



ANÁLISE DOS EFEITOS DO TRATAMENTO ALCALINO DA FIBRA DE CURAUÁ SOBRE A RESISTÊNCIA AO IMPACTO IZOD DE COMPÓSITOS COM MATRIZ DE RESINA POLIÉSTER¹

Ailton da Silva Ferreira²
Sergio Neves Monteiro³
Felipe Perissé Duarte Lopes⁴
Renan Silva Guimarães⁵

Resumo

Analisou-se a resistência ao impacto de compósitos com matriz poliéster, reforçada com até 30% em volume de fibras contínuas e alinhadas de curauá com tratamento de mercerização. Ensaio de impacto Izod foi realizado em corpos de prova padrão obtidos por prensagem à temperatura ambiente, após 24 horas de cura da matriz poliéster. Os resultados mostraram um significativo aumento da energia de impacto com a fração incorporada de fibra de curauá. A superfície de fratura foi analisada por microscopia eletrônica de varredura. Acima de 20% de fibra, os compositos sofreram somente ruptura parcial devido à natureza das trincas que tendem a se propagar na interface entre a fibra e a matriz sem o rompimento das fibras e, conseqüentemente, total separação do corpo de prova.

Palavras-chave: Ensaio Izod; Fibra de curauá; Compósito de matriz poliéster; Tenacidade ao impacto.

ANALYSIS OF THE EFFECT OF ALKALINE TREATMENT OF CURAUA FIBER ON THE IZOD IMPACT RESISTANCE OF POLIÉSTER MATRIX COMPOSITES

Abstract

The impact resistance of polyester matrix composites, reinforced with up to 30% in volume of continuous and aligned curaua fibers that have been alkaline treated by mercerization, was analyzed. Izod impact tests were performed on standard specimens press-molded at room temperature after 24 hours of cure of the polyester matrix. The results showed a significant increase in the impact energy with the fraction of incorporated curaua fiber. The fracture surface was analyzed by scanning electron microscopy. It was also found that above 20% of fibers, the specimens suffered partial rupture owing to the nature of the cracks that tend to propagate at the interface between the fiber and the matrix without breaking the fibers and, consequently, with total separation of the specimen.

Keywords: Izod test; Curaua fiber; Polyester matrix composites; Impact toughness.

¹ Contribuição técnica ao 65º Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Doutor, Professor da Universidade Federal Fluminense, Niteroi, Cidade Universitária, Rua Aloísio da Silva Gomes, 50, Granja dos Cavaleiros, Macaé, RJ CEP: 27930-560.
ailtonsilvaferreira@yahoo.com.br

³ PhD, Professor Titular, LAMAV – CCT/UENF Laboratório de Materiais Avançados – LAMAV, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, CCT/UENF, Av. Alberto Lamego, 2000, 28015-620, Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil.

⁴ Mestrando, LAMAV – CCT/UENF.

⁵ Técnico, LAMAV – CCT/UENF.

1 INTRODUÇÃO

A grande questão que permeia os materiais é a sua utilidade. Neste âmbito existe uma necessidade na vida moderna de se conseguir materiais adequados aos segmentos industriais e aplicações decorrentes. Sendo assim, os pesquisadores dedicam-se a desenvolver produtos específicos para o atendimento da satisfação da sociedade e do progresso tecnológico.

Registros históricos mostram que vários avanços tecnológicos foram obtidos com a utilização de materiais convencionais como ferro, bronze e aço, porém desde a antiguidade as fibras vêm sendo utilizadas. As primeiras fibras naturais a serem empregadas, foram para uso têxtil há milhares de anos: O linho há 7.000 anos, no Egito, e a seda, na China; a lã na Europa e Oriente Médio; o algodão na Índia e América há 5000 anos.. Entre outras evidências, relatos demonstram que o homem sabia torcer fibras para formar cordas e fios.⁽¹⁾

Dentre todas as fibras de origem brasileira e até mesmo utilizadas a nível mundial como as de banana, piaçava, juta, malva, entre outras, a de curauá é uma das que detém melhores propriedades mecânicas.^(2,3)

O curauá é uma planta (*Ananás erectifolius*) monocotiledônea, herbácea, perene, pertencente à família das bromélias e produtora de fibras estruturais, ou também chamadas de vasculares. Estas fibras produzem feixes ou fascículos compostos de células individuais denominados de fibrilas, ligadas por gomas de cera, sendo chamada pelos índios de “Oyampis” do alto do Oyapque que significa corda de alta resistência.⁽⁴⁾

