

# Caracterização dos resíduos dos frutos de butiá (*Butia (Becc.) Becc. (Arecaceae)*): análise termogravimétrica, teor de umidade, composição química e FTIR.

*Characterization of butia fruit residues (Butia (Becc.) Becc. (Arecaceae)): thermogravimetric analysis, moisture content, chemical composition and FTIR.*

Silvie Janis Mossate Jobim, Lauren da Cunha Duarte

**Resumo:** Os butiazeiros (*Butia (Becc.) Becc. (Arecaceae)*), nativos da América do Sul - Brasil, são reconhecidos por sua importância paisagística, de biodiversidade e histórico-cultural. Possuem um ciclo produtivo anual e fomentam a comercialização de diversos derivados. Os resíduos dos frutos de butiá são utilizados de forma artesanal para decorar recipientes e objetos decorativos. Sua aplicação no design de novos produtos depende da definição de suas propriedades básicas. A caracterização foi feita através de análise termogravimétrica (ATG), determinação do teor de umidade, composição química e Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR). Nos gráficos termogravimétricos, foi constatado que até 250°C, as fibras dos resíduos dos frutos de butiá podem ser consideradas termicamente estáveis. Na espectrografia de infravermelho confirmou a presença de celulose, hemicelulose e lignina, cujos valores foram estimados com a composição química. O teor de umidade foi de 14,16%.

**Palavras-chave:** Resíduos dos frutos de butiá; caracterização; reaproveitamento.

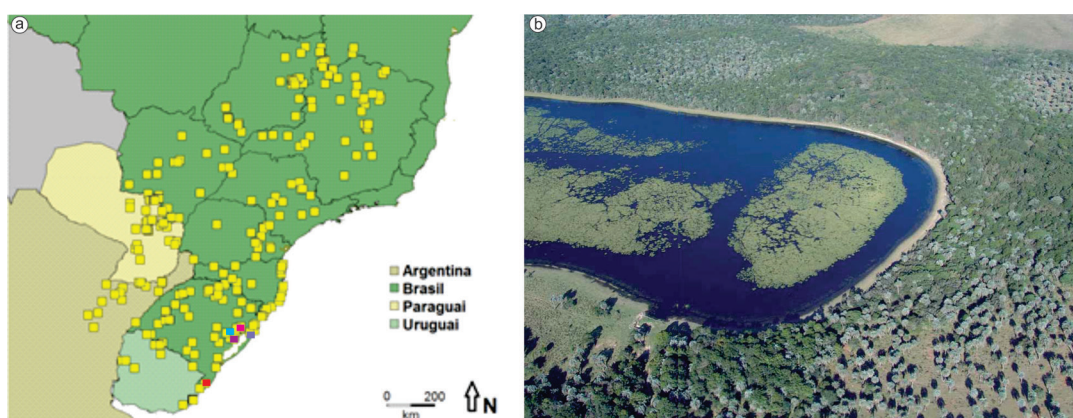
**Abstract:** *Butia* trees (*Butia* (Becc.) Becc. (Arecaceae), native to South America – Brazil, are recognized for their landscape, biodiversity and cultural history importance. They have an annual production cycle and makes possible the commercialization of various derivatives. The *Butia* fruit residues has artisanal use to decorate containers and decoration objects. Their application in the design of new products depends on the definition of their basic properties. The characterization was done through thermogravimetric analysis (ATG), determination of moisture content and chemical composition and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). In thermogravimetric graphs, it was found that up to 250°C, fibers from *butia* fruit residues can be considered thermally stable. Infrared spectrography confirmed the presence of cellulose, hemicellulose and lignin, whose values were estimated with the chemical composition. The moisture content was 14.16%

**Keywords:** *Butiá* fruit residues; characterization; reutilization.

## INTRODUÇÃO

O gênero *Butia* (Becc.) Becc. (Arecaceae), pertence à subtribo *Butiinae*, um gênero de palmeiras que reúne 20 espécies nativas da América do Sul - Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai - as quais podem ser encontradas nos Biomas Pampa, Mata Atlântica e Cerrado (Figura 1). O ecossistema de butiazal é reconhecido por sua importância paisagística, de biodiversidade e histórico-cultural, compreendendo uma rica diversidade de flora e fauna nativa associada (Rivas; Barbieri, 2014). Destacam-se por formar comunidades denominadas de butiazais ou palmares, compostas por concentrações de butiazeiros que podem chegar a 600 palmeiras por hectare em alguns locais (Barbieri, 2015).

