

DARIANE CRISTINA CATAPAN  
HEAD ORGANIZER



# CONTEMPORARY RESEARCH IN AGRICULTURAL SCIENCES

  
**LATIN AMERICAN**  
publicações

2025

**Dariane Cristina Catapan**  
**Head Organizer**



**Contemporary research in agricultural  
sciences**

**LATIN AMERICAN**  
publicações

**Latin American Publicações**  
**2025**

2025 by Latin American Publicações Ltda.  
Copyright © Latin American Publicações  
Copyright do Texto © 2025 Os Autores  
Copyright da Edição © 2025 Latin American Publicações  
Editora Executiva: Profa. Dra. Dariane Cristina Catapan  
Diagramação: Editora  
Edição de Arte: Editora  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

**Conselho Editorial:**

Profa. Msc. Adriana Karin Goelzer Leinig, Universidade Federal do Paraná, Brasil.  
Prof. Dr. Sérgio António Neves Lousada, Universidade da Madeira, Portugal.  
Prof. Dr. Rahmi Deniz Özbay, Marmara University, Turquia.  
Prof. Dr. Sema Yilmaz Genç, Kocaeli University, Turquia.

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Contemporary research in agricultural sciences [livro eletrônico]  
Organização. Dariane Cristina Catapan. -- 1. ed. -- Curitiba, PR:  
Editora Latin American Publicações,2025.

PDF.

Bibliografia.

ISBN: 978-65-85645-13-3

1. Agronomia. 2. Ciências

I. Catapan, Dariane Cristina. II. Título.

Latin American Publicações  
São José dos Pinhais – Paraná – Brasil  
[www.latinamericanpublicacoes.com.br/](http://www.latinamericanpublicacoes.com.br/)  
[editora@latianamericanpublicacoes.com.br](mailto:editora@latianamericanpublicacoes.com.br)



**Ano 2025**

## APRESENTAÇÃO

A ciência agrária desempenha um papel fundamental na construção de soluções sustentáveis para os desafios da produção de alimentos, preservação ambiental e desenvolvimento socioeconômico. Em um cenário global de mudanças climáticas, crescimento populacional e transformações tecnológicas, acompanhar as inovações e reflexões da área torna-se indispensável para quem atua no campo das ciências agrícolas.

Contemporary Research in Agricultural Sciences é uma leitura altamente recomendada para estudantes em formação, professores envolvidos com o ensino e a pesquisa, e profissionais que buscam atualizar seus conhecimentos diante das demandas e oportunidades do setor.

Com uma abordagem ampla e atual, esta obra oferece subsídios importantes para a compreensão dos rumos que a ciência agrária tem tomado, incentivando uma atuação mais consciente, crítica e alinhada às necessidades contemporâneas. Trata-se de um recurso valioso para todos que desejam contribuir com uma agricultura mais eficiente, sustentável e integrada à realidade global.

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO 01 ..... 1

ROTEIRO PARA ALUNOS DE GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO DE  
CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E FÍSICA DE FIBRAS VEGETAIS DA AMAZÔNIA

Deibson Silva da Costa

Wassim Raja El Banna

Léo César de Oliveira Pereira

Roberto Tetsuo Fujiyama

DOI: 10.47174/lap2020.ed.978-65-85645-13-3\_1

### CAPÍTULO 02 ..... 8

METODOLOGIA PARA CARACTERIZAÇÃO DAS FIBRAS DE BAMBU E COMPÓSITOS  
DE BAMBU

Deibson Silva da Costa

José Manoel Guimarães

Izael Pinho dos Santos

Roberto Tetsuo Fujiyama

DOI: 10.47174/lap2020.ed.978-65-85645-13-3\_2

## CAPÍTULO 01

### ROTEIRO PARA ALUNOS DE GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO DE CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E FÍSICA DE FIBRAS VEGETAIS DA AMAZÔNIA

#### **Deibson Silva da Costa**

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia

Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Belém, Pará, Brasil

E-mail: deibsonsc@yahoo.com.br

#### **Wassim Raja El Banna**

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia

Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Belém, Pará, Brasil

E-mail: wassim\_eng04@yahoo.com.br

#### **Léo César de Oliveira Pereira**

Graduado em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Belém, Pará, Brasil

E-mail: leocesaroliveira@hotmail.com

#### **Roberto Tetsuo Fujiyama**

Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Materiais

Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Belém, Pará, Brasil

E-mail: fujiyama@ufpa.br

**RESUMO:** Este artigo faz parte de uma pesquisa que está sendo desenvolvida por alunos de ensino médio, graduação e pós-graduação da faculdade de engenharia mecânica da Universidade Federal do Pará, sob orientação do professor doutor Roberto Tetsuo Fujiyama. O Trabalho mostra um roteiro para caracterização de fibras vegetais da Amazônia. As fibras de bambu, sisal e curauá, utilizadas no trabalho foram adquiridas no comércio local de Belém, com exceção das fibras de bambu que foram extraídas manualmente. As fibras foram caracterizadas fisicamente através de microscópio óptico e picnometria, determinando os comprimentos, diâmetros, massa específica e teor de umidade; Sendo depois, as fibras caracterizadas mecanicamente por ensaio de tração, determinando a resistência a tração e alongamento das fibras. Foram apresentados os resultados encontrados da caracterização das fibras, e comparados com os resultados encontrados na literatura; confirmando assim a eficiência do roteiro de caracterização de fibras vegetais da Amazônia utilizado neste trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** fibras vegetais, Amazônia, roteiro de caracterização.