Além da importância econômica e tecnológica a importância ecológica é ressaltada pelo seu fácil cultivo e processamento. Podendo ser cultivada em consórcio com outras culturas, inclusive em áreas de reflorestamento e produção de madeira. A fibra de curauá pode também ser mais uma fonte de renda e diversificação de culturas para pequenos agricultores ou ser cultivada em grandes plantações, como pode ser observado na Figura 1.⁽⁵⁾



(A) Plantio com 6 meses

Plantio com 18 meses

Figura 1: A e B – Aspecto de uma parcela do plantio de curauá com 6 e 18 meses de idade plantado nas entrelinhas plantio de paricá 2001. Fazenda Tramontina, Aurora-do-Pará, 2004.⁽⁵⁾

Em particular, a utilização de fibras contínuas e alinhadas de curauá como reforço de matriz poliéster permitiu que fossem fabricados compósitos com resistência mecânica da ordem de 100 MPa . A característica da fibra de curauá ser estruturada como filamentos conferem à matriz polimérica certa capacidade de reforço ao compósito. Estas características microestruturais também favorecem a tenacidade de compósitos poliméricos reforçados com fibras de curauá.⁽⁶⁾

É reconhecido que o tratamento das fibras naturais, como o de alcalinização por NaOH, também chamado de mercerização, pode melhorar a adesão da fibra à matriz polimérica. Em princípio, fibras tratadas poderiam favorecer o comportamento mecânico dos compósitos. Assim, o objetivo do presente trabalho foi de analisar a resistência ao impacto Izod de compósitos de matriz poliéster reforçada com fibras de curauá tratadas por mercerização.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As fibras de curauá foram adquiridas da empresa Amazon Paper. Uma análise estatística efetuada com 100 fibras individuais revelou a distribuição de comprimentos e diâmetros mostrados. Estas distribuições correspondem a um comprimento médio de 846,25 mm e um diâmetro médio de 0,07 mm.

Após um processo de limpeza e secagem em estufa a 60°C, mechas de fibra de curauá foram submetidas à mercerização em soluções aquosas de 0,1 e 10% de NaOH durante tempos respectivos de 1 minuto, 1 hora. Fibras também foram mantidas sem tratamento para fabricação de compósitos. A Figura 2 ilustra a aparência de mechas de curauá, sem tratamento e com o tratamento mais forte (10% de NaOH por 1 hora). Fibras foram então individualmente separadas e colocadas de forma contínua em toda a extensão de um molde. A resina poliéster, foi adicionada ao molde juntamente com as fibras de curauá em frações de 0, 10%, 20% e 30% em volume. Os compósitos fabricados foram deixados curar por 24 horas à temperatura ambiente de aproximadamente 25°C. As placas correspondentes a cada fração de fibra de curauá foram cortadas segundo a direção de alinhamento das fibras em barras para confecção de corpos de prova padrão Izod, de acordo com a norma ASTM D-256. O entalhe de 2,54 mm de profundidade com ângulo de 45° e raio de curvatura de 0,25 mm na ponta, foi fresado com ferramenta de aço rápido para maior precisão. Após um processo de limpeza e secagem em estufa a 60°C



Figura 2: Mechas de fibra de Curauá: (a) sem tratamento (b) com tratamento NaOH 10% por 1 hora.

Ensaio Izod foram conduzidos em um pêndulo EMIC, conforme descrito em outra publicação.⁽³⁾ A energia de impacto, característica da tenacidade do material, foi obtida como média estatística de 10 corpos de prova para cada fração de fibra de curauá, utilizando-se sempre o mesmo martelo de 2,7 J.

