

# RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE TECIDO, FIO E FIBRA DE JUTA UTILIZADOS EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS REFORÇADOS COM SACOS DE ANIAGEM NOVOS E DESCARTADOS<sup>1</sup>

Amanda Camerini Lima<sup>2</sup>

Luis Augusto Hernández Terrones<sup>3</sup>

Sérgio Neves Monteiro<sup>4</sup>

## RESUMO

Fibras de juta são tradicionalmente utilizadas para a fabricação de diversos produtos de baixo valor agregado, tais como cordas, sacarias, tecidos, tapetes, artefatos de decoração. Existe, entretanto, um crescente interesse em encontrar novas aplicações com maior valor agregado para este abundante e renovável recurso natural. Os materiais compósitos aparecem como uma importante classe para a utilização destas fibras como reforço em matrizes poliméricas, em substituição às fibras sintéticas. O presente trabalho avaliou as propriedades mecânicas em tração, tanto do tecido, quanto do seu fio e de sua fibra de juta, obtidos de sacos de aniagem novos e descartados. Estas propriedades permitiram uma análise da sua utilização como reforços de compósitos poliméricos. Os resultados mostraram que o tecido dos sacos descartados é muito menos resistente que o tecido novo em virtude do menor número, tanto de fios quanto de cruzamento entre eles, em consequência do esgarçamento. As resistências dos seus fios e de suas fibras não são individualmente afetadas com o uso.

**Palavras-chave:** Fibra de juta; Saco de aniagem descartado; Ensaio de tração; Fio de tecido.

## TENSILE STRENGTH OF JUTE FABRIC, THREAD, AND FIBER FOR THE USE IN POLYMERIC COMPOSITES REINFORCED WITH NEW AND DISCARDED SACKCLOTH

### Abstract

Jute fibers are traditionally used in the fabrication of many low value products, such as ropes, sackcloth, clothes, carpets and decoration artifacts. There is however a growing interest for new high value applications using this fiber as a natural renewable resource. Composite material is an important option for application of the jute fiber, replacing synthetic fibers, as reinforcement of polymeric matrix. The present work evaluated the tensile mechanical properties of jute fabrics, threads, and fibers, both new and discarded, as possible composite reinforcements. The results showed that the discarded sackcloth fabric is much less resistant than the new fabric, owing to the smaller number per area of threads and their crossing in the weave as a consequence of ravel. The tensile strength of individual threads and fibers are not affected by the use.

**Key words:** Jute fiber; Discarded sackcloth; Tensile test; Fabric thread.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

<sup>2</sup> *Doutoranda – Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, Laboratório de Materiais Avançados LAMAV. Av. Alberto Lamego, 2000, 28015-620, Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil. amandacamerini@hotmail.com .*

<sup>3</sup> *DSc, Professor, LAMAV – CCT/UENF*

<sup>4</sup> *PhD, Professor Titular. LAMAV – CCT/UENF.*

## 1 INTRODUÇÃO

Fibras vegetais lignocelulósicas vêm sendo, há milhares de anos,<sup>(1)</sup> tradicionalmente utilizadas para a produção de objetos e produtos com baixo valor agregado, tanto para uso doméstico como tecidos, tapetes, cestos e artefatos de decoração, quanto para fins coletivos e comerciais como sacarias, cordas, coberturas de residências e até embarcações. Atualmente existe um crescente interesse em encontrar novas aplicações com maior valor agregado para este abundante e renovável recurso natural. Em especial, as fibras lignocelulósicas se enquadram em uma nova classe de materiais ditos ambientalmente corretos e neutros em relação à emissão de carbono.<sup>(2)</sup> Os materiais compósitos aparecem como uma importante opção para a utilização destas fibras com vantagens econômicas como reforço em matrizes poliméricas, termorrígidas ou termoplásticas, em substituição às fibras sintéticas.<sup>(3-5)</sup> Na realidade, fibras sintéticas de carbono, vidro e aramida, apesar de possuírem boas propriedades mecânicas, apresentam custo elevado, não são biodegradáveis e, em alguns casos, podem comprometer a saúde humana.<sup>(6)</sup>

