

Prospecção química de resíduos do processamento do tucumã para fins de produção de etanol de segunda geração

Luiza Lana Henrique de Carvalho ^a, Luís Gustavo Batista de Almeida^a, Filipe Soares de Freitas ^b, Flávio Augusto de Freitas ^c, Lílian de Araujo Pantoja ^d e Alexandre Soares dos Santos ^e

^aEstudante de Engenharia Química da UFMG, nível graduação. E-mail: luiza.lana@ufvjm.edu.br

^bEstudante do Programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis da UFMG, nível doutorado. E-mail: filipe.soares@ufvjm.edu.br

Gerente/Pesquisador do Centro de Bionegócios da Amazônia. E-mail: flaviofreitas@fuea.org.br

^dProfessora do Instituto de Ciência e Tecnologia da UFMG. E-mail: l.pantoja@ufvjm.edu.br

^eProfessor do Departamento de Ciências Básicas da UFMG. E-mail: alexandre.soares@ufvjm.edu.br

1

Resumo: O tucumã é uma palmeira endêmica da região Norte do Brasil com frutos usados como alimento pela população local. Por apresentar endosperma rico em óleo, é cogitada como possível biomassa para produção de cosméticos e biodiesel. Uma eventual exploração comercial do tucumã para a extração de óleos gerará grandes quantidades de resíduos, especialmente formados por cascas, tortas, farelos e endocarpo. Neste trabalho foi avaliada a composição de celulose, hemicelulose e lignina em amostras de casca e a torta do tucumã. A torta de tucumã apresentou cerca de 50% de celulose + hemicelulose, enquanto na casca foi observado cerca de 30% dos polissacarídeos combinados. Esses resultados permitem considerar o uso de tais resíduos para a produção de etanol 2G.

Palavras-chave: Amazonas, *Astrocaryum aculeatum*, Biocombustíveis, Bioetanol, Celulose.

1 - Introdução

A conversão de biomassas lignocelulósicas em etanol de segunda geração (2G) é uma rota cuja sustentabilidade depende da origem e composição química da biomassa de escolha. Por este motivo é importante que seja avaliada a composição da biomassa, com destaque para os teores de celulose e hemicelulose presentes nas paredes das células vegetais, pois serão esses polissacarídeos os portadores de unidades de hexoses (C6) e pentoses (C5) que poderão ser convertidos em etanol (Majaba et al., 2023).

A celulose é um homopolissacarídeo formado por unidades de D-glicose conectadas por

ligações glicosídicas do tipo β -1,4. A hemicelulose é um heteropolissacarídeo formado pela conexão de diferentes pentoses e hexoses, entre as quais: D-xilose, L-Arabinose, D-manose, L-galactose e D-Glicose (Huang et al., 2021).

Além da hemicelulose e celulose, a biomassa lignocelulósica também apresenta quantidade significativa de lignina. Esta, é um polímero formado por unidades fenólicas. A lignina, quando removida e recuperada, pode ser usada para geração de energia ou destinada para processos químicos.

A Amazônia apresenta uma grande diversidade de Arecáceas e uma delas é a palmeira de tucumã. Nativa do estado do Amazonas, a palmeira também é encontrada no Acre, Rondônia,

Pará, Roraima e Mato Grosso e presente em países sul-americanos como Peru, Venezuela, Colômbia, Guianas e Bolívia (Cavalcante, 1991; Kahn e Millán, 1992). Ela ocorre em florestas de terra firme, vegetação secundária, savanas, pastagens e roçados, ela também possui tolerância a solos pobres e degradados (Fao, 1987).

A exploração do tucumã está associada principalmente ao uso da polpa do fruto como alimento humano. Entretanto, sua amêndoa possui entre 40 a 50% de óleo (peso seco) que pode ser usado pela indústria farmacêutica, alimentícia ou para a produção de biocombustíveis (Yoshikawa T. et al., 2019). Além do óleo, a exploração comercial do tucumã pode gerar vários resíduos ou coprodutos que podem e devem receber destinação que lhes agregue valor. Na cidade de Manaus, no estado do Amazonas, estima-se que o consumo do tucumã gere cerca de 22 toneladas de resíduos de tucumã por mês (Didonet et al., 2012). Entre os resíduos do consumo da polpa do tucumã e, eventualmente, do óleo da amêndoa, estão as cascas, os caroços, o endocarpo e a torta da amêndoa. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo caracterizar a casca e a torta de tucumã visando sua possível utilização para a produção de etanol de segunda geração.

2 - Material e Métodos

As amostras tiveram origem no estado do Amazonas e foram previamente secas e trituradas nas dependências do Centro de Bionegócios da Amazônia, Manaus, AM. Os ensaios de caracterização química foram realizados no Laboratório de Caracterização de Biomassas Energéticas da UFMG, em Diamantina, MG.

