

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO EM IMPACTO IZOD DE COMPÓSITOS DE MATRIZ PELIÉSTER REFORÇADOS COM TECIDO DE FIQUE E MANTA DE CURAUÁ*

*Artur Camposo Pereira¹
Noan Tonini Simonassi¹
Fabio da Costa Garcia Filho²
Sergio Neves Monteiro³*

Resumo

O atual cenário global de crescente conscientização ambiental de consumo de materiais e da busca por utilização de materiais que sejam menos agressivos aos ecossistemas. Fazem com que novos materiais oriundos de fontes naturais, de acordo com tendências e desenvolvimento tecnológico, se tornem alvo de pesquisas. Neste contexto, a utilização de fibras naturais ocupa uma posição destacada. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de resistência de compósitos reforçados com 30% em volume de um tecido de fibra de fique e manta de curauá, com matriz de poliéster, por meio de testes de impacto Izod. Foi observado que a adição do tecido fique e da manta de curauá resultou em um aumento significativo na energia absorvida pelos compósitos, quando comparado com o material sem a adição de reforço. A observação macroscópica dos espécimes pós-impacto e a análise de fratura obtidas através de microscopia eletrônica de varredura (MEV) revelaram que a ruptura transversal através da interface dos compósitos com a matriz de poliéster é o principal mecanismo para a tenacidade destes compósitos.

Palavras-chave: Compósitos de fibra natural; Fibra de curauá; Fibra de fique; Teste de energia absorvida Izod.

PERFORMANCE EVALUATION IN IZOD IMPACT OF POLYESTER MATRIX COMPOSITES REINFORCED WITH FIQUE FABRIC AND CURAUÁ NON-WOVEN FABRIC

Abstract

The global scenario of increasing environmental awareness in the consumption of materials and the pursuit for materials less aggressive to the world. Assure that new materials based on natural sources, according to trends and technological development, become target on researches. In this context, the use of natural fibers occupies an important position. This work aimed to evaluate the resistance behavior of reinforced composites with 30% in volume of fique fiber fabric and curauá blanket with polyester matrix, using Izod impact tests. It was observed that the addition of the fique tissue and the curauá blanket resulted in a significant increase in the energy absorbed by the composites as compared to the material without the addition of reinforcement. The macroscopic observation of the post-impact specimens and the fracture analysis by scanning electron microscopy (SEM) revealed that the transverse rupture through the interface of the composites with the polyester matrix is the main mechanism for the tenacity of these composites.

Keywords: Natural fiber composites; Curauá fiber; Fique fiber; Izod Absorbed energy test.

* Contribuição técnica ao 72º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 17º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, parte integrante da ABM Week, realizada de 02 a 06 de outubro de 2017, São Paulo, SP, Brasil.



- ¹ *Engenheiro de Materiais, Doutorando em Ciência dos Materiais, IME - Instituto Militar de Engenharia, Praça General Tibúrcio, 80 22290-270, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*
- ² *Engenheiro de Materiais, Mestrando em Ciência dos Materiais, IME - Instituto Militar de Engenharia, Praça General Tibúrcio, 80 22290-270, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*
- ³ *Ph.D. em Engenharia e Ciências dos Materiais, Seção de ensino de Ciência e engenharia de Materiais, IME - Instituto Militar de Engenharia, Praça General Tibúrcio, 80 22290-270, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

O curauá, de nome científico *Ananas erectifolius*, é uma planta da região amazônica cujas fibras apresentam propriedades desejáveis para sua utilização na confecção de materiais compósitos. As fibras são obtidas a partir de suas folhas e são rígidas, eretas e com faces planas, podendo alcançar mais de um metro de comprimento e até quatro centímetros de largura. Tais fibras apresentam como característica uma notável resistência mecânica quando comparadas a outras fibras lignocelulósicas. Sendo citada na literatura, como uma das quatro lignocelulósicas mais rígidas conhecidas [1-2].

O fique da Colômbia, de nome científico *Frucraea macrophylla*, é uma planta pequena em que o tronco atinge no máximo 30 cm de altura, as folhas tem tamanho entre 1,5 à 2m de altura e 7,5 à 15 cm de largura. Suas bordas têm espinhos curvos, vermelhos e duros [3-4].