**ABSTRACT:** This article is part of a research that is being developed by high school students, undergraduate and graduate faculty of mechanical engineering at the

Federal University of Para, under the guidance of Professor Dr. Roberto Tetsuo Fujiyama. The work shows a roadmap for characterization of plant fibers in the Amazon. The bamboo fibers, sisal and curauá, used in the study were bought locally and Bethlehem, with the exception of bamboo fibers which were extracted manually. The fibers were physically characterized by optical microscope and pycnometry, determining the length, diameter, density and moisture content. Since then, the fibers mechanically characterized by tensile test, determining the tensile strength and elongation of the fibers. We presented the results of the characterization of the fibers, and compared with the results found in literature, thus confirming the efficiency of routing fiber characterization Amazonian plant used in this work.

**KEYWORDS:** vegetable fibers, Amazon, screenplay characterization.

## **1. INTRODUÇÃO**

Os recursos naturais possuem um papel importante nas atividades econômicas, com sua utilização podendo contribuir para o desenvolvimento econômico e social de áreas rurais e regiões subdesenvolvidas (SANADI, 2004). Entre os recursos as fibras naturais se destacam, principalmente devido à grande variedade de espécies e disponibilidade. Estas fibras podem ser de origem mineral, animal e vegetal, sendo as últimas as mais utilizadas na fabricação de materiais compósitos (FRANK, 2004).

As fibras naturais vegetais são encontradas em diversas aplicações como em roupa, utensílios, móveis, materiais solventes, etc. Também são utilizadas como carga na fabricação de compósitos poliméricos, devido principalmente as propriedades que estes materiais apresentam, como vantagens econômicas e ambientais. Diferentes fibras são aptas a atuarem como reforço em plásticos, tais como juta, linho, sisal, cânhamo, madeira, etc (SAIN, 2004).

Estas fibras possuem como principais atrativos o baixo custo, boa resistência e rigidez, baixa densidade e biodegradabilidade. Além de terem potencialidade de gerar emprego e renda para regiões locais de onde são extraídas.

Este artigo apresenta um roteiro de caracterização de algumas fibras vegetais, bambu, sisal e curauá que são predominantes da região amazônica.

## **2. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS**

As fibras caracterizadas no trabalho foram adquiridas do comércio local de Belém do Pará, com exceção da fibra de bambu que foi adquirida por extração manual. A Figura 1 mostra as fibras de bambu, sisal e curauá.

Figura 1 – Fibras vegetais utilizadas no trabalho: (a) Fibra de bambu; (b) Fibra de sisal e (c) Fibra de curauá.

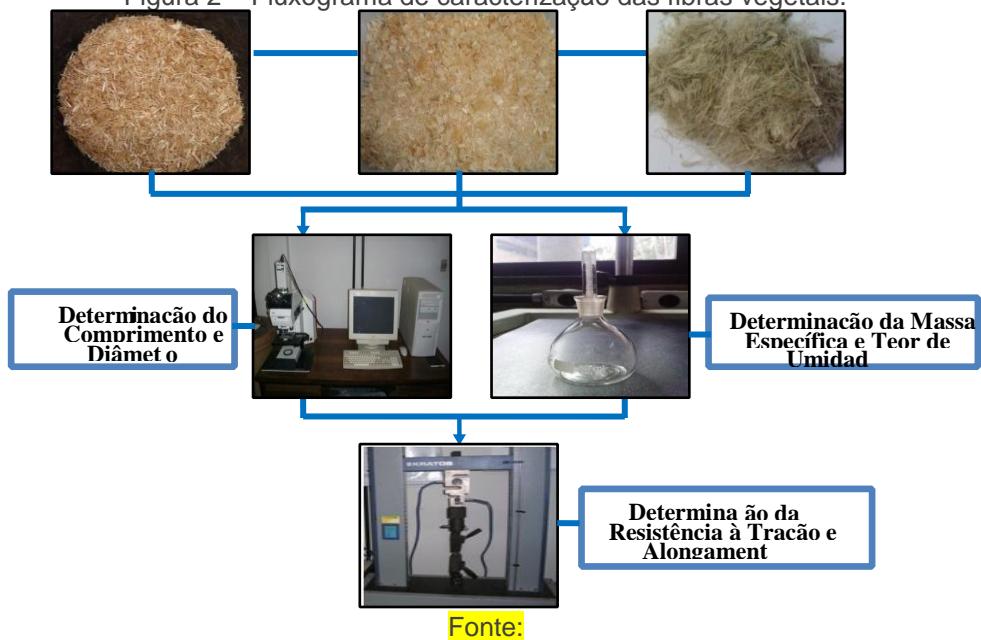


Fonte:

Todas as fibras seguiram um mesmo roteiro de caracterização. Sendo primeiramente caracterizadas fisicamente através de microscopia óptica e picnometria para determinação do comprimento, diâmetro, massa específica e teor de umidade. Sendo depois, as fibras caracterizadas mecanicamente através de ensaio de tração para determinação da resistência a tração e alongamento das fibras vegetais.

No fluxograma da Figura 2 mostra o roteiro que foi utilizado para caracterização física e mecânica das fibras de bambu, sisal e curauá.

