

## **ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE UM COMPÓSITO NATURAL DESENVOLVIDO COM FIBRA DE CARNAÚBA**

M. H. de F. Fonseca, U. P. de Lucena Junior, R. O. C. Lima  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Rua José de Sousa, 169, Alto de São Manoel, 59625-150, Mossoró-RN,  
mariana\_hellen@hotmail.com

### **RESUMO**

*Diante dos altos valores de resistência mecânica do talo da carnaúba, o desenvolvimento de um compósito natural utilizando a mesma, além de apresentar propriedades compatíveis com as dos materiais compósitos atualmente aplicados na indústria também proporcionaria uma prática sustentável através da não geração de resíduos que agredam o ambiente. Com isso, o objetivo desse trabalho é desenvolver corpos de prova de compósitos de fibra de carnaúba laminados com resina epóxi e submetê-los a ensaios de tração (ASTM D3039) e flexão (ASTM D7264) a fim de confrontar suas propriedades mecânicas com as dos materiais compósitos atualmente utilizados na indústria. Os corpos de prova são fabricados através da prática de laminação a vácuo mantendo a resina epóxi como matriz e variando o tipo de fibra. Espera-se como resultado a compatibilidade das propriedades mecânicas do compósito estudado em relação aos compósitos de fibra de carbono.*

**PALAVRAS-CHAVE:** *compósito natural, fibra de carnaúba, laminação, propriedades mecânicas.*

### **INTRODUÇÃO**

O avanço tecnológico da sociedade está intimamente associado à habilidade do homem em produzir e manipular materiais para satisfazer as suas necessidades. A importância dos materiais na história das civilizações pode ser identificada pelo nível de desenvolvimento de seus produtos. <sup>(2)</sup>

O uso dos materiais foi por muito tempo bastante restrito em função da limitação na utilização de materiais encontrados na natureza, além do pouco conhecimento acerca das propriedades dos mesmos. Somente a partir da metade do século XX, os conhecimentos em relação à estrutura molecular e suas propriedades químicas, físicas e mecânicas impulsionaram o desenvolvimento da ciência dos materiais.

Além da estrutura e das propriedades, outro parâmetro fundamental envolvido na ciência e engenharia dos materiais, é o processamento. Considerando a relação entre estes parâmetros, a estrutura de um material dependerá de como ele é processado, assim como, as suas propriedades dependerão de sua estrutura. <sup>(1)</sup>

A escolha de um material para uma determinada aplicação depende, além das propriedades, de aspectos como o tempo de utilização da peça - pois a degradação de suas propriedades afeta o seu desempenho - e também do fator econômico, considerando o custo final do produto. <sup>((1) apud MORTENSEN, 2007)</sup>

Os materiais compósitos estão cada vez mais substituindo os materiais convencionais em função das suas inúmeras vantagens. O uso de compósitos naturais também vem ganhando espaço, uma vez que estes apresentam bom desempenho e baixo custo em relação ao uso de fibras como carbono ou vidro.

O uso de fibras vegetais como reforço em compósitos poliméricos, com o objetivo de substituir total ou parcialmente as fibras sintéticas, tem recebido muita atenção dos pesquisadores devido ao fato de as fibras vegetais possuírem características e vantagens como: baixa densidade, boa resistência, baixa abrasividade aos equipamentos de processo, não são tóxicas ou poluentes diminuindo assim problemas ambientais, além de serem originárias de fontes renováveis e disponíveis em todo o mundo. <sup>((3) apud NOBREGA et al., 2005)</sup> Porém, a umidade presente nas fibras afeta as propriedades mecânicas dos compósitos, conduzindo então à necessidade de estudos nessa área.

No sentido de propiciar melhores condições de vida às gerações futuras, fazendo uso de materiais que não agridam o meio ambiente bem como a utilização de modos de produção menos poluentes surge o interesse pelo desenvolvimento de materiais biodegradáveis que diminuam a atual dependência dos derivados de petróleo e minimizem o impacto ambiental.

A carnaúba é uma espécie em abundância em alguns estados do Nordeste brasileiro e dela podem ser utilizados os frutos, o caule e as folhas, com aplicações

em confecções de corda e artigos de artesanato, indústria farmacêutica, alimentícia, de cosméticos, de informática, graxas, óleos, desmoldantes, construções de edificações, objetos de uso doméstico, revestimento de casas em substituição às telhas entre outros.

