

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM RELAÇÃO A GRANULOMETRIA E FRAÇÃO MÁSSICA DE FIBRAS DE COCO MOÍDAS

Igor kengi kamiya, ikenji7@hotmail.com¹

Celso Carlino Maria Fornari Junior²

¹ Universidade Estadual de santa Cruz, Engenharia de Produção e Sistemas

² LAPOS Laboratório de Polímeros e Sistemas, Universidade Estadual de Santa Cruz

Resumo: Na área de compósitos reforçados com fibras vegetais buscamos explorar suas propriedades em relação a quantidade volumétrica das fibras e da fração da matriz polimérica. A utilização das fibras naturais cujas propriedades mecânicas são comparadas a outros reforços, possui vantagens particulares tal como baixo custo, abundância, facilidade de obtenção, biodegradabilidade e principalmente fonte renovável. Avaliamos o comportamento a base de fibras de coco e poliéster ortoftálico para ensaio de flexão em máquina de ensaio universal. As fibras foram micronizadas em moinho de facas e separadas conforme a sua granulometria por meio de peneiras. Os corpos de prova foram confeccionados de forma padronizada e os ensaios foram conduzidos em equipamento de ensaio universal devidamente calibrado e conforme normatização brasileira NBR 7447. Os resultados demonstraram que existe uma diferença significativa ao apresentar variação na propriedade de resistência a flexão quanto a quantidade e tamanho de partícula de fibra vegetal incorporada ao compósito polimérico.

Palavras-chave: Compósito, fibra vegetal, polímero, flexão.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de compósitos vegetais tem despertado o interesse de muitos pesquisadores nos últimos anos (Tajvidi et al, 2006). As fibras naturais possuem propriedades mecânicas que podem aumentar as propriedades dos polímeros pela adição das mesmas, ou seja, como reforço de matrizes poliméricas do tipo termofixa, termoplástica e elastomérica (Balzer et al, 2007).

Muitos trabalhos têm explorado as propriedades de tração das fibras vegetais em substituição as fibras sintéticas, devido as suas características de baixo custo, ser atóxicas, além das suas propriedades físico-químicas (Nogueira et al, 1999; Saliba et al, 2001). Além disso, a possível substituição dos materiais sintéticos pelos materiais naturais tem sido estudada por originar várias questões que devem ser focalizadas, principalmente a não-biodegradabilidade e a dificuldade de reciclagem, o que acaba por gerar um grande acúmulo dos materiais sintéticos em depósitos, lixões e na própria natureza (Mattoso et al, 1999).

No Brasil, existe uma grande variedade de fibras vegetais com diferentes propriedades químicas, físicas e mecânicas (Marinelli et al, 2008). O fato das fibras vegetais apresentarem facilidade de obtenção, baixa densidade entre outras propriedades despertou a sua aplicação em diversos artigos, como por exemplo, madeira plástica, estofamento de automóveis, painéis entre outros (Bledzki & Gassan, 1999).

A viabilidade de produção dos compósitos reforçados com fibras naturais, principalmente as fibras de sisal e de coco, foi determinada em estudos realizados por Ghavami & Hombeck (1982) e Toledo (1997). No caso das fibras de coco, que são rejeitos das indústrias alimentícias de países tropicais, seu aproveitamento gera vantagens também no que diz respeito à diminuição da quantidade do lixo sólido (Ishizaki, 2006).

As respostas mecânicas desse tipo de compósito dependem de diversos fatores, que incluem os comportamentos tensão deformação das fases fibra e matriz, as frações volumétricas das fases e, além disso, a direção na qual a tensão ou carga é aplicada (Callister, 2007). O tipo, a distribuição, a relação comprimento-diâmetro e a durabilidade das fibras, assim como o grau de aderência fibra-matriz, também determinam o comportamento mecânico dos compósitos (Gray & Johnston, 1984).