Embora a maioria dos corpos de prova não fosse totalmente rompida, isto é, separada em duas partes, amostras da superfície fraturada existente foram cortadas para análise por microscopia eletrônica de varredura (MEV). Estas amostras da região de fratura foram montadas em suporte próprio, metalizadas com ouro, para boa condução elétrica, e observadas em um microscópio Jeol, modelo JSM-460 LV do Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, PEMM/COPPE/UFRJ, utilizando elétrons secundários acelerados a 15 kV.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta a variação da energia de impacto dos compósitos com a fração volumétrica de fibras de curauá. Nesta figura, nota-se que os valores de energia tendem a aumentar sensivelmente com a fração de fibra de curauá. O desvio padrão também aumenta com a incorporação da fibra, como demonstrado na Figura 3. Esta imprecisão nos valores é reconhecida como uma característica da heterogeneidade própria das fibras lignocelulósicas.⁽⁷⁾

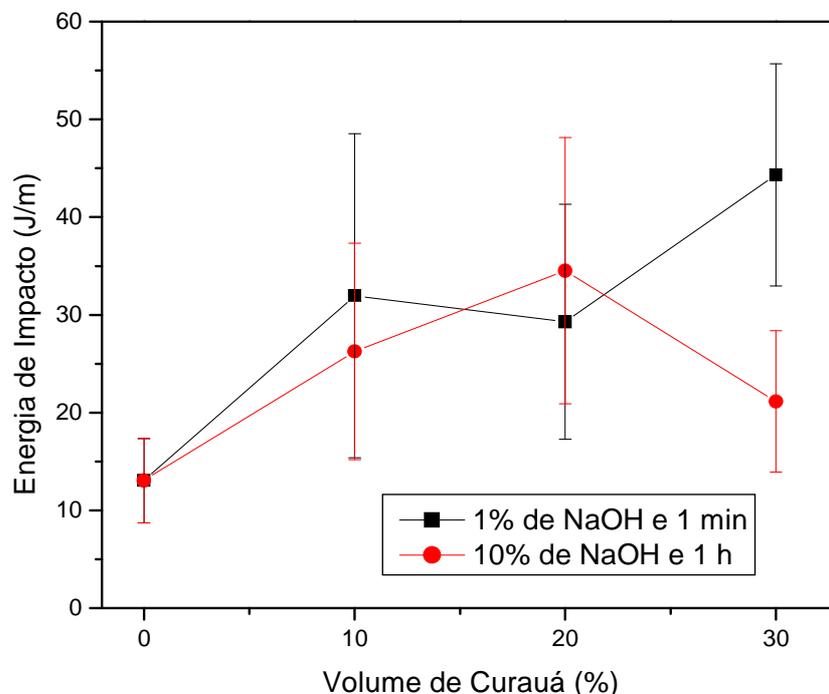


Figura 3: Variação da energia de impacto Izod de compósitos poliéster com a fração em volume do reforço de fibras de curauá.

Na Figura 3 pode-se observar que a incorporação da fibra do curauá na matriz do poliéster melhora a resistência ao impacto do composto. Esta melhoria, porém não é tão significativa, pois existe a degradação da fibra com o tratamento de NaOH. A dispersão relativamente elevada dos valores, dada pelas barras de erro associadas com os pontos de porcentagem mais elevadas da fibra em é uma característica da não uniformidade conhecida das fibras lignocelulósicas.⁽⁸⁾ Os valores mostrados nesta figura são compatíveis com os resultados relatados na literatura, também sendo explicados por aspectos macroestruturais.

A Figura 4 apresenta os aspectos macroestruturais de corpos de prova de compósitos de matriz poliéster incorporados com fibras de curaua que sofreram tratamento mais forte de mercerização, NaOH 10% por 1 hora. Nesta figura, observa-se que até 20% em volume de fibra de curauá tratada, os corpos de prova

de compósito sofreram ruptura total em duas partes após o impacto do martelo Izod. Em trabalho anterior⁽¹⁾ com fibras de curauá não tratadas, observou-se que corpos de prova com 20% de fibra não rompiam. Isto aparentemente indica que o tratamento tende a reduzir a resistência das fibras que, após descolarem da matriz, não resistem ao esforço de dobramento do impacto e rompem-se totalmente, provocando separação do corpo de prova.



Figura 4: Aspectos macroestruturais da ruptura por impacto Izod de compósitos de matriz epoxídicas com diferentes frações de fibras de curauá mercerizadas.

