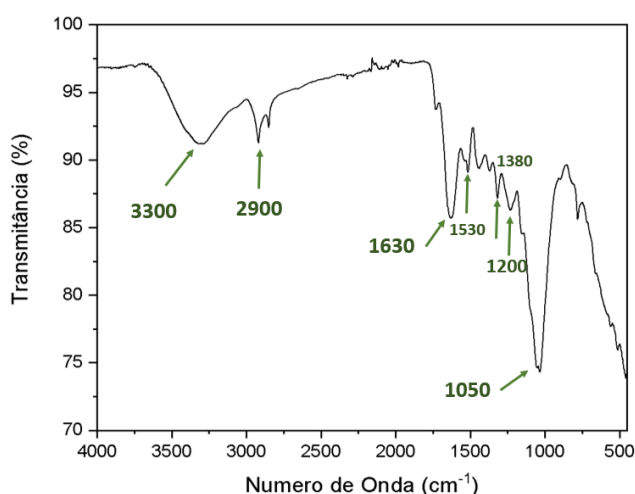
A biomassa natural foi caracterizada utilizando-se as técnicas de Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier, Difração de Raios X, Análise termogravimétrica e a sua derivada (TG/DTG). A análise de espectroscopia no infravermelho

foi realizada em um espectrômetro de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), modelo Spectrum 100 Perkin Elmer FT-IR, na faixa de  $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ . Os ensaios termogravimétricos (TG) foram realizados sob pressão atmosférica, utilizando um termoanalisador TG/DTA (modelo Shimadzu TA/60) empregando cerca de  $8,000 \text{ mg} \pm 0,001 \text{ mg}$  da amostra em atmosfera dinâmica de nitrogênio, com fluxo constante de  $50 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ , mantendo a atmosfera inerte. A análise foi realizada em quatro taxas de aquecimento, para avaliar o comportamento térmico da amostra  $\beta = (5/10/15/20) \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$ . A Difração de Raios X, foi realizada com fonte  $\text{CuK}\alpha$  ( $\lambda=1,5406 \text{ \AA}$ ) e varredura de  $10^\circ$  a  $80^\circ$  no equipamento XRD 6000 da Shimadzu.

## Resultados e Discussão

### *Análise no espectro do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)*

No espectro FTIR, Figura 1, observa-se a banda de  $3300 \text{ cm}^{-1}$ , atribuída a deformação axial da ligação O-H, associada à biopolímeros majoritários presentes na amostra, sendo eles: celulose, hemicelulose, lignina e pectina (Gnanasambandam, 2000). A banda em  $2900 \text{ cm}^{-1}$  é atribuída às vibrações C-H  $\text{sp}^2$  de alongamento dos ácidos alifáticos (Li, *et al.*, 2007), presente na pectina. O pico observado em  $1630 \text{ cm}^{-1}$ , pode ser atribuído às vibrações de alongamento das ligações de grupos carboxílicos (Guibavd, *et al.*, 2003), corroborando para a presença de pectina e as bandas em  $1530$  e  $1380 \text{ cm}^{-1}$  correspondem às vibrações assimétricas e simétricas de C=O de grupos carboxílicos. A vibração de grupos ácidos alifáticos no pico de  $1200 \text{ cm}^{-1}$  pode ser atribuída a deformação de grupos C=O e ao alongamento de formação de grupos –OH de ácidos carboxílicos e fenóis. Os picos observados na região de  $1050 \text{ cm}^{-1}$  são referentes a vibração de alongamento de C-OH de álcoois e ácidos carboxílicos (Guibavd, *et al.*, 2003), confirmando a presença de lignina da amostra.

