

Avaliação das propriedades mecânicas dos compósitos de PEBD reforçados com fibras do bagaço de cana-de-açúcar

Evaluation of the mechanical properties of the composites reinforced sugarcane bagasse fibers

¹ Hélder Oliveira Santos

¹ José Luiz Gomes Ramiro Junior

¹ Tainá Soares de Oliveira

¹ Wenderson de Oliveira Ferreira

² Daniella Regina Mulinari dmulinari@hotmail.com

¹ Graduado em Engenharia de Produção do Centro Universitário de Volta Redonda/UniFOA

² Docente do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA e Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ.

RESUMO

Neste trabalho foram desenvolvidos compósitos poliméricos reforçados com fibras do bagaço de cana-de-açúcar. O polietileno de baixa densidade (PEBD) foi utilizado como matriz termoplástica, devido ao baixo custo e sua temperatura de processamento menor que a temperatura de degradação da fibra. Devido à falta de compatibilização química das fibras com a matriz, as fibras foram esterificadas com H_2SO_4 . As fibras *in natura* e esterificadas foram caracterizadas pelas técnicas de Difração de Raios-X (DRX) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Após a caracterização as fibras *in natura* e esterificadas foram misturadas ao PEBD, nas proporções de 5 e 10% (m/m). As misturas foram realizadas em um misturador termocinético e, em seguida, foram injetadas para a confecção de corpos de prova de tração. Posteriormente, foram avaliadas as propriedades mecânicas dos compósitos. O tratamento químico proporcionou a redução de alguns componentes amorfos das fibras, causando alterações na superfície das mesmas. A adição das fibras tratadas à matriz de PEBD não influenciou nos módulos elásticos em tração.

Palavras-chave

PEBD; bagaço de cana-de-açúcar; propriedades mecânicas.

ABSTRACT

In this work was to develop polymer composites reinforced with fibers from sugarcane bagasse. Low density polyethylene (LDPE) was used as thermoplastic matrix due to its low cost and its temperature less than the degradation temperature of the fiber processing. To improve the chemical compatibility of the fibers with the matrix, the fibers were esterified with H_2SO_4 . Fibers "in nature" and esterified were characterized by the techniques of X-ray Diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscopy (SEM). After characterizing the in nature and esterified fibers were mixed into the LDPE, in proportions of 5 to 10% (w/w). The mixtures were made in a thermokinetic mixer and then were injected for making specimens tensile. Subsequently, the mechanical properties of the composite were evaluated. The chemical treatment generally reduces some of the fibers amorphous components, causing changes in their surface. The addition of treated fibers to LDPE matrix don't influenced to the elastic modulus in tensile.

Key words

LDPE; Sugarcane bagasse; Mechanical properties.

Como você deve citar?

MULINARI, Daniella Regina et al. Avaliação das propriedades mecânicas dos compósitos de PEBD reforçados com fibras do bagaço de cana-de-açúcar. **Cadernos UniFOA Especial Eng. Produção**, Volta Redonda, n. 2, p. 41-49, ago. 2015.

1 INTRODUÇÃO

O interesse no estudo de materiais compósitos reforçados com fibras naturais tem crescido bastante. Esse fato pode ser explicado devido à crescente preocupação com o meio ambiente (AKIL & ZAMRI, 2014; IBRAHIMA et al., 2014).

Além disso, a utilização de fibras naturais é uma alternativa às fibras sintéticas, devido à crescente perspectiva de economia de energia por meio da redução de peso dos componentes, bem como os aspectos ligados à recuperação das matérias-primas e ao reaproveitamento dos materiais no final do ciclo de vida do produto (MULINARI, 2009). As fibras naturais podem ser utilizadas como reforços em polímeros termoplásticos e termorrígidos, devido às suas inúmeras vantagens frente às fibras sintéticas como baixo custo, baixa densidade, biodegradabilidade, baixa abrasividade e não toxicidade (DAÍ & FAN, 2014).