Dentre as fibras lignocelulósicas com potencial de aplicação, uma que merece destaque é a juta (*Corchorus capsularis*), planta da família das *Tiláceas*. Esta fibra sempre foi muito utilizada na fabricação de diversos produtos.<sup>(7-11)</sup> A juta é uma fibra longa, macia, brilhante e das mais resistentes na sua categoria, pois alcança resistência à tração da ordem de 500 MPa.<sup>(1)</sup> Essa fibra vem sendo aplicada como reforço de materiais compósitos, pois é relativamente barata e comercialmente disponível no mercado internacional, além de possuir boas propriedades e ser um substituto para fibras sintéticas em muitas situações de interesse industrial.<sup>(12)</sup>

Adicionalmente às vantagens técnicas e econômicas, a utilização de resíduos de fibras de juta ou de seus fios e tecidos como reforço de compósitos poliméricos<sup>(13-16)</sup> representa uma forma de se evitar a poluição ambiental através da reciclagem de materiais que, embora já tenham sido usados, ainda possuem propriedades para reforçar este tipo de compósito.

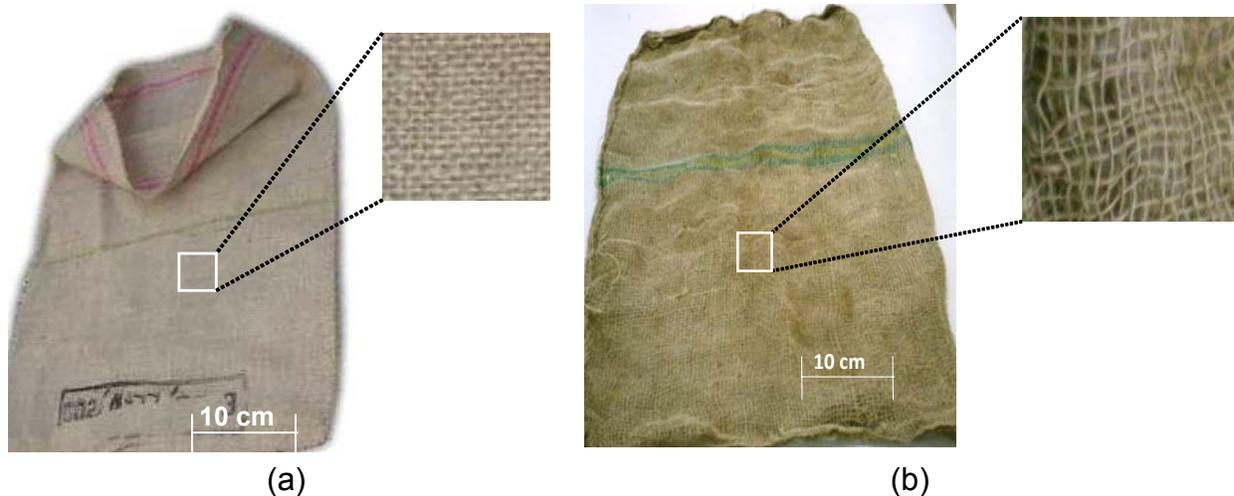
A possibilidade de se reforçar o polietileno reciclado com tecido de juta gera um tipo de compósito que se enquadra como um material ambientalmente correto. Por outro lado, para competir com outros materiais, este reforço deve ter suas principais propriedades mecânicas devidamente avaliadas. Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades de tração do tecido, fio e fibra provenientes de sacos de aniagem de juta, tanto novos quanto descartados, no sentido de viabilizar a utilização deste tecido como reforço de compósitos poliméricos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais investigados neste trabalho foram: o tecido, o fio e a fibra de juta, provenientes de sacos de aniagem tanto novos quanto descartados, obtidos em estabelecimentos comerciais, como supermercados, que os utilizam para transporte de produtos a granel.