Segundo Leite *et al* (2006), a matriz polimérica é a grande responsável pela distribuição das tensões aplicada em compósitos poliméricos com fibras vegetais, devido às propriedades particulares das fibras lignocelulósicas. A interação

entre a fibra e a matriz polimérica é o fator principal relacionado às propriedades do material. A maior afinidade entre as ligações destes materiais fortalece a união dos materiais na sua forma mais íntima, de maneira que a energia de ligação responsável por manter a união na interface dos dois materiais é a ponte e ligação entre estes. Assim quando o material é solicitado mecanicamente à energia que é atribuída ao material, poderá ser transmitida entre os constituintes do compósito, distribuindo desta forma a sollicitação mecânica o que se traduz em maior resistência por parte do compósito.

As fibras atuam como elementos de reforço, com a finalidade de impor obstáculos à propagação de fissuras, além de funcionar como ponte de transferência dos esforços, garantindo, assim, uma capacidade resistente após a abertura da mesma. De forma simplificada, o componente matricial serve como meio de transferência e homogeneização dos esforços suportados pelos componentes de reforço.

A estrutura da interface fibra-matriz desempenha um papel importante nas propriedades mecânicas e físicas dos materiais compósitos, porque é através desta interface que ocorre a transferência de carga da matriz para a fibra. A matriz tem o papel de manter a integridade estrutural do compósito através da ligação simultânea com a fase dispersa em virtude de suas características coesivas e adesivas, sua função é de transferir a carga aplicada à fase dispersa, uma boa dispersão das fibras na matriz polimérica é necessária para buscar a melhor condição de homogeneidade no compósito, visando à condição mais favorável para a redistribuição das tensões no meio polimérico.

Neste estudo avaliamos o comportamento mecânico do compósito em ensaios de flexão a três pontos em relação ao teor e o tamanho de partícula de fibra vegetal. As fibras vegetais de coco foram moídas e incorporadas em uma matriz polimérica do tipo poliéster ortoftálico o que resultou em um compósito mais homogêneo em com propriedades mais isotrópicas.

2. METODOLOGIA

As fibras de coco recém colhidas foram extraídas do mesocarpo do fruto com ajuda de uma ferramenta especial, que permitiu uma melhor uniformidade na espessura das amostras. As amostras de fibras cortadas foram selecionadas uma a uma com relação a sua espessura, de maneira a garantir um processo de secagem mais homogêneo entre as fibras. As fibras após serem cortadas foram acondicionadas em água, a fim de evitar maior oxidação em contato com ar atmosférico e em seguida secas em estufa BIOPAR modelo: S2550AT a 120°C durante 130 minutos. A variação da temperatura no processo de secagem variou 5 °C para mais ou para menos. As fibras foram secas na sua forma natural sem nenhum tipo de tratamento químico.

As amostras de fibras secas foram posteriormente moídas em moinho de facas TECNAL modelo WILLYE TE-648, utilizando-se um pré-separador de tamanho de fibra. As fibras moídas foram selecionadas em ensaio utilizando-se um agitador de peneiras marca BERTEL seguindo a norma ABNT NBR 10439 método A.

Foi utilizado poliéster ortoftálico comercial da empresa CROMITEC tipo Policom 20200 utilizando sal de cobalto como acelerador e o peróxido de metil etil cetona como agente iniciador da reação. O procedimento de pesagem foi realizado em uma balança analítica de cinco casas decimais da marca Bioprecisa modelo FA 2104 N. O iniciador foi adicionado ao polímero antes da adição da carga lignocelulósica, na quantidade de 1% em peso.