Este trabalho visa comparar as propriedades mecânicas adquiridas em ensaios de tração e flexão de um laminado de fibra de carbono e resina epóxi com as propriedades, nas mesmas condições ambientais, de um laminado de fibra de carnaúba com a mesma resina epóxi. Nos ensaios de flexão, é realizada uma terceira comparação, utilizando os talos da espécie vegetal.

### MATERIAIS E MÉTODOS

A fibra de carnaúba é extraída da parte central da folha, chamada de talo. Para diminuir o diâmetro da fibra foi utilizado um descascador de legumes comum e assim, foram obtidas fibras com diâmetros médios, o mais próximo possível umas das outras. As Figuras 1 e 2 apresentam a espécie vegetal carnaúba e o descascador utilizado na obtenção das fibras. O diâmetro da fibra de carnaúba teve como base o diâmetro final de vários fios de pequeno diâmetro de fibra de carbono que são unidos para formar o entrançado do tecido.



**Figura 1 - Espécie vegetal carnaúba**



**Figura 2 - Descascador de legumes**

Com o objetivo de comparar as propriedades mecânicas de corpos de prova fabricados com mesma resina e fibras diferentes, sob as mesmas condições de pressão e temperatura, as fibras de carnaúba foram unidas formando um entrançado bidirecional, semelhante ao tecido de fibra de carbono. A Figura 3 ilustra alguns corpos de prova após a obtenção do “tecido de carnaúba” e a Figura 4 mostra o entrançado do tecido de carbono.



**Figura 3 - Corpos de prova de fibra de carnaúba**



**Figura 4 - Tecido de fibra de carbono bidirecional**

Com os corpos de prova de tecido de carnaúba prontos, foram passadas três demãos de desmoldante (álcool vinílico), esperando cerca de trinta minutos de uma para a outra, com o objetivo de atuar na retirada da peça de forma eficiente ao final do processo. Em seguida, a resina epóxi foi impregnada nos corpos de prova de modo que houvesse a melhor aderência possível entre o reforço e a matriz, utilizando uma proporção, recomendada por Nasseh (2011), de 2:1 de resina e catalisador. Semelhante ao processo realizado com o tecido de carbono, foram

adicionados os tecidos absorvedores de resina envolvendo toda a área do laminado a fim de que a absorção do laminado seja a mais uniforme possível. Uma bolsa plástica envolveu o molde com os corpos de prova e os tecidos absorvedores. A bomba de vácuo foi ligada na bolsa durante cerca de 5 horas.

Após a ação do vácuo, os corpos de prova tiveram suas dimensões ajustadas, semelhantemente aos corpos de prova de fibra de carbono, ambos de acordo com as normas para tração e flexão de materiais compósitos ASTM D3039 e ASTM D7264, respectivamente. Os corpos de prova de fibra de carbono que seriam submetidos a ensaios de tração tiveram suas dimensões estabelecidas em 50 x 8 x 1 mm e os corpos de prova de carnaúba em 50 x 8 x 2 mm. Para os ensaios de flexão, os corpos de prova de fibra de carbono tiveram dimensões de 100 x 12 x 1 e os de fibra de carnaúba, 100 x 12 x 2 mm.

Foram realizados ensaios de tração com 5 corpos de prova de laminados de fibra de carbono e de fibra de carnaúba. Em seguida, foram realizados os ensaios de flexão com laminados de fibra de carbono, fibra de carnaúba bem como talos de carnaúba. Em relação aos talos, só é possível determinar seu comprimento (100 mm) permanecendo então, sua geometria inicial devido à sua rigidez. A Figura 5 apresenta o talo de carnaúba.



**Figura 5 - Talo de carnaúba**

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Ensaio de tração

As Figuras 6, 7, e 8 apresentam o corpo de prova de fibra de carbono antes e depois do ensaio de tração, bem como seu respectivo gráfico tensão deformação.



