

# COMPÓSITO DE FIBRA DE SISAL ALINHADO 0° UNIDIRECIONAL: COMPARAÇÃO DA TENSÃO MÁXIMA EXPERIMENTAL E TEÓRICA<sup>1</sup>

Michel José Caldas Carvalho<sup>2</sup>  
Roberto Tetsuo Fujiyama<sup>3</sup>

## Resumo

As fibras naturais como sisal, juta, curauá possuem comprimentos que possibilitam a confecção de corpos de prova alinhados. As fibras de sisal variam de 700 mm a 1.100 mm tornando possível a fabricação de compósitos contínua e alinhada. Esse trabalho busca avaliar a resistência mecânica de um laminado compósito de fibra natural de sisal alinhado 0° unidirecional, fazendo uma comparação na tensão obtida com dados experimentais através da máquina de ensaio universal EMIC com os dados teóricos aplicando a regra da mistura. A metodologia para a confecção das placas usou pouco maquinário ou tecnologia, sendo usado lâminas de vidro e fitas dupla-face para que as fibras mantivessem o alinhamento e fosse possível a fabricação dos mesmos. Os resultados foram satisfatórios e dentro do esperado para esse tipo de orientação e fibra, obtendo uma tensão máxima de 66,91 MPa. Os dados experimentais normalmente diferem dos teóricos e uma das propostas desse trabalho é avaliar as possíveis possibilidades de fatores que influenciam para esta diferenciação.

**Palavras-chave:** Fibras naturais; Ensaio de tração; Sisal; Regra das misturas.

## COMPOSITE SISAL FIBER ALIGNED 0° UNIDIRECTIONAL: COMPARISON OF EXPERIMENTAL AND MAXIMUM STRESS TEÓRICA

## Abstract

Natural fibers as sisal, jute, curauá have lengths that allow the preparation of specimens aligned. The sisal fiber presents length that varies 700 mm to 1.100 mm making possible the construction of composites with a length that fit the specific dimensions set out in standards such as ASTM D3039M. This study sought to determine the strength of a composite fiber of natural sisal 0° aligned unidirectional laminates, with a comparison stress obtained from experimental data by a universal testing machine EMIC theoretical data with the applying the mixture rule. The methodology used for the manufacture of these laminates was rudimentary, which fits into the proposed use of no machinery or technology in obtaining these composite materials, at the time was used glass slides and double-sided tape to keep the fiber alignment and it was possible to manufacture them. The results were satisfactory and as expected for this type of fiber orientation and, obtaining a maximum stress of 66.91 MPa. The experimental data usually differ from the theoretical and the proposal of this paper is to evaluate the potential possibilities of influencing factors for this differentiation.

**Key words:** Natural fibers; Tensile test; Sisal; Rule of mixtures.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 67º Congresso ABM - Internacional, 31 de julho a 3 de agosto de 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

<sup>2</sup> Mestrando do Programa Pós-graduação Engenharia Mecânica, PPGEM/ UFPA.

<sup>3</sup> Prof. Dr. Adjunto, IV Posmec, ITEC/ UFPA.

## 1 INTRODUÇÃO

Os compósitos têm sido utilizados como solução para inúmeros problemas de engenharia. Hoje podemos ver compósitos presentes em diversas áreas do conhecimento humano seja na construção civil, aeronáutica, automobilística ou náutica. Esses materiais surgiram com a proposta de desenvolvimento de propriedades mecânicas que pudessem satisfazer as necessidades que materiais clássicos de construção como: o aço, madeira etc., não puderam atender, trata-se de materiais de alta resistência mecânica e baixa densidade. Esse trabalho utilizou fibras de sisal longas e alinhadas com matriz poliéster na confecção de compósitos laminados com o objetivo de avaliar os resultados dos ensaios de tração teórico e experimentais, através da regra das misturas.

A regra das misturas<sup>(1)</sup> é dada pela Equação 1.

$$\sigma_c = v_f \cdot \sigma_f + v_m \cdot \sigma_m \quad (1)$$

Onde:

- $\sigma_c$  é a tensão teórica do compósito;
- $v_f$  é a fração volumétrica de fibras ;
- $\sigma_f$  é tensão máxima de tração da fibra;
- $v_m$  é fração volumétrica da matriz; e
- $\sigma_m$  é tensão máxima da matriz.