Figura 1: Distribuição geográfica do gênero *Butia* na América do Sul: a) Na Argentina (em amarelo-escuro), Brasil (em verde-escuro), Paraguai (em amarelo claro) e Uruguai (em verde-claro); b) Vista aérea do butiazal em Tapes, Rio Grande do Sul, Brasil. Fonte: a) Adaptada de Eslabão, M. P. et al. (2016); b) Barbieri (2015).



Desenvolvem-se bem ao sol ou em locais pouco sombreados, estando presentes em diferentes ambientes, desde campo aberto até vegetação de restinga, ou associados à mata de araucária (Rossato, 2007).

No Brasil, existiam extensos butiazais nas áreas próximas ao litoral do Rio Grande do Sul, porém, a partir da década de 1970, ocorreu uma devastação muito grande devido ao desinteresse na produção de crina vegetal<sup>[1]</sup> e à consequente implantação de monoculturas e expansão de áreas urbanas. Atualmente sobraram poucos butiazais naturais. Por muito tempo a crina vegetal, como era conhecida a fibra extraída das folhas dos butiazeiros, era usada na fabricação de colchões e estofamento para móveis e foram relevantes para o progresso econômico de algumas localidades (Rivas e Barbieri, 2014).

Os butiazeiros (Figura 2) produzem cachos de frutos adocicados e levemente ácidos, que se tornam amarelos, alaranjados ou avermelhados quando maduros, conhecidos como butiás. No interior do fruto existe um coquinho, dentro do qual ficam as sementes (ou amêndoas) oleaginosas, que também são comestíveis e muito saborosas. (Rivas; Barbieri, 2018).

[1] Crina vegetal, fibras retiradas de plantas como palmeiras, agave, fórmio etc., e que têm o mesmo uso da crina animal. Ex. estofados e colchão de crina vegetal.



Figura 2: a) Butiazeiro; b) Cacho de butiás; c) Frutos de butiá. Fonte: Rivas e Barbieri (2018).

A comercialização de diversos derivados, como geleias e licores, assim como os frutos frescos, representa uma fonte de recursos para os habitantes da área de Castillos, em Rocha (Uruguai), e de Santa Vitória do Palmar (Brasil) (Rivas, Barbieri, 2014). Das folhas secas são produzidos diversos objetos decorativos e utilitários a partir de tramados, como bolsas, chapéus, garrafas e frascos decorados, caixas, porta-objetos-suportes para copos e quadrinhos, etc. (Figura 3).

Figura 3: Produtos elaborados com a fibra da folha seca dos butiazeiros.  
Fonte: Autoras (2023).



Em relação aos resíduos dos frutos de butiá, Jobim e Duarte (2021) realizaram um levantamento sobre alternativas para utilização desses resíduos de forma sustentável e constataram que estes são utilizados em artesanatos como decoração de garrafas, potes, entre outros (Figura 4). Pode também ser produzida farinha de butiá, fabricada com a fibra desidratada e então incorporada em receitas. Outro uso é a destinação à compostagem, para serem aplicadas como adubos.

Uma embalagem para ovos (Figura 5) produzida de forma artesanal com os resíduos dos frutos de butiá, foi desenvolvida por Jobim e Duarte (2021), onde analisaram a modelagem e o tempo de secagem do material. Constataram que o material é de fácil modelagem e o tempo de secagem é variável, depende da espessura e tempo exposto ao sol e calor. Também concluíram que o aproveitamento desses resíduos é uma oportunidade de desenvolvimento de produtos, e que o estudo inicial de produção de embalagem para ovos pode gerar soluções com ênfase na sustentabilidade, por ser um material biodegradável, entre outros aspectos.