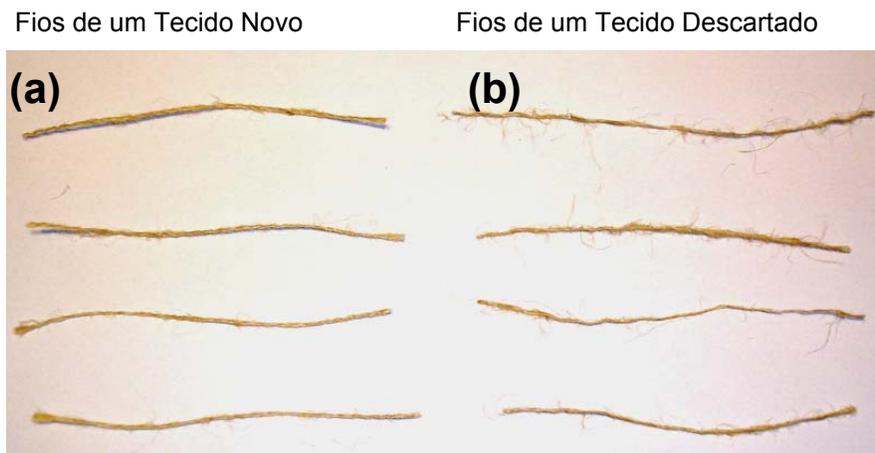
A Figura 1 ilustra o aspecto dos sacos de juta que foram empregados no presente trabalho destacando, com maior aumento, detalhes dos seus respectivos tecidos. Nesta figura, é importante notar a grande diferença na aparência do tecido novo em relação ao descartado. Enquanto o tecido novo possui uma trama uniforme

com pouco espaço entre seus fios, a tecido descartado apresenta uma trama irregular com menor densidade de fios e espaço entre eles que podem chegar a 5 mm. Este espaço aberto na malha da trama pelo afastamento de seus fios caracteriza o esgarçamento do tecido.



**Figura 1:** Exemplos de saco de aniagem (a) novo e (b) descartado cujos tecidos, fios e fibras foram estudados neste trabalho.

A Figura 2 mostra exemplos de fios trançados que foram retirados diretamente dos tecidos dos sacos de aniagem de juta. Nesta figura nota-se que tanto os fios provenientes de um tecido novo, Figura 2(a), quanto aqueles de um tecido descartado, Figura 2(b), e conseqüentemente esgarçado, não diferem muito em sua aparência.



**Figura 2:** Exemplos de fios trançados de sacos de aniagem de juta (a) novos e (b) descartados.

Amostras dos tecidos dos fios e das fibras, tanto dos sacos de aniagem de juta novos quanto descartados, foram cortadas em tamanhos compatíveis para ensaios de tração segundo a norma ASTM 2101. Os ensaios de tração foram conduzidos em equipamento EMIC modelo DL10000, com capacidade de 100 kN. Garras especiais, que permitem controle da pressão sobre as amostras foram utilizadas com o intuito de evitar danos que comprometessem o resultado do ensaio. Todos os resultados

considerados neste trabalho correspondem a amostras rompidas na parte útil dos corpos de prova, fora das garras do equipamento.

Observações das amostras de fios e fibras por microscopia eletrônica de varredura, MEV, foram realizadas em um microscópio Jeol, modelo JSM-460 LV do Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, PEMM/COPPE/UFRJ, utilizando imagens geradas por elétrons secundários a 15 kV.

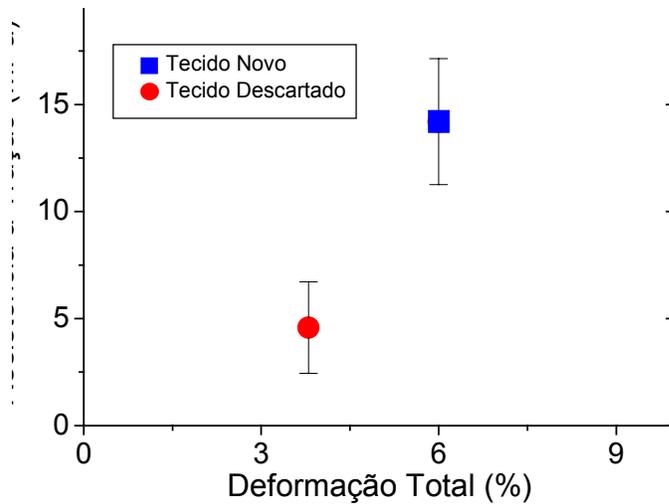
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios de tração, correspondentes às médias de pelo menos 10 corpos de prova, estão apresentados na Tabela 1. Vale aqui indicar que os corpos de prova dos tecidos eram quadrangulares com comprimento útil de 70 mm e seção reta com 25 x 1 mm. Os fios e fibras foram medidos individualmente e apresentaram diâmetros da ordem de 0,9 mm e 0,06 mm, respectivamente. Em ambos os casos o comprimento útil dos corpos de prova era de aproximadamente 30 mm.