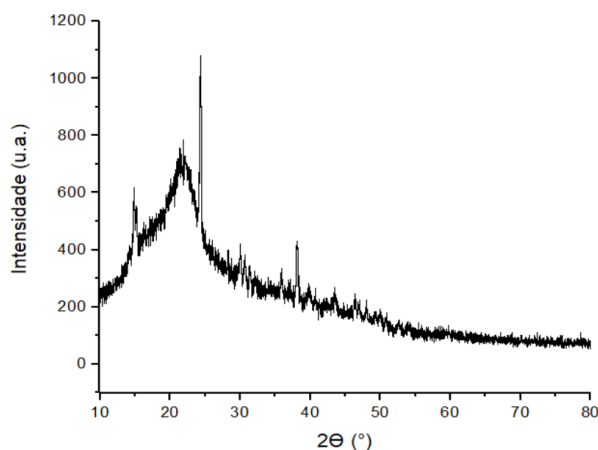


**Figura 1** – Espectro FTIR da amostra CF-N

### *Análise da Difração de Raios-X da biomassa*

Ao observarmos o difratograma gerado da amostra CF-N, Figura 2, evidenciamos a presença da celulose I em  $2\theta = 21^\circ$  quando comparada com as fichas cristalográficas (Muley, *et al.*, 2016), apresentando um padrão de halos amorfos, influenciando diretamente nas suas propriedades. Acredita-se que com um tratamento básico na amostra natural, como já realizado no grupo de pesquisa, pode conduzir o halo amorfo na região de  $2\theta = 20-30$ , à

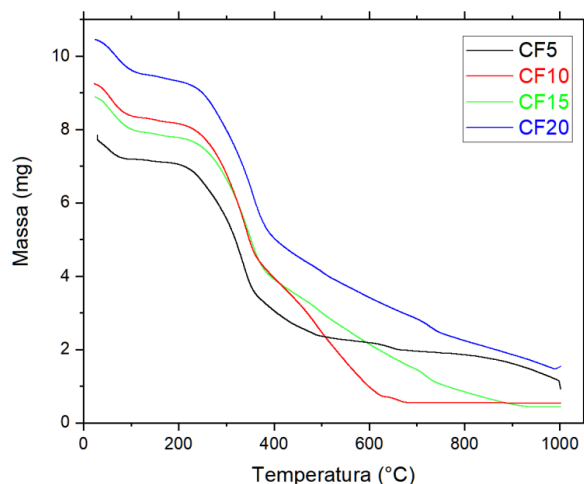
estabilidade da fase e, possivelmente, à uma mudança de fase, conduzindo a cristalinidade da celulose do tipo II.



**Figura 2** – Espectro DR-X da amostra CF-N

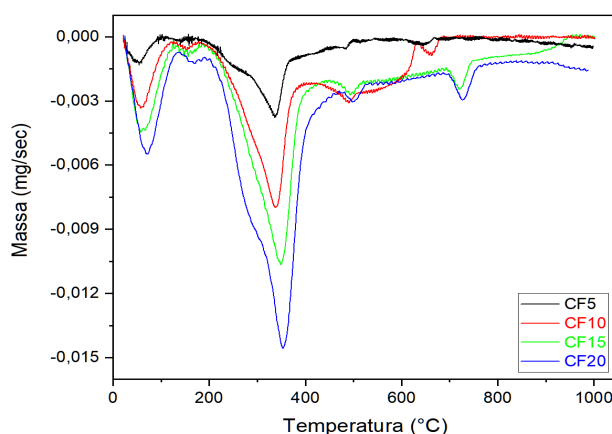
#### *Análise termogravimétrica (TGA) da amostra CF-N*

O termograma da Figura 3, apresenta um comportamento térmico nas taxas de aquecimento  $\beta = (5/10/15/20) \text{ } ^\circ\text{C min}^{-1}$ . Os termogramas revelam um perfil de decomposição térmica de perda de massa com aumento da temperatura nas diferentes taxas de aquecimento, onde pode-se notar alteração na conformidade à medida que elevamos a taxa de aquecimento, isso pode ser atribuído a heterogeneidade da biomassa. Verifica-se ainda que, ao aumentarmos a taxa de 5 para  $10 \text{ } ^\circ\text{C min}^{-1}$  fica evidente que a estabilidade térmica passa a ser mais favorável, conduzindo uma melhor cinética de decomposição da biomassa. Na Figura 4, o DTG confirma essas perdas de massa, onde o primeiro intervalo com decaimento de massa entre  $25\text{-}200 \text{ } ^\circ\text{C}$ , refere-se a perda de umidade, como os voláteis comuns nos materiais lignocelulósicos, como pode ser evidenciado no FTIR – Figura 1, no número de onda  $3300 \text{ cm}^{-1}$ , tal como parte do processo de decomposição térmica da celulose. Nos intervalos aproximados entre  $250 \text{ } ^\circ\text{C}$  a  $400 \text{ } ^\circ\text{C}$ , ocorre o início da decomposição da lignina, a degradação da hemicelulose e pectina, é possível também observar a presença da celulose, em concordância com os resultados obtidos. Podemos inferir que no intervalo de  $600\text{-}750 \text{ } ^\circ\text{C}$  ocorre a degradação da lignina, uma vez que é uma molécula altamente complexa e a sua decomposição ocorre em uma ampla faixa de temperatura. Uma vez que a técnica de TG é um conversor pirolítico, podemos inferir que neste mesmo intervalo ( $600\text{-}750 \text{ } ^\circ\text{C}$ ), ocorre a conversão térmica da biomassa em carvão, seguida de uma pseudofase estacionária até  $1000 \text{ } ^\circ\text{C}$  (Antunes, 2020).