Figura 6 - Corpo de prova de fibra de carbono

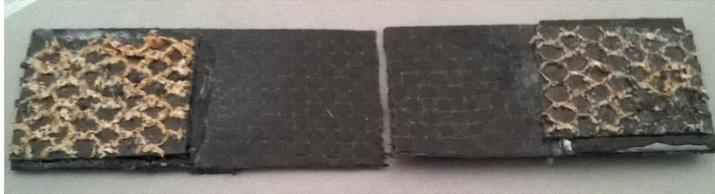


Figura 7 - Corpo de prova após ensaio de tração

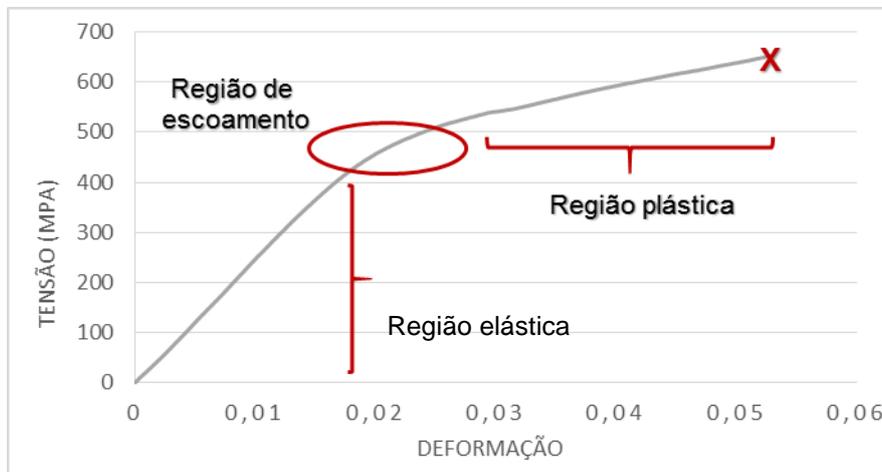


Figura 8 - Gráfico Tensão-deformação

Com o gráfico tensão deformação é possível extrair algumas propriedades do material utilizado, conforme a Tabela 1.

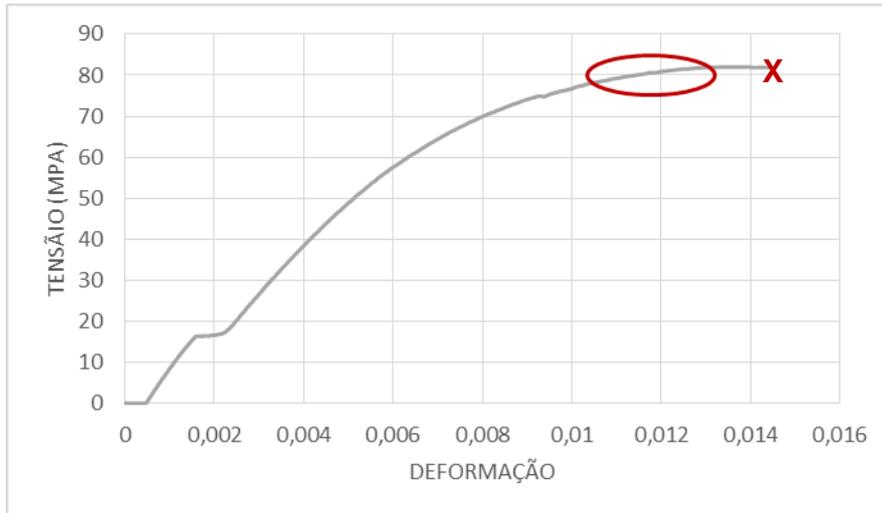
Tabela 1 - Propriedades da fibra de carbono no ensaio de tração

Material	Limite de resistência à tração	Módulo de elasticidade
Fibra de carbono	650 MPa	21,05 GPa

As Figuras 9 e 10 mostram o corpo de prova de fibra de carnaúba após realização do ensaio de tração e seu respectivo gráfico tensão deformação.



Figura 9 - Corpo de prova de fibra de carnaúba antes do ensaio de tração



**Figura 10 - Gráfico Tensão-deformação**

Na Tabela 2, pode-se observar as propriedades mecânicas obtidas no ensaio de tração com os corpos de prova de fibra de carnaúba.

