

# COMPÓSITOS DE POLIETILENO E POLIPROPILENO REFORÇADOS COM FIBRAS DE BAMBU: ANÁLISE MECÂNICA COMPARATIVA \*

Ana Beatriz Ferreira Sousa<sup>1</sup>  
Eric Fortunato Soares Lima<sup>2</sup>  
Santino Loruan Silvestre de Melo<sup>3</sup>  
Enio Pontes de Deus<sup>4</sup>

## Resumo

Os compósitos vêm sendo objetos de estudos de diversas pesquisas científicas, fato que se deve aos resultados satisfatórios que podem apresentar. Por sua vez, o uso de fibras naturais vegetais para a melhoria das propriedades mecânicas de determinados materiais também já é bastante difundido. À vista disso, o presente trabalho objetiva a produção de placas de compósitos com matrizes poliméricas termoplásticas, sendo estas o polietileno e o polipropileno, reforçadas com fibras longas de bambu provenientes da biomassa regional. Antes da acoplagem das fibras nas matrizes, realizaram-se processos químicos para modificá-las superficialmente, otimizando a adesão destas nas matrizes e abstendo-se do uso de resinas. Com intuito comparativo, analisou-se a influência da inserção das fibras em ambas as matrizes, baseando-se nos dados obtidos nos ensaios de tração. Assim, verificou-se que as fibras de bambu aumentaram a resistência mecânica das matrizes, confirmando o êxito das técnicas utilizadas. Ademais, pôde-se concluir que o reforço atuou mais efetivamente com o polipropileno.

**Palavras-chave:** Fibras de Bambu; Polietileno; Polipropileno; Análise Mecânica.

## POLYETHYLENE AND POLYPROPYLENE COMPOSITES REINFORCED WITH BAMBOO FIBERS: COMPARATIVE MECHANICAL ANALYSIS

### Abstract

Composites are objects of studies in several scientific researches, due to the satisfactory results that they can present. Likewise, the use of natural fibers for optimize the mechanical properties of some materials is already quite widespread. Therefore, this work aims the production of thermoplastic composites with polyethylene and polypropylene, adding long bamboo fibers from the regional biomass. Chemicals treatments were realized for modify superficially the fibers, elevating the adhesion of these in the matrices and also do not use resins. Based on the results of the traction trials, the influence of the insertion of the fibers were analyzed in both matrices. Consequently, it was concluded that the bamboo fibers increased the mechanical resistance of the matrices, confirming the success of the techniques used. Moreover, it was understood that the reinforcement acted more effectively with the polypropylene.

**Keywords:** Bamboo Fibers; Polyethylene; Polypropylene; Mechanical Analysis.

<sup>1</sup> Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Graduanda, Laboratório de Mecânica da Fratura e da Fadiga/Departamento de Engenharia de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

<sup>2</sup> Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Graduando, Laboratório de Mecânica da Fratura e da Fadiga/Departamento de Engenharia de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

- <sup>3</sup> *Físico Bacharel/Licenciado, Doutorando, Professor Mestre, FAFIDAM, Universidade Estadual do Ceará, Limoeiro do Norte, Ceará, Brasil.*
- <sup>4</sup> *Engenheiro Civil, Doutor, Professor Doutor, Laboratório de Mecânica da Fratura e da Fadiga/Departamento de Engenharia de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Fortaleza, Ceará, Brasil.*
- <sup>5</sup>

## 1 INTRODUÇÃO

À vista da necessidade da humanidade de produzir novas tecnologias, o desenvolvimento de novos materiais categoriza uma das vertentes mais relevantes da evolução científica. Nesse contexto, diversas pesquisas vêm utilizando materiais compósitos como matéria-prima, porque estes podem possuir propriedades bem definidas, detendo, portanto, uma demanda mais específica. Sendo assim, a motivação para o uso desse tipo de materiais é a capacidade que possuem de oferecer benefícios econômicos e ambientais.