As fibras naturais reforçadas em polímeros termoplásticos conferem uma melhora nas propriedades mecânicas, quando comparado ao polímero puro, além da redução de custo do compósito associada à menor densidade do material (EL-SABBAGH, 2014). Por outro lado, restringem o uso a polímeros que possuem temperatura de processamento inferior à temperatura de degradação das fibras naturais (BENINI, 2011). E, dentre as diversas fibras naturais, as fibras do bagaço de cana-de-açúcar é muito interessante, por seu um subproduto do álcool e açúcar. No entanto, para que as fibras e a matriz atuem em uma determinada aplicação, o contato interfacial tem que ser adequado, pois as fibras naturais apresentam estrutura hidrofílica, incompatível com matrizes termoplásticas hidrofóbicas (MULINARI et al., 2010; NUTHONG et al., 2013).

Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento mecânico dos compósitos de polietileno de baixa densidade reforçado com fibras do bagaço de cana-de-açúcar.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Para a confecção dos compósitos, foram utilizadas fibras provenientes do bagaço de cana-de-açúcar e polietileno de baixa densidade. A fibra do bagaço de cana-de-açúcar utilizada neste trabalho foi fornecida pelo CTBE, localizada em Campinas – SP. O procedimento realizado para o tratamento da fibra foi a imersão das fibras de bagaço de cana-de-açúcar em uma solução de H_2SO_4 1% m/v e, após esse tempo, as fibras foram lavadas exaustivamente com água destilada até atingir o pH da água destilada e secas em estufa a 80 °C.

O polietileno de baixa densidade (PEBD) utilizado neste trabalho foi fornecido pela BRASKEN. O PEBD utilizado é indicado para peças injetadas que possui excelente resistência mecânica e ao calor e alta resistência ao impacto.

2.2 Caracterização das Fibras

As fibras de *in natura* e modificadas foram caracterizadas por DRX (Difratometria de Raios X) e MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura) para avaliar o processo de modificação.

Os difratogramas de Raios X das fibras do bagaço de cana-de-açúcar *in natura* e tratada foram obtidos para determinar o tipo de estrutura física. Os difratogramas foram obtidos em um difratôme-

tro de Raios X, da marca Shimadzu, modelo XDR-6000, disponível no Departamento de Engenharia de Materiais da EEL/USP, com fonte de radiação CuK α , voltagem de 40 kV, corrente de 40 mA, varredura 0,05 (2 θ /5s) para valores de 2 θ entre 10 e 50°.

Com os resultados obtidos no difratômetro, foi possível calcular os índices de cristalinidade das fibras por meio da Equação (1), definida pelo método empírico de Segal *et al.* (1959) que fornece um valor aproximado:

$$I_c = \frac{I_{(002)} - I_{(am)}}{I_{(002)}} \times 100 \quad 1$$

na qual:

I_c → Índice de cristalinidade em porcentagem;

$I_{(002)}$ → Pico de intensidade de difração que representa o material cristalino perto de 2 θ =22°;

$I_{(am)}$ → Pico de intensidade da difração que representa o material amorfo perto de 2 θ =16°.

As micrografias foram obtidas em um microscópio eletrônico de varredura HITACHI, disponível no Centro Universitário de Volta Redonda, a fim de obter informações quanto à morfologia das fibras. As amostras foram fixadas em um suporte, com auxílio de uma fita de carbono autocolante dupla face e submetidas ao recobrimento metálico com ouro.

2.3 Obtenção dos Compósitos

Os compósitos foram obtidos em um homogeneizador para plásticos (*Dryser*). Inicialmente o reforço e a matriz foram secos em estufas a 50° C por cerca de 2h. Após mistura entre reforço e matriz no homogeneizador *Dryser*, o material foi moído em moinho granulador e, novamente, seco em estufa a 50° C por 2h.

Os compósitos moídos previamente secos foram injetados em molde, contendo cavidades com dimensões específicas para ensaios mecânicos, utilizando uma injetora RAY RAM - modelo TSMP, disponível no Laboratório de Processamento de Materiais do Centro Universitário de Volta Redonda.

