

# 11º CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS

16 a 20 de Outubro de 2011  
Campos do Jordão - SP



## INFLUÊNCIA DO TIPO DE AGENTE DE ACOPLAMENTO EM COMPÓSITOS TERMOPLÁSTICOS DE PEAD RECICLADO COM PÓ DE EUCALIPTO

André L. Catto<sup>1\*</sup>, Ruth M. C. Santana<sup>2</sup>

1 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Campus do Vale, Porto Alegre - RS  
andrecatto@terra.com.br

**Resumo:** A madeira plástica (MP) surgiu como substituto da madeira convencional e é composto de uma fase contínua, (matriz polimérica) e uma fase dispersa (carga), podendo esta ser inorgânica ou orgânica. Por outro lado se sabe que existe uma pobre interação entre a carga vegetal-matriz devido à natureza polar e apolar respectivamente dos dois componentes, o que leva a procura de alternativas de tratamentos e/ou uso de agentes de acoplamento. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é realizar um estudo comparativo do desempenho mecânico das MP's produzida com uma matriz termoplástica (PEAD) carregada com pó de eucalipto (EU), utilizando 2 tipos diferentes de agentes de acoplamento (PEgAM e o PEgAcrM). Os compósitos PEAD/EU com proporção mássica de 70/30 sem e com 3% m/m de agente de acoplamento foram processados por extrusão e após moldados por compressão térmica e injeção. Resultados das propriedades mecânicas avaliadas mostraram que o PEgAM promoveu uma melhor interação entre a matriz e o EU, propiciando uma melhora de seu desempenho mecânico quando comparado com as outras amostras.

**Palavras-chave:** madeira plástica, compósito, PEAD, pó de eucalipto.

### ***INFLUENCE OF TYPE OF COUPLING AGENT IN THERMOPLASTIC COMPOSITES WITH RECYCLED HDPE POWDER EUCALYPTUS***

**Abstract:** Wood Plastic (WP) appeared as a substitute for conventional wood and consists of a continuous phase (matrix polymer) and a dispersed phase (load), which may be organic or inorganic. On the other hand we know that there is a poor interaction between the load-plant matrix due to the nature of polar and nonpolar respectively of the two components, which leads the search for alternative treatments and / or use of coupling agents. Thus, this work aims to conduct a comparative study of the mechanical performance of the MP's produced with a thermoplastic (HDPE) filled with eucalyptus powder (EU) using two different types of coupling agents (PEgAM and PEgAcrM). The composite HDPE / EU with mass ratio of 70/30 with and without 3% m / m of coupling agent were extruded and after thermal compression molded and injection. Results of mechanical properties showed that the catch has promoted a better interaction between the matrix and EU, providing an improvement of their mechanical performance when compared with other samples.

**Keywords:** wood plastic, composite, HDPE, eucalyptus powder

### **Introdução**

A agressão ao meio ambiente, causada por resíduos poliméricos de processos, serviços e produtos utilizados na vida moderna, tem se tornado uma preocupação crescente em todos os setores, principalmente no tocante aos danos causados pelos resíduos urbanos. Hoje em dia, o cuidado com o ambiente e com os recursos naturais é motivo de enorme preocupação para as indústrias e para os profissionais de meio ambiente, e deveria ser parte integrante da conscientização de toda sociedade, pois os resíduos plásticos são recursos recuperáveis que podem

dar origem a produtos de valor comercial [1,2]. A combinação única de propriedades físicas e químicas existentes em polímeros modificados com outros materiais propiciou a expansão de sua utilização em vários segmentos da indústria, medicina e esportes [3]. Com o objetivo principal de avaliar o comportamento, em longo prazo, dos compósitos poliméricos nos diversos ambientes, visando à obtenção de propriedades mais adequadas [4].

A madeira plástica (MP) é um produto ecologicamente correto, obtido a partir da reciclagem de qualquer tipo de plástico, ao qual podem ser agregadas até 40% de fibras vegetais: serragem, casca de arroz entre outras [5]. Além de não agredir o meio ambiente, a produção de MP estimula a reciclagem e o reaproveitamento de diversos resíduos sólidos [6]. Em relação à madeira natural, o compósito plástico-madeira apresenta inúmeras vantagens [7].