Da mesma forma, a importância dos polímeros é proveniente da imprescindibilidade de fabricar determinados materiais como borrachas, plásticos e fibras, cada qual com aplicações específicas [1]. As fibras naturais, por sua vez, apresentam boas propriedades mecânicas e, por isso, são bastante aplicadas como reforços em matrizes poliméricas. As fibras de bambu, ao contrário da maioria das fibras naturais vegetais, dispõem de uma orientação uniforme na seção longitudinal, fato que facilita sua acoplagem em uma placa com um controle direcional, por exemplo [2].

Portanto, o objetivo principal deste trabalho é comparar as propriedades de resistência à tração entre compósitos termoplásticos reforçados com fibras longas de bambu tratadas quimicamente pelos processos de mercerização e acetilação. As matrizes poliméricas utilizadas foram o polietileno e o polipropileno. Por meio dos resultados obtidos, possibilitou-se a determinação de qual dos polímeros apresentou melhor desempenho, sendo este o com a melhor relação de aderência com as fibras.

### 1.2 Matrizes Poliméricas

#### 1.2.1 Polietileno

Possui grandes cadeias compostas por  $\text{—CH}_2\text{—}$ , de onde deriva seu nome. É um polímero parcialmente cristalino, flexível, cujas propriedades são acentuadamente influenciadas pela quantidade relativa das fases amorfa e cristalina [3]. Neste trabalho, utilizou-se o Polietileno Misto Reciclado (PMR) que, geralmente, é usado para a produção de embalagens plásticas e isolamento em condutores de correntes elétricas. A seguir, na Tabela 1, apresentam-se algumas propriedades mecânicas do PMR.

**Tabela 1.** Propriedades Mecânicas do Polietileno Misto Reciclado.

Corpo de prova	Módulo de Elasticidade (MPa)	Tensão Máxima na Ruptura (MPa)
1	567,7	5,9
2	496	5,1
3	495,3	5,9
4	589,4	6,1
5	407,3	5,2
<b>MÉDIA</b>	511,14 ± 32,02	5,64 ± 0,31

Fonte: [5].

### 1.2.2 Polipropileno

O polipropileno é um derivado do monômero propileno e possui fórmula geral  $C_nH_{2n}$ . Além disso, é um dos integrantes das poliolefinas que tem suas propriedades mecânicas ligadas à cristalinidade. Ademais, a morfologia da cristalização depende do seu histórico de processamento térmico e da estereoregularidade da cadeia polimérica [4]. Nesta pesquisa, usou-se o Polipropileno Reciclado, cujas propriedades mecânicas são mostradas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Propriedades Mecânicas do Polipropileno Reciclado.

Corpo de prova	Módulo de Elasticidade (MPa)	Tensão Máxima na Ruptura (MPa)
1	1325	11,1
2	1555	9,9
3	1575	11,1
4	1153	6,3
5	1578	9,4
<b>MÉDIA</b>	1473,2 ± 191	9,2 ± 2

Fonte: [6].

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Procedimento Experimental

#### 2.1.1 Extração e preparação do bambu

Foram retiradas no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará amostras de bambu da espécie *Bambusa Vulgaris*. As amostras, coletadas em outubro de 2017, possuíam idade entre três e quatro anos e por volta de 3,5 m de altura. Logo após a extração, as amostras foram levadas para o Laboratório de Mecânica da Fratura e da Fadiga (LAMEFF), com o intuito de fazer a separação dos nós e internos do bambu. Para realizar esse processo foi usada uma serra fita automática. Além disso, as cascas dos internós foram retiradas e descartadas. Os internós foram cortados de forma transversal com lâminas de 2mm de espessura. Depois desse procedimento, cerca de 30% da região mais superficial do bambu foi selecionada e as fibras foram separadas.

#### 2.1.2 Tratamento Químico

Para que as fibras de bambu possam aderir melhor à matriz polimérica é necessário que haja uma compatibilidade química entre esses dois materiais [7]. Sendo assim, as fibras naturais passaram por uma série de modificações superficiais, quando ocorre a adição de determinados grupos químicos ou, até mesmo, a retirada de alguns componentes [8].