**Tabela 1:** Resistência à tração e deformação máxima dos tecidos, fios e fibras de sacos de aniagem de juta.

Corpos de prova obtidos de sacos de aniagem de juta	Resistência à Tração (MPa)	Deformação Total (%)
Tecido Novo	14,20 ± 2,94	6,0
Tecido Descartado	4,58 ± 2,14	3,8
Fio Novo	65,73 ± 9,98	12,3
Fio Descartado	61,90 ± 8,65	7,2
Fibra Nova	378,42 ± 99,03	7,8
Fibra Descartada	442,10 ± 123,79	6,5

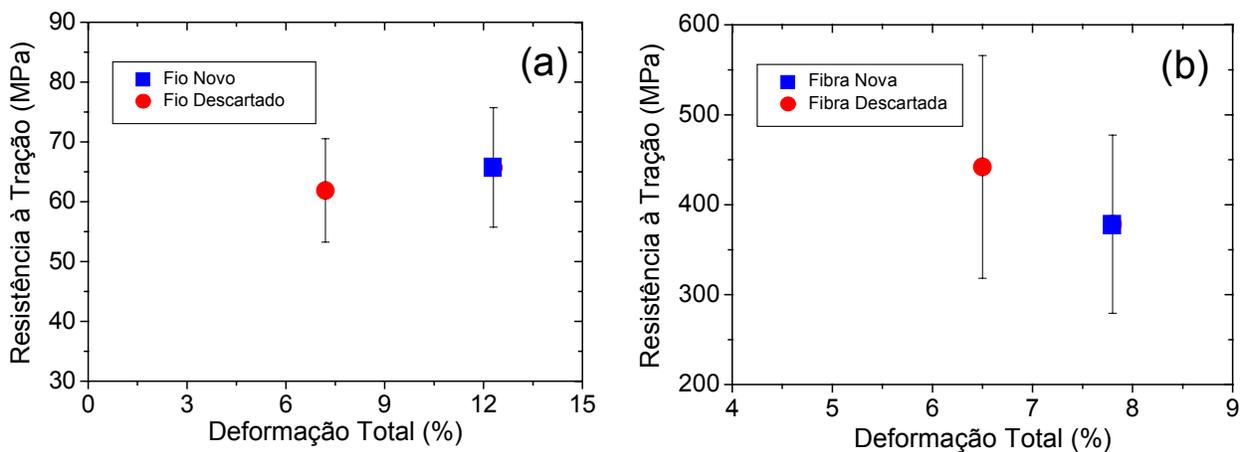
Os valores apresentados na Tabela 1 foram convertidos em gráficos de resistência à tração vs. deformação total. Assim, a Figura 3 apresenta a variação da resistência à tração dos tecidos com a deformação total. Nesta figura nota-se que o tecido retirado dos sacos de aniagem novos é bem mais resistente, quase três vezes, que o dos sacos descartados. A principal razão para essa diferença é o fato de ser maior o número de fios nos tecidos novos (Figura 1). Na realidade, os corpos de prova de tecido novo apresentam, em média, dez fios verticais alinhados com o eixo de tração, enquanto que os corpos de prova do tecido descartado só possuem, em média, 5 fios. Isto, em princípio, responderia por uma diferença de duas vezes na resistência para o tecido novo. Por outro lado, dois outros fatores poderiam aumentar ainda mais esta diferença, para cerca de três vezes como experimentalmente obtido (Tabela 1 e Figura 3).