Uma relação entre a fração volumétrica de fibras e a fração volumétrica da matriz é dada pela Equação 2.

$$v_f + v_m = 1 \quad (2)$$

A fração volumétrica de fibras pode ser determinada pela Equação 3.

$$v_f = 1 - W - W_f / \rho_m V \quad (3)$$

Onde,

- $v_f$  é a fração volumétrica de fibras;
- $W$  é o peso do compósito;
- $W_f$  é o peso das fibras;
- $\rho_m$  densidade da resina; e
- $V$  é o volume do compósito.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

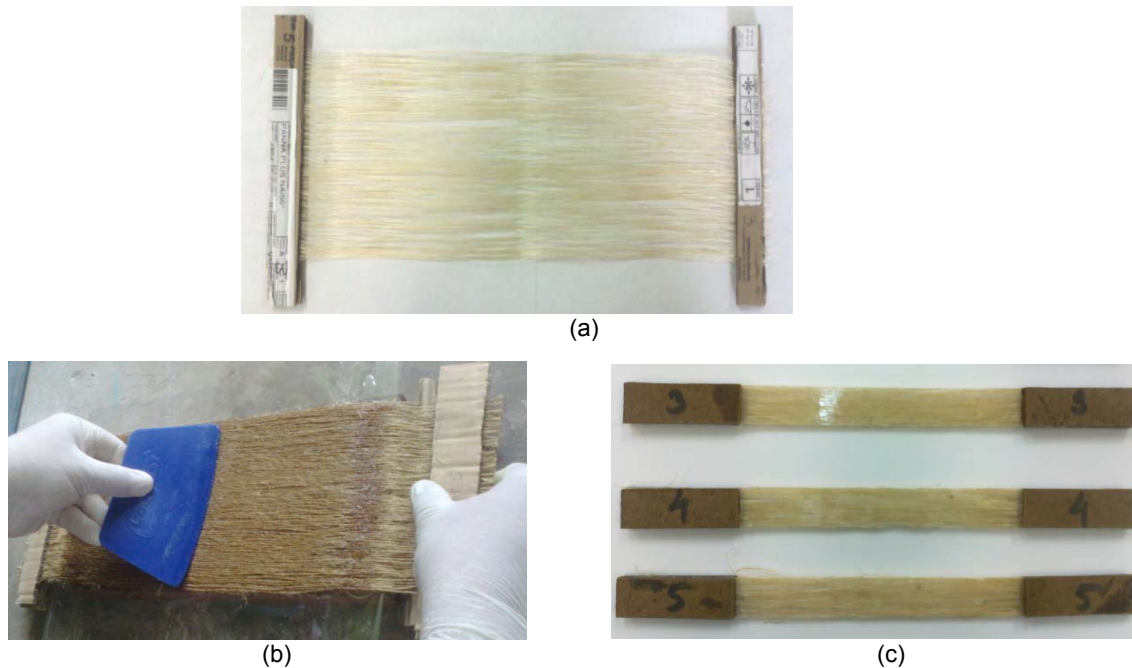
A resina polimérica utilizada na confecção do compósito laminado foi a resina poliéster com acelerador de cobalto 0,15% em massa e catalisador com 0,33% em massa. A fibra utilizada foi sisal, que foram alinhadas sobre uma lamina de vidro com auxílio de uma fita dupla face para manter o alinhamento.

### 2.2 Metodologia Experimental

#### 2.2.1 Fabricação dos corpos-de-prova

As fibras foram alinhadas com o comprimento 350 mm de comprimento por 120 mm de largura, configurando assim uma camada. Depois das fibras de sisal serem impregnadas com a resina poliéster elas foram prensadas a 0,5 ton. Cada compósito

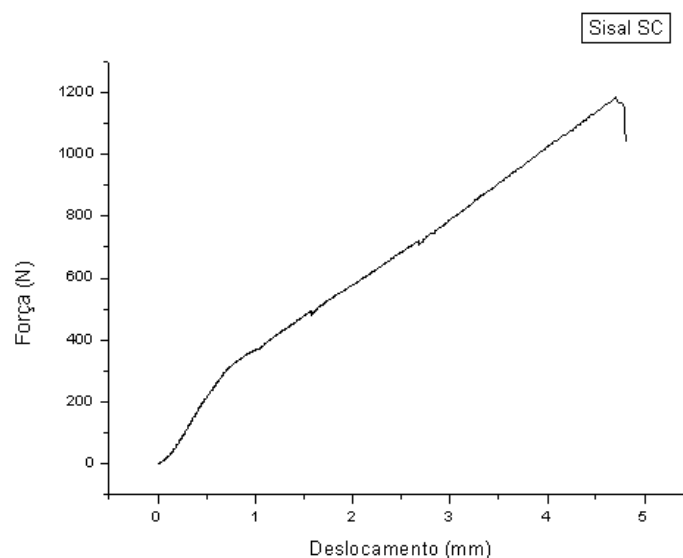
utilizou três camadas sobrepostas atendendo assim as dimensões especificadas na norma ASTM D3039M,<sup>(2)</sup> que são WxLxT, 15 x 250 x 1 mm, respectivamente. Após os laminados serem feitos e deixados curando a temperatura ambiente durante 7 dias, foi utilizada uma máquina de corte com disco diamantado para confecção dos corpos-de-prova (Figura 1).



