

## Análise da Degradação da Superfície PP e PEAD em fibras de banana via microscópio eletrônica de varredura (MEV)

### *Analysis of surface degradation PP and HDPE fiber banana by scanning electron microscopy (SEM)*

Paula Mayumi Hashimoto<sup>1,2</sup>

Rosinei Batista Ribeiro<sup>2,3,4,5</sup>

Daniella Regina Mulinari<sup>3,5</sup>

Jorge Luiz Rosa<sup>2,6</sup>

Nelson T. Matias<sup>2,5</sup>

Bianca Siqueira Martins Domingues<sup>2</sup>

Artigo  
Original

Original  
Paper

#### Palavras-chave:

Compósitos

Degradação

Design de Produto

Microscopia Eletrônica  
de Varredura

#### Resumo:

A proposta deste artigo foi avaliar o comportamento da superfície do Polipropileno (PP) e Polietileno de Alta Densidade (PEAD) com cargas de 5% e 10% em fibras de banana submetidos em soluções de água destilada, etanol e cloreto de sódio (5%) durante 15, 30, 45, 60, 90, 200 dias. As amostras foram seccionadas e em seguida pesadas para o dimensionamento de área e o cálculo de degradação e absorção dos líquidos (diferença de massa em função do tempo), de acordo com os meios. Os resultados esperados mostram que quanto maior o tempo de imersão, maior a degradabilidade do material, independente do meio. Avaliar também a degradação do material, através da Microscopia Eletrônica de Varredura.

#### Abstract:

The purpose of this article was to evaluate the surface behavior of polypropylene (PP) and High Density Polyethylene (HDPE) with loads of 5% and 10% in banana fibers in solutions of distilled water, ethanol and sodium chloride(5%) for 15, 30, 45, 60, 90, 200 days. The samples were sectioned and then weighed for the area measurement of the degradation and fluid (mass difference in function of time) absorption, according to the environment. The expected results show that the longer the immersion time, the greater the degradation of the material, regardless of the respective environment. Also evaluate the material degradation by Scanning Electron Microscopy.

#### Key words:

Composites

Degradation

Product Design

Scanning Electron  
Microscope

<sup>1</sup> TrateMetal Caldeiraria – Jateamento – Pintura - Corte e Dobra CNC, Canas, SP, Brasil.

<sup>2</sup> Faculdades Integradas Teresa D'Ávila - FATEA, Lorena, São Paulo, Brasil

<sup>3</sup> Centro Universitário de Volta Redonda – UNIFOA, Volta Redonda, São Paulo, Brasil

<sup>4</sup> Faculdades de Tecnologia do Estado de São Paulo, FATEC, Cruzeiro, SP, Brasil.

<sup>5</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ, Resende, RJ, Brasil

<sup>6</sup> Universidade de São Paulo – USP, DEMAR - ELL, Lorena, São Paulo, Brasil.

## 1. Introdução

A inovação tecnológica nos materiais sugere uma abertura de possibilidades e otimização de recursos, tornando a escolha quase ilimitada. Para os designers quanto ao projeto de produto isso sugere utilizar os materiais e métodos de fabricação como fatores de inovação. Os materiais devem ser vistos como um estímulo à criatividade em sua aplicação, a escolha e os processos de fabricação torna-se caracterizador do conceito do produto e não somente se limitando a um problema de engenharia, gerando possibilidades e inovação com referencia ao design. Assim, é necessária essa interação entre engenharia de materiais e design, garantindo já na concepção da metodologia de produtos essa sinergia. (LESKO, 2011)

Em muitos trabalhos tem-se observado o desenvolvimento de produtos a partir das fibras celulósicas (resíduos vegetais) de juta, sisal, linho, banana, bambu, madeira, palmeira, coco em reforço em polímeros termorrígidos ou termoplásticos, conforme a característica do produto e da região (Fung *et al.*, 2003; Mattoso, 1999; Herrera-Franco e Valadez-González, 2004).