Figura 2 – Fluxograma de caracterização das fibras vegetais.



Fonte:

### 3. RESULTADOS E COMENTÁRIOS

As fibras foram caracterizadas quanto à sua resistência à tração, alongamento, comprimento, diâmetro, massa específica e teor de umidade. Os resultados estão demonstrados na Tabela 1.

As fibras foram caracterizadas da forma como foram recebidas, sem tratamento superficial.

Tabela 1 – Caracterização física e mecânica das fibras.

Material	Resist. Tração (MPa)	Alongamento (%)	Compr. (mm)	Diâmetro (mm)	Massa Específica (g/cm³)	Teor de Umidade (%)
Fibra de Bambu	501,04 (± 97,61)	6,81 (± 3,08)	283,16 (± 3)	0,245 (± 0,005)	1,35 (± 0,01)	12 (± 0,5)
Fibra de Sisal	453,62 (± 91,98)	5,5 (± 2,02)	1000,16 (± 50)	0,250 (± 0,032)	1,42 (± 0,01)	13,10 (± 0,5)
Fibra de Curauá	1002,63 (± 03,65)	8 (± 1,5)	80,16 (± 20)	0,160 (± 0,05)	1,30 (± 0,01)	10 (± 0,5)

Fonte:

Os resultados da Tabela 1 foram eficazes, pois quando comparamos com os resultados encontrados por outros pesquisadores, Tabela 2, verificou-se a acuracidade e semelhanças dos resultados da caracterização física e mecânica das fibras vegetais estudadas neste trabalho.

Tabela 2 – Características físicas e mecânicas de algumas fibras vegetais determinadas por outros métodos de caracterização.

Fibra	Diâmetro (mm)	Massa Específica (g/cm³)	Resistência à tração (MPa)	Alongamento (%)	Teor de Umidade (%)
Sisal <sup>a</sup>	0,482	1,59	234,30	3 - 7	12,5
Abacaxi <sup>a</sup>	0,050	1,52	413	3 - 4	-
Juta <sup>a</sup>	0,200	1,45	425,40	1,5 - 1,9	9,5
Malva <sup>a</sup>	0,042	1,37	160	5,2	-

<sup>a</sup> LEÃO, 2008.

A metodologia ou roteiro de caracterização das fibras vegetais da Amazônia mostradas no trabalho contribui de maneira significativa para o aprendizado e assimilação dos conceitos e procedimentos que deverão ser adotados, quando os alunos se depararem com problemas relacionados à caracterização de fibras vegetais. Sendo assim, a metodologia adotada ofereceu aos alunos que estão cursando ou cursaram a disciplina Materiais Compósitos Vegetais uma melhoria expressiva no desempenho tanto do conceito acadêmico como do curso de engenharia mecânica

como um todo, pois, difundiu uma área do conhecimento (compósitos vegetais), ainda não conhecida pelos alunos.

Vale citar também que esse projeto que está sendo desenvolvido visa caracterizar o maior número de fibras vegetais disponíveis na região amazônica, demonstrando assim, suas características, qualidades, aplicabilidades e outros fatores importantes das fibras.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O roteiro de caracterização das fibras vegetais de bambu, sisal e curauá mostraram-se eficiente para determinação das propriedades físicas e mecânicas das fibras.

Demonstrando assim, que este roteiro pode ser adotado para caracterização do mais variados tipos de fibras vegetais da região amazônica.

Contribuindo para o conhecimento dessas propriedades das fibras vegetais que são de extrema importância para suas aplicações. Além disso, possibilita o desenvolvimento técnico - científico e social da região local.

#### **AUTORIZAÇÕES/RECONHECIMENTO**

Os autores são responsáveis por garantir o direito de publicar todo o conteúdo de seu trabalho. Se material com direitos autorais foi usado na preparação do mesmo, pode ser necessário obter a devida autorização do detentor dos direitos para a publicação do material em questão.

#### **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq pela bolsa de pós-graduação concedida, ao Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (LABMEV) do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, e ao Instituto de Tecnologia Galileu da Amazônia – ITEGAM.

## REFERÊNCIAS

FRANK, R. R. Bast and other fibers, **Woodhead Publishing**, 2005.

LEÃO, M. A. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. **Fibras de Licuri:** Um reforço alternativo de compósitos poliméricos, 2008. 109 p., Dissertação (Mestrado).

SAIN, M. PANTHAPULAKKAL, S. In **Green Fibre Thermoplastic Composites**, Baillie C (Edt.) Cambridge:, 2004.

SANADI, A. R. In **Low Environmental Impact Polymer**; TRUCKER, N. and JOHNSON, M. (Edt.), RAPRA Technology Ltd, 2004.