Figura 4: a) Garrafas decoradas com fibra de butiá; b) capa do bloquinho feita com fibra de butiá; c) Potinho de fibra de butiá produzidos pela artesã Marizete Borges; d) Mascara confeccionada com fibra de butiá pelo artista Marco Gotinari. e, f) Produtos elaborados com farinha da fibra de butiá. Fonte: Adaptada de Jobim e Duarte (2021).



Figura 5: Embalagem para ovos produzida com resíduos dos frutos do butiá. Fonte: Jobim e Duarte (2021).

Rivas e Barbieri (2014) ressaltam que um conjunto de ações vem sendo conduzido para gerar informações e valorizar a biodiversidade relacionada aos ecossistemas de butiazais. O cultivo do butiá tem baixo custo, pois não tem demanda do trabalho com o manejo, somente extrativismo e trabalho de classificação. Desse modo, pequenos produtores estão investindo no cultivo de butiás, como opção para geração de renda aliada à conservação da biodiversidade nas pequenas propriedades rurais.

O aproveitamento desses resíduos, além de promover o desenvolvimento local, é uma alternativa aos recursos não

renováveis. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa é a caracterização das propriedades térmicas e químicas dos resíduos dos frutos de butiá, utilizando análises preestabelecidas como o ATG, composição química, umidade e FTIR, para estimular e nortear o uso como matéria-prima, dado que a viabilidade de aplicação depende das propriedades.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os frutos de butiá utilizados para a caracterização foram obtidos na região de Santa Rosa, noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. Para obtenção da polpa e posteriormente dos resíduos, os frutos foram lavados, e fez-se o uso de Despolpadeira de Frutas (Figura 6a), marca Braesi DES-60, localizada nas dependências do Laboratório de Alimentos do Instituto Federal Farroupilha, Campus Santa Rosa, RS. Após este processo, a polpa dos frutos (Figura 6b) foi separada dos resíduos, compostos pelas fibras, cascas e os coquinhos (Figura 6c). Para os ensaios de caracterização foram utilizados os resíduos das fibras e das cascas. Os coquinhos foram separados e descartados.



Figura 6 – Processo de obtenção de polpa de butiá. a) Despolpadeira utilizada no processo, seta vermelha indicando onde são colocados os frutos, seta laranja, indicando onde saem os resíduos, seta amarela indica o local de saída da polpa e seta verde indica local onde está sendo depositada a polpa; b) Polpa obtida no processo; c) Resíduos obtidos. Fonte: Autoras (2021).

A caracterização das fibras de butiá foi feita através de análise termogravimétrica (ATG), determinação do teor de umidade, composição química e espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR). A ATG tem como objetivo identificar as modificações da massa do material com relação ao aumento de temperatura, enquanto a amostra é submetida a uma programação controlada. Esta técnica possibilita identificar as temperaturas em que ocorrem alterações provocadas pelo aquecimento do material, o que permite estabelecer a faixa de temperatura em que inicia a desidratação e, posteriormente, a decomposição. Foram realizadas duas análises, uma para as fibras de butiá e outra para as cascas dos frutos.

As análises termogravimétricas foram realizadas no Laboratório de Materiais Cerâmicos- LACER, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com um equipamento da marca Shimadzu, modelo TGA-50, com o objetivo de avaliar a energia de ativação do processo de degradação do material. Para este ensaio, a taxa de aquecimento foi de 10° C/min, em atmosfera de N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>, partindo de temperatura ambiente até 700 °C.

A espectroscopia no infravermelho é uma das mais importantes técnicas analíticas, pois permite identificar compostos e investigar a composição de amostras orgânicas e inorgânicas devido ao módulo vibracional das moléculas ao serem submetidas ao infravermelho. As análises de espectroscopia no infravermelho foram realizadas no Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LDSM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com equipamento modelo IRAffinity-1, da Shimadzu, com o material seco *in natura*, na casca e nas fibras separadamente.