**Figura 3:** Variação da resistência à tração dos tecidos com a deformação total.

Um primeiro fator seria baseado em que os fios do tecido descartado, por já serem usados, teriam menos resistência que os fios novos. Um segundo fator estaria relacionado à menor força de fricção no entrelaçamento dos fios da malha do tecido descartado, já que existiriam menos fios por área de tecido e, conseqüentemente, menos cruzamento entre fios, como mostrado na Figura 1(b).

A Figura 4 apresenta a variação da resistência à tração do fio (Figura 4(a) e da fibra (Figura 4(b) com a deformação total. Nesta figura observa-se não haver, dentro dos intervalos de erro, diferença nas resistências dos novos para os descartados.

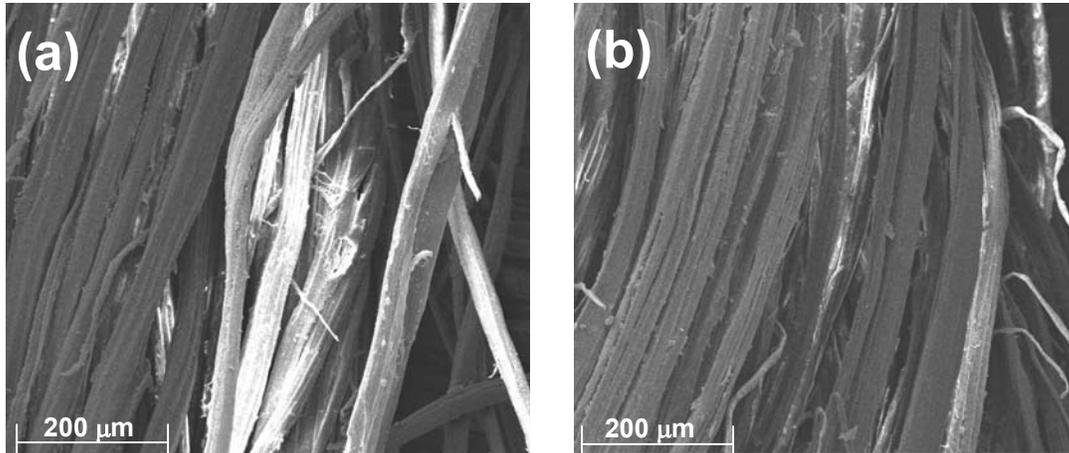


**Figura 4:** Variação da resistência à tração com a deformação total: (a) fios e (b) fibras.

Ou seja, os fios (Figura 4(a) e as fibras (Figura 4(b), não tiveram suas resistências à tração afetadas pelo uso dos sacos de aniagem de juta até serem descartados. Houve sim, um decréscimo na capacidade de deformação dos mesmos, possivelmente devido ao processo de esgarçamento. Os resultados da Figura 4 eliminam, pois, o primeiro fator sugerido para diminuir ainda mais a resistência dos fios e fibras descartados e assim justificar uma diferença de três vezes, mostrada na Figura 3.

Desta forma, além do maior número de fios, somente a maior força de fricção associada à maior quantidade de cruzamento de fios entrelaçados na malha (Figura 1(a), também colabora para a resistência três vezes maior do tecido novo, comparativamente ao tecido descartado na Figura 3.