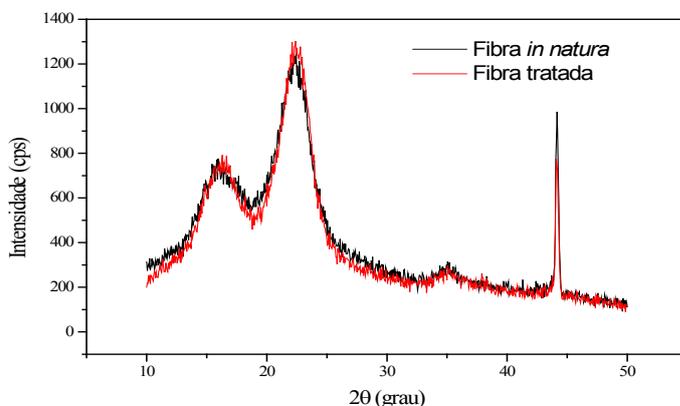
Os experimentos para obtenção dos compósitos foram realizados, variando o teor de fibras e o tipo de fibra (tratada ou *in natura*).

3 RESULTADOS

3.1 Caracterização das Fibras

Os difratogramas de Raios X das fibras apresentaram um comportamento semelhante e mostraram características de materiais semicristalinos, com picos intensos (Figura 1).

Figura 1 - Difratomogramas de Raios X das fibras de bagaço de cana.



Fonte: dos autores.

Esses picos foram bem definidos, em média, 16° e 22,3°, os quais correspondem aos planos cristalográficos (101) e (002). Analisando os difratogramas separadamente, observou-se, para as fibras de bagaço *in natura*, picos de difração 2θ em 15,9° e 22,3° e, para as fibras de bagaço tratadas, picos de difração em 16,2° e 22,3°, ou seja, praticamente os mesmos picos para ambos os difratogramas. No entanto, houve uma variação no índice de cristalinidade, conforme os dados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Índice de cristalinidade das fibras de bagaço de cana.

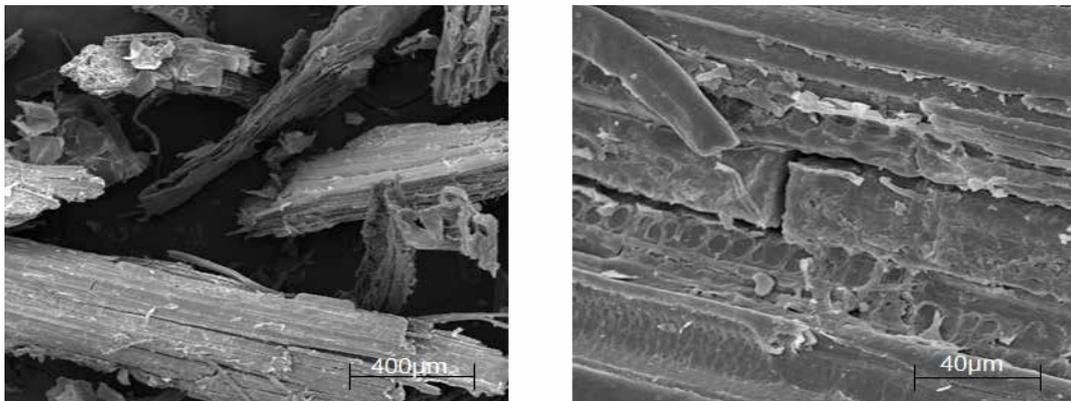
Material	$I_{(002)}$	$I_{(am)}$	I_c (%)
Fibras de bagaço <i>in natura</i>	1238,8	747,3	39,7
Fibras de bagaço tratadas	1294,3	767,6	40,7

Fonte: dos autores.

Após a modificação das fibras *in natura* houve um aumento de 2,5% no índice de cristalinidade. Isso ocorre devido a aumento no grau de empacotamento das cadeias de celulose pelo inchaço das fibras, proporcionado pelo tratamento.