A composição química do material exerce influência no processo de beneficiamento e o teor de cada constituinte sofre grande influência do ambiente (Zanuncio *et al.*, 2013). Os materiais lignocelulósicos, como a madeira e as fibras vegetais, são constituídos por celulose, lignina, hemicelulose e extrativos. Para análise da composição química e umidade,

foi utilizada a metodologia proposta por Goering & Van Soest adaptada por Prates (2007), que permite fracionar os constituintes da fração fibrosa das plantas, através de soluções detergentes com pH diferentes. Obtém-se também algumas reações químicas e solubilidade da celulose, hemicelulose, lignina e extrativos (Prates, 2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na análise termogravimétrica podem-se observar quatro fases envolvidas na pirólise de material celulósico: até os 150°C ocorre a perda da água absorvida, entre 230°C e 260°C é observado o início da decomposição dos biopolímeros, principalmente hemicelulose, por fim, entre 240°C e 400°C ocorre a decomposição da celulose e da lignina, sendo o primeiro o processo dominante nessa etapa (Órfão; Figueiredo, 2001). Os resultados dos ensaios de ATG realizados nas amostras dos resíduos dos frutos de butiá (casca e fibras) estão ilustrados na Figura 7, que apresenta o comportamento das curvas de análise termogravimétrica destacando a porcentagem de perda de massa com o aumento da temperatura.

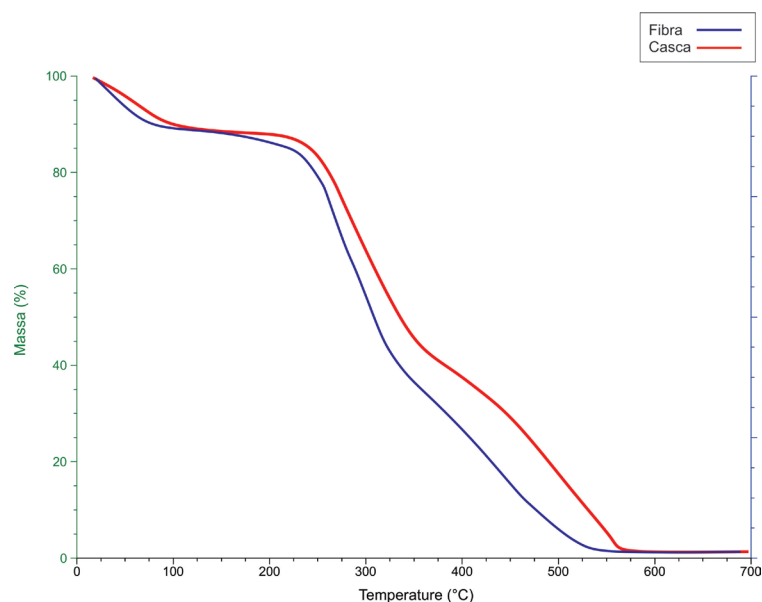


Figura 7: Sobreposição das Curvas de TG dos resíduos dos frutos de butiá com aquecimento de 10 °C min<sup>-1</sup>, de 30 a 700 °C.

Fonte: Autoras (2023).



Nos gráficos termogravimétricos é possível observar os estágios de decomposição similares entre as amostras, onde nas proximidades de 100 °C as fibras apresentaram perda de massa de 10% relativas à perda da água absorvida. Esse dado concorda com valores identificados para outros materiais lignocelulósicos como o buriti e curauá (cerca de 80°) identificados por Barbosa (2011) e o buriti (cerca de 100°) detectado por Oliveira (2010).

É observado também que até 250 °C, as fibras dos resíduos dos frutos de butiá podem ser consideradas termicamente estáveis, com pequenas perdas de massa, faixa de temperatura onde tem início a decomposição dos biopolímeros, relacionada à decomposição da hemicelulose. Este comportamento é comparável com o identificado em relação às fibras de piaçava (D'Almeida, 2006) onde o começo da degradação acontece em 225°C.

Na sequência, entre 310 °C e 370 °C observa-se outro evento, correspondente ao início da decomposição da celulose e entre 470°C e 490°C, a decomposição da lignina e termo-oxidação dos resíduos dos processos anteriores

Na Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier - FTIR, obtivemos os espectros de infravermelho da casca e das fibras separadamente e, apesar da semelhança, são de difícil interpretação, pois cada espectro é o resultado de bandas de sobreposição da lignina, hemicelulose, celulose e dos extrativos (PASTORE, 2008). Destacaram-se 10 bandas para as amostras estudadas, como pode ser visualizado na Figura 8.

