

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE CONCENTRAÇÃO DE FIBRA E AGENTE DE ACOPLAMENTO
NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS DE POLIETILENO DE ALTA
DENSIDADE/PÓ DE MADEIRA: UMA AULA PRÁTICA**

SEIXAS, L. F.¹; LAURENT, V. S. F.²; AZEVEDO, J. B.³

¹ Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, Bahia, e-mail, lua.seixas03@gmail.com

² Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, Bahia, e-mail, victorlaurent@outlook.com

³ Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Feira de Santana, Bahia, joyce.azevedo@ufrb.edu.br

RESUMO

Neste trabalho, serão apresentados os resultados obtidos em uma aula prática da disciplina Materiais Compósitos do curso de Engenharia de Materiais do Centro Universitário SENAI CIMATEC. O experimento realizado permitiu avaliar a influência da concentração de pó de madeira (PM) nas propriedades mecânicas de compósitos, com matriz de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e a influência do agente de acoplamento na interface dos compósitos. Foram feitos corpos de prova injetados de PEAD puro (F1) e 96% PEAD + 4% agente de acoplamento (AA) (F2), 10% PP + 90% PEAD (F3) e 10% PP + 86% PEAD + 4% AA (F4). Após caracterização mecânica, através de ensaios de resistência à tração e análise morfológica dos compósitos, concluiu-se como a influência deste agente influenciou na adesão e nas propriedades do compósito.

PALAVRAS-CHAVE: Aula prática, propriedades mecânicas, compósitos, PEAD, Farinha de madeira.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho teve como objetivo produzir compósitos poliméricos utilizando como matriz o polietileno de alta densidade e como carga resíduos de madeira, utilizando também um agente acoplante para conferir uma boa interação entre matriz e carga.

As propriedades do compósito estão diretamente associadas às propriedades dos elementos que constituem o material, como a concentração, interface, adesão, deposição de camadas, orientação e forma da carga. Os compósitos partículas, ou seja, aqueles que usam como carga uma partícula, podem ter como vantagem o aumento da rigidez, diminuição de custos além de aumentar a viscosidade. Outro objetivo seria a modificação das propriedades da matriz com o intuito de atender necessidades como melhoria de propriedades térmicas e elétricas, aumento da resistência à abrasão entre outras propriedades. A presença de cargas também pode melhorar a estabilidade dimensional e diminuir a retração no resfriamento ou na cura, podem também melhorar a resistência à tração.²

A interface pode ser definida como a região próxima a superfície da carga e adjacente à matriz que a envolve. Considerando a diferença das propriedades elásticas dos materiais, a interface é responsável por proporcionar uma compatibilidade entre os componentes do compósito. A adesão entre carga e matriz se dá por ações mecânicas e químicas, o efeito das ligações químicas contribui para elevar a resistência na interface. Na transferência de tensões na interface ocorre através da deformação elástica longitudinal entre a carga e a matriz e do contato por fricção entre os componentes. Outro aspecto fundamental para definir as propriedades do compósito é a dispersão da carga. Uma boa dispersão das partículas gera boas propriedades. Se as cargas formarem agregados, impedem o envolvimento completo da matriz na carga e gera pontos de tensão que podem reduzir as propriedades mecânicas do material.³

2. METODOLOGIA

O Polietileno de alta densidade utilizado foi o PEAD IA 59, de acordo com o fabricante se trata de homopolímero de distribuição de peso molecular estreita e como carga utilizou-se pó de madeira. O agente acoplador utilizado como compatibilizante foi o Orevac CA 167.⁷ Os materiais foram separados e pesados conforme as formulações abaixo (Tab.1) para ser realizada a pré-mistura. Em seguida as misturas foram colocadas em uma extrusora dupla rosca modular corrotacional, fabricada pela Imacom, modelo DCR 30:40 IF com diâmetro de rosca de 30mm e razão L/D=40, onde foram configurados os parâmetros de processamento e perfil de temperatura do equipamento. O perfil da rosca foi o típico de produção de compósitos com fibras vegetais, que pode ser classificado com um perfil de média intensidade de mistura, composto por duas zonas de mistura formadas com elementos de amassamento de 45° e 90°, os demais elementos são destinados ao

transporte dos elementos. As formulações foram processadas, os parâmetros foram anotados (Tab.2) e depois os materiais foram separados por formulações.

Formulações	PEAD IA 59(%)	Madeira(%)	Compatibilizante(%)
F1	100	-	-
F2	96	-	4
F3	90	10	-
F4	86	10	4

Tabela 1. Formulações.

Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Ali.	Rota. Rosca
140°C	170°C	170 °C	165 °C	175 °C	175 °C	190 °C	195 °C	205 °C	210 °C	30 °C	6rpm	90rpm

Tabela 2. Parâmetros de processamento das formulações.

Os corpos-de-prova foram obtidos primeiro preparados em *pellets* em uma extrusora dupla rosca modular corrotacional Imacon modelo DRC 30:40 IF, com diâmetro de rosca de 30 mm e razão L/D=40, em seguida injetou-se os corpos-de-prova segundo a norma ISO 527, utilizando-se uma injetora, ROMI, modelo Primax. Os corpos-de-prova foram previamente levados à um laboratório climatizado e submetidos aos testes de Tração em uma máquina universal de ensaios EMIC Modelo DL 2000, aquisição e tratamento dos dados no Software Tesc, de acordo com a norma ISO 527 e Impacto do tipo Izod máquina Instron, modelo CEAST 9050, com martelo de 2,7 J e configuração IZOD, onde os corpos-de-prova utilizados tinham um entalhe de 2 mm, de acordo com a norma ISO 180. Em ambos procedimentos foram utilizados 5 corpos-de-prova para cada formulação. A microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada em um equipamento modelo JSM 6510LV.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados da Tensão máxima sob Tração e Módulo de elasticidade na Fig. 1, notou-se um aumento gradativo ao se aumentar a quantidade da carga no módulo elástico. O módulo de elasticidade é inversamente proporcional a deformação elástica resultante na aplicação da carga de tração uniaxial, com a diminuição da deformação elástica nos corpos de prova houve um aumento do módulo elástico o que indica também que há fortes forças de ligações nas formulações com mais cargas, pois o módulo de elasticidade é dependente destas interações. O aumento do módulo de elasticidade pode ter sido resultado da incorporação de partículas rígidas na matriz dúctil. Um ponto importante para ser notado também é a dispersão das partículas na matriz, causada pelo processamento, pois uma boa dispersão aleatória e alinhada pode melhorar as características de reforço. O efeito do compatibilizante não pode ser totalmente avaliado, pois devido ao desvio padrão não é possível avaliar se houve uma interação significativa para gerar uma diferença nos resultados.^{1, 2, 3}

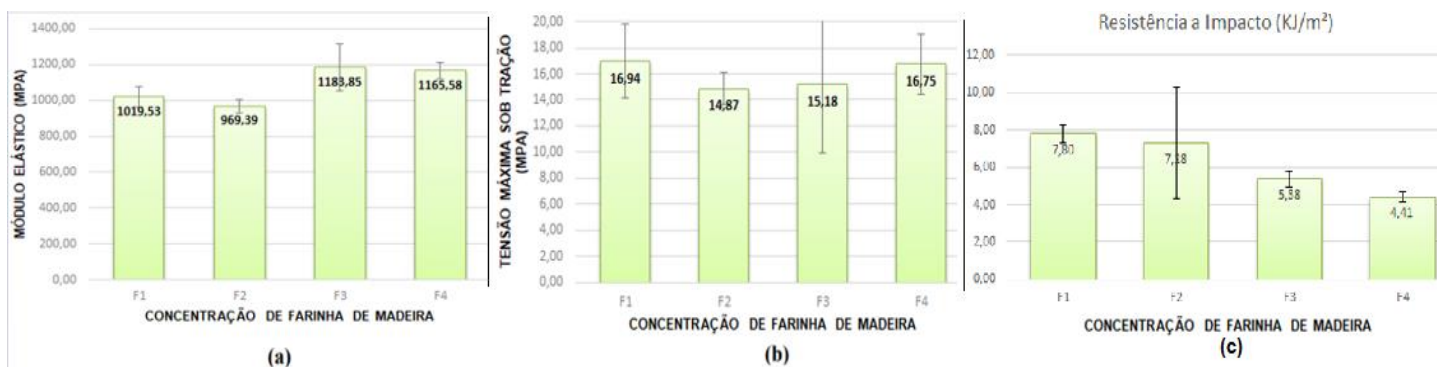


Figura 1. (a) Resultados do Módulo Elástico das formulações, (b) Resultados da Tensão Máxima sob Tração das formulações e (c) Resultados de resistência ao impacto.