Os materiais compósitos, por sua vez, são materiais constituídos a partir da dispersão de um material de reforço ou carga em uma matriz. O material de reforço pode ser fibra com morfologia curta, longa, contínua, descontínua, pó, esfera, entre outros. Por sua vez, a matriz tem como objetivo envolver o reforço e assim conferir a forma desejada ao compósito. É importante que se obtenha um efeito sinérgico entre a matriz e o reforço, de modo que, as propriedades finais do compósito sejam aprimoradas em uma mistura das propriedades de seus componentes individuais. Por exemplo, uma matriz reforçada com fibras, a qual se beneficia mecanicamente quando a tensão a que é submetida é transferida para elas. Dado que as fibras naturais têm um dos maiores módulos na razão resistência-peso, a aplicação em compósitos se torna evidente. Apesar de várias fibras lignocelulósicas apresentarem potencial para uso em compósitos de matriz polimérica, o principal desafio para a utilização destas fibras ainda é o desenvolvimento de um compósito de fibra e matriz com boa dispersão e com evidente melhora em propriedades mecânicas. [5].

Dentre os resultados observados na literatura a respeito das fibras naturais, são notados valores de resistência à tração e módulo de elasticidade da mesma ordem de grandeza dos obtidos pela fibra de vidro e resultados promissores quanto a utilização como reforços em materiais poliméricos, em particular materiais termoplásticos, na escala micrométrica [6-7]. A avaliação das propriedades de compósitos poliméricos reforçados com fibra de curauá e fique têm sido alvo de diversas pesquisas [8-11]. Para a fibra de curauá observam-se valores de resistência mecânica comparáveis a outras fibras naturais, como a de sisal e juta [12]. No caso da fibra de fique a falta de experimentos com utilização desta fibra é limitante quanto ao desenvolvimento de um bom referencial teórico, ainda que experimentos tenham sido realizados e apresentem resultados promissores em ensaios mecânicos com fibra de fique [13-14].

Este trabalho tem como proposta uma avaliação do desempenho, por meio de ensaios de absorção de energia (teste de impacto – Izod), das propriedades de diferentes compósitos de matrizes poliéster reforçadas com 30% em volume de fibras de curauá e 30% em peso de fibras de fique, as fibras não passaram por qualquer tratamento e não foram utilizados aditivos de aumento do acoplamento, com a finalidade de reduzir o custo de processamento dos compósitos, conferindo-lhes valor competitivo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 1 apresenta aspecto típico de uma plantação de fique (Fig.1(a)), bem como o processo de obtenção das fibras secas (Fig.1(b)).



Figura 1. (a) Planta de fique e (b) suas fibras secas.

A manta de curauá utilizada neste trabalho foi fornecida pela empresa PEMATEC TRIANGEL. A Figura 2 ilustra as etapas do processo da extração da fibra de curauá, sendo destacado o plantio (Fig.2(a)) e utilização da fibra na produção de papel (Fig.2(b)).



Figura 2. (a) Plantação de curauá e (b) utilização de fibras na fabricação de papel.

Os compostos foram preparados com frações volumétricas distintas de 30% tecido de fique e manta de curauá, incorporados à resina de poliéster comercial não saturada, já misturada com 0,5% em peso de metil-etil-cetona. A Figura 3 apresenta as placas obtidas destes compósitos. Tais placas foram conformadas em uma prensa hidráulica e deixadas curando à temperatura ambiente durante 24 horas. As amostras com entalhe padrão e com dimensões de 63x12,7x10 mm para teste de impacto Izod, de acordo com a norma ASTM D256, foram cortadas da placa ao longo da mesma direção da fibra (Fig.3(a) e (b)).