Os espectros indicaram uma banda entre 3290  $\text{cm}^{-1}$  e 3329  $\text{cm}^{-1}$  referente ao grupo hidroxila livre e está associada à presença de celulose amorfa, água e lignina na fibra. Pode-se observar uma variação na presença destes componentes entre as fibras e as cascas do butiá. Já as bandas em 2918 e 2850  $\text{cm}^{-1}$  estão relacionadas ao estiramento C-H de estiramento C-H presente na celulose e na hemicelulose. A indicação das bandas corrobora com os eventos resultantes dos ensaios de ATG (Figura 7), em que é possível visualizar os eventos de

evaporação da água, decomposição da hemicelulose, da celulose e da lignina. Ainda de acordo com os resultados dos ensaios de ATG, as bandas entre  $1732\text{ cm}^{-1}$  podem ser atribuídas ao estiramento dos grupos carbonila da hemicelulose. As bandas entre  $1616\text{ cm}^{-1}$  e  $1635\text{ cm}^{-1}$  estão associadas à umidade da fibra. As bandas em  $1519\text{ cm}^{-1}$  (vibrações de anel aromático) são características de lignina e em  $1463\text{ cm}^{-1}$  podem estar relacionadas ao estiramento da ligação C-C no anel aromático. Por fim, as bandas  $1245\text{ cm}^{-1}$ , são atribuídas ao estiramento dos grupos acetil da hemicelulose e a banda em  $1165\text{ cm}^{-1}$  podem ser atribuídas ao estiramento dos grupos acetil da hemicelulose. Entre  $1041$  e  $1027\text{ cm}^{-1}$  pode ser a vibração do grupo C-H em celulose. Um pico na faixa de  $719\text{ cm}^{-1}$  pode estar relacionado com a vibração C-H da celulose (Sanches *et al.*, 2014; Chun *et al.*, 2016; Pastore, 2008).

Nos espectros de FTIR, é possível observar os movimentos para as bandas típicas de absorção presentes nas fibras lignocelulósicas relacionadas com a celulose, hemicelulose e lignina, compostos por diferentes grupos funcionais contendo oxigênio (ésteres, aromáticos, cetonas, álcoois, etc.) (Ramesh *et al.*, 2013).

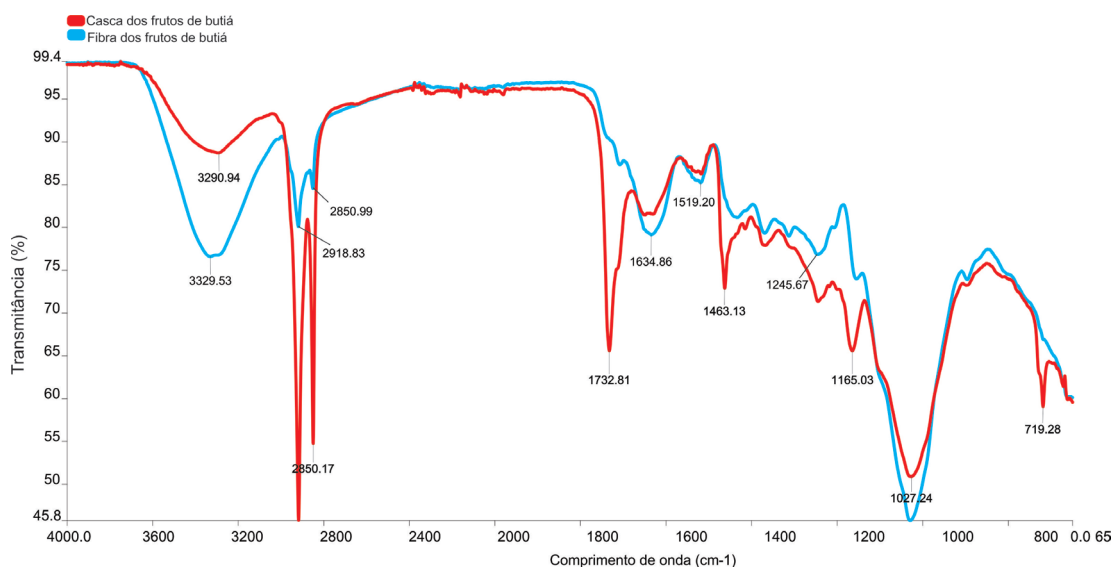


Figura 8: Espectros de infravermelho dos resíduos (casca e fibras) dos frutos de butiá indicando as bandas de absorção.