A maioria das propriedades físicas e mecânicas da madeira plástica depende, principalmente, da interação desenvolvida entre a madeira e o material termoplástico, uma vez que esta deficiência em compatibilidade pode levar a uma perda na resistência mecânica dos compósitos. Uma forma de melhorar essa interação está na incorporação de um agente de acoplamento, sendo este objeto de pesquisas em vários estudos científicos desenvolvidos nesta área [8].

Assim, o objetivo deste trabalho é investigar o efeito de dois agentes de acoplamento sobre as propriedades mecânicas de PEAD reciclado com pó de eucalipto. O uso do agente de acoplamento tem por objetivo aumentar a adesão entre a matriz polimérica e a carga de reforço.

## **Experimental**

### *Materiais*

Os materiais utilizados neste trabalho foram o polietileno de alta densidade (PEAD) proveniente de embalagens de produtos de limpeza, o pó de eucalipto (EU) da espécie *Eucalyptus Grandis* proveniente da região sul do estado do Rio Grande do Sul e como agentes de acoplamento (AC) o copolímero de polietileno graftizado com anidrido maleico (PEgAM) da marca Fusabond E-528 da Dupont, com 1 % de anidrido maleico, índice de fluidez de 6,7 g/10 min e densidade de 0,922 g/cm<sup>3</sup> e o copolímero de polietileno graftizado com acrilato de metila (PEgAcrM), da marca Elvaloy AC1820 da Dupont com 20 % em peso de acrilato de metila, índice de fluidez de 8 g/10 min e densidade 0,942 g/cm<sup>3</sup>.

### *Processamento*

Os resíduos plásticos de PEAD foram moídos, lavados, secos e triturados novamente, para redução de tamanho, na forma de flakes, em um moinho de facas Retsch SM 200. Por outro lado, o pó de eucalipto (EU) passou por um sistema de peneiras da marca Bertel da serie Tyler 32 e 16

MESH, sendo selecionado a granulometria de  $>250$  e  $<500\mu\text{m}$ . Nos compósitos PEAD/EU (70/30) % m/m foram utilizados 3% m/m de AC. As misturas foram processadas em uma extrusora de rosca simples (L/D: 22) marca Ciola e perfil de temperatura de 180- 190°- 200° C, tempo de residência médio de 80s e velocidade da rosca de 65 rpm. Os corpos de prova para os ensaios mecânicos foram elaborados através do processo de injeção (Mini-injetora Thermo Scientific Haake Minijet II), a temperatura de 185°C e pressão de 400 bar.

### Caracterização

Os compósitos termoplásticos foram caracterizados pelas suas propriedades físicas e mecânicas. As densidades dos compósitos foram determinadas por picnometria, baseado na norma NBR 11936 e o teor de vazios baseado na norma ASTM D2734-94. A resistência ao impacto foi realizada no equipamento de impacto Izod de acordo a norma ASTM D256 e o ensaio de resistência a tração foi realizado em uma Máquina Universal com extensômetro, modelo DL 2000, da EMIC, utilizando célula de carga de 1000 N e velocidade de afastamento de 2 mm/min. (ASTM D638).

## Resultados e Discussão

### Propriedades físicas

Na Fig. 1-a são apresentados os resultados da densidade do pó de eucalipto (EU), do PEAD pós-consumo, e dos compósitos com e sem a presença do AC após a extrusão. O compósito PEAD/EU apresentou uma densidade levemente superior aos aditivados com o AC. Já entre os compósitos com AC, o aditivado com o PEGAcM apresentou densidade levemente superior ao com PEGAM. A maior densidade do compósito PEAD/EU pode estar relacionada ao seu menor teor de vazios em comparação aos compósitos com AC, como pode ser visualizado na Fig. 1-b.