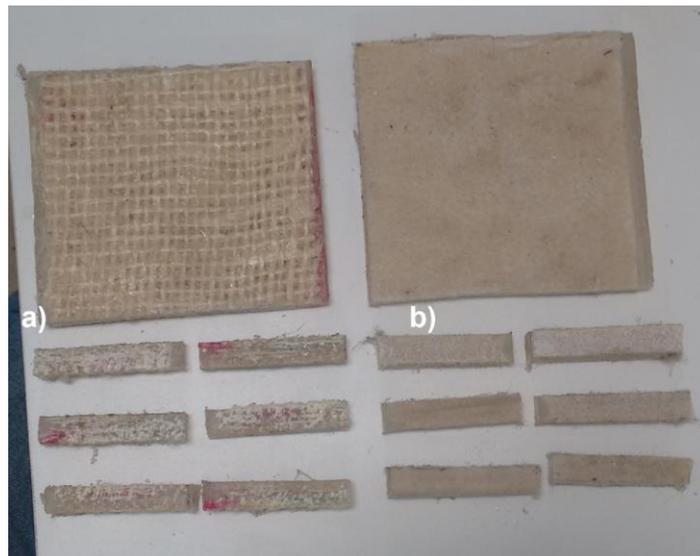


Figura 3. (a) Placa e corpos de prova Izod de poliéster com tecido de fique e (b) Placa e corpos de prova Izod de poliéster com manta de curauá.

A Figura 4 apresenta uma ilustração esquemática do ensaio de absorção de energia Izod. A amostra de dimensões padrão apresenta o entalhe com 2,54 mm de profundidade, ângulo de 45° e um raio de curvatura de ponta de 0,25mm. É importante destacar que foram testados 5 espécimes do tecido de fique e 6 espécimes da manta de curauá para assegurar uma validação estatística.

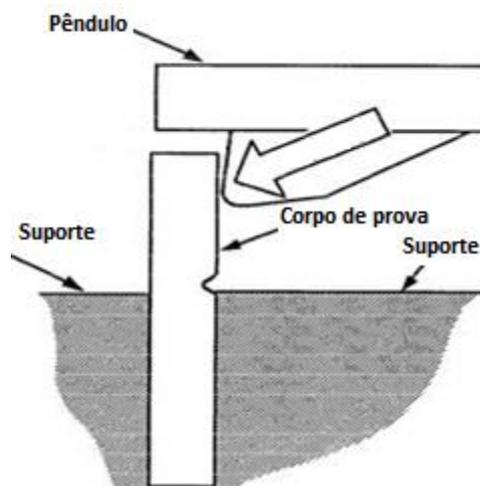


Figura 4. Ilustração esquemática do Teste de Impacto - Izod.

Os espécimes foram testados com impacto com um pêndulo martelo EMIC (Figura 5). A energia de impacto foi obtida com um martelo de 22J para os compósitos de tecido fique e manta de curauá. Por fim, a superfície de fratura dos corpos de prova foi analisada por microscopia eletrônica de varredura (MEV), em um microscópio modelo 5800 LV Jeol.



Figura 5. Pêndulo martelo Pantec.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados dos testes de impacto Izod da matriz de poliéster sem reforço, além valores dos referentes aos compósitos de matriz de poliéster reforçados com 30% volume de tecido fique e manta de curauá.

Tabela 1. Resultado do ensaio de energia de impacto - Izod para o material reforçado e sem reforço.

Amostra	Média de Energia de Impacto Izod (J/m)	Desvio Padrão
Poliéster	23,8	1,2
Compósito de poliéster + 30%v tecido de fique	253,9	88,1
Compósito de poliéster + 30%v manta de curauá	241,7	36,5

Nesta tabela, é possível notar que tanto a incorporação de tecido fique quanto de manta de curauá na matriz de poliéster apresentaram melhora significativa na resistência ao impacto do compósito. Os valores de dispersão relativamente elevados encontrados, que são referentes ao desvio padrão associado aos maiores pontos percentuais de fibra é uma característica heterogênea bem conhecida das fibras lignocelulósicas [15]. Os valores encontrados para esses compósitos estão de acordo com os resultados relatados na literatura, onde o reforço de uma matriz polimérica tanto com fibras sintéticas, como naturais resulta no aumento da resistência ao impacto do compósito [16-18].