As análises de umidade e cinzas totais foram feitas de acordo com protocolos do Instituto Adolf Lutz (IAL, 2008). As determinações de celulose, hemicelulose e lignina foram realizadas com base no que foi proposto por Van Soest (1963). Todos os ensaios

foram realizados em triplicata e expressos em porcentagem.

Umidade

Os teores de umidade foram obtidos a partir de 3,0 g de amostras transferidas para placas de petri previamente desumidificadas a 105°C com peso conhecido e levadas à estufa para secagem a 105°C até peso constante. Os resultados foram calculados a partir da equação 1.

$$U = \frac{(Mau - Mas)}{Ma} \times 100 \quad (1).$$

U = teor de umidade (%).

Mau = massa da amostra úmida (g).

Mas = massa da amostra seca (g).

Ma = massa da amostra (g).

Cinzas totais

O teor de cinzas foi determinado a partir de 0,500 g de amostra que foram transferidos para cadinhos de porcelana previamente calcinados e com peso conhecido e então levada para a mufla a 550°C por 5 horas. Após resfriamento das amostras para temperaturas entre 100 e 150°C, os cadinhos foram transferidos para um dessecador e então pesados. Os resultados foram expressos a partir na equação 2.

$$CZ = \frac{(Mcc - Mcv)}{Ma} \times 100 \quad (2).$$

CZ = teor de cinzas (%).

Mcc = Massa do cadinho com as cinzas (g).

Mcv = Massa do cadinho vazio (g).

Ma = Massa da amostra (g).

Fibras em detergente ácido

Para a determinação do teor de fibra em detergente ácido foram transferidos 0,2500 g de amostra para tubos digestores de 25 x 250 mm, adicionado 20 mL de solução detergente ácido e então postos em um bloco digestor por 60 minutos a 110°C, após este tempo as amostras foram

filtradas e lavadas com água destilada quente ($95\pm 1^\circ\text{C}$) em cadinhos de Gooch com peso conhecido. Depois da lavagem foi deixado escorrer 30 mL de acetona para retirada total de lipídeos e resto de solução detergente, então as amostras foram levadas para a estufa a 105°C para secagem e depois foram pesadas. O teor da fibra foi calculado através da equação 3.

$$FDA = \frac{(Mfr - Mfv)}{Ma} \times 100 \quad (3).$$

FDA = teor de fibra em detergente ácido (%).

Mfr = Massa do cadinho com o resíduo insolúvel (g).

Mfv = Massa do cadinho vazio (g).

Ma = Massa da amostra (g).

Fibras em detergente neutro

Os teores de fibra em detergente neutro foram determinados a partir de 0,2500 g de amostras pesadas em tubos de digestão de 25 x 250 mm, em seguida foram adicionados aos tubos 0,25 g de sulfito de sódio, 25 mL de solução de detergente neutro e 50 μL de alfa amilase termoestável comercial (Termamyl 120L). Os tubos foram submetidos à digestão em bloco digestor, por um período de 60 minutos a 110°C . O material digerido foi posteriormente filtrado em cadinhos filtrantes tipo Gooch, previamente desumidificados e com peso conhecido. As amostras resultantes da filtração foram lavadas com água destilada quente ($95\pm 1^\circ\text{C}$) até não haver formação de espuma. Em seguida as amostras foram lavadas com 30 mL de acetona, para retirada dos resíduos do detergente e lipídeos. Após escoada toda a acetona, os filtros contendo as amostras foram submetidos à secagem em estufa a 105°C até que fosse observado peso constante. Os teores de fibra em detergente neutro foram calculados conforme a equação 4.

$$FDN = \frac{(Mfr - Mfv)}{Ma} \times 100 \quad (4).$$

FDN = teor de fibra em detergente neutro (%).

Mfr = Massa do cadinho com o resíduo insolúvel (g).

Mfv = Massa do cadinho vazio (g).

Ma = Massa da amostra (g).

Celulose

Os teores da fração celulose foram determinados a partir dos materiais provenientes da análise de FDA. Aos cadinhos com amostras resultantes do FDA foram adicionados 30 mL de ácido sulfúrico 72% (p/p) e com o auxílio de um bastão de vidro homogeneizou-se a mistura. Em seguida, após total escoamento do ácido, os cadinhos foram lavados com água destilada quente (95 ± 1) para remoção completa do ácido. Os cadinhos foram submetidos à secagem em estufa a 105°C até peso constante, sendo posteriormente resfriados em dessecador e pesados. O teor de celulose foi determinado pela diferença de peso dos cadinhos antes e depois da digestão das amostras com solução de ácido sulfúrico 72%. Os resultados foram calculados de acordo com a equação 5.

$$Cel = \frac{(Mfa - Mfv)}{Ma} \times 100 \quad (5).$$

Cel = teor de celulose (%).

Mfa = massa do cadinho com a FDA antes da adição do ácido (g).

Mfd = massa do cadinho com amostra digerida depois da adição do ácido (g).

Ma = massa da amostra (g).