A mistura do iniciador ao polímero foi realizada em uma única batelada, de maneira a permitir que frações desta mistura fossem posteriormente misturadas com a fibra vegetal. A carga lignocelulósica previamente seca por meio de microondas, foi adicionada na fração mássica de 5, 10 e 15% em relação ao polímero. Os corpos de prova foram feitos utilizando-se matrizes apropriadas e curadas em estufa à 85°C por 60 minutos. Foram confeccionadas 6 amostras de cada tipo de compósito. Os ensaios foram conduzidos em equipamento de ensaio universal com deslocamento negativo e obedecendo as condições da norma ABNT NBR 7447.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os corpos de prova foram ensaiados quanto à resistência mecânica de flexão em função a quantidade de fibra adicionada e a granulometria destas. Foram processados compósitos com 5, 10 e 15% p/p de fibras de coco com as granulometrias de 40mesh (0,352mm de diâmetro), 80mesh (0,177mm de diâmetro) e 170 mesh (0,088mm de diâmetro). Os corpos de prova foram confeccionados com matrizes apropriadas, o que não permitiu variação entre as suas dimensões.

Os ensaios foram realizados conforme a normatização brasileira NBR 7447, o que exige para os ensaios de flexão dos corpos de prova, uma velocidade de deslocamento do equipamento conforme a espessura dos corpos de prova. Segundo a fórmula apresentada na Eq. (1), a velocidade leva em conta as distâncias entre os suportes de apoio (L) e a espessura dos corpos de prova (h), incluindo uma taxa de deformação específica do material (neste caso 0,01 / minuto).

$$V = \frac{Sr \times L^2}{6 \times h}$$

A leitura dos transdutores de controle de força e deslocamento informa de imediato o comportamento mecânico do material revelando a resposta deste em relação à carga empregada no ensaio. A velocidade de deslocamento da carga é um fator importante para a avaliação das propriedades mecânicas dos compósitos, neste trabalho a velocidade foi estipulada igual a 2 mm/min. A Fig. (1) ilustra o momento de ensaio do teste de flexão dos corpos prova deste trabalho.



Figura 1: Teste de flexão segundo norma NBR 7447 em equipamento de ensaio universal

O espaço ocupado pela fibra na composição do material compósito é diferente para cada tipo de amostra, podendo estar ligado tanto ao tamanho de partícula como a variação da porcentagem de fibra, neste caso 5, 10 e 15% com relação ao polímero. Isto foi refletido na alteração de suas propriedades, pois os resultados demonstraram que os compósitos que alcançaram maior deformação foram aqueles que possuíam menor fração volumétrica. Este comportamento foi encontrado independente a granulometria. No quesito tamanho de grão a capacidade de deformação diminui conforme a menor fibra utilizada no material. A Tab. (1) apresenta os resultados deste ensaio para a os corpos de prova cuja granulometria utilizada foi de 170mesh.

Tabela 1. Deformação em função da fração mássica de fibra de 170mesh.

Fibras 170 mesh	
Teor de Fibra (%)	Deformação (mm)
5	3,34
10	2,69
15	2,27

A conformação da cadeia polimérica na reação de reticulação intermolecular deve enfrentar a adaptação e redirecionamento das próprias cadeias do polímero quando as fibras estão presentes. As macromoléculas devem envolver as fibras, que apresentam forma aproximada de esfera, necessitando para isto contornar as partículas de fibra. Desta forma a conformação do compósito será feita de uma rede polimérica com ondulações arredondadas recheadas de um material celulósico. O volume da carga do material compósito, isto é os diâmetros das amostras de fibra moídas, mostrou neste trabalho diferença significativa na propriedade de resistência mecânica quando ensaiado pelo modo de flexão a três pontas. A Fig. (2) apresenta os dados da resistência à tensão nos corpos de prova com granulometria 40, 80 e 170mesh e com a variação de 5, 10 e 15% de teor de fibra constituído no compósito.