Os compósitos reforçados são denominados pela ação em que a fibra atua como uma fase dispersa nos produtos apresenta o caráter de alta resistência, rigidez em relação ao peso. Portanto, esses parâmetros são expressos em termos de resistência e módulo específico, sendo a razão entre o limite de resistência a tração e o peso específico, e entre o módulo de elasticidade e o peso específico (CALLISTER, 2008).

As vantagens de usar material polimérico como, por exemplo, o polipropileno e o polietileno, é a sua reciclabilidade (Ciclo de Vida). Os Compósitos poliméricos reforçados com fibras têm recebido uma grande atenção nas ultimas décadas devido causa de sua força/tensão e módulo. Recentemente, as fibras naturais atuam como reforço aos compósitos poliméricos e tornou-se interessante devido a seu baixo custo e sua propriedade a biodegradabilidade “Arib *et al.* (2006)”.

Para selecionar o material correto e após reduzir sua corrosão por tanto quanto possível, é essencial conhecer os efeitos de vários fatores, como temperatura, composição química, tratamento térmico, características superficiais e ambientes. “Baah *et al.* (2005)”

Os compósitos reforçados por fibras naturais são aplicados em diversas áreas, desde a indústria automotiva, embalagens e até na construção civil. Alguns estudos têm demonstrado, ainda, que tratamentos químicos, realizados nas fibras, melhoram significativamente a adesão interfacial da fibra e a matriz, sobretudo, garantem as características interessantes e inerentes às fibras vegetais, contribuindo na gestão ambiental e industrial por meio da reciclagem dos polímeros. “Kelly Cardoso *et al.* (2010)”.

Os polímeros absorvem água quando submersos em meio aquoso ou expostos à umidade, mas sua absorção depende muito do seu grau de polaridade, da cristalinidade, entre outros fatores. Já as fibras naturais tendem a absorver mais umidade. Então, um polímero reforçado com fibra natural torna-se o material com um maior grau de absorção de água, comparado a um polímero isolado “Taysa Oliveira *et al.* (2010)”. A intensidade da absorção pode haver modificações e perda de estabilidade dimensional dos componentes.

O artigo teve como objetivo avaliar as características superficiais do Polipropileno (PP) e Polietileno de Alta Densidade (PEAD), com cargas de 5% e 10% de fibras de banana em soluções de água destilada, etanol (92,8°), cloreto de sódio (5%) e biodiesel durante a imersão de 15, 30, 45, 60, 90 dias.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 - Preparação superficial das amostras

A confecção dos corpos de prova para realização dos testes de imersão foi feito no Laboratório de Materiais, Texturas e Modelagem na FATEA com objetivos de prepará-los para os testes de degradabilidade em diferentes meios de imersão e tempo.

As amostras foram pesadas individualmente em balança analítica (Shimadzu AY 220) no Laboratório de Química do Instituto Santa Teresa para determinar a taxa de degradação do material em frequência do tempo da imersão em diferentes meios.

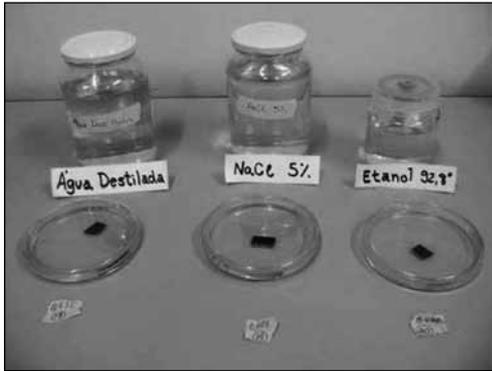


Figura 2. Ensaio de imersão em diferente meios

Os meios de imersão realizados para os testes de degradação foram: Água destilada, Cloreto de Sódio em solução de 5%, Etanol (92,8°) e Biodiesel durante 15, 30 e 45 dias.

## 2.2. Microscopia Eletrônica de Varredura

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no Departamento de Engenharia de Materiais – Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo – EEL-USP. O equipamento utilizado foi o microscópio eletrônico, modelo VP 1450, marca Leo (Figura 3).

