

**Título:** APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE FIBRA DE VIDRO PROVENIENTES DE INDÚSTRIAS DA PARAÍBA NA PRODUÇÃO DE COMPÓSITOS

**Autores:** E.M.Araújo, T.J.A. Mélo, L.H. Carvalho, K.G.B. Alves, R.S. Carvalho, K.D.

Araújo, T.L.F. Souza, J.P. Santos [edcleide@dema.ufpb.br](mailto:edcleide@dema.ufpb.br)

Área Temática: Tecnologia

## INTRODUÇÃO

Com o crescente aumento da produção e do consumo mundial de produtos industrializados, a reciclagem de materiais tornou-se uma das mais importantes atividades de controle ambiental agregando valores econômicos e desenvolvimento tecnológico. Atualmente, sabe-se que de todo lixo produzido, os resíduos provenientes do comércio e da indústria chegam à cerca de 50% da composição dos aterros sanitários, mesmo assim o foco tem sido concentrado nos resíduos sólidos produzidos em residências <sup>[1]</sup>.

Dentre os materiais presentes nos aterros, os plásticos têm despontado como o vilão, sobretudo por terem uma vida útil longa e apresentarem um grande volume de descartáveis de tipos diferentes, muitos dos quais incompatíveis entre si, dificultando o processo de separação e, conseqüentemente, a reciclagem. Outras dificuldades encontradas são os produtos fabricados com plásticos misturados com determinados tipos de aditivos e/ou cargas, como no caso dos “plásticos reforçados com fibras de vidro”, conhecidos como compósitos <sup>[3, 4]</sup>. A crescente utilização de compósitos no ramo da engenharia e na produção de bens de consumo oferece uma combinação sem igual de propriedades além de inúmeras vantagens econômicas em relação aos demais materiais competidores <sup>[3, 4]</sup>. Porém, em alguns processos de fabricação de compósitos, é gerada uma quantidade elevada de rejeitos ou sobras prejudicando o meio ambiente. Portanto, na tentativa de minimizar o volume destas sobras que vão parar nos lixões, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos, como exemplos: Risson e colaboradores<sup>[2]</sup> mostraram que a incorporação de resíduos de laminados de resina poliéster com fibra de vidro, utilizado como reforço em matriz polimérica, apresentaram excelente aspecto, boas propriedades mecânicas com aumento de até 23% na resistência tênsil; Figueiredo <sup>[6]</sup> utilizou resíduos de produtos produzidos com resina poliéster insaturado incorporada com cargas minerais e fibras de vidro, em novas formulações de BMC (Bulk Molding Compound) e SMC (Sheet Molding Compound). O resultado mostrou que a qualidade

das peças foi inferior às peças produzidas com os produtos virgens, mas com amplas possibilidades de serem utilizados em outras aplicações.

## **OBJETIVOS**

O objetivo deste trabalho foi utilizar o rejeito de fibras de vidro gerado no processo de fabricação de caixas d'água por laminação à pistola, como reforço na produção de compósitos com resina de poliéster insaturado. Para tanto, diferentes composições foram preparadas com o rejeito de fibras e comparadas com compósitos reforçados com fibra de vidro virgem, através de ensaios mecânicos de tração e impacto em corpos de prova padronizados.

## **MATERIAIS UTILIZADOS**

Utilizou-se como matriz a resina poliéster insaturado ortoftálica, pré-acelerada (RESAPOL 10116-c/33511), fornecida pela Resana S/A, e catalisada com 1% de peróxido de metil-etil-cetona (MEK),

Como reforço para a fabricação do compósito com resina poliéster, foram utilizadas fibras de vidro virgem e rejeitos de fibras de vidro, ambos fornecidos pela empresa Tubos Norte, localizada no município de Queimadas, estado da Paraíba. Os rejeitos de fibra de vidro, são provenientes do processo de fabricação de caixas d'água por laminação à pistola e, portanto, estão impregnados com a resina poliéster utilizada no processo.

## **METODOLOGIA**

Foram definidas três composições de compósitos de resina poliéster com teores de fibras de vidro picadas, variando entre 6,5; 11 e 16% para a fibra de vidro virgem e entre 6,5; 11; 18% para o rejeito de fibra de vidro. Os teores foram obtidos dividindo-se a massa de fibra utilizada pela massa total da placa após moldagem. Os compósitos foram preparados por compressão em molde de aço com dimensões de 150x180x3mm. As fibras foram dispersas manualmente na cavidade do molde e impregnadas com a resina catalisada (1% de MEK, agitada por 2 minutos) sobre todo o sistema. O conjunto foi prensado com uma força de 8 toneladas e mantido sob pressão por aproximadamente oito horas a temperatura ambiente. Após este tempo o molde foi aberto e as placas foram desmoldadas e cortadas com um disco de corte circular metálico, na forma de

corpos de prova de tração com dimensões médias de 130mm de comprimento; 12,7mm de largura; 3mm de espessura e comprimento útil de 60mm. E na forma de corpos de prova de impacto com dimensões de 80x12x3mm.