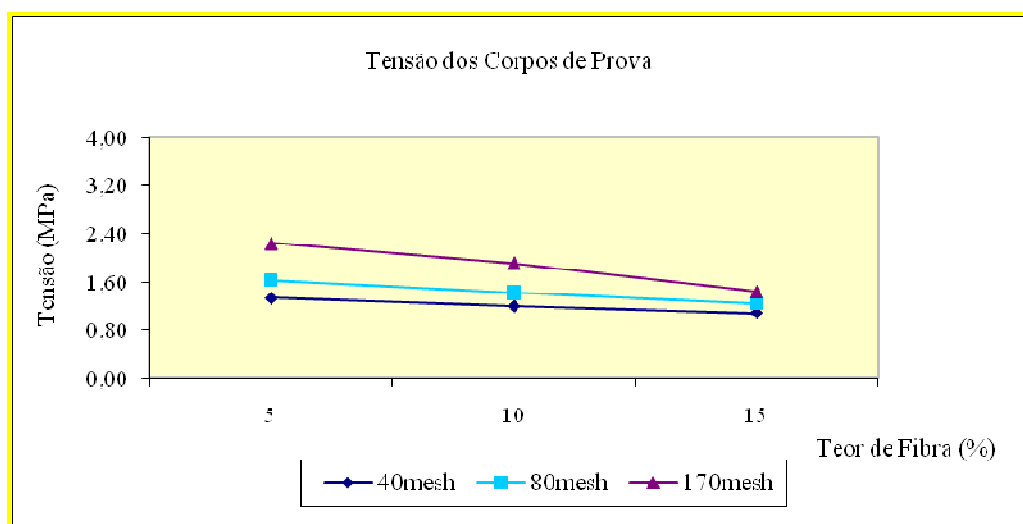


Figura 2. Valores de tensão para ensaio de flexão em compósitos a base de poliéster ortoftálico e 5, 10 e 15% de fibra de coco com granulometrias de 40, 80 e 170 mesh.

Ao analisar o gráfico apresentado na Fig. (2), pode-se observar que com 5% p/p de fibra de coco os valores de resistência do corpo de prova com 40mesh aumentaram significativamente quando o tamanho das fibras diminuiu para as fibras de 80mesh. Os compósitos com tamanho de fibra de 170 mesh apresentaram valores de tensão superiores aos demais tamanhos.

Percebe-se também um valor de tensão similar entre os corpos de prova com 15% de fibra, para todos os tamanhos de fibras. Os valores são próximos a 1,35 MPa. Observa-se através da inclinação da reta que o maior ângulo está relacionado com o menor tamanho de fibra (170 mesh). Para o maior tamanho de fibra a inclinação da reta é menos acentuada, indicando pouca variação na tensão em função da fração volumétrica da fibra. Isto indica que se alcançam maiores valores de tensão nos compósitos com menores tamanhos de fibra. Estes resultados indicam também que é possível aumentar a quantidade volumétrica das fibras para tamanhos menores de partículas, mantendo-se para isto os mesmos valores de tensão que as partículas de fibras maiores.

O gráfico Fig. (3) mostra que para a fibra vegetal de coco a tenacidade (capacidade de um material de absorver energia até o momento de ruptura), em resposta à solicitação mecânica aplicada, diminuiu à medida que aumentou a quantidade de fibra no material. Nota-se também que compósitos formados com menor tamanho de grão têm maior tenacidade, indicando que ocorre nestes casos uma maior absorção de energia. A maior capacidade de absorção de energia deve ser beneficiada pelo fato do menor tamanho de grão da partícula estar mais acomodado no seio da massa polimérica, facilitando proporcionalmente o deslocamento ou rearranjo das cadeias do polímero. Por outro lado uma maior interação interfacial entre os dois constituintes, devido principalmente ao aumento da área superficial da fibra também deve favorecer a maior tenacidade do compósito.