A título de comparação, a Tabela 1 apresenta valores da tenacidade ao impacto obtido em compósitos de matriz tanto termofixa quanto termoplástica, reforçadas com diferentes fibras naturais.^(2,6,9,10) Observa-se nesta tabela que o compósito de matriz epoxídica reforçada com fibras alinhadas e contínuas de curauá apresenta tenacidade ao impacto bem superior àqueles com matriz de polipropileno reforçada com fibras picadas, ou seja, curtas e aleatórias. Porém quando se analisa a incorporação de 30% fibra não tratada com as resinas poliéster (129 J/m) e epóxi (69 J/m) Têm-se resultados muito superiores aos encontrados com a fibra mercerizada. No presente trabalho, com tratamentos de NaOH 10% por 1 hora e NaOH 0,1% por 1 min foram encontrados resultados de 23 e 45 J/m, respectivamente.

A principal explicação para baixa tenacidade dos compósitos com fibras contínuas e alinhadas tratadas a mercerização pode ser devida à característica de degradação superficial e desfibrilamento ocorrido na fibra.⁽¹⁰⁾

Tabela 1: Valores de tenacidade ao impacto de fibras naturais

<i>Fibra/Compósito</i>	<i>Fibra (%)</i>	<i>Martelo</i>	<i>Tenacidade ao Impacto (J/m)</i>	<i>Referência</i>
Curauá/Poliéster	30 (Continua)	Izod	129	(12)
Curauá/Epóxi	30 (Continua)	Izod	69	(12)
Curauá tratado há 1 hora com 10% de NaOH /Epóxi	30 (contínua)	Izod	30	(12)
Curauá tratado há 1 minuto com 1% de NaOH/Epóxi	30 (contínua)	Izod	26	(12)
Curauá tratado há 1 hora com 10% de NaOH/Poliéster	30 (contínua)	Izod	45	Presente trabalho
Curauá tratado há 1 minuto com 1% de NaOH/Poliéster	30 (contínua)	Izod	23	Presente trabalho
Madeira/PP	50 (picada)	Izod	28	(2)
Coco/PP	50 (picada)	Izod	46	(2)
Linho/PP	50 (picada)	Izod	38	(2)
Juta/PP	50 (picada)	Izod	39	(2)
Sisal/PP	50 (picada)	Izod	51	(2)

Na Figura 5(a) pode-se observar com menor aumento a incorporação de 10% de fibra tratada 1% há 1 minuto uma pequena desfibrilamento ocasionada pela mercerização e a ocorrência de trincas nucleadas.^(9,11) Na Figura 5(b) pode-se observar a grande desfibrilamento de uma fibra após o impacto e a fraca interação da fibra matriz pelo seu desacoplamento não uniforme, ainda é possível observar fratura do compósito e a criação de uma barreira pela incorporação da fibra.⁽¹²⁾

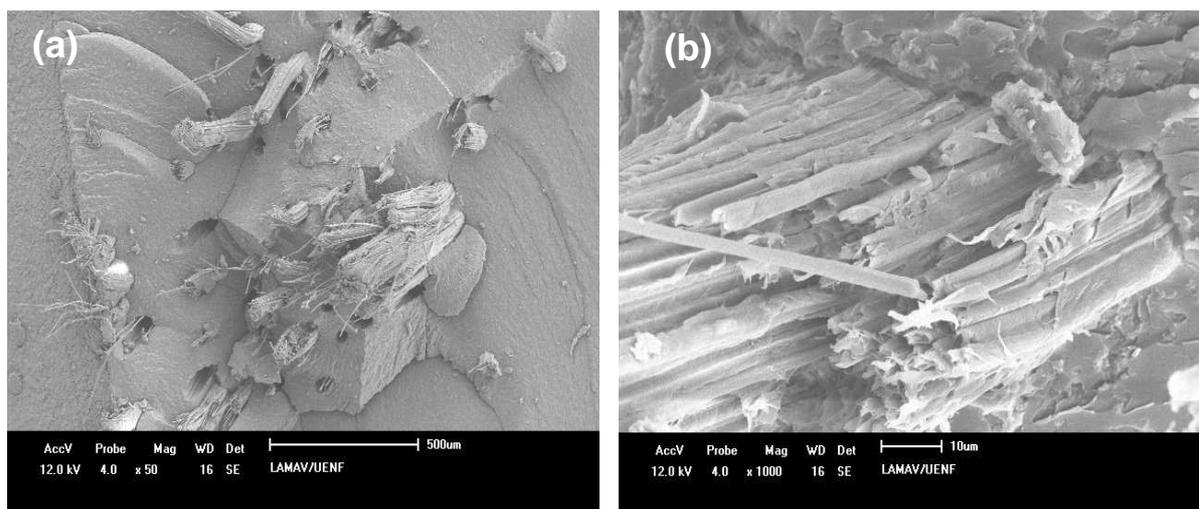


Figura 5: Fractografia do corpo de Izod prova de resina poliéster. (a) 27 x; (b) 800 x.