Os ensaios sob tração foram realizados em máquina universal de ensaios Loyd LR/10KN, com célula de carga de 10KN. Os ensaios foram realizados à temperatura ambiente a uma velocidade de 5 mm/min, segundo a norma ASTM D-3039. Os ensaios sob impacto Izod, foram realizados em máquina CEATEST, com pêndulo de 2,75 J, seguindo a norma ASTM D-256. A quantidade de corpos de prova utilizada nos ensaios mecânicos foi de cinco.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios mecânicos de tração e impacto com os desvios padrão calculados para uma média de cinco corpos de prova, estão apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. Estes resultados estão melhor apresentados nas figuras abaixo junto com a discussão para diferentes teores de fibras curtas (6,5; 11; 16 e 18%), e tipos de reforço: fibra de vidro virgem e rejeito de fibra de vidro.

**Tabela 1** – Propriedades mecânicas dos compósitos reforçados com fibras virgem e rejeito de fibra

<b>Compósitos com 6,5% de fibra</b>			
<b>Reforço</b>	<b>Módulo de Young (MPa)</b>	<b>Resistência à Tração (MPa)</b>	<b>Alongamento (mm)</b>
<b>Resina Pura</b>	1311,50 ± 127,00	28,01 ± 6,79	1,93 ± 0,40
<b>Fibra Virgem</b>	2195,30 ± 122,81	17,31 ± 4,78	0,71 ± 0,41
<b>Fibra de Rejeito</b>	2215,10 ± 47,86	14,05 ± 3,18	0,74 ± 0,35
<b>Compósitos com 11% de fibra</b>			
<b>Fibra Virgem</b>	2034,90 ± 162,82	25,06 ± 2,21	0,96 ± 0,24
<b>Fibra de Rejeito</b>	2182,80 ± 91,52	18,68 ± 2,37	0,82 ± 0,29
<b>Compósitos com 16 e 18% de fibra</b>			
<b>Virgem(16%)</b>	2642,90 ± 174,43	32,51 ± 4,19	1,07 ± 0,31
<b>Rejeito(18%)</b>	2362,40 ± 26,54	25,47 ± 5,26	0,97 ± 0,39

**Tabela 2** – Resistência ao impacto dos compósitos reforçados com fibras virgem e rejeito de fibra

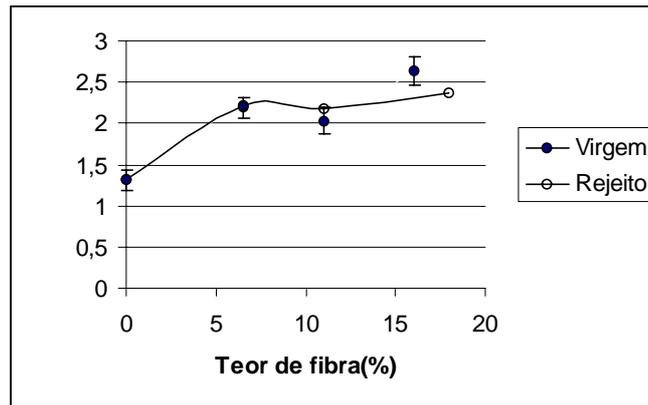
<b>Resistência ao impacto (J/m)</b>			
<b>Teor de fibra(%)</b>	<b>Virgem</b>	<b>Teor de fibra(%)</b>	<b>Rejeito</b>

0	42 ± 7	0	42 ± 7
6,5	177,12 ± 44,80	6,5	103,39 ± 33,07
11	208,42 ± 46,14	11	162,45 ± 49,37
16	409,70 ± 164,45	18	374,11 ± 77,38