## CAPÍTULO 02

### METODOLOGIA PARA CARACTERIZAÇÃO DAS FIBRAS DE BAMBU E COMPÓSITOS DE BAMBU

#### **Deibson Silva da Costa**

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia

Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Belém, Pará, Brasil

E-mail: deibsonsc@yahoo.com.br

#### **José Manoel Guimarães**

Graduado em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Belém, Pará, Brasil

E-mail: jose.guimaraes@itec.ufpa.br

#### **Izael Pinho dos Santos**

Mestre em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Belém, Pará, Brasil

E-mail: izael@ufpa.br

#### **Roberto Tetsuo Fujiyama**

Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Materiais

Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Belém, Pará, Brasil

E-mail: fujiyama@ufpa.br

**RESUMO:** Este trabalho faz parte da etapa de uma pesquisa sobre estudos de fibras vegetais e sua empregabilidade como materiais compósitos, que está sendo desenvolvida pelos alunos de mestrado e graduação, vinculados respectivamente ao programa de pós-graduação e faculdade de engenharia mecânica da Universidade Federal do Pará, sob orientação do professor doutor Roberto Tetsuo Fujiyama. O artigo avalia a caracterização das fibras e a fabricação dos compósitos de bambu, analisando a técnica da obtenção de compósitos lignocelulósicos usando resina poliéster reforçada com fibras de bambu (*bambusa vulgaris cv vittata*). A extração das fibras de bambu foi realizada manualmente por fricção com menor nível de processamento tecnológico nas etapas de extração. Realizou-se a caracterização física, mecânica e microestrutural das fibras. Foi utilizado um processo simples para obtenção do compósito, usando resina poliéster, combinada com 3%, 4% e 5% de fração mássica de fibras de bambu, com comprimentos de 5 a 15 mm. Os corpos de prova foram fabricados por moldagem manual utilizando-se moldes de silicone, sem desmoldante e sem pressão. Os resultados da caracterização das fibras e dos compósitos de bambu serão comparados com as propriedades de compósitos reforçados com outras fibras naturais, verificando sua adequação para aplicação como material compósito.

**PALAVRAS-CHAVE:** fibras vegetais, caracterização, compósitos.

**ABSTRACT:** This work is part of a stage of research studies on vegetable fibers and their employability as composite materials, which is being developed by Masters and undergraduate students, respectively linked to the graduate program and faculty of mechanical engineering at the Federal University of Para, under Professor Dr. Roberto Tetsuo Fujiyama. This paper discusses the characterization of fibers and fabrication of bamboo composites, analyzing the technique of obtaining lignocellulosic composites using polyester resin reinforced with fibers of bamboo (*Bambusa vulgaris* cv *vittata*). The extraction of bamboo fibers was done manually by rubbing with a lower level of technological processing in the extraction steps. We carried out the physical, mechanical and microstructural fibers. We used a simple process for obtaining composite, using polyester resin, combined with 3%, 4% and 5% mass fraction of bamboo fibers in lengths from 5 to 15 mm. The specimens were manufactured by hand molding using silicone molds, no release and no pressure. The results of the characterization of fibers and bamboo composites are compared with the properties of composites reinforced with other natural fibers, verifying its suitability for application as composite material.

**KEYWORDS:** vegetable fibers, characterization, composites.

## 1. INTRODUÇÃO

A conscientização com relação a questões relacionadas ao impacto ambiental e desenvolvimento sustentável tem levado a renovação no interesse em materiais provenientes de fontes naturais, aumentando a introdução de novas matérias-primas e produtos (GEORGE, 2001).

Inserido neste contexto, o estudo sobre o uso de fibras vegetais como material de reforço em plástico tem aumentado nas últimas décadas, devido ao seu baixo custo, por ser matériaprima proveniente de recurso renovável e produzir materiais com boas propriedades mecânicas. O Brasil tem um grande potencial para produzir e comercializar diferentes fibras. Porém, muitas fibras são majoritariamente descartadas, ou seja, correspondem como resíduos, outras fibras não são verificadas sua potencialidade de empregabilidade como material, sendo que a utilização de ambas proporcionaria possibilidades de obtenção de recursos à populações de regiões carentes (principalmente do norte e nordeste) em que normalmente são abundantes.

Atualmente, é considerada como urgente a necessidade de desenvolver e comercializar materiais compósitos baseados em constituintes de origem natural (biocompósito), o que terá impacto do ponto de vista da redução da dependência de materiais provenientes de fontes não renováveis (fósseis), assim como ambiental e econômico (JOSHI, 2003); (MOHANTY, 2004). Várias empresas já começaram a utilizar compósitos reforçados com fibras vegetais, como algumas das áreas automotivas e construção civil. Fibras naturais são muito eficientes na absorção de som e, comparadas com fibras de vidro, são mais resistentes à quebra com formação de estilhaços, têm menor custo, são mais leves, biodegradáveis, sendo obtidas utilizando cerca de 80% de energia a menos. Embora o interesse por fibras naturais ocorra em escala mundial, na Europa a atenção é extremamente voltada para estes materiais, devido à decisão do Parlamento Europeu que impôs que até o presente ano, o percentual de reciclagem (e/ou utilização de materiais biodegradáveis) de materiais automotivos deve ser em torno de 80% (MOHANTY, 2004). É esperado que este tipo de decisão num futuro próximo seja considerada também em outros países (como no Brasil), sendo importante o desenvolvimento de pesquisa abordando este tema no país.

Diante disso, o trabalho avalia a caracterização das fibras e dos compósitos de bambu, analisando a técnica de fabricação para obtenção de compósitos

lignocelulósicos usando resina poliéster reforçada com fibras de bambu (*bambusa vulgaris* cv *vittata*).

Os resultados da caracterização das fibras e dos compósitos de bambu serão comparados com as propriedades de compósitos reforçados com outras fibras naturais, verificando sua adequação para aplicação como material compósito.