As micrografias obtidas por MEV permitiram avaliar os aspectos morfológicos das fibras. As superfícies das fibras de bagaço de cana *in natura* e tratadas apresentaram características diferentes. A Figura 2 mostra as micrografias das fibras de bagaço de cana *in natura* obtidas em diferentes ampliações.

Figura 2 - MEV das fibras de bagaço de cana in natura: (a) 100X; (b) 1000X.

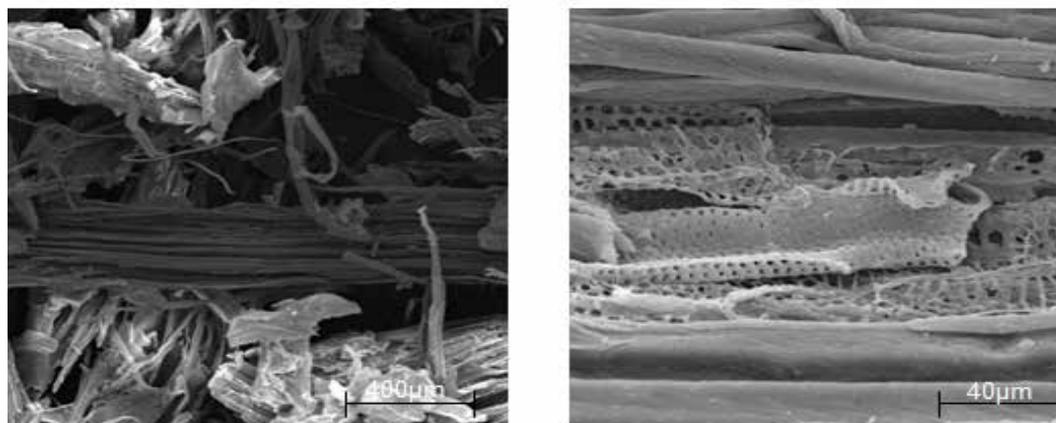
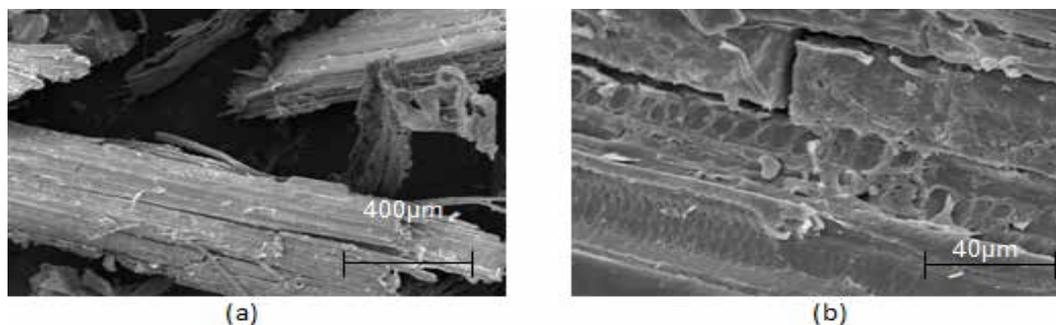


Fonte: dos autores.

As micrografias das fibras de bagaço de cana *in natura* apresentaram uma superfície lisa, com uma camada de cera e homogênea, quando comparada às fibras tratadas (Figura 3).

As micrografias das fibras de bagaço de cana tratadas causou a remoção de extrativos e da camada cerosa, promovendo uma maior rugosidade à superfície das fibras. As ceras e graxas que envolvem as fibras diminuem a adesão entre a matriz e o reforço e, por isso, sua remoção é fundamental. Um maior aumento das fibras permitiu observar uma maior rugosidade após o tratamento.