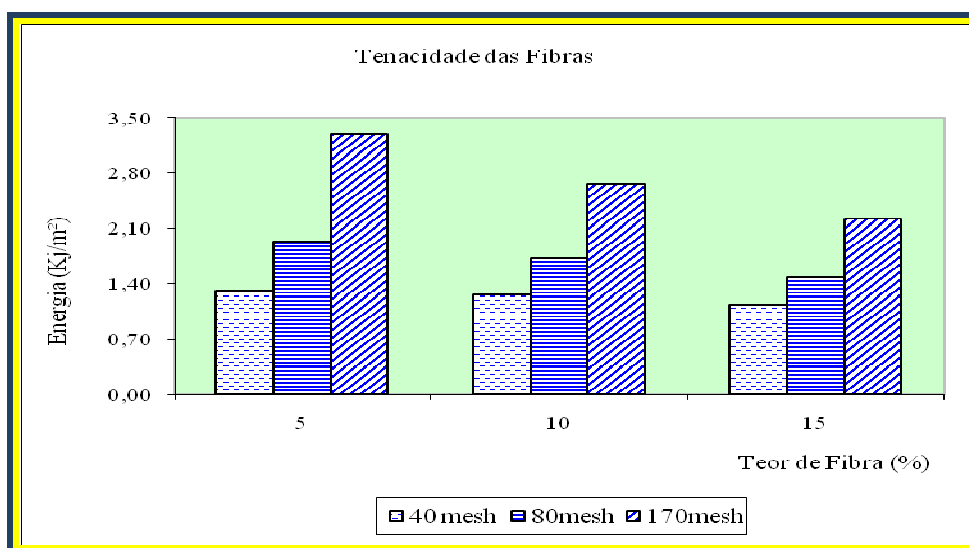


Figura 3. Valores de tensão para ensaio de flexão em compósitos a base de poliéster ortoftálico e 5, 10 e 15% de fibra de coco com granulometrias de 40, 80 e 170 mesh.

A acomodação molecular dos polímeros pode ser influenciada pela energia externa, de forma que a mobilidade molecular tende a aumentar quando energia é adicionada ao sistema polimérico. A acomodação ou relaxação molecular estão associadas normalmente a mudanças de conformação de segmentos ou grupamentos de cadeias devido à liberdade de rotação interatômica. Materiais poliméricos podem apresentar uma variação no tempo de relaxação molecular em função da absorção de energia mecânica em uma determinada faixa de frequência, o que pode estar associado aos segmentos da cadeia localizados em regiões adjacentes a estes segmentos (Cassu & Felisberti, 2005).

Estudos de Liao e Thwe (2002) com termoplástico e fibras curtas de bambu demonstraram que as propriedades de tração diminuem com o aumento da fração de fibra no compósito, o que foi atribuído pelos autores a formação de pequenas rupturas na interface fibra/polímero. Esta observação salienta que a interação de ambos os componentes do compósito desempenha um papel importante nas propriedades do novo material.

Os resultados analisados por Frollini e colaboradores (2002), também demonstraram que compósitos termofixos com fibras vegetais a base de cana de açúcar, apresentaram comportamento irregular quando a variação em ensaios de impacto. Amostras com fibras vegetais tratadas com 2% e 10% de solução de NaOH tiveram maior resistência ao impacto que amostras tratadas com 6% da mesma solução.

As Fig. (4), (5) e (6) mostram os resultados das curvas de ensaio de tração de três pontos com velocidades de aplicação de força igual a 2 mm/min em 6 corpos de prova de amostra formada com fibras de 170mesh com teor de 5, 10, 15% respectivamente em relação ao polímero. As fibras não foram condicionadas a nenhum tratamento químico.

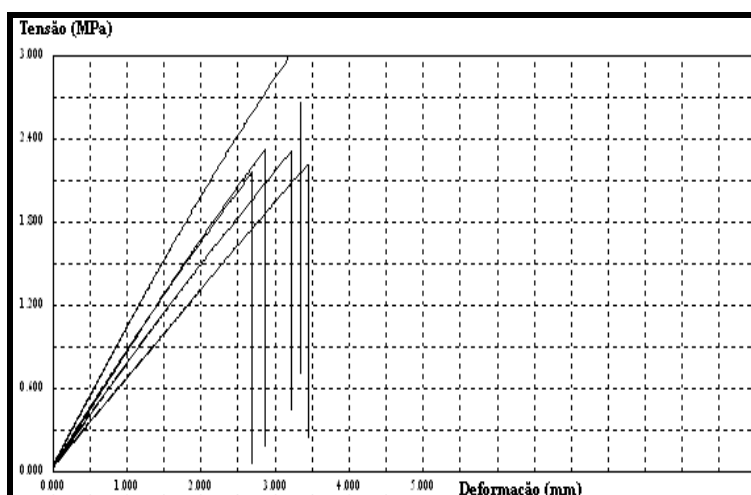


Figura 4. Ensaio de flexão a três pontos para compósitos a base de poliéster ortoftálico e 5% p/p de fibra de coco a 170mesh.

