

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E TÉRMICA DA BIOMASSA DE TUCUMÃ (*Astrocaryum tucuma*) PARA APLICAÇÃO COMO PRECURSOR DE SUPERCAPACITORES

Pedro Henrique Biasi Frigo¹; Guilherme Luiz Dotto²; Gabriela Carvalho Collazzo³.

¹Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS.

²Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS.

³Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS.

PALAVRAS-CHAVE: Biomassa amazônica. Materiais de carbono. Armazenamento de energia.

ÁREA TEMÁTICA: Engenharia de Materiais / Biomassa

DOI: 10.47094/IIICOBRAP.2026/RE/8

INTRODUÇÃO

A crescente demanda global por dispositivos eficientes de armazenamento de energia impulsionou o desenvolvimento de supercapacitores, os quais se destacam pela alta densidade de potência, rápida taxa de carga/descarga e elevada vida útil operacional. O desempenho eletroquímico desses dispositivos depende fundamentalmente da área superficial específica, porosidade e condutividade elétrica do material eletrodico, comumente constituído por estruturas carbonosas porosas.

Nesse contexto, a conversão de biomassas residuais em carbonos ativados representa

uma rota sustentável e de baixo custo para a produção de eletrodos de alto desempenho.

O tucumã (*Astrocaryum tucuma*), espécie abundante na região amazônica, gera um expressivo volume de resíduos lignocelulósicos a partir do seu processamento. A estrutura macromolecular desses resíduos — composta por celulose, hemicelulose e lignina — associada ao seu teor lipídico e orgânico, confere à matriz potencial relevante para conversão em materiais carbonosos com porosidade desenvolvida. No entanto, o direcionamento adequado do processo de ativação química ou física e o rendimento em carbono exigem uma compreensão detalhada da composição centesimal, do arranjo cristalino e do perfil de degradação térmica da biomassa in natura. Assim, este trabalho avalia as propriedades físico-químicas e térmicas da biomassa de tucumã focando na sua viabilidade como precursor para a síntese de matrizes de carbono aplicáveis em supercapacitores.

OBJETIVO

Caracterizar a biomassa de tucumã (*Astrocaryum tucuma*) quanto à sua composição centesimal (lipídeos e proteínas), estrutura cristalina e estabilidade térmica, avaliando seu potencial como precursor sustentável para a fabricação de materiais carbonosos destinados a eletrodos de supercapacitores.

METODOLOGIA

Esta pesquisa enquadra-se como um estudo de abordagem quantitativa, de natureza aplicada, com objetivos descritivos e procedimento experimental. As amostras de biomassa de tucumã foram submetidas a processos mecânicos de secagem, moagem e padronização granulométrica. A caracterização centesimal para determinação do teor de lipídeos e proteínas foi executada por extração com solventes e quantificação de nitrogênio total.

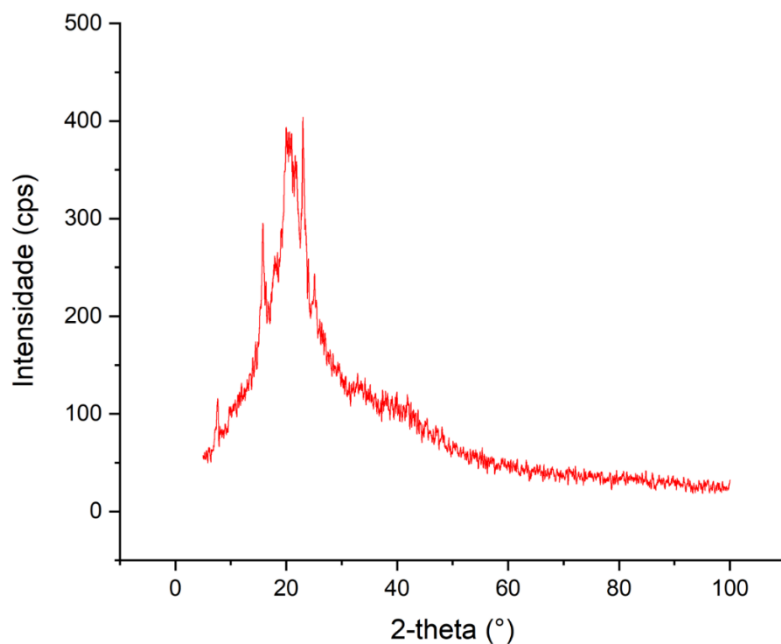
A estrutura cristalina dos componentes lignocelulósicos foi analisada por Difração de Raios-X (DRX) em difratômetro Rigaku MiniFlex, utilizando radiação Cu-K α ($\lambda = 1,5418$ Å), com varredura angular 2θ compreendida entre 5° e 100° , em um passo de $0,03^\circ$. O comportamento térmico e a taxa de perda de massa foram determinados por Análise Termogravimétrica (TGA) e Termogravimetria Derivada (DTG). Os ensaios térmicos foram conduzidos sob atmosfera inerte de nitrogênio (N₂) a uma vazão de 50 mL/min, com razão de aquecimento de $25^\circ\text{C}/\text{min}$, partindo da temperatura ambiente até 800°C . Os dados obtidos foram processados para identificação das faixas de degradação dos biopolímeros e determinação do rendimento em resíduo carbonoso (biochar).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise centesimal da biomassa in natura de tucumã revelou teores de 20,05% de lipídeos e 5,91% de proteínas. O elevado teor de frações orgânicas volatilizáveis e a presença de macromoléculas heterogêneas influenciam diretamente as etapas operacionais de carbonização. A extração prévia ou a pirólise direta dessas frações orgânicas podem induzir a formação de meso e microporos adicionais na matriz carbonosa, característica essencial para maximizar a capacitância de dupla camada eletrostática (EDLC) em supercapacitores.