A Figura 6(a) ilustra a típica superfície de fratura por impacto de um corpo de prova de compósito com 30% de fibras tratadas de curauá com maior mercerização de curauá com resina poliéster, onde se pode observado um processo de

desfibrilamento e a pouca aderência da fibra a matriz.⁽¹³⁾ Com maior aumento, Figura 6(b), o desacoplamento da fibra da matriz e a porosidade tendem a reduzir a resistência ao impacto, sendo acelerado o processo de desfibrilamento. Ocorre ainda um processo de fratura, ainda pode ser observada impregnação de resina na fibra, corroborando com pesquisas realizadas por outros autores.^(10,14)

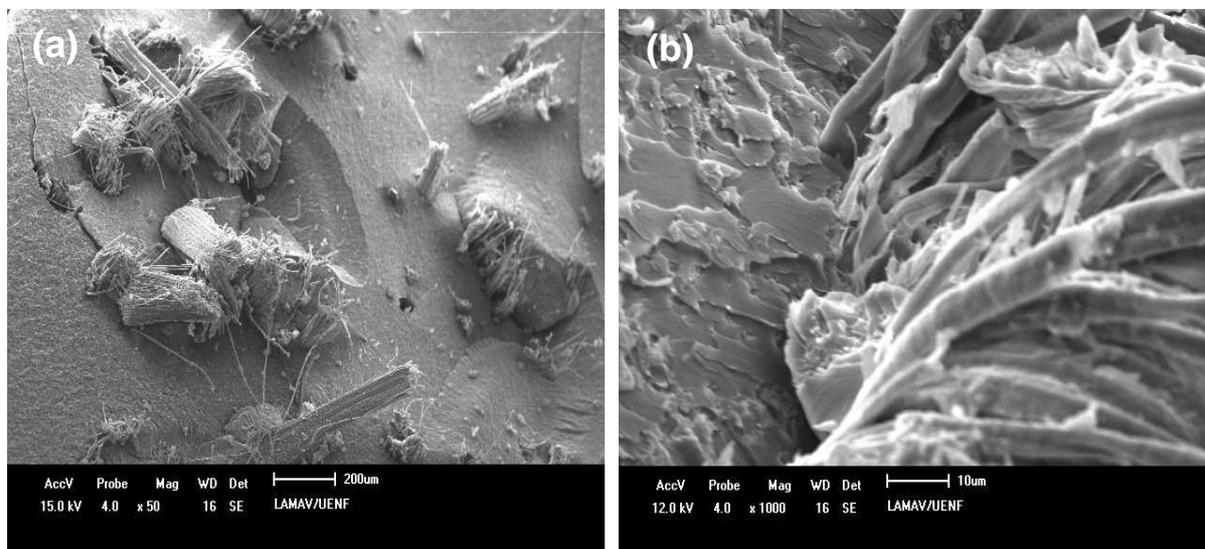


Figura 6: Fractografia do corpo de prova izod de resina epóxi. (a) 27 x; (b) 800 x.

4 CONCLUSÕES

O tratamento de mercerização de fibras de curauá, posteriormente incorporadas em matriz de poliéster de compósitos, degrada a superfície da fibra para qualquer solução de NaOH e tempo de imersão estudados. Para quantidades de fibra até 20% em peso, a separação da superfície em filamentos induz trincas na interface que diminuem a resistência da matriz de poliéster. Quantidades de fibra superiores a 20% em peso compensam as trincas que causam ruptura em virtude da elevada resistência de cada fibra que, no conjunto, oferecem condição de reforço.

Este aumento na energia absorvida no impacto é, em parte, devido também ao dobramento das resistentes fibras de curauá que não são rompidas após o golpe do martelo Izod. Desta forma, compósitos com 30% em volume de fibras de curauá não são separados em duas partes após o impacto .

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERJ, CNPq, Capes e FENORTE/TECNORTE. É também motivo de agradecimento a permissão para uso do equipamento de impacto, por parte da Prof^a Regina Sandra Veiga Nascimento do Instituto de Química da UFRJ, bem como do MEV do PEMM/COPPE/UFRJ.