A diminuição da resistência ao Impacto encontrada na Fig.1 pode ter acontecido devido a molhabilidade entre as cargas e a matriz, pois para que ocorra uma transferência de esforço da matriz para a carga é necessário que a adesão entre as fases seja satisfatória para que a interface entre as fases não atue como um concentrador

de tensão fragilizando o material e reduzindo sua resistência. Outro ponto poderia ser a ocorrência de agregados da carga que podem gerar pontos de tensão que fragilizam o material.^{1,2,3}

A Figura 2 apresenta as Microscopias Eletrônicas de Varredura das formulações que contém o resíduo de madeira, F3 e F4 após os ensaios de impacto. Pode-se notar a comprovação da boa adesão entre cargas e matriz na formulação F4, ao contrário da F3 que mostra uma interface ruim, com espaços entre as partículas de madeira e o polímero. A diferença entre as duas formulações se dá pela presença do Compatibilizante na formulação 4, pois este proporcionou uma interação entre a matriz a carga melhor do que sem ele.^{1,2,3}

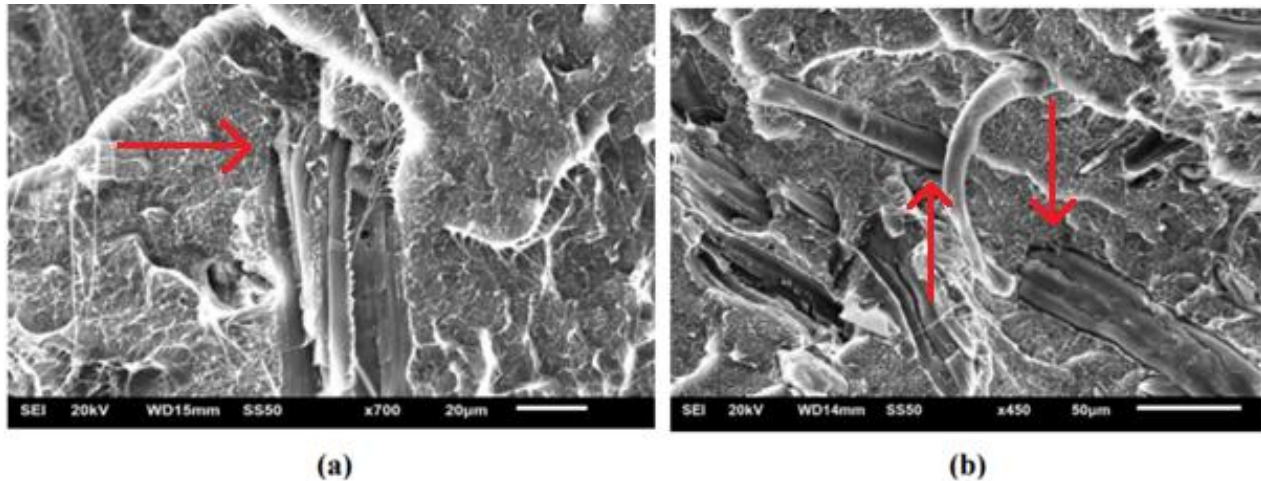


Figura 2. Morfologia da superfície de fratura dos compósitos PM/PEAD. (a) formulação F3, ampliação de 450X; (b) formulação F4, ampliação de 700X.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo concluiu-se que o uso da carga de madeira no PEAD proporcionou mudanças significativas nas propriedades. A adesão entre matriz e carga foi mais acentuada na presença do compatibilizante que gerou melhores ligações na região da interface do compósito, demonstrando como esta região é fundamental para as propriedades finais do compósito estudado.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário SENAI CIMATEC, pela disponibilidade dos laboratórios para as práticas, a coordenadora dos laboratórios Polyana pelo apoio, aos demais colegas pela ajuda nas práticas e à professora Joyce Azevedo por toda orientação e aulas ministradas.

5. REFERÊNCIAS

1. W.D. Callister, D.G. Rethwisch. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. 8ª Ed. LTC. Rio de Janeiro. 2013.
2. F.L. Neto L.C. Pardini. *Compósitos estruturais: Ciência e tecnologia*. 2ª Ed. Blucher. São Paulo. 2006.
3. G. Marinucci. *Materiais Compósitos Poliméricos: Fundamentos e Tecnologia*. Artliber Editora Ltda. São Paulo. 2011.
4. F. H. MONDARDO. *Dissertação de Mestrado*. Programa de Pós-graduação em Química, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2006. 4. J. F. SCHACKELFORD. *Ciência dos Materiais*. 6.ed. Pearson Prentice Hall, São Paulo. 2008.
5. L.P. SANTOS. *Dissertação de Mestrado*. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná 2011.
6. *Folha de Dados Polietileno de Alta Densidade IA59*. Braskem. Revisão 05. Maio/2010.
7. OREVAC® CA167. Arkema Funcional Polyolefins. Abril/2014.
8. J. B. AZEVEDO, A. K. S. LOUREIRO, P. S.M. CARDOSO, M. D. M. MARTINS, R. BARBOSA, T. S. ALVES. in *Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*, Natal, RN, Brasil. 2016.