A Figura 1 apresenta o difratograma de Raios-X (DRX) obtido para a biomassa. Observa-se um halo amorfo proeminente, associado à presença de lignina e hemicelulose, sobreposto por picos de difração bem definidos localizados em $2\theta \approx 16^\circ$ (atribuídos ao recobrimento dos planos 110 e $1\bar{1}0$) e $2\theta = 20,94^\circ$ (correspondente ao plano 200). Esse padrão cristalino é característico da Celulose Tipo I. A preservação do arranjo celulósico ordenado favorece o direcionamento estrutural durante o tratamento térmico, permitindo a formação de redes grafíticas ordenadas em microescala após processos de ativação e carbonização.

Figura 1: Difratoograma de Raios-X (DRX) da biomassa de tucumã (*Astrocaryum tucuma*).



Fonte: Autores (2026)

O perfil de decomposição térmica obtido por TGA/DTG (Tabela 1) demonstrou três estágios operacionais nítidos de perda de massa sob atmosfera inerte. O primeiro estágio (< 120 °C) apresentou perda de aproximadamente 15%, referente ao desprendimento de umidade absorvida e compostos voláteis de baixo peso molecular. O segundo estágio, situado entre 200 °C e 400 °C, concentrou a maior taxa de degradação da biomassa, com um ombro proeminente em torno de 300 °C relativo à despolimerização da hemicelulose e um pico máximo de decomposição a 370 °C atribuído ao rompimento das cadeias de celulose.

Tabela 1: Estágios de decomposição térmica (TGA/DTG) e rendimento do resíduo para a biomassa de tucumã.

Estágio Térmico	Faixa de Temperatura (°C)	Evento Principal	Mecanismo / Componente
1º Estágio	25 – 120	Perda de massa (~15%)	Evaporação de água e voláteis levemente ligados
2º Estágio	200 – 400	Degradação ativa (Pico a 370 °C)	Descomposição de hemicelulose (300 °C) e celulose (370 °C)
3º Estágio	> 400	Degradação passiva lenta	Decomposição lenta da lignina e devolatilização avançada
Resíduo (800 °C)	800	Rendimento de Biochar (14,8%)	Estrutura carbonosa fixa e frações inorgânicas (cinzas)

Acima de 400 °C, ocorre o terceiro estágio, caracterizado pela lenta degradação da lignina e pela reestruturação aromática do material. A 800 °C, a biomassa manteve um rendimento de resíduo carbonoso (biochar) de 14,8%. Esse valor de rendimento, somado à estabilidade térmica observada após 500 °C, válida a eficiência do tucumã para conversão via pirólise. A fração fixa obtida serve de precursor ideal para processos subsequentes de ativação (ex.: com KOH ou H₃PO₄), visando a geração de superfícies altamente porosas com elevada condutividade e capacidade de transporte iônico para aplicação em supercapacitores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização da biomassa de tucumã comprovou sua viabilidade técnica para a síntese de materiais de carbono aplicáveis no armazenamento de energia. A presença de Celulose Tipo I devidamente identificada por DRX e a estabilidade térmica observada via TGA/DTG — com rendimento de biochar de 14,8% a 800 °C — confirmam a presença de uma matriz estável para conversão termoquímica. O processamento dessa biomassa biomaterial surge como uma alternativa promissora e ecologicamente sustentável para a fabricação de eletrodos de supercapacitores de baixo custo, agregando valor aos resíduos da região amazônica.

PRINCIPAIS REFERÊNCIAS

CANOBBI, A. et al. **Biomass-derived porous carbon materials for supercapacitor applications: A review**. Journal of Energy Storage, v. 45, p. 103766, 2022.

HALL, M. P. et al. **Thermal degradation kinetics and structural characterization of Amazonian biomass residues**. Bioresource Technology, v. 310, p. 123411, 2020.

MARINHO, B. A. et al. **Valorization of Amazonian fruit residues into activated carbon for electrochemical energy storage**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 152, p. 111680, 2021.