**Figura 1.** Processo de fabricação compósito de fibras de sisal alinhadas. (a) Fibras alinhadas antes do processo de fabricação do laminado; (b) etapa do processo de aplicação da matriz do material compósito; e (c) os corpos de prova já fabricados e preparados para o ensaio de tração.

### 3 RESULTADOS

A Figura 2 mostra a curva força x deslocamento do compósito de fibras de sisal alinhadas e a Tabela 1 mostra os resultados das propriedades mecânicas do mesmo.



**Figura 2.** Curva força x deslocamento do compósito de fibras de sisal.

**Tabela 1.** Propriedades mecânicas sob tração do compósito fibras de sisal alinhado 0° unidirecional

	Força Max. (N)	Tensão Max. (Mpa)	Mod. Elastic. (Mpa)
Média	1.175,59	129,49	4.197,29
Mínimo	1.102,04	111,32	3.898,51
Máximo	1.240,56	147,10	4.770,74

Usando a Equação 1 da regra das misturas pode ser calculada a tensão teórica do compósito de sisal, utilizando, segundo Rodrigues (2008)  $\sigma_m = 36,74$  MPa para proporção de 0,33% de catalisador utilizado, a tensão de resistência para a matriz do material compósito. Conhecendo o valor da tensão de resistência da fibra (Tabela 1), pode-se determinar a fração volumétrica de fibras do material compósito, que calculada foi obtida o valor de  $v_f = 41,26\%$ .

A tensão sob tração da fibra de sisal<sup>(3)</sup> é  $\sigma_f = 304,55$  MPa e pelas Equações 1 e 2, obtemos o resultado de tensão teórica suportada pelo compósito de  $\sigma_c = 147,24$  MPa. Outros trabalhos de pesquisa com materiais compósitos com fibras contínuas e alinhadas fabricadas pelo processo de pultrusão,<sup>(4)</sup> usando fibra de vidro e Mariz poliéster, obtiveram resistência a tração de 379,58 MPa.

#### 4 DISCUSSÃO

O valor encontrado de tensão experimental média  $\sigma_e = 129,49$  MPa é um valor próximo ao valor de tensão teórica  $\sigma_c = 147,24$  MPa, vale ressaltar que o valor máximo encontrado no ensaio de tração do compósito de fibra de sisal  $\sigma_e = 147,10$  MPa (Tabela 1), é o que mais se aproxima do valor teórico. De maneira geral o método de fabricação, apesar de manual, mostrou coerência entre os dados teóricos e experimentais, e os resultados que mais se afastaram do valor teórico podem ser consequência de bolhas geradas do momento da fabricação do compósito ou uma variação na densidade linear de fibras do compósito, já que se trata de um processo manual e sem uso de tecnologia. Em um trabalho feito anteriormente considerando os mesmos parâmetros de metodologia para um compósito com fibras de curauá a tensão média foi  $\sigma_e = 295,33$  Mpa para uma fração volumétrica das fibras  $v_f = 26,72\%$ , se fosse calculada a tensão teórica para esse compósito utilizando a fração volumétrica  $v_f = 41,26\%$ , utilizada neste trabalho, encontraríamos uma tensão teórica, pela regra das misturas, igual a  $\sigma_c = 435,3$  Mpa o que evidencia a superioridade dos compósitos poliméricos com fibras naturais de curauá em relação ao compósitos com fibras de sisal ambos alinhadas.

#### 5 CONCLUSÃO

O compósito apresentou resistência mecânica à tração de acordo com o esperado, mesmo se tratando de um processo manual em que há ocorrências de vazios no compósito. Podemos comparar esses resultados com trabalhos feitos anteriormente com fibras de vidro alinhadas que teve como resistência à tração ( $\sigma$ ) 379,58 MPa, porém trata-se de um alinhamento feito pelo processo de pultrusão em que a ocorrência de defeitos é mínima. Em um trabalho futuro, poderia ser fabricados compósitos de fibras de sisal alinhados e sobre pressão isso diminuiria a ocorrência de vazios aproximando mais ainda os valores teóricos e experimentais.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem a Capes e CNPQ pelo financiamento da pesquisa e Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia – Itegam.

## **REFERÊNCIAS**

- 1 CALLISTER, W. D. Jr. Ciência e engenharia de materiais - uma introdução. Utah: LTC, 2002. 602 p.
- 2 ASTM D3039 - 2000, “Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials”, Annual Book of ASTM Standards”, American Society for Testing and Materials, 2000.
- 3 RODRIGUES, J. da S. Comportamento Mecânico de Material Compósito de Matriz Poliéster Reforçado por Sistema Híbrido Fibras Naturais e Resíduos da Indústria Madeireira. 2008. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.
- 4 R. T. FUJIYAMA, A. N. SOUSA E F. L. BASTIAN. Uso de Materiais Compósitos em Reparos de Dutos de Aço. Disponível em: <<http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/2/3009.pdf>>. Acesso em : 29/07/2011.