Fonte: Autoras (2023).

O objetivo do ensaio para a determinação da composição química e da umidade dos resíduos de butiá é a quantificação do percentual dos componentes já indicados nos resultados dos ensaios anteriores, de ATG e FTIR. A especificação da composição química e da umidade dos resíduos lignocelulósicos é importante para a compreensão e definição de futuras aplicações, bem como na escolha dos tratamentos químicos.

As fibras vegetais são constituídas essencialmente por celulose, hemicelulose e lignina, possuem diferentes propriedades físicas, térmicas e mecânicas, e essas características podem ser estimadas com base na sua composição química, pelo menos como uma primeira estimativa (Ornaghi JR *et al*, 2020). Os resultados obtidos de umidade e composição química dos resíduos dos frutos de butiá estão indicados na Tabela 1.

Tabela 1: Umidade e composição química dos resíduos dos frutos de butiá.

Determinações (%)	Resultados (%)
Umidade	14,16
Fibra Detergente Neutro – FDN	63,88
Fibra Detergente Ácido - FDA	32,39
Celulose	25,22
Hemicelulose	31,49
Lignina	7,17
Cinzas	3

Fonte: Autoras (2023).

Observa-se que balanço de massa não chega a 100%, isso se deve à presença de outros compostos de baixa massa molar e extrativos solúveis em diferentes solventes, que não foram determinados nessa análise.

O teor médio de umidade obtido foi de 14,16%, mas quando se trata de fibras vegetais, estas apresentam características hidrofílicas decorrente principalmente da presença de celulose não cristalizada e hemicelulose

A lignina é um constituinte da parede celular e ocorre na maioria das plantas, é um elemento estrutural que proporciona à planta propriedades de elasticidade e resistência

e sua composição não é idêntica em todas as plantas (Marinho *et al.*, 2012). O valor encontrado para a lignina foi de 7,17%, está próximo aos valores do curauá (7%) (Spinacé *et al.* 2011)) e sisal (7,6 – 12%) (Amico *et al.*, 2011). A lignina é um material hidrofóbico, na ATG é representada pela última curva do gráfico, é o último elemento a se decompor pela ação do aumento da temperatura.

No gráfico da ATG, a celulose é responsável pela faixa de maior degradação térmica varia de acordo com sua origem e processamento e fibras contendo mais celulose cristalina podem atingir maior resistência à tração (Ornaghi Jr. *et al.*, 2014). O valor encontrado para a celulose de 25,22% de massa se aproxima ao da fibra de piaçava (31,6%) (Almeida, 2006).

Já a hemicelulose é bastante hidrofílica, e é responsável pela maior parte do comportamento de degradação térmica e do teor de umidade. Segundo Ornaghi Jr. *et al.* (2014), as fibras com alto teor de hemicelulose deveriam absorver mais água e degradar-se a temperaturas mais baixas. Na composição química, o valor encontrado para a hemicelulose de 31,49% está próximo aos valores do bagaço da cana-de-açúcar (27–32%) e do bambu (30%), descritos por Sattyanarayana *et al.* (2007).

Vale ressaltar que a composição química das fibras naturais pode variar, pois há diversos fatores, tais como condições climáticas e de plantio, idade e parte da planta de que são extraídas, resultando em uma alta variedade, tanto na composição das fibras, que influenciam em suas propriedades mecânicas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os butiazeiros fazem parte da cultura local de comunidades que complementam suas rendas com produtos artesanais, da agroindústria e do turismo rural. São as associações, cooperativas e pequenos agricultores. Os produtos oriundos dos resíduos dos frutos de butiá são confeccionados artesanalmente, a partir de conhecimentos empíricos, são fontes de renda para pequenos agricultores e artesãos. A partir de um

estudo de identificação de suas principais propriedades, podem surgir novas aplicações para esses resíduos e também melhorar o aproveitamento na confecção desses e outros artefatos. Como material artesanal, sabe-se que o desconhecimento das propriedades é um fator limitante na sua utilização.