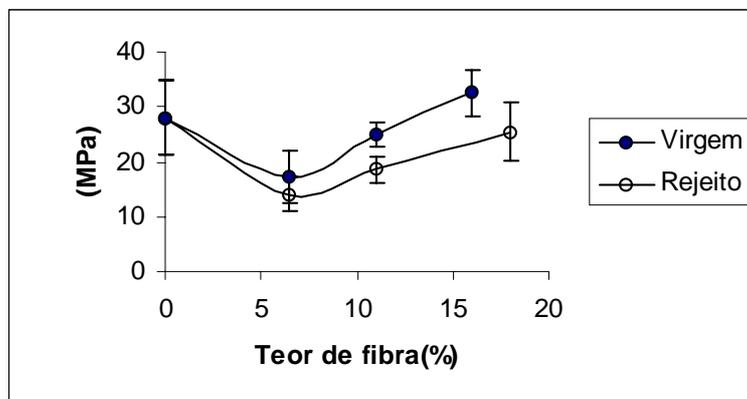
A resistência à tração e o módulo de rigidez de compósitos reforçados por fibras curtas dependem principalmente da eficiência da transferência de tensões da matriz para as fibras a qual depende do comprimento das fibras e da magnitude da interação na interface fibra-matriz <sup>[7]</sup>. Se o comprimento das fibras empregadas como reforço for inferior ao comprimento crítico, o compósito falhará a baixas tensões. Por outro lado, quando o comprimento das fibras for maior que o comprimento crítico e apresentar uma interface forte, o desempenho do compósito será melhor <sup>[7]</sup>.

Outro fator importante na resistência do compósito é a orientação das fibras. Dois casos extremos são possíveis, o primeiro é o alinhamento das fibras no mesmo sentido da solicitação da tensão, e o segundo é à disposição ao acaso das fibras. Os compósitos cujas fibras estão orientadas numa única direção são anisotrópicos e o máximo na resistência é obtido quando o material é testado na direção do alinhamento das fibras e o mínimo quando as fibras estão alinhadas transversal à solicitação. Já os compósitos reforçados com fibras dispostas ao acaso, apresentam propriedades intermediárias aos compósitos unidirecionais <sup>[7]</sup>.

Através da Figura 1 pode-se verificar que houve um aumento da rigidez dos compósitos, com a incorporação de fibra, e que em teores mais elevados de fibra, ou seja 16 e 18%, apresentaram valores maiores. É sabido que em baixas frações volumétrica de reforço a resistência dos compósitos é dominada pela matriz, e acima de um volume crítico de fibras, a resistência aumenta com o teor de fibras. Porém, em relação ao módulo, não houve redução dentro da variação do teor de fibra utilizado. No entanto, na Figura 2, observa-se que ocorreu uma queda na tensão máxima nas amostras reforçadas com 6,5 % de fibras virgem e de rejeito, isto pode ter acontecido porque as fibras atuaram como defeitos concentradores de tensão reduzindo a resistência mecânica do compósito. A medida que o teor de fibra aumentou, as tensões passaram a ser mais uniformemente distribuídas e a resistência do compósito aumentou, chegando a apresentar tensão semelhante e um pouco acima da resina pura. Isto ocorreu melhor para o compósito com fibra de vidro virgem, embora se pode dizer que a diferença em relação ao compósito reforçado com fibras de rejeito não foi elevada.



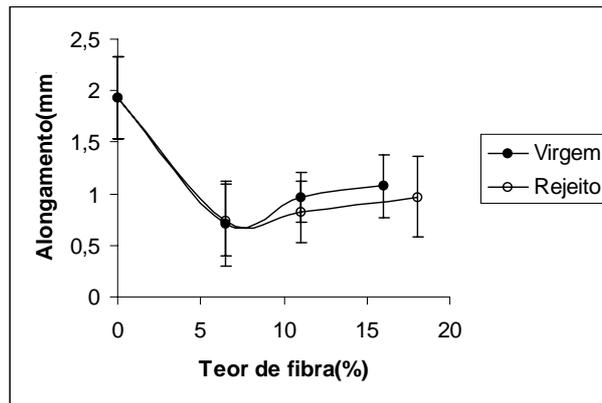
**Figura 1** – Módulo de Young em função do teor de fibra para os compósitos reforçados com os diferentes tipos de reforço.



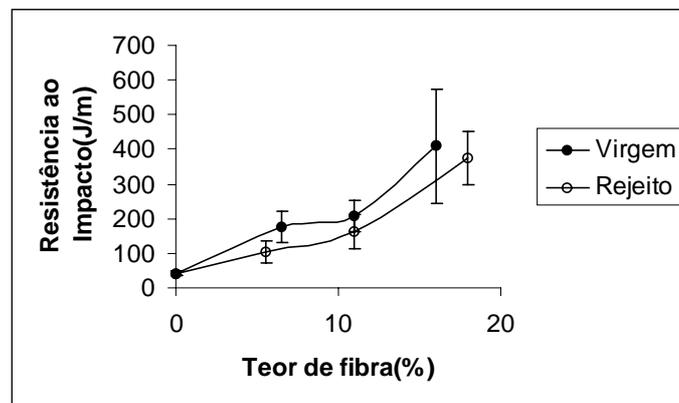
**Figura 2** – Tensão máxima na ruptura em função do teor de fibra para os compósitos reforçados com os diferentes tipos de reforço

