



## INFLUÊNCIA DO COMPRIMENTO E DO TEOR DE FIBRA EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS HÍBRIDOS (VIDRO/RAMIE) MOLDADOS POR RTM

Daiane Romanzini<sup>1\*</sup>, Emanuel H. Portella<sup>1</sup>, Heitor L. Ornaghi Jr.<sup>2</sup>, Sandro C. Amico<sup>2</sup>, Ademir J. Zattera<sup>1</sup>.

*1\** - Universidade de Caxias do Sul - UCS, Caxias do Sul – RS- dairomanzini@ibest.com.br

*2* - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS – Porto Alegre - RS

**Resumo:** O objetivo deste trabalho é estudar a influência da incorporação de fibras de vidro e ramie, utilizando comprimento de fibra de 35, 45 e 55 mm, mantendo um percentual de reforço, variando as frações volumétricas das fibras de vidro e de ramie. Foi observado um melhor desempenho em compósitos moldados com fibra de 45 mm de comprimento. Acredita-se que os menores valores encontrados em compósitos com 55 mm ocorreram pela dificuldade de distribuição e homogeneização das fibras na matriz polimérica. A fibra de vidro contribuiu para a melhora no desempenho, assim como para a diminuição da absorção de água, que é um dos maiores problemas enfrentados na utilização de compósitos com fibra natural.

**Palavras-chave:** *Compósitos poliméricos. Fibra de vidro. Fibra natural. Ramie.*

### *Influence of length and content of fiber in reinforced polymer hybrid composites (glass/ramie) manufactured by RTM*

**Abstract:** This work aims to study glass and ramie fiber composites focusing on the effect of varying the fiber length (35, 45 and 55 mm), and the relative volume fraction between glass and ramie fibers, keeping the overall fiber volume content in 20%. Composites with 45 mm long fibers showed a higher performance. The lower values found for the composites with 55 mm long fibers are due to the difficulty of distribution and homogeneity of the fibers in the polymer matrix. The glass fiber contributed to improve mechanical performance as well as a decreasing in the overall water absorption, which is one of the most known drawbacks in natural fiber composite applications.

**Keywords:** *Polymer composites. Glass fiber. Natural fiber. Ramie.*

### **Introdução**

Atualmente a utilização de materiais de fonte renovável desempenham um papel importante na economia de alguns países, ajudando na prevenção da poluição ambiental, e também na geração de empregos. As fibras lignocelulósicas se inserem neste contexto, pois há um crescente interesse em substituir as fibras de vidro pelas naturais em compósitos poliméricos [1-2].

As fibras naturais podem ser consideradas compósitos naturais, constituídos principalmente de fibrilas de celulose incorporadas em matriz de lignina. Os principais componentes das fibras naturais são celulose, hemicelulose, lignina, pectina e ceras [3]. As propriedades das fibras naturais podem ser melhoradas pela hibridização com fibras sintéticas, como por exemplo, a fibra de vidro ou de carbono, que podem aumentar a rigidez, a resistência, bem como diminuir a absorção de

umidade do compósito, e então um equilíbrio entre desempenho e impacto ambiental poderia ser alcançado [4].

As resinas poliésteres insaturadas são extremamente versáteis em propriedades e aplicações e são amplamente produzidas industrialmente devido às vantagens quando comparadas a outras resinas termorrígidas, tais como capacidade de cura a temperatura ambiente, boas propriedades mecânicas e transparência [5]. O produto final é obtido após a cura da resina, que decorre da reação de polimerização onde há reticulação entre as cadeias poliméricas lineares. A cura é seguida de uma ou duas pós curas a altas temperaturas [6].

Em relação às técnicas para produção de compósitos termorrígidos, a moldagem por transferência de resina (RTM) é um processo novo e popular na indústria automotiva e aeronáutica, que preenche a lacuna entre o trabalhoso processo *hand lay-up* e a moldagem por compressão, que exige altos investimentos. O RTM permite a produção de peças grandes e complexas, tais como painéis de carroceria, que exigem um ótimo acabamento superficial [7,8].

O objetivo deste trabalho é estudar a influência do comprimento e do teor de fibras de vidro e ramie em compósitos poliméricos híbridos, através da análise de ensaios físicos (massa específica, teor de vazios e absorção de água) e ensaios mecânicos (flexão e de impacto).

## **Experimental**

### *Materiais*

As fibras de ramie foram adquiridas em forma de corda, sem pigmentação e com aditivo anti-mofo, da empresa Sisalsul Fibras Naturais. As fibras de vidro em forma de *roving* (bobina de fios) foram obtidas da empresa Vetrotex, com densidade de  $2,5 \text{ g/cm}^3$ . A resina poliéster ortoftálica insaturada modificada UCEFLEX UC 5518-M foi fornecida pela empresa Elekeiroz S.A. O desmoldante PVA (poli álcool vinílico), o iniciador peróxido de LPT e o acelerador di(metil) anilina (DMA) foram adquiridos na Disfibra.