Um dos resultados significativos obtido com a caracterização térmica pela técnica de ATG foi que até 250°C, as fibras dos resíduos dos frutos de butiá podem ser consideradas termicamente estáveis. Essa faixa de temperatura é semelhante à obtida para os valores de degradação de fibras de *Luffa cylindrica* (Tambone, 2003), sisal (Martin *et al.*, 2009) e do porongo (Nejeliski, 2015).

A espectrografia de infravermelho confirmou a presença de celulose, hemicelulose e lignina, cujos valores foram estimados com a composição química onde apontou a presença de 25,22% de celulose, que se aproxima ao da piaçava, 31,49% de hemicelulose que está próximo aos valores do bagaço da cana-de-açúcar e do bambu e, 7,17% de lignina, resultados que se aproximam aos valores encontrados para as fibras do curauá e sisal.

A partir da definição das propriedades químicas e térmicas, pode-se direcionar a aplicação dos resíduos dos frutos de butiá em produtos que contribuam para valorização da identidade territorial, fomentar soluções promissoras em termos de sustentabilidade pois o material é biodegradável, e gerar um processo de conservação das espécies nativas pela utilização, não só na alimentação das famílias, mas na geração de renda para os agricultores.

## REFERÊNCIAS

ALMEDIA JRM, AQUINO RCMP, MONTEIRO SN. **Tensile mechanical properties, morphological aspects and chemical characterization of piassava (*Attalea funifera*) fibers.** Composites A 2006;37:1473–9.

AMICO SC, COSTA THS, CARRERA LC, SANTANA W, GALVÃO D. **Characterization of sisal fibers of north east region of Brazil.** In: 16th Brazilian mechanical engineering congress (cobem), Uberlandia, vol. 2, 2001. p. 33-41 [in Portuguese].

BARBIERI, Rosa Lía. **Vida no butiazal.** Embrapa, 2015.

BARBOSA, A. P. **Características estruturais e propriedades de compósitos poliméricos reforçados com fibras de Buriti.** Tese de D. Sc. UENF. RJ, 2011.

BLEDZKI, A. K.; GASSAN, J. **Composites reinforced with cellulose based fibres.** Progress in polymer science, v. 24, n. 2, p. 221-274, 1999.

CHUN, K. S.; HUSSEINSYAH, S. **Agrowaste-based composites from cocoa pod husk and polypropylene: effect of filler content and chemical treatment.** Journal of Thermoplastic Composite Materials, v. 29, n. 10, p. 1332-1351, 2016.

D'ALMEIDA, J. R. M.; AQUINO, R. C. M. P.; MONTEIRO, S. N. **Tensile mechanical properties, morphological aspects and chemical characterization of piassava (*Attalea funifera*) fibers.** Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. v. 37, n. 9, p. 1473-1479, 2006.

ESLABÃO, M., PEREIRA, P., BARBIERI, R., & HEIDEN, G. **Mapeamento da distribuição geográfica de butiá como subsídio para a conservação de recursos genéticos.** Embrapa Clima Temperado-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2016.

JOBIM, S. J.; DUARTE, L. C. **Alternativas para utilização dos resíduos do fruto do butiá de forma sustentável.** In: Ensus2021 - IX Encontro de Sustentabilidade em Projeto, 2021, Florianópolis. Sustentabilidade Geral e Resíduos. Florianópolis: UFSC/VIRTUHAB, 2021. v. 9. p. 96-106.

JOBIM, S. J. M.; DUARTE, L. C. **Resíduos de butiá no desenvolvimento de produtos:** valorização territorial, identidade local e economia circular. In: X Workshop Design & Materiais | IV Congresso Internacional, 2021, Natal - RN. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 2021.

MARINHO, N.P.; NISGOSKI, S.; KLOCK, U.; DE ANDRADE, A.S.; DE MUÑIZ, G.I.B. **Análise química do bambu-gigante (Dendrocalamus giganteus Wall. ex Munro) em diferentes idades.** Ciência Florestal, v. 22, n. 2, p. 417-422, 2012.