O alongamento até a ruptura é observado na Figura 3. Pode ser verificado que ocorreu uma queda no alongamento dos compósitos reforçados em relação à resina pura. Esta queda foi menos acentuada nos compósitos reforçados com maiores teores de fibra (11, 16 e 18%). A redução no alongamento é explicada pelo aumento da rigidez da matriz com o aumento do teor de fibras, conforme corroborado através do módulo de Young. Os compósitos reforçados com fibras virgem, apresentaram alongamento levemente superior aos compósitos reforçados com rejeito de fibra.

Na Figura 4 observa-se que a resistência ao impacto aumentou consideravelmente com o teor de fibras, este fato pode ser atribuído à uma maior dificuldade na propagação de trincas quando o sistema é solicitado em alta velocidade de deformação, pois as fibras aumentam o percurso agindo como barreiras e, portanto, a energia necessária para romper as amostras com maiores quantidades de fibra foi maior.



**Figura 3** – Alongamento na ruptura em função do teor de fibra para os compósitos reforçados com os diferentes tipos de reforço.



**Figura 4** – Resistência ao impacto em função do teor de fibra para os compósitos reforçados com os diferentes tipos de reforço

De acordo com os resultados obtidos, pode-se dizer que o rejeito de fibra utilizado como reforço, apresentou propriedades semelhantes aos compósitos reforçados com fibras virgem, levando em consideração que as placas confeccionadas com o rejeito de fibras apresentaram uma maior quantidade de bolhas em relação as de fibras virgem. Isto provavelmente pode ter acontecido devido à maior facilidade de acomodação das fibras virgem no molde, durante a confecção das placas, além de um melhor molhamento com a resina. Já as fibras do rejeito, por estarem impregnadas com a resina, apresentavam menos flexibilidade e durante a confecção das amostras pode ter ocorrido acúmulo de ar devido à um molhamento menos eficiente, gerando mais bolhas.

## CONCLUSÕES

As propriedades dos compósitos foram determinadas em função do teor de fibra e do tipo de reforço utilizado, fibras virgem e rejeito de fibra. De acordo com os resultados obtidos conclui-se que:

Houve um aumento da rigidez dos compósitos com o aumento do teor de fibra.

Os compósitos com teores mais elevados de fibra (11, 16 e 18%) apresentaram propriedades superiores à dos compósitos com menores concentrações 6%. E as amostras com 6% de fibra apresentaram propriedades inferiores à resina pura.

Os compósitos reforçados com rejeito de fibra apresentaram propriedades semelhantes aos compósitos reforçados com fibras virgem.

A resistência ao impacto dos compósitos aumentou consideravelmente com o aumento do teor de fibra.

De acordo com os resultados das propriedades mecânicas obtidas é possível o reaproveitamento do rejeito de fibras. Considerando que estas são provenientes de rejeito industrial, o custo dos compósitos podem ser reduzidos e os efeitos sobre o meio ambiente minimizados.

## **AGRADECIMENTOS**

A empresa Tubos Norte pelo fornecimento das fibras utilizadas como reforço e ao SEBRAE/CG/PB pelo financiamento da resina poliéster.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] NAVARRO R. F. – Materiais e ambiente Editora universitária João Pessoa (2001)
- [2] CALLISTER JR., W.D. – Materials Science and Engineering: an introduction; John Wiley & Sons, Inc., New York, (1996)
- [3] SHACKELFORD, J. F. - Introduction to materials Science for Engineers, third edition, Macmillan publishing Company, New York, 1992.
- [4] CARVALHO G. A., RISSON P., VIEIRA S. L., ZENI M., ZATTERA A. J.- Reaproveitamento de resíduos de laminados de fibra de vidro na confecção de placas reforçadas de resina poliéster. Revista polímeros: ciência e tecnologia. jul/set (1998)
- [5] ZATTERA A. J., ZENI M., COMERLATO E., BIANCHI F. – Reciclagem de materiais poliméricos. Anais do II congresso brasileiro de polímeros, - ABPol São Paulo. Outubro 1993, 718-722.
- [6] FIGUEIREDO, E. M., Anais do I congresso brasileiro de polímeros - ABPol São Paulo. 1991, 460-464.
- [7] CARVALHO L. H., KURUVILLA J., MEDEIROS E. S., Compósitos de matriz poliéster reforçados por fibras curtas de sisal, Ciência e tecnologia 5º congresso brasileiro de polímeros. Out/Dez (1999).