## 2. MATERIAIS E METODOLOGIA EXPERIMENTAL

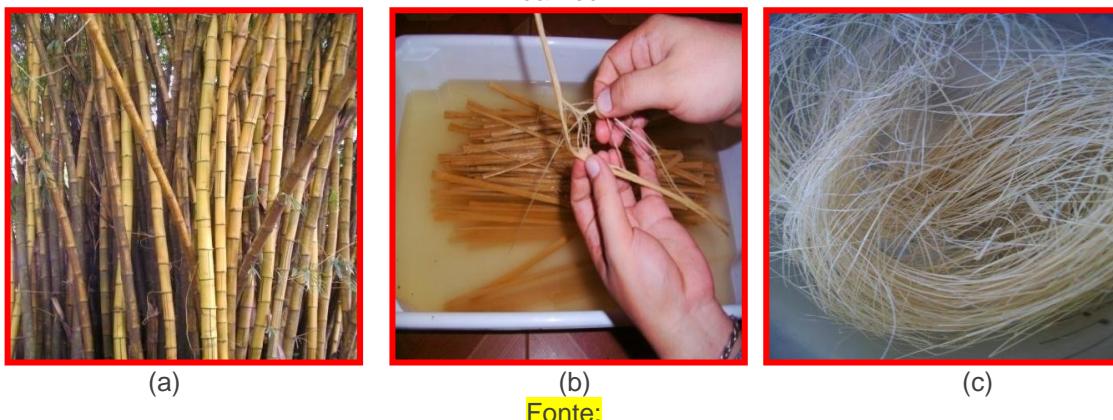
As fibras de bambu foram obtidas manualmente por fricção utilizando-se o menor nível possível de processamento tecnológico nas etapas de extração.

Na fabricação dos compósitos foi desenvolvido um processo simples para obtenção do compósito polimérico, usando resina poliéster tereftálica insaturada e pré-acelerada, combinada com fibras de bambu com comprimentos de 5 a 15 mm e fração mássica de 3%, 4% e 5%. Os corpos de prova foram fabricados por moldagem manual utilizando-se moldes de silicone, sem desmoldante e sem pressão.

Foram fabricados 3 (três) séries de 6 (seis) corpos de prova para ensaio tração com as proporções de agente de cura/resina de 0,33% (v/v) misturando as quantidades pré-pesadas de resina, agente de cura e fibras de bambu, em um becker, sendo a mistura homogeneizada por cerca de 5 (cinco) minutos e vazada à temperatura ambiente nos moldes.

Os ensaios de tração nos compósitos foram realizados de acordo com a norma ASTM D 638M em uma máquina de ensaio universal KRATOS modelo IKCL3 – com célula de carga de 5 kN, a uma velocidade de ensaio de 5 mm/min. Após a realização dos ensaios mecânicos, a superfície de fratura dos corpos de prova foi analisada de forma a se estudar os mecanismos de falha de cada composição fabricada. A morfologia da superfície de fratura foi analisada por microscopia eletrônica de varredura. A Figura 1 mostra a extração das fibras de bambu.

Figura 1 – (a): Plantações de colmos de bambu; (b): Desfibramento manual por fricção; (c): Fibras de bambu.

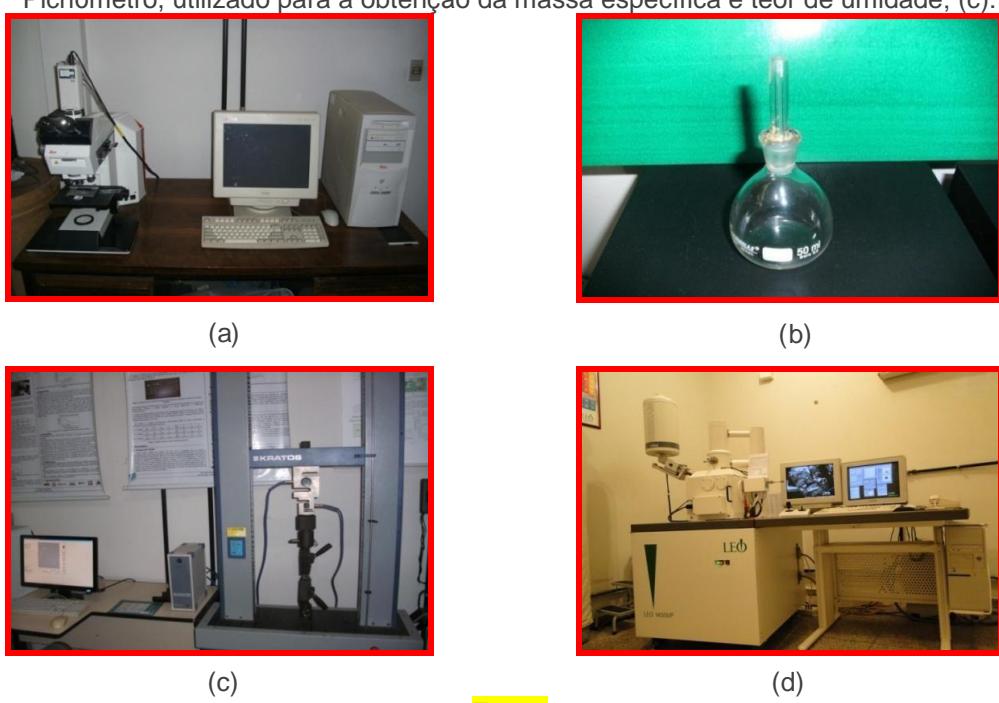


Fonte:

Na Figura 1 - (a) mostra a plantações dos colmos de bambu no campus profissional I (um) da Universidade Federal do Pará; Figura 1 - (b) tem o desfibramento manual dos talos de bambu depois de laminados; a Figura 1 - (c) mostra as fibras de bambu extraídas manualmente.