### *Preparação das fibras de Ramie*

As fibras de vidro e as fibras de ramie em forma de corda foram cortadas nos tamanhos de 35, 45 e 55 mm com auxílio de um gabarito. Em seguida, as fibras naturais foram mergulhadas em um Becker com água destilada, durante 10 minutos, para então serem distorcidas e dispostas em uma bandeja para posterior lavagem com água destilada por 50 minutos. Após, as fibras foram secas em estufa com circulação de ar, a  $105^\circ\text{C}$  durante 1 hora. Depois de retiradas da estufa, foram penteadas e finalmente estão prontas para a preparação das mantas híbridas.

### *Preparação das mantas híbridas*

As fibras de ramie foram pesadas, assim como as fibras de vidro, de acordo com o percentual de fração volumétrica de fibra de vidro (FV) e de fibra natural (FN) a ser utilizado (FV:FN) : (75:25) / (50:50) / (25:75). A fração volumétrica total de reforço foi mantida em 20%. A seguir, foram misturadas manualmente e distribuídas aleatoriamente em um molde. Antes da moldagem a manta foi prensada durante 10 minutos a 80°C e 5000 kgf.

### *Preparação dos compósitos*

Aplicou-se desmoldante no molde. Após secagem, colocou-se a manta e fechou-se o molde. Foram adicionados e homogeneizados 0,5% de peróxido de LPT e 0,1% de DMA à resina poliéster ortoftálica. No processo de moldagem, a resina foi injetada sob pressão, impregnando a manta até o completo preenchimento do molde. Os parâmetros de processo utilizados no RTM foram: temperatura do molde entre 20 e 25°C, pressão de 0,5 bar e tempo de cura de 1 hora no molde, seguida por 24 horas a 25°C. A pós cura na estufa com circulação de ar ocorreu em duas etapas: 80°C por 6 horas e 120°C por 2 horas.

### *Confecção dos corpos de prova e ensaios mecânicos*

Os corpos de prova foram obtidos a partir das placas, cortados em serra fita, e posteriormente lixados para que suas dimensões atendessem as normas de cada ensaio. Foram mantidos em sala climatizada durante 48 horas antes da realização dos ensaios, a uma temperatura de 23±2°C e umidade de 50±5%. Os ensaios de massa específica, teor de vazios e absorção de água foram realizados de acordo com as normas D792-98, D 2734-94 e D570-98, respectivamente. O ensaio de flexão foi realizado em uma máquina universal de ensaios mecânicos EMIC DL-3000, de acordo com a norma D7264M-07. O ensaio de impacto foi Izod sem entalhe, com martelo de 7,5 J, em um equipamento de impacto modelo CEAST, atendendo a norma D256-04.

## **Resultados e Discussão**

A Tabela 1 apresenta os valores da massa específica experimental, teor de vazios e absorção d'água para os compósitos que estão sendo estudados. Através da análise dos dados observa-se que há um aumento da massa específica conforme aumenta o percentual de fibra de vidro incorporado no reforço. Isso se deve ao fato da fibra de vidro apresentar densidade 2,5 g/cm<sup>3</sup>, que é superior à densidade da fibra natural (1,28 g/cm<sup>3</sup>) e da resina (1,20 g/cm<sup>3</sup>). Pode-se observar também que há uma queda nos valores de absorção de água com o aumento do percentual de fibra de vidro incorporado no reforço, já que esta absorve uma menor quantidade de água do que a fibra natural.

Dependendo da aplicação, pode-se trabalhar com a redução de peso do compósito. Com a incorporação de apenas 25% de fibra de vidro, pode-se reduzir entre 8,6 a 10,7% em massa do compósito quando comparado a 75% de fibra de vidro incorporada, por exemplo.

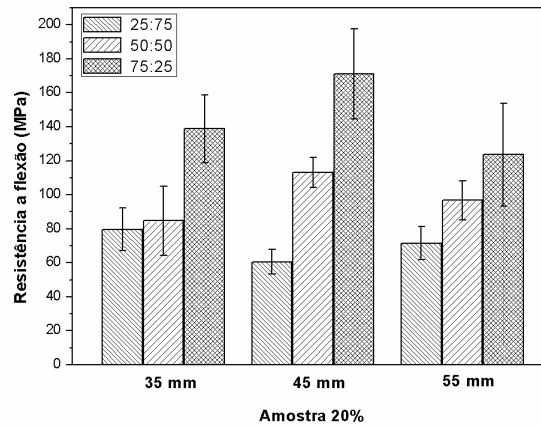
Em relação ao comprimento da fibra, há um ligeiro aumento na massa específica dos compósitos contendo fibras de comprimento de 35 mm para os de 45 mm, apresentando queda quando se utiliza os de 55 mm. Isso se deve a dificuldade de distribuição e homogeneização das fibras de 55 mm dentro do molde [9]. Isso também justifica o aumento do teor de vazios neste comprimento, e também da absorção d'água.