Inicialmente, as fibras de bambu foram colocadas em água destilada a 80°C e ficaram imersas nestas condições durante 30 minutos. Feito isso, foram lavadas por 10 minutos em água corrente, à temperatura ambiente. Vale ressaltar que tal processo foi repetido ao fim da mercerização e da acetilação.

Por sua vez, na mercerização, é utilizada uma solução de NaOH 2% (p/v) na proporção de 1/10 e a uma temperatura de 60°C. É necessário deixar as fibras imersas nesta solução durante 2 horas, a fim de retirar grande parte da lignina e das ceras naturais, que podem interferir na adesão da fibra na matriz. O processo foi realizado duas vezes e, ao final, as fibras foram secas por 24 horas numa estufa a 60°C.

A solução necessária para realizar a acetilação foi preparada por meio da mistura de anidrido acético a ácido acético (1,5:1,0 em massa) — foram acrescentadas 20 gotas de ácido sulfúrico a cada 500 ml de solução. Após a solução estar pronta, as fibras ficaram submersas durante uma hora nesta solução à uma temperatura de 100°C. Ao fim do tempo de reação, as fibras foram retiradas e submetidas por 40 minutos à uma lavagem em água deionizada com banho de ultrassom, processo repetido até ser obtido pH=5. Feito isso, as fibras foram secadas em uma estufa a 60° por 24 horas.

### 2.1.3 Montagem das placas

Os compósitos produzidos neste trabalho — de matrizes poliméricas termoplásticas e fibras longas orientadas — ainda não possuem um método de produção em massa. Sendo assim, estes foram produzidos em escala laboratorial, via técnicas de compressão, com as variações de pressão e temperatura controladas [6]. Utilizou-se um molde de Al-Mg com as seguintes dimensões: 260 mm de diâmetro e 80 mm de largura e até 7 mm de espessura.

Na produção da primeira placa, o polietileno, na forma de *pellets*, foi colocado no molde e aquecido à temperatura de 180°C. Após a matriz polimérica ter fundido, as fibras de bambu foram inseridas de forma orientada, longitudinalmente e perpendicularmente à placa, para a obtenção de corpos de prova a 0° ou a 90°. Feito isso, o molde foi fechado, o fluxo de calor foi interrompido e foi introduzida uma pressão moderada para impedir o polietileno fundido de escapar pelas laterais do molde. Após isso, esperou-se até que a temperatura fosse de 120°C. Então, a pressão máxima foi aplicada e mantida até que a temperatura ambiente fosse atingida. Nesse momento a placa pôde ser retirada do molde.

O processo de produção da placa de polipropileno foi análogo ao descrito anteriormente. E, depois de serem retiradas do molde, cada placa foi dividida em seis corpos de prova *orthotropic*, seguindo a norma ASTM 3039.

### 2.1.4 Ensaios de tração

Os ensaios foram feitos no Laboratório de Ensaios Mecânicos da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus Pici, em maio de 2018. Para tal, foi utilizada a máquina EMIC. Foi aplicada uma tensão máxima uniforme de 100kN à uma velocidade de 5mm/min. Este procedimento foi feito em todos os 10 (dez) corpos.

## 2.2 Resultados e Discussão

Os resultados obtidos nos ensaios de tração para os corpos de prova de compósitos que possuíam como matriz polimérica o polietileno estão dispostos na Tabela 3. E, comparando com a Tabela 1, é possível perceber que, após inserção de fibras naturais na matriz de polietileno, houve um aumento tanto na tensão máxima na ruptura, quanto no módulo de elasticidade. Com isso, pode-se compreender que o reforço otimizou as propriedades mecânicas deste material.