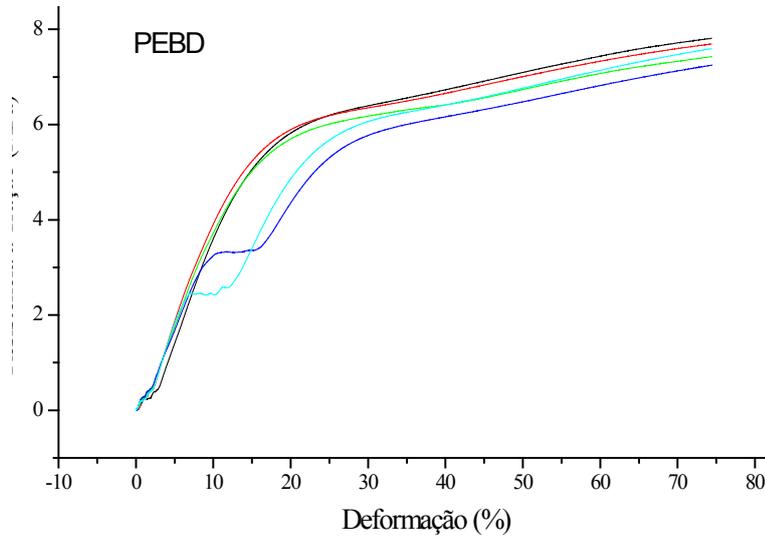
Figura 3 - MEV das fibras de bagaço de cana tratadas: (a) 100X; (b) 1000X.



Fonte: dos autores.

As Figuras 4 a 8 apresentam as curvas Tensão x Deformação para o PEBD puro e seus compósitos, de forma a ilustrar o comportamento mecânico dos compósitos.

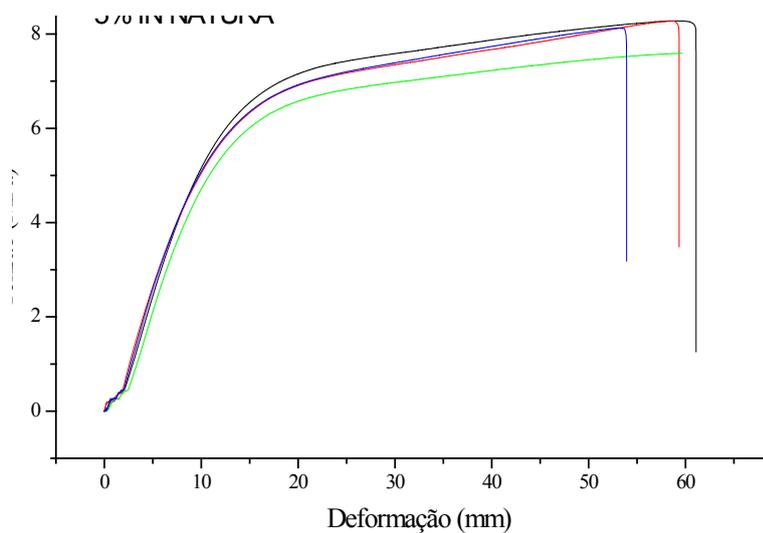
Figura 4 - Comportamento do PEBD puro no ensaio de tração



Fonte: dos autores.