**Tabela 2 - Propriedades mecânicas da fibra de carnaúba no ensaio de tração**

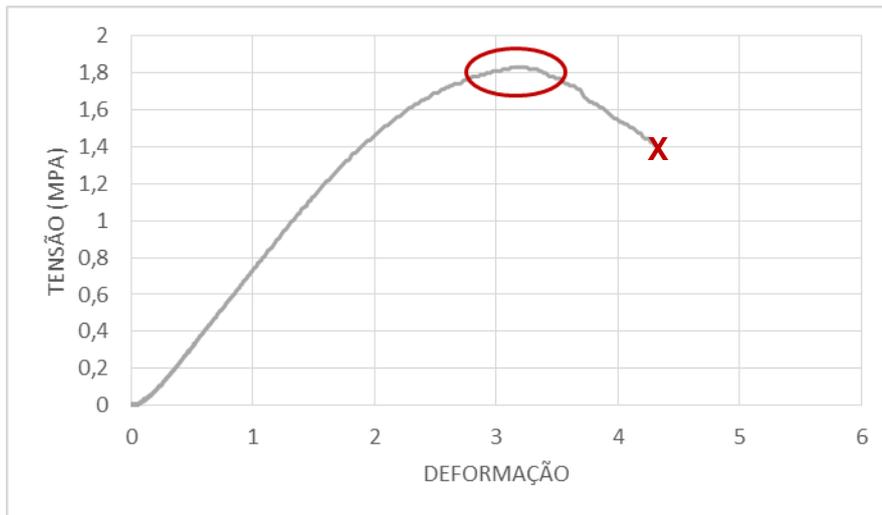
<b>Material</b>	<b>Limite de resistência à tração</b>	<b>Módulo de elasticidade</b>
Fibra de carnaúba	82 MPa	0,01 GPa

### Ensaio de flexão

As Figuras 11 e 12 ilustram os corpos de prova de carbono antes do ensaio de flexão e sua respectiva representação gráfica tensão-deformação.



**Figura 11 - Corpos de prova de fibra de carbono antes do ensaio de flexão**



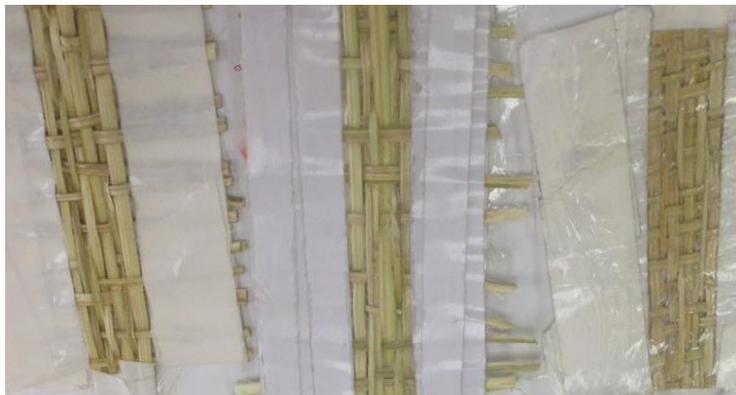
**Figura 12 - Gráfico Tensão-deformação**

A Tabela 3 apresenta as propriedades mecânicas obtidas no ensaio de flexão com os corpos de prova de fibra de carbono.

**Tabela 3 - Propriedades mecânicas de fibra de carbono no ensaio de flexão**

<b>Material</b>	<b>Limite de resistência à tração</b>	<b>Módulo de elasticidade</b>
Fibra de carbono	1,8 MPa	0,7 MPa

As Figuras 13, 14 e 15 mostram os corpos de prova de fibra de carnaúba antes e durante o ensaio de flexão, além da sua representação gráfica tensão-deformação.



**Figura 13 - Corpos de prova de fibra de carnaúba antes do ensaio de flexão**

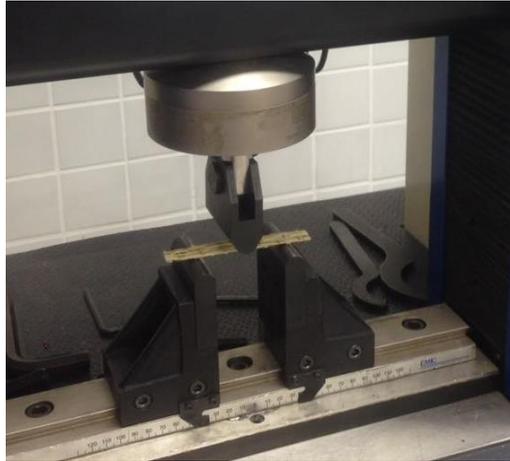


Figura 14 - Ensaio de flexão no corpo de prova de fibra de carnaúba



Figura 15 - Gráfico tensão-deformação

Na Tabela 4 é possível identificar melhor as propriedades mecânicas obtidas no ensaio de flexão com os corpos de prova de laminado de carnaúba.