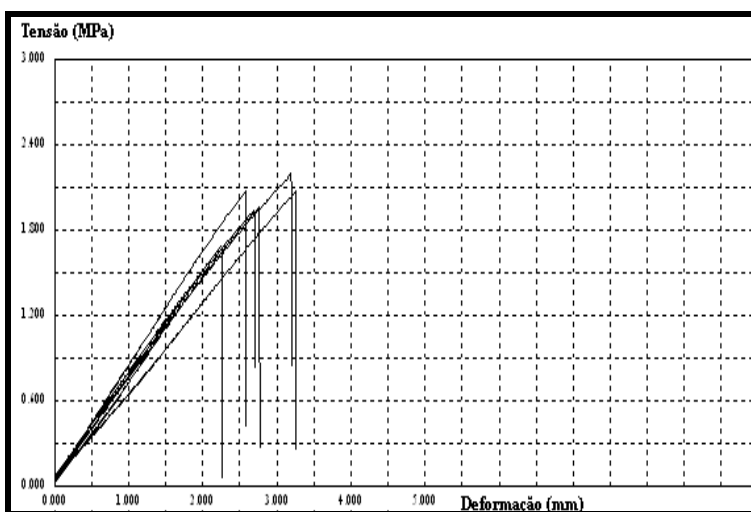


Figura 5. Ensaio de flexão a três pontos para compósitos a base de poliéster ortoftálico e 10% p/p de fibra de coco a 170mesh.

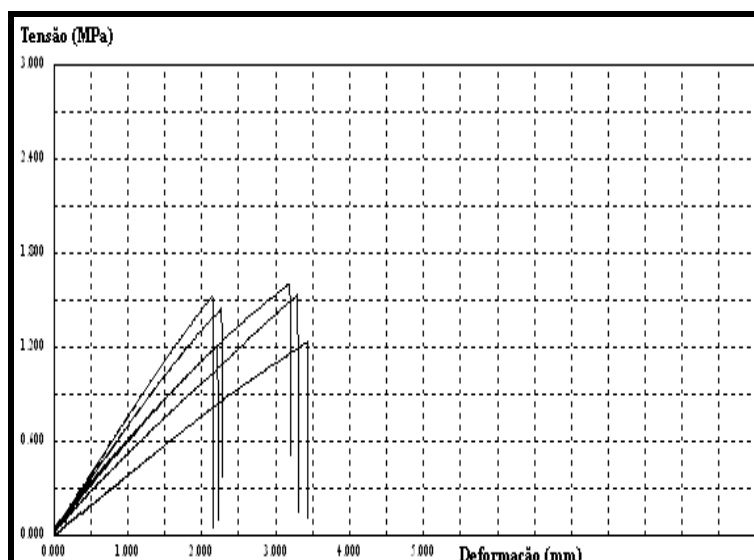


Figura 6: Ensaio de flexão a três pontos para compósitos a base de poliéster ortoftálico e 15% p/p de fibra de coco a 170mesh.

O resultado deste ensaio demonstra que a força máxima na ruptura do material aumenta linearmente com a diminuição da quantidade de fibra presente no compósito. Este mesmo comportamento aconteceu para com as fibras de 40 e 80mesh.

Pode-se observar que o módulo de elasticidade varia de acordo com a fração ponderal da fibra. A medida que se aumenta o teor de fibra de 5 para 15% o módulo diminui, indicando que o material se torna menos rígido.

4. CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho demonstraram que a deformação dos compósitos construídos com fibras e coco com 170 mesh diminuem a sua deformação com o aumento da quantidade de fibra. A tenacidade do compósito demonstrou ser maior quanto menor é o tamanho da partícula da fibra para tamanhos de 40, 80 e 170 mesh, para todas as proporções avaliadas. O módulo de elasticidade do compósito diminui à medida que a quantidade fibra aumenta nos compósitos. A fração volumétrica da fibra ensaiada neste trabalho foi de 5, 10 e 15%.

5. REFERÊNCIAS

- Balzer, P. S., et al, 2007, Polímeros: Ciência e Tecnologia, artigo em impressão.
- Bledzki, A.K, Reihmane, S., Gassan J., 1999, "Composites reinforced with cellulose based fibres". Progress in Polymer Science. Vol. 24, pp. 221.
- Callister, W. D., 2007, Ciência e Engenharia de Materiais uma Introdução, John Wiley & Sons, New York.
- Cassu, S. N., Felisberti M. I., 2005, Química Nova, Vol. 28, pp. 255.
- Ghavami, K., Hombeek, R.V., 1982, "Application of coconut husk as an insulating material." CIB, Symposium on Building Climatology, Moscow, pp.1-10.
- Ghavami, K., Toledo Filho, Barbosa, R.D., N.P., 1999, "Behaviour of composite soil reinforced with natural fibres." Cement and Concrete Composites, England, Vol. 21, pp. 39-48.
- Gray, R.J.; Johnston, C.D., 1984, "The effect of matrix composition of fibre/matrix interfacial bond shear strength in fiber-reinforced mortar". Cement and Concrete Research, Vol.14, pp. 285-296.
- Ishizaki, M. H., Visconte, L. Y., Furtado, C. R. G., Leite, M. C. A. M., Leblanc, J. L., 2006, Polímeros: Ciência e Tecnologia. Vol. 16, pp.182.
- Marinelli, A. L., Monteiro, M. R., Ambrósio, J. D., 2008, Polímero: Ciência e Tecnologia. Vol. 18, pp. 92.
- Mattoso, L. H. C., Pereira, N. C., Souza, M. L., Agnelli J. A. M., 1999, Brasília: EMBRAPA Produção e Informação, Vol. 161
- Nogueira, C. L., Marlet, J. M. F., Rezende, M. C., 1999, Polímeros, Vol. 18.
- Saliba, E. O. S., Rodriguez, N. M., Morais, S. A. L., 2001, D. P. Veloso Ciência Rural. Vol. 31, pp. 917.
- Tajvidi, M., Falk, R. H., Hermanson, J. C., 2006, J. Ap. Polym. Sci., 101, 4341.
- Thwe, M. M., Liao K., 2002, Compósitos: Parte A. Vol. 33, pp. 43.
- Titã, S. P. S., J Paiva, M. F., Frollini E., 2002, Polímeros: Ciência e Tecnologia. Vol. 12, pp. 228.



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

EVALUATION OF RHE MECHANICAL BEHAVIOR OF POLYMERIC COMPOSITES WITH RESPECT TO SIZE AND FIBER MASS FRACTION COCONUT GROUND

Abstract: *In the area of composites reinforced with vegetables fibres seek to exploit their properties in relation the amount of fiber volume fraction and the polymer matrix*

The use of natural fibers whose mechanical properties are compared to other reinforcements, has particular advantages as low cost, abundance, ease of production, biodegradability and especially renewable source. Evaluated the behavior of the base of coconut fibers and polyester orthophthalic for bending test in a universal testing machine. The fibers were micronized in a knife mill and separated according to their size by means of sieves. The samples were prepared in a standardized and the tests were conducted in test equipment properly calibrated and universal norms as Brazilian NBR 7447. The results demonstrated a significant difference to a variation in the property of resistance to bending as the amount and particle size of plant fiber incorporated into the polymeric composite.

Keywords: *Composite, vegetable fiber, polymer, flexion.*