REFERÊNCIAS

- 1 ZANGIACOMI, M. H. Desenvolvimento e Análise de Compósitos reforçados com fibras de panox e fibras de aramida utilizados em materiais de fricção em freios automotivos. Dissertação (mestrado em Engenharia Química), Campinas – SP, Universidade Estadual de Campinas, 2002.



- 2 LEÃO, A.L.; TAN, I.H.; CARASCHI, J.C. Curaua fiber – A tropical natural fiber from Amazon – Potential and applications in composites. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED COMPOSITES, Hurghada, Egito, Maio, 1998, p. 557-564.
- 3 FERREIRA, A. S.; MONTEIRO, S. N.; LOPES, F.P. D. Efeito do Tratamento das fibras de Curauá nas propriedades Mecânicas de Compósitos com Matriz Epoxidica. In: 64^o Congresso Anual do Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM, 28 de julho a 01 de agosto de 2009 – Belo Horizonte, MG, p.1-12, 2009.
- 4 Silva, R.V, Aquino, E. M. F. Curauá Fiber: A New Alternative to polymeric composite. Journal of Reinforced Plastics and Composites online First, 19 august 2008.
- 5 CORDEIRO, I. M. C.C. C.; LAMEIRA, O. A.; OLIVEIRA, E. C. P. . Comportamento do Curauá (*Ananas erectifolius* L.B.Smith) EM PLANTIO DE PARICÁ *Schizolobium amazonicum* Hube ex Ducke) DE DIFERENTES IDADES, 2005.
- 6 MONTEIRO, S.N.; FERREIRA, A. S.; AQUINO, R.C.M.P.; LOPES, F.P.D.; d'ALMEIDA, J.R.M. Fracture behavior of curaua fiber reinforced polyester composites, In: PROCEEDINGS OF CHARACTERIZATION OF MINERALS, METALS & MATERIALS - TMS CONFERENCE, Orlando, EUA, Fevereiro, 2007, p. 1-6.
- 7 ZAH, R.; HISCHIER, R.; LEÃO, A.L.; BROWN, I. Curaua fibers in automobile industry – A sustainability assessment. J. Cleaner Production, v. 15, p. 1032-1040, 2007.
- 8 BLEDZKI, A.K.; GASSAN, J. Composites reinforced with cellulose-based fibres. Prog. Polym. Sci, v. 24, p. 221-274, 1999.
- 9 MONTEIRO, S.N.; AQUINO, R.C.M.P.; LOPES, F.P.D.; CARVALHO, E.A.; D'ALMEIDA, J.R.M. Tenacidade ao entalhe por impacto Charpy de compósitos de poliéster reforçados com fibras de piaçava. Revista Matéria, v. 11, n. 3, p. 204-210, 2006.
- 10 MONTEIRO, S.N.; LOPES, F.P.D. Ensaios de impacto em compósitos poliméricos reforçados com fibras de curauá. In: 62^o CONGRESSO ANUAL DA ABM, Julho de 2007, Vitória, ES, p. 871-879
- 11 MONTEIRO, S.N.; RANGEL, J.J.A. Efeito da micromorfologia das fibras de curauá como reforço em compósitos de matriz polimérica. In: 62^o CONGRESSO ANUAL DA ABM, Julho de 2007, Vitória, ES, p. 748-756.
- 12 FERREIRA, A.S.; MONTEIRO, S.N.; LOPES, F.P.D.; MENEZES, G.W. análise da resistência ao impacto izod de compósitos com fibras alinhadas de curauá reforçando matriz de resina epóxi. In: 18^o CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS – CBECIMAT 2008, Nov. 2008, Porto de Galinhas, PE, p. 1-12.g.
- 13 YUE, C.Y.; LOOI, H.C; QUEK, M.Y. Assessment of fibre-matrix adhesion and interfacial properties using the pullout test. Int. J. Adhesion and Adhesives, v. 15, p. 73-80, 1995.
- 14 FU, S.Y.; LAUKE, B.; MÄDER, E.; Hu, X.; YUE C.Y. Fracture resistance of short-glass-fiber-reinforced and short-carbon-fiber-reinforced poly-propylene under charpy impact load and its dependence on processing. J. Mater. Process. Technol., v. 89/90, p. 501-507, 1999.