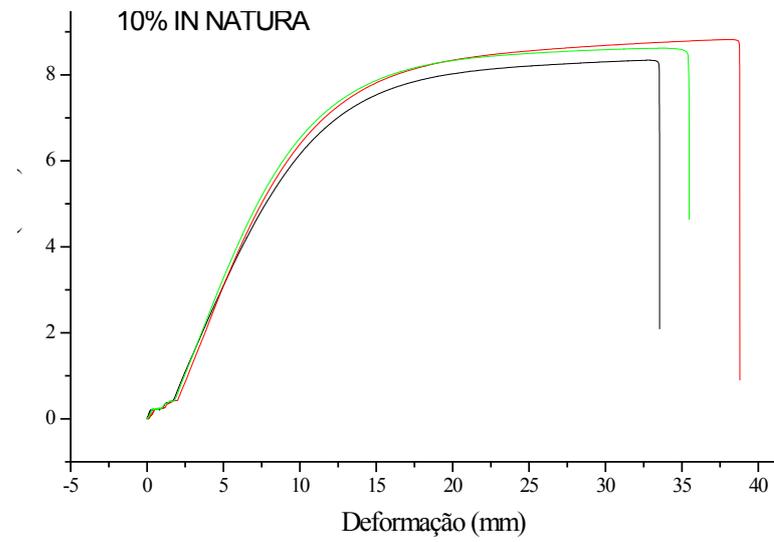
As curvas obtidas do PEBD puro apresentaram comportamento característico de um material plástico, com deformação elástica inicial seguida por escoamento além de uma região de deformação plástica. No entanto, as curvas dos compósitos, apresentaram comportamento semelhante, porém, o teor de fibras inserido na matriz polimérica de PEBD alterou a deformação do material até a tensão máxima, com exceção dos compósitos de PEBD reforçados com 10% m/m de fibras tratadas. Esse fato foi associado ao fato de que o reforço promoveu uma redução da ductilidade do material.

Figura 5 - Comportamento do compósito PEBD/5% m/m fibras in natura no ensaio de tração



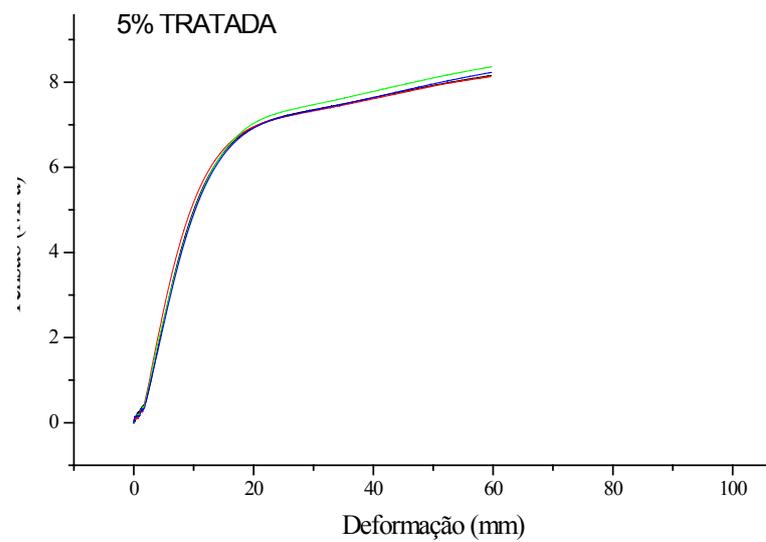
Fonte: dos autores.

Figura 6 - Comportamento do compósito PEBD/10%*m/m* fibras in natura no ensaio de tração

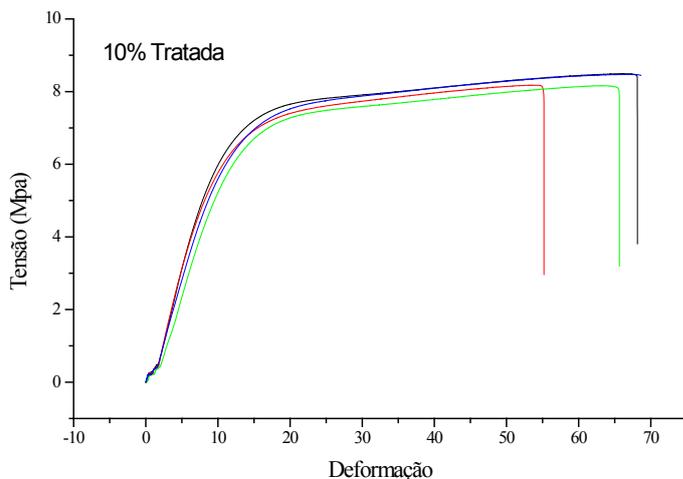


Fonte: dos autores.

Figura 7 - Comportamento do compósito PEBD/5%*m/m* fibras tratadas no ensaio de tração



Fonte: dos autores.