Após os ensaios de degradação em diferentes meios e tempo de ataque, as amostras foram metalizadas e em seguida, realizou-se a sessão, utilizando o modo com elétrons secundários com magnificação de 50 a 10.000 X com objetivos de visualizar a topografia e a morfologia das fibras em relação à matriz de polipropileno - PP e polietileno-PEAD.



Figura 3. Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV

## 2.3 Ensaio de Rugosidade

O objetivo dos ensaios de rugosidade foi determinar e avaliar a agressividade do ataque superficial nas amostras submetidas em diferentes meios e tempos de imersão. As medidas dos ensaios de rugosidade para a determinação dos parâmetros de rugosidade [Ra] foram realizadas no Laboratório Metalografia do Departamento de Engenharia de Mecânica do UniFOA, usando um rugosímetro digital Mitutoyo Surf Test 301, fabricado pela Mitutoyo (Figura 4), diante de vinte campos de medida/amostra, conforme a norma ABNT –NBR 6405-1998.

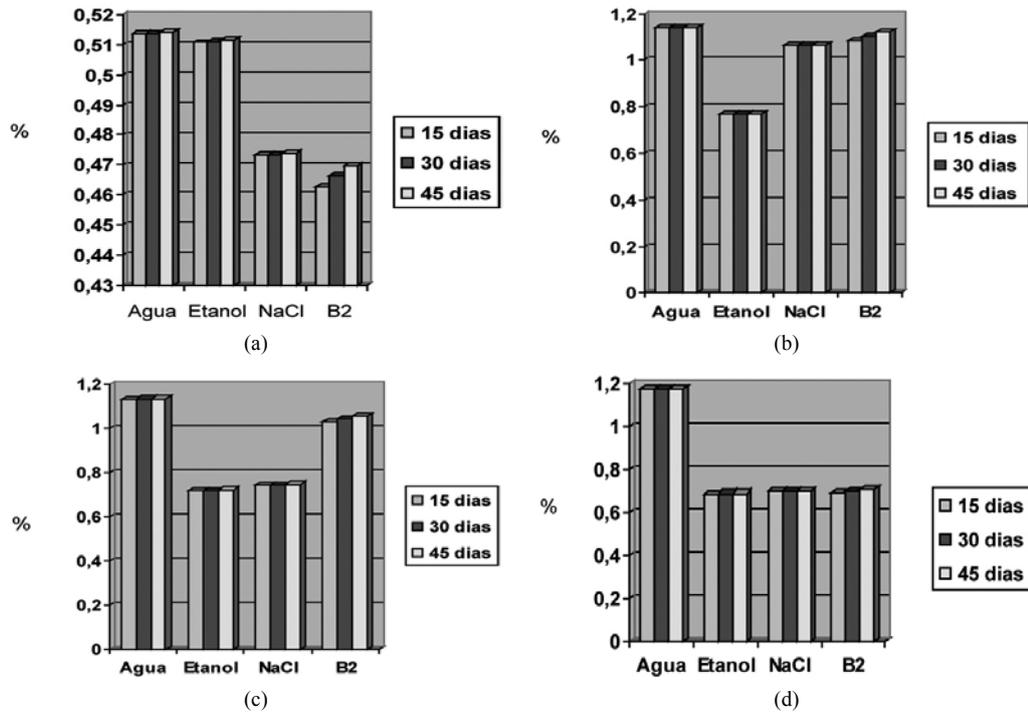


Figura 4. Ensaio e a determinação dos parâmetros de Rugosidade – Ra [ $\mu\text{m}$ ]

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1. Análise do material

As análises das propriedades mecânicas de um material são de essencial importância para a seleção dos materiais e sua aplicabilidade, neste caso no setor automobilístico. As Figuras 5 (a), (b), (c) e (d) mostram os resultados após a imersão em diferentes meios e tempos de exposição visando avaliar a absorção de massa nos materiais – PP e PEAD puro e com adição de 10% de fibras de banana.



Figuras 5. (a), (b), (c) e (d) - Taxa de absorção de massa em PEAD e o PP puro e 10% de Fibra de Banana em diferentes meios e tempo de imersão.