**Tabela 1** – Valores de massa específica, teor de vazios e absorção de água para os compósitos estudados.

| Tamanho da fibra | (FV:FN) | Massa específica (g/cm <sup>3</sup> ) | Redução de massa (%) em relação à fração 75:25 | Teor de vazios (%) | Absorção de água 24h (%) | Absorção de água na saturação (%) |
|------------------|---------|---------------------------------------|--|--------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 35 mm            | 25:75   | 1,27 (±0,01)                          | 8,63   | 0,57               | 3,89 (±1,13)             | 5,45 (±1,19)                      |
|                  | 50:50   | 1,33 (±0,03)                          | 4,32   | 1,43               | 2,08 (±0,31)             | 3,56 (±0,51)                      |
|                  | 75:25   | 1,39 (±0,02)                          | —  | 2,01               | 2,61 (±0,44)             | 3,07 (±0,20)                      |
| 45 mm            | 25:75   | 1,28 (±0,01)                          | 9,22   | 0,33               | 1,01 (±0,43)             | 2,18 (±0,81)                      |
|                  | 50:50   | 1,33 (±0,03)                          | 5,67   | 1,06               | 0,64 (±0,23)             | 1,31 (±0,41)                      |
|                  | 75:25   | 1,41 (±0,02)                          | —  | 0,65               | 0,45 (±0,16)             | 0,87 (±0,24)                      |
| 55 mm            | 25:75   | 1,25 (±0,01)                          | 10,71  | 2,08               | 3,76 (±1,66)             | 4,93 (±1,57)                      |
|                  | 50:50   | 1,33 (±0,01)                          | 5,26   | 1,39               | 4,00 (±2,10)             | 5,41 (±2,01)                      |
|                  | 75:25   | 1,40 (±0,04)                          | —  | 1,20               | 2,24 (±0,30)             | 3,19 (±0,38)                      |

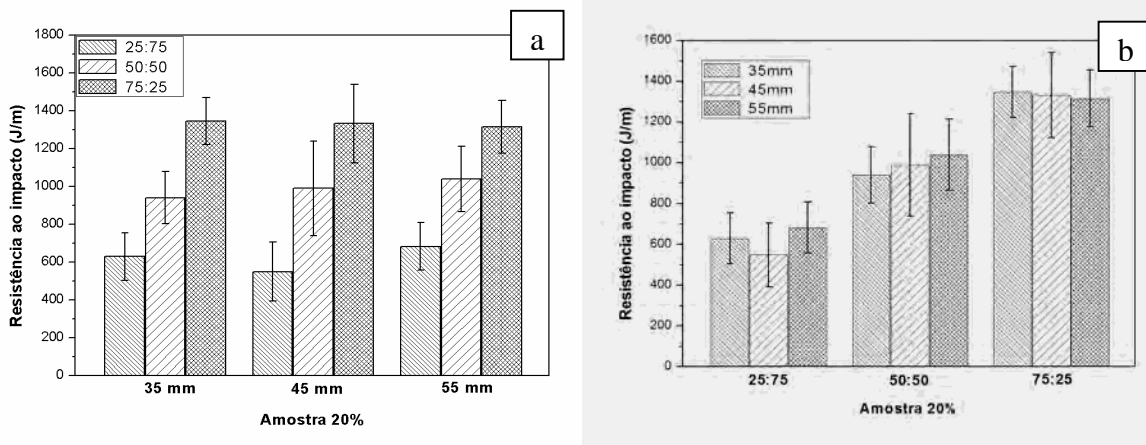
A presença de sujidades e outros compostos na fibra *in natura* podem prejudicar a sua adesão na matriz poliéster. Para melhorar a interface entre a fibra natural e a matriz polimérica, com objetivo de se obter compósitos com melhor desempenho, as fibras de ramie foram lavadas. Vieira [10] estudou o tratamento das fibras de sisal e verificou que quando lavadas com água destilada produziram compósitos com propriedades superiores à *in natura*.