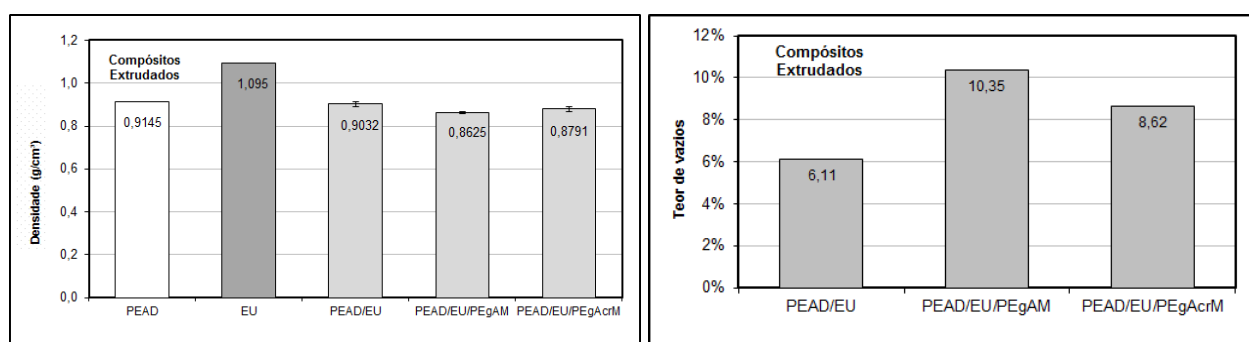


Figura 1: PEAD, EU e seus compósitos após extrusão (a) Densidade e (b) Teor de vazios dos compósitos.

Na Fig. 2-a são apresentadas às densidades do PEAD e dos compósitos após a injeção onde no geral apresentaram uma leve redução no compósito PEAD/EU/PEGAcM quando comparado aos

outros, o que pode ser explicado pelo maior teor de vazios mostrado na Fig. 2-b. Todos os compósitos apresentaram vazios que pode ser melhor visualizados nas imagens da superfície de fratura dos corpos de prova após ensaio de tração da Fig. 3. Este maior teor de vazios pode estar relacionado a vários fatores, como presença de umidade na etapa de preparação dos compósitos, parâmetros utilizados durante a extrusão e injeção ou até mesmo ao tipo de AC, gerando maior espaço entre as macromoléculas das cadeias na matriz polimérica na adesão com a fibra vegetal.

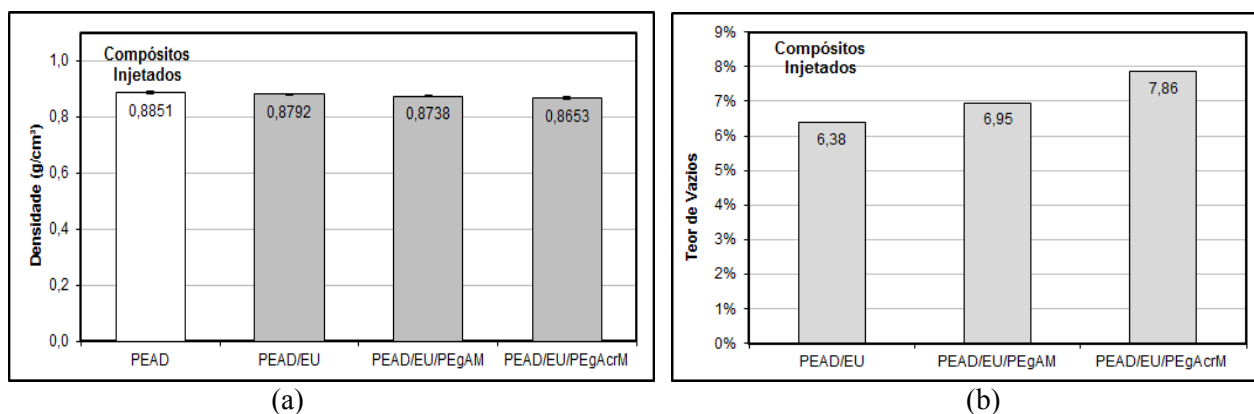


Figura 2: PEAD e seus compósitos após a injeção (a) Densidade e (b) Teor de vazios dos compósitos.