Em acordo com as figuras 5, os resultados revelam que quanto maior o tempo de exposição, maior a taxa de absorção de massa, prevalecendo o ataque em maior intensidade quando se aplica o biodiesel tipo B2 na superfície da amostra.

Na figura 5 (c), os valores de absorção de massa são maiores em todos os meios em que o PEAD com 10% de fibras de banana foi atacado quimicamente. Em contrapartida, no PP, com 10% de fibras de banana em sua extensão, predomina-se uma redução nos valores de ataque, figura 5 (d).

### 3.2. Microscopia Eletrônica de Varredura

As micrografias apresentadas nas figuras 6 e 7, evidenciam o PEAD sem ataque, em que caracteriza-se uma superfície isenta de artefatos microestruturais, entretanto, o material quando submetido à imersão durante 45 dias em biodiesel B2 revelou micro fissuras na interface fibra-matriz, respectivamente.

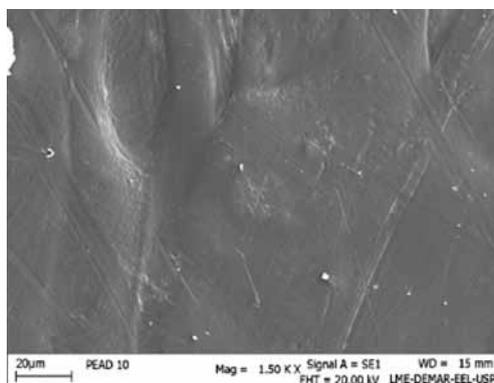


Figura 6. PEAD 10% fibra de banana sem imersão.

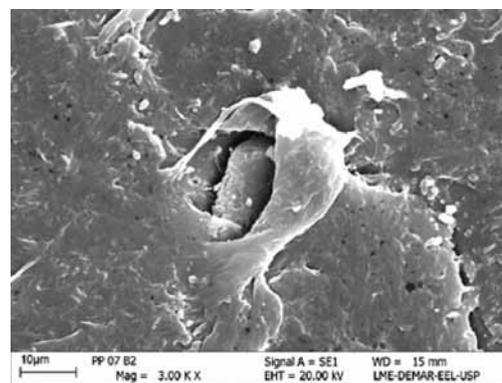


Figura 7. PEAD 10% fibra de banana imerso em Biodiesel.

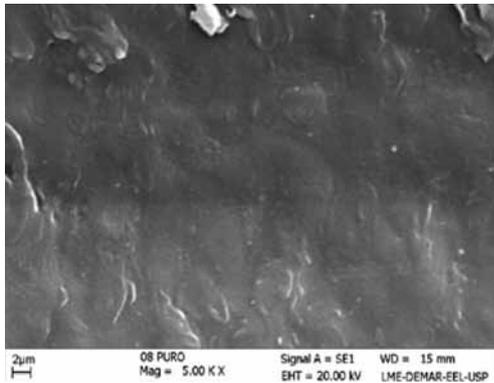


Figura 8. PP com 10% fibra de banana sem imersão

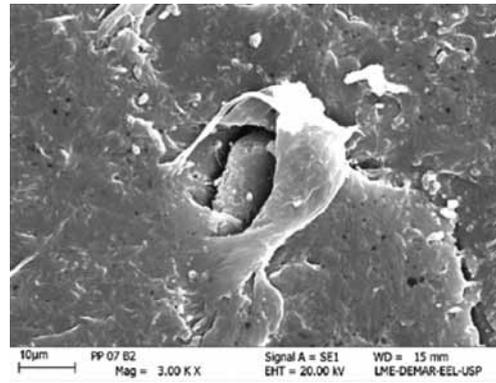


Figura 9. PP com 10% fibra de banana imerso em Biodiesel.

Os resultados e discussão do trabalho norteiam que PP com 10% de fibras de banana tornou-se um material com maior resistência à degradabilidade em todos os meios no qual foram submetidos em diferentes tempos de ataque (Figuras 8 e 9).