A resistência de interface relativamente baixa entre uma fibra natural hidrofílica e uma matriz polimérica hidrofóbica contribui para uma transferência de carga ineficaz da matriz para uma fibra mais longa. Os aspectos macroscópicos do típico espécime rompido pelos testes de impacto Izod são mostrados na Figura 6. Nesta figura, deve notar-se que a incorporação de tecido fique e da manta de curauá resultam numa alteração marcada em relação ao material sem reforço (poliéster com 0% de fibra), em que ocorre uma ruptura totalmente transversal.

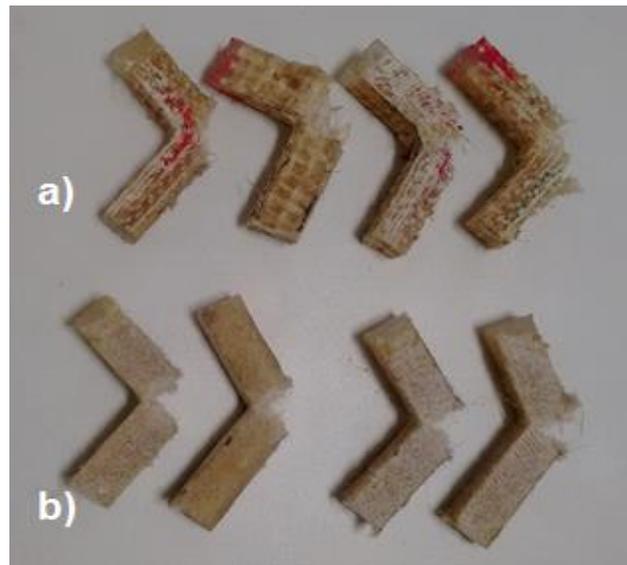


Figura 6. Análise macroscópica da ruptura dos corpos de prova após o teste de impacto Izod: (a) tecido de fique e (b) manta de curauá.

Para estas quantidades de 30% volume de fibras, parte da amostra foi dobrada o suficiente para permitir que o martelo continue sua trajetória levando o espécime sem quebrá-lo em pedaços, o que é esperado em um teste Izod. De qualquer forma, o fato de uma amostra não estar completamente separada em duas partes subestima a resistência ao impacto. Ou seja, se todas as fibras tivessem sido quebradas, a energia de impacto absorvida seria ainda maior.

A análise de MEV da fratura de impacto Izod permitiu uma melhor compreensão do mecanismo responsável pela maior tenacidade dos compósitos de poliéster reforçados com tecido fique e manta de curauá. A Figura 7 mostra o aspecto da superfície da fratura de uma amostra sem reforço (poliéster com 0% de fibra). Com uma ampliação mais baixa, a camada mais clara no lado esquerdo da imagem, Fig.7(a), corresponde ao entalhe da amostra, revelando as marcas paralelas de usinagem. A camada mais lisa e cinzenta do lado direito pode ser associada à superfície de fratura transversal. A fratura apresentada na Fig.7 sugere que uma única trinca foi responsável pela ruptura com a rugosidade. Na Fig.7(b), a fratura está associada a vazios e imperfeições durante o processamento.