A Tabela 2 mostra os resultados obtidos do comportamento mecânico dos ensaios mecânicos das misturas preparadas com diferentes quantidades de reforço. Os efeitos, tanto do tipo de fibra, quanto da quantidade de reforço, foram comparados aos valores do PEBD puro.

Tabela 2 - Valores do limite de resistência à tração.

AMOSTRAS	Alongamento até à tensão máxima (%)	Limite de resistência à tração (MPa)	Módulo de Elasticidade (MPa)	Tensão de escoamento (MPa)
PEBD	70,0 ± 1,4	7,8 ± 0,12	52,15 ± 1,1	2,5 ± 0,33
CB5%	59,0 ± 2,7	8,1 ± 0,32	57,4 ± 3,9	3,0 ± 0,11
CB10%	35,3 ± 2,05	8,6 ± 0,24	69,8 ± 4,8	4,0 ± 0,32
CBT5%	59,5 ± 0,45	8,5 ± 0,12	54,5 ± 2,3	3,0 ± 0,62
CBT10%	64,8 ± 6,61	8,3 ± 0,18	66,2 ± 4,5	3,6 ± 0,34

CB (compósitos PEBD reforçados com fibras do bagaço *in natura*); CBT (compósitos PEBD reforçados com fibras do bagaço tratadas).

Analisando-se os dados, observou-se que a resistência à tração dos compósitos aumentou, quando comparada ao PEBD puro. Os compósitos reforçados com fibras *in natura* apresentaram melhores resultados, quando comparado aos compósitos reforçados com fibras tratadas. A rigidez dos compósitos aumentou ao se inserir maior teor de fibras. Essa diferença da rigidez nos compósitos pode ser explicada pela boa interação fibra/ matriz.

4 CONCLUSÕES

Com a análise dos resultados obtidos neste trabalho conclui-se que o tratamento realizado nas superfícies da fibras não influenciou nas propriedades mecânicas aos compósitos. Por outro lado, independente do tipo de fibra inserido na matriz de PEBD, ocorreu um aumento ao se inserir maior teor de fibras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKIL, H.; ZAMRI, M. H. Performance of natural fiber composites under dynamic loading. **Natural Fibre Composites**, p.323-344, 2014.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 638**: Standard test method for tensile properties of plastics. United States, 2008.
- BENINI, K. C. C. C. **Desenvolvimento e caracterização de compósitos poliméricos reforçados com fibras lignocelulósicas: HIPS/fibra da casca do coco verde e bagaço de cana de açúcar**. 2011. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, 2011.
- DAI, D.; FAN, M. Wood fibres as reinforcements in natural fibre composites: structure, properties, processing and applications. **Natural Fibre Composites**, p. 3-65, 2014.
- EL-SABBAGH, A. Effect of coupling agent on natural fibre in natural fibre/polypropylene composites on mechanical and thermal behaviour. **Composites: Part B 57**, p.126-135, 2014.
- IBRAHIMA, H. et al. Characteristics of starch-based biodegradable composites reinforced with date palm and flax fibers. **Carbohydrate Polymers**, v.101, 11-19, 2014.
- MULINARI, D. R. **Comportamento térmico, mecânico e morfológico dos compósitos de polietileno de alta densidade reforçados com fibras de celulose do bagaço de cana de açúcar**. 2009, 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, SP.
- MULINARI, D. R. Et al. Surface modification of sugarcane bagasse cellulose and its effect on mechanical and water absorption properties of sugarcane bagasse cellulose/ HDPE composites. **BioResources**, v.5(2), p.661-671, 2010.
- NUTHONG W.; UAWONGSUWAN, P.; PIVSA-ART, W.; HAMADA, H. Impact Property of Flexible Epoxy Treated Natural Fiber Reinforced PLA Composites . **Energy Procedia**, v. 34, p. 839-847, 2013.
- SEGAL, L.; CREELY, J.; MARTIN JR., A. E; CONRAD, C. M. An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer. **Textile Research Journal**, v.29, p.786–794, 1959.