As fibras de bambu sem tratamento superficial foram caracterizadas quanto à sua resistência à tração e alongamento, segundo a norma ASTM D3822-96; massa específica e teor de umidade, conforme a norma DNER-ME 084/95; comprimento, diâmetro, aspecto superficial e a sua microestrutura (MEV). A Figura 2 mostra os equipamentos de caracterização das fibras e compósitos de bambu.

Figura 2 – (a): Microscópio óptico; utilizado para medição do comprimento e diâmetro das fibras; (b): Picnômetro, utilizado para a obtenção da massa específica e teor de umidade; (c):

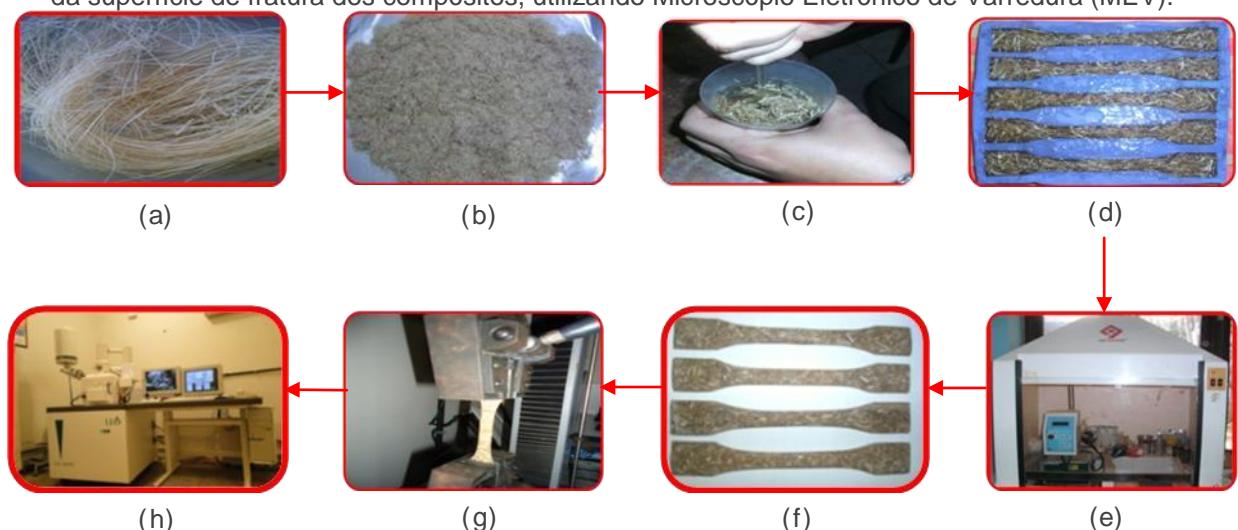


Fonte:

Máquina de ensaio de tração, utilizada para tração das fibras e dos compósitos de bambu; (d): Microscópio eletrônico de varredura (MEV), utilizado para obtenção das superfícies e regiões fraturadas das fibras e dos compósitos de bambu.

As etapas de fabricação e caracterização dos compósitos de bambu estão descritas na Figura 3.

Figura 3 – (a): Fibras de bambu extraídas manualmente; (b): Fibras de bambu cortadas (5 a 15 mm), com auxílio de uma tesoura; (c): Homogeneização fibra/resina; (d): Molde de silicone utilizado para fabricação dos compósitos; (e): Capela utilizada para a cura dos compósitos; (f): Compósitos lixados para ensaio de tração, seguindo os procedimentos metalográficos; (g): Caracterização mecânica dos compósitos, utilizando máquina de tração; (h): Caracterização microestrutural através das morfologias da superfície de fratura dos compósitos, utilizando Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).



Fonte:

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS FIBRAS DE BAMBU

As fibras de bambu foram caracterizadas quanto à sua resistência à tração, alongamento, comprimento, diâmetro, massa específica, teor de umidade, aspecto superficial e a sua microestrutura. Os resultados estão demonstrados na Tabela 1.

As fibras foram caracterizadas e utilizadas na produção dos compósitos da forma como foram recebidas, sem tratamento superficial.

Tabela 1 - Resultados da caracterização das fibras de bambu não tratadas.