Os resultados para a resistência à flexão apresentados na Fig. 1 indicam um aumento da resistência com o aumento do percentual da fibra de vidro incorporado. Isso se deve ao fato da fibra de vidro ser mais rígida e mais resistente em comparação com a fibra de ramie [11]. Portanto, como resultado do aumento do percentual de fibra de vidro, tem-se um aumento na resistência a flexão devido ao aumento da resistência ao cisalhamento [12]. O tamanho de fibra de 45 mm apresentou melhores resultados. A queda da resistência a flexão em compósitos contendo fibras com 55 mm de comprimento pode ser explicada pela dificuldade de homogeneização e dispersão das fibras mais longas no molde, que possui dimensões de 28,5 x 13,5 cm [9].



**Figura 1.** Dados da resistência à flexão dos compósitos híbridos estudados em função do percentual de fibra natural e de vidro e do comprimento de fibra.

Analisando a Fig. 2a, há um aumento da resistência ao impacto com o aumento da fração de fibra de vidro no compósito. A incorporação de 50% de fibra de vidro à fibra natural no compósito com 45 mm de comprimento ocasionou um aumento de 80,2% na resistência ao impacto em relação ao compósito com 25% de fibra de vidro. Para 75%, há um aumento de 142,6% em relação ao valor inicial incorporado (25%). Isso pode ser justificado pelo importante papel que as fibras desempenham na resistência ao impacto do compósito, por atuarem como meio de transferência de tensão, além disso, com a incorporação da fibra de vidro, há uma melhora nas interações fibra-matriz em comparação com a fibra natural, resultando em uma maior absorção de energia [12].



**Figura 2.** Dados de resistência ao impacto dos compósitos híbridos estudados em função (a) do comprimento e (b) do teor de fibra natural e de vidro incorporado.

Esperava-se que as fibras longas resultassem em uma maior absorção de energia no impacto, pela maior dissipação de energia ao longo do seu comprimento [9]. Observando a Fig. 2b, não houve uma influência significativa na resistência ao impacto devido ao aumento do tamanho das fibras.

## Conclusões

Os compósitos moldados com fibra de 45 mm de comprimento apresentaram melhor desempenho. Além do melhor resultado nos ensaios de densidade, teor de vazios e absorção d'água, apresentaram maiores valores nos ensaios de resistência à flexão. A variação do tamanho não teve influência significativa no resultado de resistência ao impacto. Acredita-se que a queda no desempenho dos compósitos com 55 mm ocorreu devido à maior dificuldade de distribuição e homogeneização das fibras no molde. Em relação à influência da fibra de vidro, esta contribuiu para a diminuição da absorção de água, que é um dos maiores problemas na utilização de compósitos com fibra natural. Além disso, o aumento do percentual de fibra de vidro incorporado promove o aumento da resistência à flexão e impacto. Sendo assim, dependendo da aplicação do compósito, é possível obter materiais com bom desempenho, e também com peso reduzido.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ e a CAPES pela concessão das bolsas, à Elekeiroz S.A pelo fornecimento da resina poliéster, ao LPOL pelo auxílio técnico e disposição dos equipamentos para realização dos ensaios, e aos programas PGEPROTEC e PPGEM.

## Referências Bibliográficas

1. K. G. Satyanarayana; J.L. Guimarães; F. Wypych *Comp. Part A*. 2007, 38, 1694.
2. F. M. Margemi; S. N. Monteiro; R. J. S. Rodriguez; B. G. Soares *R Matéria*. 2010, 15, 164.
3. M. J. John; S. Thomas *Carbohydr. Polym.* 2008, 71, 343.
4. R. Velmurugan; V. Manikandan *Comp. Part A*. 2007, 38, 2216.
5. H. A. Sharifah; P. A. Martin; J. C. Simon; R. P. Simon *Comp. Sci. Tech.* 2005, 65, 525.
6. E. Bureau; K. Chebli; C. Cabot; J. M. Saiter; F. Dreux; S. Marais; M. Metayer *Eur. Polym. J.* 2001, 37, 2169.
7. P. A. Sreekumar; K. Joseph; G. Unnikrishanan; S. A. Thomas *Comp. Sci. Tech.* 2007, 67, 453.
8. D. Rouison; M. Sain; M. Couturier *Comp. Sci. Tech.* 2006, 66, 895.
9. C. C. Angrizani; C. A. B. Vieira; A. J. Zattera; E. Freire; R. M. C. Santana; S. C. Amico in *Proceedings of 17º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais, Foz do Iguaçu, 2006.*
10. C. A. B. Vieira. *Dissertação de Mestrado, Universidade de Caxias do Sul, 2008.*
11. K. Jarukumjorn; N. Suppakarn *Comp. Part B*. 2009, 40, 623.
12. S. Mishra; A. K. Mohanty; L. T. Drzal; M. Misra; S. Parija; S. K. Nayak; S. S. Tripathy *Comp. Sci. Tech.* 2003, 63, 1377.