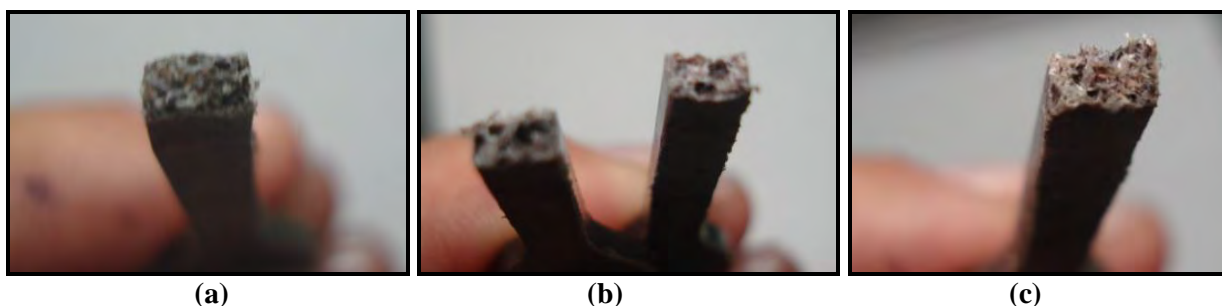


Figura 3: Seção de fratura do compósito (a) PEAD/EU, (b) PEAD/EU/PEgAM e (c) PEAD/EU/PEgAcrM.

### Propriedades Mecânicas

Na Fig. 4 são apresentados os resultados do ensaio de tração dos compósitos. Observa-se que o compósito PEAD/EU/PEgAM apresentou a resistência à tração superior que os demais, e deformação na ruptura similar ao compósito PEAD/EU/PEgAcrM como mostrado na Fig.4-a. O compósito PEAD/EU/PEgAcrM apresentou menor desempenho mecânico em relação ao PEAD/EU/PEgAM, provavelmente devido a vários fatores como: maior teor de vazios presente, a natureza química e o tamanho da estrutura do AC, que pode aumentar o volume livre entre as macromoléculas do polímero e da carga vegetal (celulosa, hemicelulosa e lignina), como pode ser visualizada na Fig 5 do possível mecanismo de acoplamento. Em relação ao módulo de elasticidade os compósitos com AC (PEAD/EU/PEgAM e PEAD/EU/PEgAcrM) apresentaram valores

inferiores ao compósito sem AC e conseqüentemente maiores valores de deformação que este, provavelmente também influenciado pelo teor de vazios nestas amostras ou pelo possível efeito do agente de acoplamento utilizado.

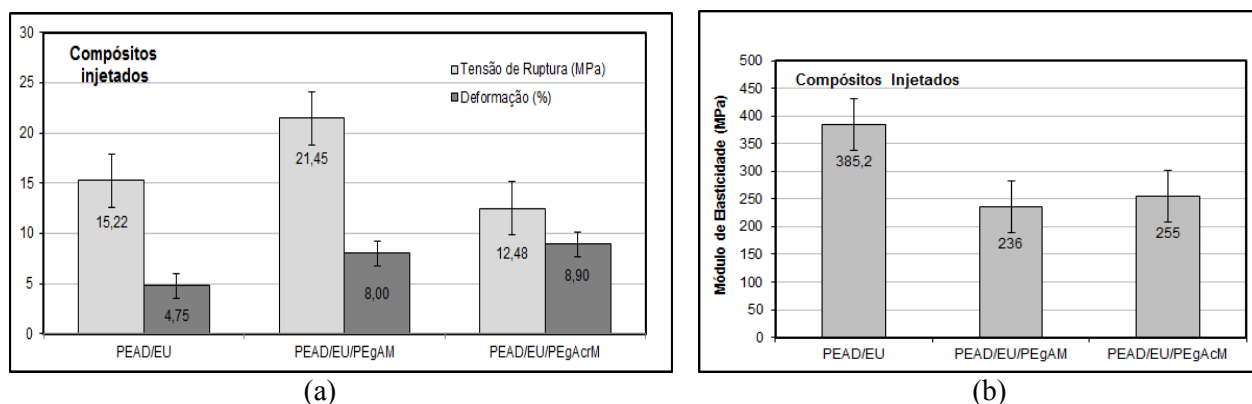


Figura 4: Resultados do ensaio de tração dos compósitos (a) Resistência e deformação na ruptura e (b) Módulo de Elasticidade.