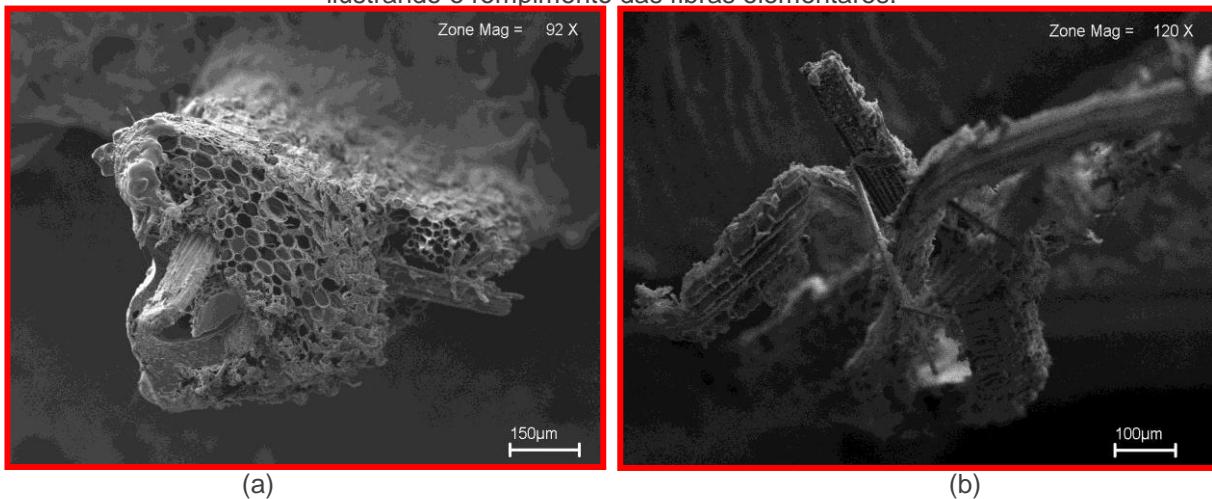
Material	Resist. Tração (MPa)	Alongamento (%)	Compr. (mm)	Diâmetro (mm)	Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	Teor de Umidade (base úmida) (%)
Fibra de Bambu	<b>501,04 (±137,61)</b>	<b>6,81 (±3,08)</b>	<b>283,16 (±3)</b>	<b>0,245 (±0,005)</b>	<b>1,35 (± 0,01)</b>	<b>12 (± 0,5)</b>

Fonte:

Os resultados encontrados na Tabela 1 estão dentro da média dos valores obtidos por outros pesquisadores. A resistência à tração das fibras de bambu está dentro da média ou superior dos valores de outras fibras vegetais tradicionais aplicadas em compósitos poliméricos, como o sisal e a juta. Comprovando assim, o que tem sido reportado por diversos autores sobre a variabilidade das propriedades das fibras naturais (SILVA, 2003).

A Figura 4 mostra a caracterização superficial microestrutural da fibra de bambu.

Figura 4 - Microscopia eletrônica de varredura: (a) Fibra de bambu em forma elíptica apresentando vazios e microcavidades; (b) Aspecto da região da fratura da fibra de bambu após o ensaio de tração, ilustrando o rompimento das fibras elementares.



Fonte:

Como se pode observar, a Figura 4 – (a) mostra a fibra de bambu em forma elíptica apresentando vazios e microcavidades; a Figura 4 – (b) apresenta a região de fratura de uma fibra de bambu ensaiada em tração, onde podemos observar uma deformação plástica longitudinal com desfibramento e rompimento das fibras elementares.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPÓSITOS DE BAMBU COM FRAÇÃO MÁSSICA DE 3%, 4% E 5%

A Tabela 2 mostra os resultados da caracterização mecânica dos compósitos de bambu com suas frações mássicas.

Tabela 2 - Resultados da caracterização mecânica dos compósitos de bambu.

Reforço	Fração Mássica Reforço ( $F_M$ ) %	Resist. Tração ( $\sigma$ ) (MPa) Média (Desvio Padrão)
Bambu 5 a 15 mm	3,0	14,72 ( $\pm 2,09$ )
Bambu 5 a 15 mm	4,0	19,87 ( $\pm 2,34$ )
Bambu 5 a 15 mm	5,0	15,23 ( $\pm 1,97$ )

Fonte:

A Tabela 2 mostra um comparativo entre os resultados obtidos com o aumento da fração mássica da fibra de 3%, 4% e 5%. Os dados indicam quem a resistência do compósito produzido atinge seu melhor desempenho na fração mássica de 4% de fibras, considerando esse ponto como ótimo ou ideal para fabricação de compósitos reforçados com fibras de bambu.

Os compósitos reforçados com 4% de fração mássica de fibras obtiveram desempenho 35% superior ao compósito com 3% de fração mássica de fibras, e 30% superior ao compósito com 5% de fração mássica de fibras; o que provavelmente ocorreu devido ao método de fabricação do compósito ser manual e sem pressão. As fibras de 5 e 15 mm foram homogeneizada aleatoriamente e vazadas, sendo obtida uma melhor acomodação ou disposição das fibras nos moldes com fração mássica de 4%, devido a baixa aglomeração das fibras no molde, havendo assim, predominância de fibras longas no compósito, logo as concentrações de tensão que ocorre na ponta das fibras, nucleando trincas são menores.