Tabela 4 - Propriedades mecânicas dos corpos de prova de fibra de carnaúba

Material	Limite de resistência à tração	Módulo de elasticidade
Fibra de carnaúba	0,15 MPa	0,03 MPa

As Figuras 16 e 17 mostram os corpos de prova de talo de carnaúba e seu respectivo gráfico tensão deformação.



Figura 16 - Corpos de prova de talos de carnaúba

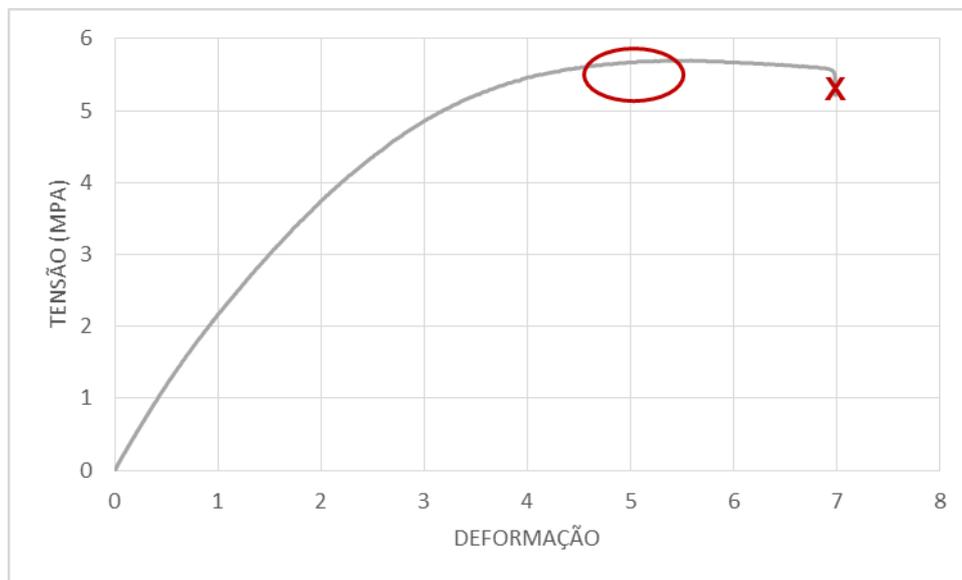


Figura 17 - Gráfico Tensão-deformação

Na Tabela 5 é possível identificar melhor as propriedades mecânicas obtidas no ensaio de flexão com os corpos de prova de talo de carnaúba.

Tabela 5 - Propriedades mecânicas do talo de carnaúba

Material	Limite de resistência à tração	Módulo de elasticidade
Talo de carnaúba	5,8 MPa	2 MPa

## CONCLUSÃO

Diante das análises dos ensaios de tração e flexão realizadas, o foco principal desse estudo prático realizado com as fibras de carnaúba não foram satisfatórios quando comparados com os corpos de prova de fibra de carbono em função de alguns problemas encontrados, tais como: diâmetro irregular das fibras, dificuldade

da fibra em absorver a resina, trançagem manual das fibras, falhas na laminação, vazios e heterogeneidade do corpo de prova.

Por outro lado, o corpo de prova feito do talo da carnaúba, sem resina epóxi, obteve valores superiores e satisfatórios quando comparados aos corpos de provas da fibra de carbono, alcançando assim, o objetivo parcial deste estudo prático. Com isso, o compósito feito do talo da carnaúba se justifica devido a relação custo x benefício, quando comparado ao carbono. Sendo um compósito natural de fácil reciclagem o corpo de prova do talo da carnaúba atende requisitos de projetos dependendo das solicitações dos sistemas envolvidos.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, Luiz Fernando Menezes. **Tratamentos de fibras de carnaúba para o desenvolvimento de compósito com matriz de polihidroxibutirato**. 2011. 109 fls. Doutorado (Tese em Ciência e Engenharia dos Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2011.

MANO, E. B.; MENDES, L. C. **Introdução a polímeros**. 2ª edição revista e ampliada. Rio de Janeiro: ed., Edgard blücher Ltda, 2001. p. 90.

SANTOS, Danielton Gomes. Análise experimental da absorção de água em compósitos de matriz poliéster reforçados com fibra de sisal. **Congresso Internacional de Engenharia Mecânica**, 2016, Fortaleza. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2016.