### 3.3 Ensaios de rugosidade

Os ensaios de rugosidade realizados nas amostras de PP e PEAD com 10% de fibras de banana podem ser visualizados na tabela 1. Os resultados demonstram que o PEAD possui o maior valor de rugosidade em relação ao PP quando degradado em biodiesel durante 45 dias, com os valores: 0,473  $\mu\text{m}$  e 0,336  $\mu\text{m}$ , respectivamente.

**Tabela 1. Ensaios de rugosidade em PP e PEAD com 10% de fibras de banana em diferentes meios para determinação dos parâmetros de rugosidade – Ra.**

Material/Meio de Degradação	Parâmetro de Rugosidade [ $\mu\text{m}$ ]
PP Biodiesel	0,336
PP Etanol	0,247
PP NaCl	0,243
PP Água Destilada	0,242
PP Puro	0,147
PEAD Biodiesel	0,473
PEAD Etanol	0,440
PEAD NaCl	0,438
PEAD Água	0,294
PEAD puro	0,265

## 4. Conclusão

As amostras de PP com 10% de fibra de banana apresentaram menor capacidade de absorção de massa em diferentes meios de ataque e tempos de imersão (Água, biodiesel B2, etanol e NaCl).

Nas seções de microscopia eletrônica de varredura, as amostras de PEAD com 10%

de fibra de banana foram atacadas agressivamente em toda a sua extensão, caracterizou a formação de micro trincas e fissuras, diante do biodiesel B2 no período de 45 dias.

Nos ensaios de rugosidade, resultou-se em maiores valores dos parâmetros de rugosidade – Ra nas amostras de PEAD com 10% de fibras de banana submetidas em biodiesel durante 45 dias de ataque.

## 5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão das bolsas do PIBITI – Processos: 129222/2010-0.

## 6. Referências

1. Araújo, J. R., Waldman, W. R. and De Paoli, M. A., 2008. “Thermal properties of high density polyethylene composites with natural fibres: Coupling agent effect”. *Polymer Degradation and Stability*, V.93, pp.1170-1175.
2. Callister, Jr., W.D.; Ciências e Engenharia de Materiais: Uma introdução: Editora LTC, Rio de Janeiro, 2008.
3. Nowack B.; Bucheli T. D.; Occurrence, behavior and effects of nanoparticles in the environment. *Environmental Pollution*, 150, 2007, pp. 5 – 22.
4. R.M.N. Arib, S.M. Sapuan, M.M.H.M Ahmad, M.T. Paridah, H.M.D. Khairul Zaman. Mechanical properties of pineapple leaf fibre reinforced polypropylene composites. *Materials and Design* 27 (2006) 391-396.
5. Taysa A. Oliveira, Alison Teixeira; Daniella R. Mulinari; Shane A. S. Goulart, Patrícia C. Miléo <sup>2</sup> Influência do agente compatibilizante na absorção de água dos compósitos PP reforçados com fibras da palmeira.
6. C.A. Baah, J.I. Baah. Absorption of maleic acid, glycerol, hexamine and phthalic acid solutions by polypropylene. *Materials and Design* 26 (2005) 545-548
7. Kelly A. Cardoso; Marcel F. dos Santos; Cleber Fenili. Obtenção e caracterização de polietileno de alta densidade a partir de fibras de coco, bananeira e casca de pinhão. Universidade do Extremo Sul Catarinense, (2010).
8. LESKO, J. Design Industrial Materiais e Processos de Fabricação. Editora Edgard Bluncher, 2011.
9. Zampolini, M., Pourboghra, F., Yankovich, S.A., Rodgers, B.N., Moore, J., Drzal, L.T., Monhanty, A.K. and Misra, M., 2007. “Kenaf natural fiber reinforced polypropylene composites: A discussion on manufacturing problems and solutions”, *Composites: Part A*, Vol. 38, pp. 1569-1580.

---

**Endereço para Correspondência:**

Rosinei Batista Ribeiro - [rosinei.ribeiro@pq.cnpq.br](mailto:rosinei.ribeiro@pq.cnpq.br)  
Faculdades Integradas Teresa D'Ávila - FATEA