Lignina em detergente ácido

Os teores de lignina foram determinados a partir das amostras remanescentes da análise celulose. As amostras contidas nos cadinhos de Gooch foram incineradas em mufla a 550°C por um período de cinco horas. Ao final desse tempo, a mufla foi desligada e aguardou-se o resfriamento dos cadinhos até 100°C , e posteriormente os transferiu para dessecador até que fosse alcan-

çada temperatura ambiente ($25\pm 2^\circ\text{C}$). Os cadinhos foram pesados e os resultados calculados conforme a equação 6.

$$LDA = \frac{(Mfa - Mfd)}{Ma} \times 100 \quad (6).$$

LDA = teor de lignina (%).

Mfa = massa do cadinho proveniente da análise de celulose (g).

Mfd = massa do cadinho com amostra incinerada (g).

Ma = massa da amostra (g).

Hemicelulose

Os teores de hemicelulose foram determinados a partir da diferença entre os valores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). Os resultados foram calculados de acordo com a equação 7.

$$Hem = FDN - FDA \quad (7).$$

Hem = teor de hemicelulose (%).

FDN = teor de fibra em detergente neutro (%).

FDA = teor de fibra em detergente ácido (%).

3 - Resultados e Discussão

A tabela 1 apresenta os resultados encontrados a respeito da composição química das amostras trabalhadas.

Tabela 1: Composição química da torta de tucumã e casca de tucumã.

Análise	Torta de Tucumã	Casca de Tucumã
Umidade	8,0553	8,0467
Celulose	33,9381	25,0127
Hemicelulose	16,9230	4,5498
Lignina	17,2022	32,6451
Cinzas	4,2094	1,9476

Os percentuais de celulose e hemicelulose na torta de tucumã foram superiores aos encontrados na casca de tucumã (Tabela 1).

A torta de tucumã apresentou cerca de 50% de celulose e hemicelulose somadas. Já a casca do tucumã, apresentou 30% desses dois polissacarídeos combinados.

O teor de cinzas encontrado na torta de tucumã foi o dobro do valor presente na casca. As cinzas representam a fração mineral, e podem ser úteis como nutrientes para os micro-organismos da fermentação alcoólica (Changmai B. et al., 2020).

Ambas as biomassas apresentaram alta quantidade de lignina com a casca de tucumã apresentando valores maiores que os relatados por Eleda Xavier, 2012 e Kymberly, 2023.

4 - Conclusões

Tanto a torta quanto a casca de tucumã apresentaram quantidades relevantes de celulose. A torta de tucumã apresentou percentual significativo de hemicelulose. Os resultados mostram que os resíduos avaliados apresentam potencial relevante para a produção de etanol de segunda geração. Teoricamente, a conversão completa das frações de celulose e hemicelulose da torta de tucumã e da casca de tucumã, poderiam render perto de 350L e 210L de etanol, respectivamente, por tonelada de material seco.

5 - Agradecimentos

O presente trabalho foi com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT-UFVJM), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil

(CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

6 - Referências

BASE DIGITAL. Lignina: o que é e como produzir produtos de alto valor agregado a partir dela. Disponível em: <<https://www.raizen.com.br/blog/lignina>>.

CHANGMAI, B. et al. Widely used catalysts in biodiesel production: a review. **RSC Advances**, v. 10, n. 68, p. 41625–41679, 2020.

HUANG LZ, MA MG, JI XX, CHOI SE, Si C. Recent Developments and Applications of Hemicellulose from Wheat Straw: A Review. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, vol. 9, 2021, <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.690773>.

Instituto Adolph Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008. 1020 p.

MUJTABA, M. et al. Lignocellulosic biomass from agricultural waste to the circular economy: a review with focus on biofuels, biocomposites and bioplastics. **Journal of Cleaner Production**, v. 402, p. 136815, maio 2023.

SANTOS, K. **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APLICAÇÃO INDUSTRIAL DE SUBPRODUTOS DA CADEIA PRODUTIVA DAS PALMEIRAS AMAZÔNICAS AÇAÍ (*Euterpe oleracea*), TUCUMÃ DO AMAZONAS (*Astrocaryum aculeatum*) E TUCUMÃ DO PARÁ (*Astrocaryum vulgare*)**. Universidade Federal de Viçosa: [s.n.].

Van Soest, PJ Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. II. A Rapid Method for the Determination of Fiber and Lignin. *Journal of the Association of Official Analytical Chemistry*, 46, 1963. 829-835p.

XAVIER, E. **ESTUDO DA HIDRÓLISE DA BIOMASSA DO TUCUMÃ (*Astrocaryum vulgare* Mart.) E DO INAJÁ (*Maximiliana maripa* (Aubl) Mart) VISANDO A OBTENÇÃO DE AÇÚCARES**. Universidade Federal do Pará: [s.n.].

YOSHIKAWA, Thoya. Potencialidades do Tucumã e Inajá para a produção de Biocombustíveis. *in: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DE BIODIESEL, 7º.*, 2019, Florianópolis SC. **Anais**. p. 647.