**Tabela 3.** Compósitos com polietileno reciclado reforçado com fibras de bambu

Corpo de prova	Tensão Máxima na ruptura (MPa)	Módulo de elasticidade (MPa)
1	18	3300
2	19	5007
3	20	3128
4	13	1050
5	16	2546
<b>Média</b>	<b>17 ± 2</b>	<b>3006 ± 1276</b>

Os resultados obtidos nos ensaios de tração para os corpos de prova de compósitos que possuíam como matriz polimérica o polipropileno estão dispostos na Tabela 4. Nesse contexto, comparando os resultados da Tabela 4 com os da Tabela 2, pode-se dizer que as propriedades mecânicas do polipropileno foram melhoradas após a inserção de fibras naturais.

**Tabela 4.** Compósitos com polipropileno reciclado reforçado com fibras de bambu

Corpo de prova	Tensão Máxima na ruptura (MPa)	Módulo de elasticidade (MPa)
1	39	3276
2	42	3541
3	23	3406
4	27	3039
5	31	3129
<b>Média</b>	<b>32 ± 7</b>	<b>3278 ± 182</b>

Analisando as Tabelas 3 e 4, é possível perceber que o compósito que tem como matriz polimérica o polipropileno reciclado possui maior tensão máxima na ruptura que o compósito a base de polietileno reciclado. Além disso, o material compósito à base de polipropileno possui um maior módulo de elasticidade. Assim, sabendo que quanto maior o módulo de elasticidade mais rígido é o material, é possível perceber que o polipropileno reforçado com fibras é mais rígido que o polietileno reforçado.

### 3 CONCLUSÃO

Ao fim da análise dos dados obtidos com os ensaios de tração, pôde-se concluir que o objetivo principal deste trabalho foi alcançado com êxito, uma vez que a comparação das propriedades mecânicas das matrizes de polietileno e polipropileno reforçadas com fibras longas de bambu foi efetuada. Os resultados, quando comparados com a literatura já disponível no mesmo ramo de pesquisa científica, evidenciam que os tratamentos químicos de mercerização e acetilação foram de suma importância, pois eles aumentaram a aderência das fibras, fazendo com que o módulo de elasticidade dos compósitos fosse muito maior que o das matrizes. Ademais, a placa de polipropileno apresentou melhor desempenho nos ensaios de tração, visto que apresentou maiores módulos de elasticidade e tensão máxima na ruptura do que a placa de polietileno. Por fim, verifica-se que a produção laboratorial de compósitos por compressão é eficiente.

### REFERÊNCIAS

- 1 Hage Jr. Elias. Aspectos históricos sobre o desenvolvimento da ciência e tecnologia de polímeros. Universidade Federal de São Carlos, 1998.
- 2 Flamínio Levi Neto e Pardini Luis Claudio. Compósitos Estruturais: Ciência e Tecnologia (1 ed.). São Paulo: Edgard Blucher, 2006.
- 3 Fernanda M. B. Coutinho, Ivana L. Mello, Luiz C. de Santa Maria. Polietileno: Principais Tipos, Propriedades e Aplicações. Instituto de Química, UERJ, 2003.
- 4 Fan-Chiang. Crystallization of polypropylene II. Non-isothermal kinetics. Materials Chemistry and Physics, 52 - 57.
- 5 Luis De Moura Paiva Júnior Sérgio. Estudo Do Processo De Reciclagem Do Polietileno Para A Produção De Blendas. [Graduação]. Universidade Federal do Ceará, 2017.
- 6 Loruan Silvestre De Melo S. Investigação das Propriedades Mecânicas e Adesão Interfacial dos Compósitos de Polipropileno Virgem e Reciclado Reforçados com Fibras e Microfibras de Bambu [Mestrado]. Universidade Federal do Ceará; 2016.
- 7 Jahan. Comparative Study of Physical and Elastic Properties of Jute and Glass Fiber Reinforced Ldpe Composites. International Journal of Scientific & Technology Research, 2012. 68 - 72.
- 8 Belgacem. Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources. Amsterdã: Elsevier's Science & Technology. 2008.