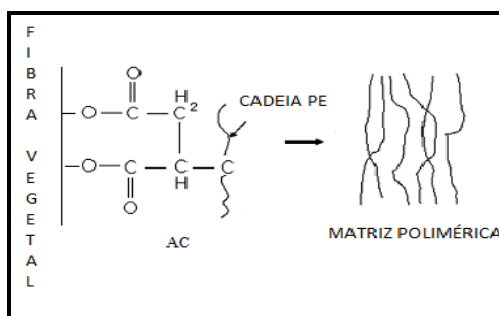


Figura 5: Mecanismo de acoplamento entre a fibra vegetal e o polietileno.

Na Fig. 6 são apresentados os resultados do ensaio resistência ao impacto dos compósitos. Observa-se que o compósito PEAD/EU/PEgAM apresentou maior capacidade de absorção de energia ao impacto que os demais (50% superior do que o compósito sem AC), fato que se explica pela melhor interação deste agente de acoplamento no compósito, promovendo uma maior adesão entre a carga vegetal e a matriz polimérica.

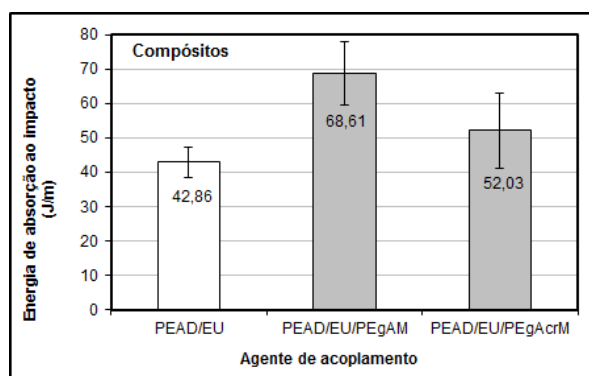


Figura 6: Resistência ao Impacto dos compósitos.

## Conclusões

Resultados das propriedades avaliadas mostraram que os compósitos de PEAD/EU/PEgAM apresentaram no geral melhores resultados das propriedades mecânicas que os compósitos sem AC (PEAD/EU) e os compósitos de PEAD/EU/PEgAcrM. Isto se deve provavelmente ao tipo de AC, sendo que este promoveu uma melhor interação entre as fases do compósito que o outro agente de acoplamento utilizado. Vale ressaltar também que o maior teor de vazios, principalmente nas amostras com agentes de acoplamento, acabaram prejudicando em alguns resultados, causando uma diminuição nos valores de algumas propriedades, sendo este um fator de extrema importância para uma melhor interação em compósitos de madeira plástica para estudos futuros nesta área.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Capes pelo apoio financeiro e a Vanda F. Ribeiro da empresa Softer Brasil pela realização do ensaio mecânico de tração.

## Referências Bibliográficas

1. A. M. Piva; H. Wiebeck; *Reciclagem de Plásticos*, Editora Art Liber, 2003.
2. M. Zanin; S.D. Mancini; *Resíduos Plásticos e Reciclagem*. Aspectos gerais e tecnologia. Editora EdUFSCar, 1ª Edição, São Carlos, 2004.
3. W. D. Callister Jr. - *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*, Rio de Janeiro, LTC (2002).
4. P. W. Balasuriya; Y. W. May. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, v.32, p.619-629, 2001.
5. K. I. Redighieri, Tese de Mestrado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006.
6. J.A.M. Agnelli. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v.4, n.4, p.9-18,1996.
7. F. A. Martins; J.C.M. Suarez; E. B. Mano - *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, out/dez, p.27 (1999).
8. A. Wechslera, S. Hiziroglu. *Some of the properties of wood-plastic composites*. *Building and Environment* 42 (2007) 2637–2644.