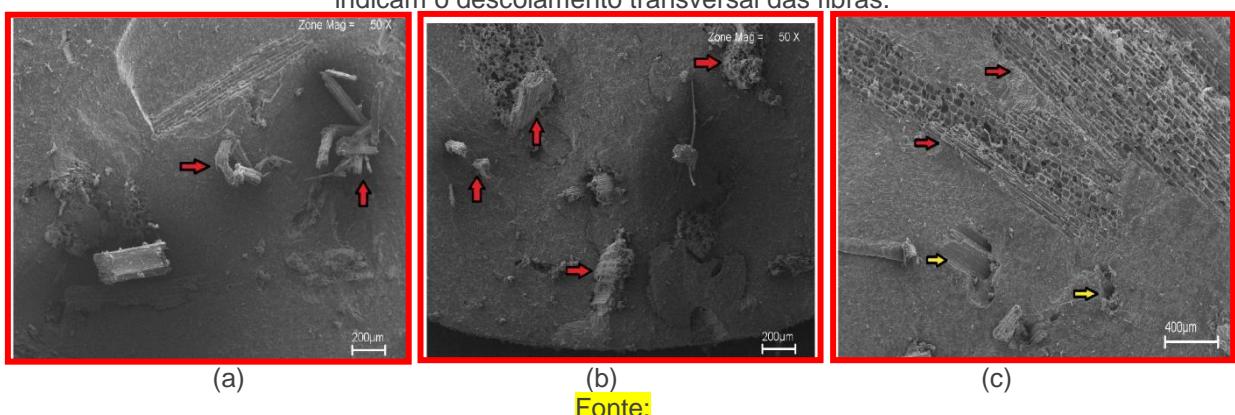
Nos compósitos com fração mássica de fibra de 3%, houve também uma boa acomodação ou disposição das fibras no molde, devido a baixa aglomeração, havendo assim, predominância de fibras longa, porém devido a baixa aglomeração e fração mássica (3%) de fibra no compósito, possibilitando o aparecimento de vazios na estrutura do compósito, o que acarreta em defeitos ou concentração de tensões, reduzindo assim, o desempenho mecânico do compósito.

Nos compósitos com fração mássica de fibra de 5%, houve uma dificuldade de acomodação ou disposição das fibras no molde, devido um aumento da aglomeração,

havendo assim, predominância de fibras curtas, logo a maior concentração de tensão ao longo da interface fibra/matriz ocorre nas extremidades das fibras e quanto menor o comprimento das fibras, maior o número destas extremidades, o que acarreta depreciação das propriedades mecânicas de tração do compósito.

A Figura 5 mostra a morfologia da superfície de fratura dos compósitos (MEV).

Figura 5 - Microscopia eletrônica de varredura dos compósitos: (a) Superfície de fratura do compósito de bambu de 5 a 15 mm e 3% de fração mássica de fibras. As setas vermelhas indicam as fibras rompidas; (b) Superfície de fratura de compósito poliéster reforçado com fibras de bambu de 5 a 15 mm e 4% de fração mássica de fibras. As setas vermelhas indicam a predominância de fibras rompidas; (c) Superfície de fratura de compósito de bambu de 5 a 15 mm e 5% de fração mássica de fibras. As setas amarelas indicam as fibras que sacaram da matriz (pull out) e as setas vermelhas indicam o descolamento transversal das fibras.



Fonte:

A Figura 5 – (a) mostra um compósito reforçado com fibras de bambu de 5 a 15 mm e 3% de fração mássica de fibras, onde podemos observar a presença de fibras rompidas (setas vermelhas) próximo ao plano de propagação da trinca, evidenciando uma boa aderência fibra/matriz. Na Figura 5 – (b) mostra um compósito reforçado com fibras de bambu de 5 a 15 mm e 4% de fração mássica de fibras, onde podemos observar uma elevada predominância da presença de fibras rompidas (setas vermelhas), evidenciando uma alta adesão fibra/matriz. Na Figura 5 – (c) mostra um compósito reforçado com fibras de bambu de 5 a 15 mm e 5% de fração mássica de fibras, onde podemos observar que o mecanismo de falha dominante no compósito foi o pull out (setas amarelas), ou seja, as fibras sacaram da matriz, evidenciando a baixa adesão fibra/matriz. Podemos também observar o descolamento transversal das fibras, o que contribui para redução do desempenho do compósito.

## **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A caracterização mecânica das fibras de bambu mostrou que estas, apesar de não terem sofrido qualquer tratamento, apresentaram bons níveis de resistência à tração, física e microestrutural semelhantes ou superiores às demais fibras vegetais tradicionalmente utilizadas na produção de compósitos, como as fibras de sisal e juta. Os compósitos reforçados com fibras de bambu apresentaram desempenho mecânico bastante satisfatório, apesar da baixa fração mássica conseguida com a técnica de processamento.

O estudo fractográfico foi eficiente na determinação dos mecanismos de falha dominantes em cada composição fabricada, dando-nos indicações dos procedimentos a serem adotados no processamento dos compósitos para a melhoria das propriedades mecânicas.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq pela bolsa de pós-graduação concedida, ao Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (LABMEV) do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, e ao Instituto de Tecnologia Galileu da Amazônia – ITEGAM.

## REFERÊNCIAS

GEORGE, J.; SREEKALA, M. S.; THOMAS, S. A review on interface modification and characterization of natural fiber reinforced plastic composites. **Polymer Engineering and science**, v. 41, n. 9, p. 1471-1485, 2001.

JOSHI, S. V.; DRZAL, L. T.; MOHANTY, A. K.; ARORAS, S. Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites? **Composites Part A: Applied Science and Manufaturing**, v. 35, n. 3. p. 371-376, 2004.

SILVA, R. V. **Compósito de Resina Poliuretano Derivada de Óleo de Mamona e Fibras Vegetais**. 2003. 157 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

Agência Brasileira ISBN  
ISBN: 978-65-85645-13-3