MARTIN, A. R.; MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H.; SILVA, O. R. **Caracterização química e estrutural de fibra de sisal da variedade Agave sisalana.** Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 19, n. 1, 2009.

NEJELISKI, Danieli Maehler. **O porongo (Lagenaria siceraria) como matéria-prima para a produção de recipientes:** caracterização e impermeabilização. Dissertação (Mestrado) em Design e Tecnologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil. 2015.

OLIVEIRA A.K.F.; D'ALMEIDA J.R.M **Caracterização da fibra de tururi como elemento para fabricação de eco-compósitos.** 9º. P&D Design Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, v. 1, 2010.

ÓRFÃO, J. J. M.; FIGUEIREDO, J. L. **A simplified method for determination of lignocellulosic materials pyrolysis kinetics from isothermal thermogravimetric experiments.** Thermochemica Acta, Amsterdam, v. 380, p. 67 – 78, 2001.

ORNAGHI JR, H. L.; POLETTO, M.; ZATTERA, A. J.; AMICO, S. C. **Correlation of the thermal stability and the decomposition kinetics of six different vegetal fibers.** Cellulose, v.21, p. 177-188, 2014.

ORNAGHI JR, H. L.; ORNAGHI, F. G.; NEVES, R.; MONTICELI, F. **Mechanisms involved in thermal degradation of lignocellulosic fibers:** a survey based on chemical composition. *Cellulose*, v. 27, p 4949–4961, 2020.

PASTORE, T. C. M.; OLIVEIRA, C. C. K. D.; RUBIM, J. C.; SANTOS, K. D. O. **Effect of artificial weathering on tropical woods monitored by infrared spectroscopy (DRIFT).** *Química Nova*, v. 31, n. 8, p. 2071-2075, 2008.

PRATES, E. R. **Técnicas de pesquisa em nutrição animal.** Porto Alegre: UFRGS, p. 414, 2007.

RAMESH, M.; PALANIKUMAR, K.; REDDY, K. Hemachandra. **Mechanical property evaluation of sisal-jute-glass fiber reinforced polyester composites.** *Composites Part B: Engineering*, v. 48, p. 1-9, 2013.

RIVAS, Mercedes; BARBIERI, Rosa Lía. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do butiá.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 59 p. 2014.

RIVAS, Mercedes; BARBIERI, Rosa Lía. **Butia odorata – Procisur.** Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Edición 2018. Basada en una obra en [www.iica.int](http://www.iica.int).

ROSSATO, M. **Recursos genéticos de palmeiras do gênero Butia do Rio Grande do Sul.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 136f. 2007.

SANCHES, M. C.; COELHO, N. N.; FUTIGAMI, J. D. M.; ROCHA, M. C. **Avaliação do processo de mercerização da torta de mamona.** BRASILTEC 2014. Rio de Janeiro. 2014.

SATYANARAYANA, K. G.; GUIMARÃES, J. L.; WYPYCH, FERNANDO. **Studies on lignocellulosic fibers of Brazil.** Part I: Source, production, morphology, properties and applications. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, v. 38, n. 7, p. 1694-1709, 2007.



SPINACÉ, M.A.S.; JANEIRO, L.G.; BERNADINO, F.C.;  
GROSSI, T.A.; PAOLLI, M.A. **Poliolefinas reforçadas  
com fibras vegetais curtas: sisal x curauá.** Polímeros:  
Ciência e Tecnologia, v. 21, n. 3, São Carlos, 2011.

TANOBE, V. O. A. **Caracterização de Fibras de Esponjas  
de Luffacylindrica para Utilização em Compósitos  
de Matriz Polimérica.** 2003. Dissertação M.Sc.  
Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.

ZANUNCIO, A.J.V.; COLODETTE, J.L.; GOMES, F.J.B.;  
CARNEIRO, A.C.O, VITAL, B.R. **Composição química  
da madeira de eucalipto com diferentes níveis de  
desbaste.** Ciência Florestal, v. 23, n. 4, p. 755 – 760, 2013.