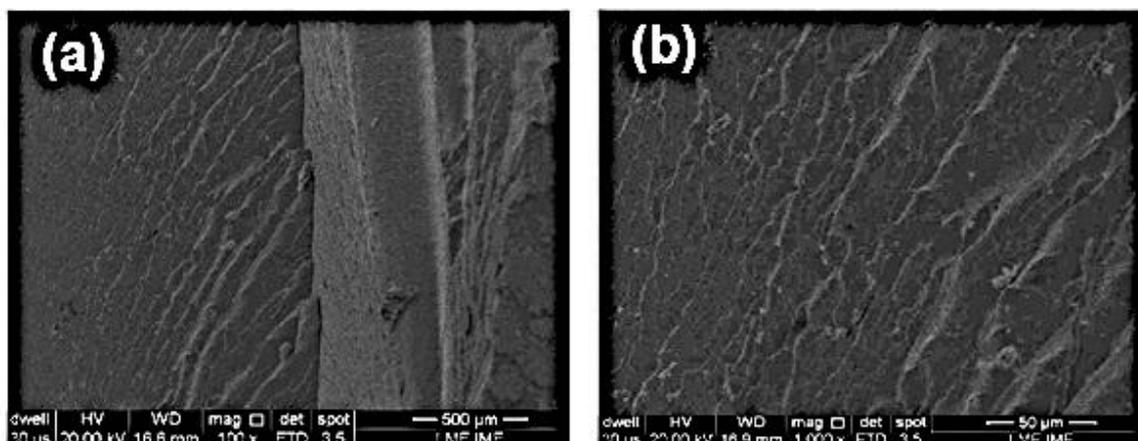


Figura 7. Superfície de fratura de impacto Izod de amostra de poliéster puro (0% fibra): (a) visão geral; (b) detalhe da fratura transversal do poliéster.

A Figura 8 apresenta detalhes da superfície de fratura de impacto de um espécime composto de poliéster com 30% de tecido fique e manta de curauá. Esta imagem mostra uma adesão eficaz entre as fibras e a matriz de poliéster, onde as fissuras se propagam preferencialmente. Algumas das fibras foram retiradas da matriz e outras foram quebradas durante o impacto. Em contraste, a parte da amostra em que a ruptura ocorreu preferencialmente na longitude através da interface fibra/matriz revela que a maior parte da área de fratura está associada à superfície da fibra. Esse comportamento está de acordo com o mecanismo de ruptura de fissuras que se propagam preferencialmente entre a superfície das fibras e da matriz de poliéster devido à baixa resistência interfacial [19].

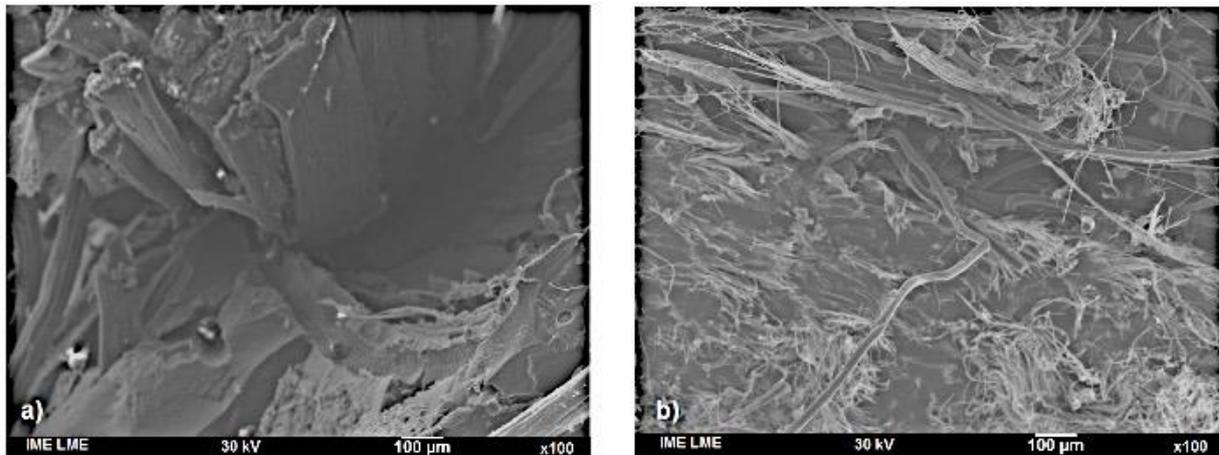


Figura 8. Superfície de fratura de impacto de Izod de um composto de poliéster reforçado com 30% volume de tecido fique (a) e 30% volume de manta de curauá (b).