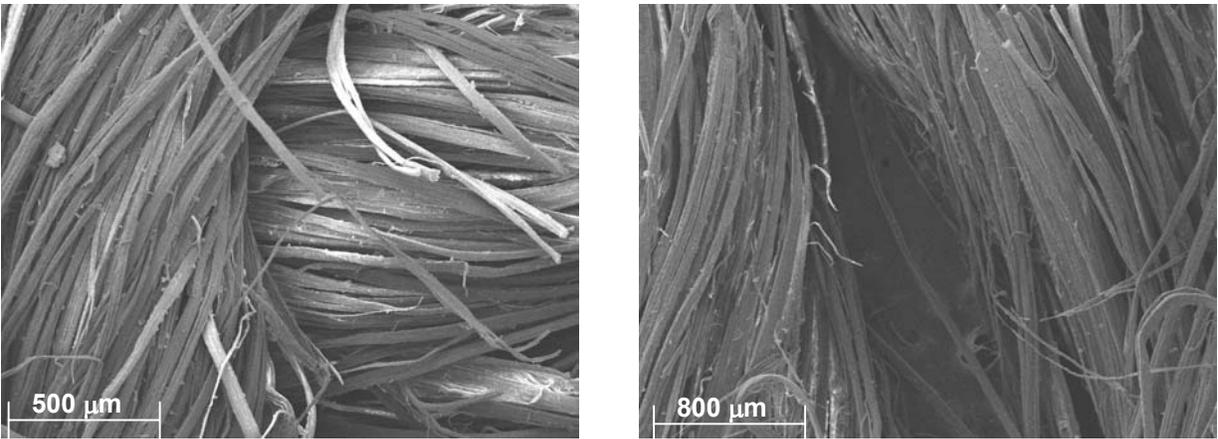
Observações por MEV da microestrutura dos fios e fibras complementam os resultados e ajudam na discussão deste assunto. A Figura 5 mostra feixes de fibras novas e descartadas. Nesta figura não existem aspectos que possam evidenciar sensíveis diferenças entre as fibras.



**Figura 5:** Micrografia por MEV de feixes de fibras: (a) novas e (b) descartadas.

Com base na Figura 5, sugere-se que o fato de se usar sacos de aniagem de juta até o seu tecido esgarçar, ocasionando seu descarte, não afeta a aparência microscópica das fibras de juta. Isto corrobora os resultados obtidos para a resistência à tração das fibras (Figura 4(b) nos quais, estatisticamente, não existem diferenças entre as fibras novas e descartadas.

A Figura 6 apresenta micrografias por MEV de fios compostos pelo entrelaçamento de fibras. Aqui também não existem diferenças marcantes entre um fio novo em um descartado. No entanto, no caso do tecido novo, o cruzamento entre dois fios perpendiculares (Figura 6(a), na malha é bem ajustado, sem deixar espaços livres. Por outro lado, os fios no tecido descartado deixam espaços abertos (Figura 6(b), na malha em consequência do esgarçamento.



**Figura 6:** Micrografia por MEV de fios formados por fibras entrelaçadas: (a) novos e (b) descartados.

Como considerações finais, é relevante enfatizar que os resultados deste trabalho mostram que a principal razão para se ter o grande decréscimo na resistência à tração dos tecidos descartados em relação aos novos de sacos de aniagem de juta é o esgarçamento causado pela separação dos fios. Este esgarçamento não afeta a resistência tanto dos fios quanto das fibras a não ser por diminuir a deformação. Desta forma, para uma mesma quantidade em volume de tecido descartado, não deverá haver diferença comparativa, relativamente ao tecido novo, para servir de reforço em compósitos poliméricos.

#### **4 CONCLUSÕES**

A utilização de sacos de aniagem de juta, até que sejam descartados devido ao esgarçamento, provoca redução significativa na resistência à tração do tecido.

Esta redução é consequência do menor número de fios por área de tecido e também da menor quantidade de cruzamentos destes fios, causado pelo esgarçamento, diminuindo a contribuição da tensão por fricção na malha do tecido.

A resistência à tração própria dos fios e fibras não é praticamente afetada pelo fato dos sacos serem descartados em virtude do esgarçamento do tecido de juta. Isto não compromete o uso destes tecidos como reforço em compósitos poliméricos.

#### **Agradecimentos**

Os autores agradecem a FAPERJ (proc. n° E-26/151.859/2005), CNPQ, CAPES e FENORTE/TECNORTE. É também motivo de agradecimento a permissão do Prof. Luiz Henrique de Almeida para utilizar o equipamento de MEV do PEMM/COPPE/UFRJ.