**Figura 3** – Curva TG da amostra CF-N,  $\beta = (5/10/15/20) \text{ } ^\circ\text{C min}^{-1}$

O perfil DTG, Figura 4 evidencia dois picos referentes a decomposição dos principais componentes presentes na amostra e, portanto, a geração de bioprodutos como gases e sólidos. É observado uma padronização encontrada em materiais lignocelulósicos, sendo esta, a degradação da hemicelulose nos intervalos de 200-370 °C, decomposição de lignina e celulose dentre 250-400 °C e degradação da lignina em uma ampla faixa, superior a temperatura de 420 °C, como já discutido no TG (Figura 3). Outrossim, observa-se uma homogeneização maior presente nos picos, a decomposição da celulose e formação do bioproduto sólido também ocorrem mais rapidamente, como esperado. É nítido a presença de eventos térmicos em temperaturas acima de 400 °C à decomposição da lignina (Paulino, 2022), e um pico acentuado causado pela decomposição da celulose em gases condensáveis como metanol, ácido acético e os gases CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>.



**Figura 4** - Curva (DTG) da amostra CF-N,  $\beta = (5/10/15/20) \text{ } ^\circ\text{C min}^{-1}$

## Conclusões

As investigações realizadas na espécie *Clitoria fairchildiana* R. A. Howard sugeriram que, quando  $\beta = 10 \text{ } ^\circ\text{C min}^{-1}$  a estabilidade térmica passa a ser mais favorável dentre as faixas estudadas, conduzindo uma melhor cinética de decomposição. Ficou evidenciando ainda que dentre os constituintes majoritários da biomassa, destaca-se a lignina, sendo o principal

contribuinte para geração de carvão em processos pirolíticos, indicando que a biomassa é promissora para ser empregada na unidade de pirólise instalada no grupo de pesquisa.

### **Agradecimentos**

A CAPES, pela concessão da bolsa de Mestrado ao Programa de Pós-graduação em Química Aplicada pela infraestrutura concedida.

### **Referências**

- ANTUNES, I. (2020). Biocarvão gerado através da pirólise lenta do quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench): **Caracterização e desempenho catalítico na redução do cristal de violeta**. Tese de mestrado, Universidade do Estado da Bahia.
- GNANASAMBANDAM, R.; Protor, A. (2000). Adv. **Food Biochem.** 68, 327.
- GUIBAVD, G.; TIXIER, N.; BOUJU, A.; BAUDU, M. (2003). **Chemosphere**, 52, 1701.
- LI, F. T., Yang, H., Zhao, Y., Xu, R. (2007). Chin. **Chem. Lett.** 18, 325.
- MULEY, P. D. et al. (2016). A critical comparison of pyrolysis of cellulose, lignin, and pine sawdust using an induction heating reactor. **Energy Conversion and Management Baton Rouge**, n. 117, p. 273–280.
- ORDÓÑEZ, Y. J. R.; TANNOUS, K. (2014). **Estudo Cinético da Pirólise de Biomassas Mediante o Método das Reações Paralelas Independentes**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas.
- PAULINO, A. (2022). Investigação da eficiência dos precursores (nitrito, sulfato e cloreto) para a geração de óxido simples mediado pelo extrato da biomassa - *Clitoria fairchildiana* R. A. HOWARD. Tese de mestrado, Universidade do Estado da Bahia.