4 CONCLUSÃO

- Compósitos com tecido fique e manta de curauá reforçando uma matriz de poliéster exibem um aumento significativo na tenacidade, medido pelo teste de impacto Izod.
- A maior parte deste aumento na tenacidade pode ser associada à tensão de cisalhamento interfacial da fibra / matriz de poliéster. Que, conseqüentemente, resulta em uma maior energia absorvida de uma propagação longitudinal das fissuras em toda a interface, o que gera maiores áreas de ruptura, em comparação com uma fratura transversal.
- O tecido de fique obteve melhores resultados em relação aos obtidos pela manta de curauá, o que pode estar associado ao trançar de suas fibras serem propícias ao ganho de resistência, uma vez que a manta de curauá possui fibras de caráter aleatório, não favorecendo o aumento de resistência.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio das agências brasileiras: CNPq, FAPERJ e CAPES para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 Monteiro SN, Aquino RCMP, Lopes FPD, De Carvalho EA, D'Almeida JRM. Comportamento Mecânico e Características Estruturais de Compósitos Poliméricos Reforçados com Fibras Contínuas e Alinhadas de Curauá. Rev.Mat. 2006;11(3):197 – 203.
- 2 Frollini E, Leão AL, Mattoso LHS. Natural Polymer and Agrofibers Composites. 2000: 257 – 272. Botucatu, Brasil, USP e UNESP.
- 3 Medina JC. Plantas fibrosas da flora mundial. Campinas: Instituto agronomico de Campinas. 1959:787-790.
- 4 León J. Botánica de los cultivos tropicales. Agroamérica. 2000; 3: 486-487.
- 5 Leão AL. Produção de compósitos não estruturais a base de lignocelulósicos. 1997: 147.UNESP, Botucatu.
- 6 Joshi SV, et al. Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber composites. Composites: Part A. 2004; 35: 371.
- 7 Leão AL, et al. Pulping natural fibers as a raw material aiming the production of nanocellulose nanocomposites. Proceedings Of The Second International Conference On Innovative Natural Fibre Composites For Industrial Applications, Roma, 2009.
- 8 Sabaa MW. Mechanical properties of Curaua Fibers. Polymeric Degradation and Stability. 1991;32: 209 – 218.
- 9 Araujo CR, Perlaza LC, Mothe CG. Thermal Properties of Commercial and castor oil Polyurethane Composites with Curaua Fiber. Natural Polymers and Composites. 2002; 4: 547 –550.
- 10 Araujo CR. Cinética de Decomposição Térmica de Compósitos Poliméricos com Fibras de Curauá. Tese de D.Sc., EQ/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, dezembro de 2003.
- 11 Monteiro SN, De Deus JF, D'Almeida JRM. Mechanical and Structural Characterization Of Curaua Fibers. Characterization of Minerals, Metals & Materials- TMS Conference. 2006:1- 8.
- 12 Bledzki AK, Gassan J. Composites Reinforced with Cellulose-Based Fibres. Polymer Science. 1999; 24: 221-274.
- 13 Ganán P, Mondragon I. Surface Modification of Fique Fibers. Effects on Their Physico Mechanical Properties. Polymer Composites. 2002; 23(3): 384
- 14 Ganán P, Mondragon I. Fique fiber-reinforced polyester composites: Effects of fiber surface treatments on mechanical Behavior. Journal of Materials Science. 2004; 39: 3121 – 3128
- 15 Wambua P, Ivens I, Verpoest I. Natural fibers: can they replace glass and fibre reinforced plastics?. Composites Science and Technology. 2003; 63:1259-1264.
- 16 Fu SY, Lauke B, Mäder E, Hu X, Yue CY. Fracture resistance of short-glass-fiber-reinforced and short-carbon-fiber-reinforced poly-propylene under Izod impact load and dependence on processing. J. Mater. Process. Technol.1999; 89/90: 501-507.
- 17 Leão AL, Tan IH, Caraschi JC. Curaua fiber – A tropical natural fibre from Amazon – Potential and applications in composites. Proceedings of the International Conference on Advanced Composites. 1998: 557-564.
- 18 Monteiro SN, Aquino RCMP, Lopes FPD, Carvalho EA, D'Almeida JRM. Izod impact notch toughness of piassava fibers reinforced polyester matrix composites (in Portuguese). Rev. Mater.2006; 11(3): 204-210.
- 19 Yue CY, Looi HC, Quek MY. Assessment of Fibre-Matrix Adhesion and Interfacial Properties Using the Pullout Test. Int. J. of Adhesion and Adhesives. 1995;15: 73-80.