## REFERÊNCIAS

- 1 SATYANARAYANA, K.G.; GUIMARÃES, J.L.; WYPYCH, F. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part I: Source, production, morphology, properties and applications. **Composites: Part A**, v. 38, p. 1694-1709, 2007.
- 2 MOHANTY, A.K.; MISRA, M.; DRZAL, L.T. Sustainable bio-composites from renewable resources: opportunities and challenges in the green materials world, **J. Polym. Environ.** v. 10, p. 19-26, 2002.
- 3 CRUZ-RAMOS, C.A. **Natural fiber reinforced thermoplastics. Mechanical Properties of Reinforced Thermoplastics.** Amsterdã: Elsevier, 1986.
- 4 BLEDZKI, A.K.; GASSAN, J. Composites reinforced with cellulose-based fibres. **Prog. Polym. Sci**, v. 24, p. 221-274, 1999.
- 5 PEIJS, T. Natural fiber based composites, **Mater. Technol.** v.15, p. 281-285, 2000.
- 6 ARAÚJO, C.R.; MOTHE, C.G. Characterization of natural fiber reinforced polyurethane composites. In: 2<sup>nd</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NATURAL POLYMERS AND COMPOSITES. 1998, São Paulo-SP, p. 123-126.
- 7 SHAH, A.N.; LAKKAD, S.C. Mechanical properties of jute reinforced plastics. **Fibre Science and Technology.** v. 15, p. 41-46, 1981.
- 8 MOHANTY, A.K.; KHAN, M.A.; HINRICHSEN, G. Influence of chemical surface modification on the properties of biodegradable jute fabrics – Polyester amide composites. **Composites: Part A**, v. 31, p.143-150, 2000.
- 9 SOYKEABKAEW, N.; SUPAPHOL, P.; RUJIRAVANIT, R. Preparation and characterization of jute- and flax-reinforced starch-based composite foams. **Carbohydrate Polym.** v. 58, p. 53-63, 2004.
- 10 CABRAL, H.; CISNEROS, M.; KENNY, J.M.; VASQUEZ, A.; BERNAL, C.R.: Structure – properties relationship of short jute fiber-reinforced polypropylene composites. **Journal of Composites Materials.** v. 39(1), p. 51-65, 2005.
- 11 DOAN, T.-T.-L.; GAO, S.-L.; MÄDER, E. Jute/polypropylene composites I. Effect of matrix modification. **Composites Science and Technol.** v. 66, p. 952-963, 2006.
- 12 MOHANTY, A.K.; MISRA, M.; HINRICHSEN, G. Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An overview. **Macromolecular Mater. and Eng.** v. 276, p.1-24, 2000.
- 13 MONTEIRO, S.N.; LIMA, A.C.; PETRUCCI, L.J.T.; TERRONES, L.A.H.; D'ALMEIDA, J.R.M. Environmentally correct jute reinforced polyethylene composites. In: 135th ANNUAL MEETING OF THE MINERALS, METALS & MATERIALS SOCIETY - TMS 2006, 2006, San Antonio – Texas, EUA. v. 1. p. 349-357.
- 14 MONTEIRO, S.N.; TERRONES, L.A.H.; LIMA, A.C.; PETRUCCI, L.J.T.; D'ALMEIDA, J.R.M. Propriedades de Compósitos de Tecido de Juta Descartado Reforçando Matriz de Polietileno Reciclado. **Rev. Mater.** v. 11, p. 403-411, 2006.
- 15 MONTEIRO, S.N.; TERRONES, L.A.H.; LIMA, A.C.; PETRUCCI, L.J.T.; D'ALMEIDA, J.R.M. Compósitos de tecido de juta reforçando matriz de polietileno. In: 61 CONGRESSO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA E MATERIAIS, 2006, Rio de Janeiro. p. 583-591.
- 16 LIMA, A.C.; TERRONES, L.A.H.; MONTEIRO, S.N. Tenacidade ao impacto de compósitos de tecido de juta reforçando matriz de polietileno reciclado. In: 62º CONGRESSO ANUAL DA ABM / 62ND ABM INTERNATIONAL ANNUAL CONGRESS, 2007, Vitória - ES. p. 724-731.