

INFLUÊNCIA DO ÍNDICE DE FLUIDEZ NA DISTRIBUIÇÃO E DISPERSÃO DE PARTÍCULAS DE MADEIRA DURANTE OBTENÇÃO DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM PEAD

Marcelo Sousa de Carvalho, marcelo.sousa@fieb.org.br

Joyce Batista Azevedo, joyce.azevedo@fieb.org.br¹

Guilherme Sobral Santos, guilherme1sobral@gmail.com¹

Josiane Dantas Viana Barbosa, josiane.dantas@fieb.org.br¹

¹Centro Universitário SENAI CIMATEC

Resumo: A mistura entre uma matriz termoplástica e uma fibra natural para obtenção de compósitos é decisiva para definição das propriedades de produtos obtidos com esse material. Durante a extrusão, geralmente realizada em extrusoras dupla rosca, os processos de dispersão e distribuição das fibras podem ocorrer sequencialmente, iniciando com a redução do tamanho dos aglomerados, que se quebram, reduzindo a partícula, que posteriormente é homogeneizada no interior da matriz. Estas condições são também influenciadas pela viscosidade da matriz, já que interfere na taxa de cisalhamento resultante no processo. Neste contexto, este trabalho avaliou, através de imagens obtidas em microscópio ótico, a dispersão e distribuição de partículas de madeira em compósitos obtidos com matriz de polietileno de alta densidade (PEAD) com diferentes índices de fluidez (7,3; 22 e 55 g/10min) e 10% da fibra natural. Os resultados indicaram que a variação no índice de fluidez não influenciou na distribuição das partículas, no entanto, com o PEAD de índice de fluidez 7,3 g/10min obteve-se condições de mistura que resultaram em melhor dispersão das partículas.

Palavras-chave: Compósitos, Índice de Fluidez, Dispersão, Distribuição.

1. INTRODUÇÃO

Há uma tendência crescente do uso de fibras naturais como reforços para compósitos poliméricos nos últimos anos. Grande parte devido a sua flexibilidade durante o processamento e seu baixo custo (Bogoeva-Gaceva *et al.*, 2007; Faruk *et al.*, 2012; Li *et al.*, 2007). Outros aspectos como, baixa densidade e alta disponibilidade, e por ser renovável e biodegradável, tornam as fibras naturais um reforço cada vez mais atrativo (Faruk *et al.*, 2012; Joseph *et al.*, 1999; Nachtigall *et al.*, 2007; Wielage *et al.*, 2003).

Para estes materiais, a compreensão do significado dos parâmetros que relacionam material, processamento e o produto final são fatores primordiais para o sucesso na obtenção de compósitos poliméricos com boas propriedades, principalmente com fibras naturais e matriz termoplástica. Ao se trabalhar com uma matriz polimérica e com uma fibra natural como fase dispersa, devem-se considerar vários fatores, como degradação térmica, temperatura do processo, velocidade da rosca e composição da mistura (Godavarti, 2005).

Atualmente a maioria dos processos envolve alguma forma de mistura. A importância deste processo se dá pelo fato que a qualidade final do produto, na maioria dos processos que envolvem polímeros, depende de quão boa foi executada a mistura. Ambas, propriedades mecânicas e térmicas do composto são influenciadas pela qualidade da mistura (Osswald *et al.*, 2006). A mistura entre polímero e fibra geralmente ocorre em extrusoras dupla rosca e neste processo existem dois mecanismos de mistura que ocorrem paralelamente: mistura intensiva ou dispersiva e mistura extensiva ou distributiva. O mecanismo de mistura intensiva envolve a redução no tamanho dos componentes que compõem o sistema, ocorre então uma subdivisão das fases através da quebra dos aglomerados ou das gotas líquidas da carga. Na mistura extensiva ocorre uma reorientação dos elementos, este mecanismo é responsável pela homogeneização do material (Tadmor & Gogos, 2006; Manrich, S, 2005).

O nível de dispersão de partículas em uma matriz polimérica é fortemente influenciado pelo método e procedimentos utilizados na etapa de mistura (Suetsugu, 1994). Este parâmetro também depende de requisitos do material a ser disperso e da matriz, sendo o índice de fluidez da resina polimérica um parâmetro que pode influenciar também na qualidade de mistura e consequentemente no grau de dispersão (Rothon, 1995; Carvalho, 2016).

Sendo assim, neste trabalho, utilizou-se PEAD com diferentes índices de fluidez para obtenção de compósitos com resíduo de madeira e avaliou-se a influência deste parâmetro na dispersão das fibras na matriz.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Neste trabalho foram três tipos de PEAD com índices de fluidez diferentes e 10% de farinha de madeira. Os polímeros são tipo homopolímeros e fornecidos pela Braskem, as demais especificações técnicas estão listadas em Tab.1.

Tabela 1. Especificações técnicas dos polietilenos fornecidos pela Braskem.

Tipos	Índice de Fluidez (g/10 min)	Densidade (g/cm ³)	Temperatura de Deflexão Térmica (°C)
PEAD IA 59	7,3	0,960	81
PEAD IA 58	22,0	0,957	69
PEAD IG 58	50,0	0,956	66

Como fase dispersa utilizou-se um resíduo de madeira originado do processamento de *Medium-Density Fiberboard* (MDF) com tamanho médio das partículas de 189,80 µm. Foram analisados três compósitos denominadas conforme Tab. 2.

Tabela 2. Formulações analisadas.

Formulações	PEAD IA 59	PEAD IA 58	PEAD IG 58	Partícula de Madeira
F1	90%	-	-	10%
F2	-	90%	-	10%
F3	-	-	90%	10%

Os compósitos foram misturados em extrusora dupla rosca modular corrotacional, fabricada pela Imacom, modelo DRC 30:40 IF com diâmetro de rosca de 30 mm e razão L/D = 40. Utilizou-se um perfil de rosca típico para produção de compósitos com fibras vegetais classificado como um perfil de média intensidade, uma velocidade de rosca de 94 rpm e um perfil de temperatura de Z1 = 140 °C; Z2 e Z3 = 170 °C; Z4 = 165 °C; Z5 e Z6 = 175 °C; Z7 = 190 °C; Z8 = 195 °C; Z9 = 205 °C; Z10 = 210 °C e Z11 = 30 °C.

Em virtude das fibras naturais serem geralmente higroscópicas, o resíduo de madeira foi seco a 100 ± 5 °C por um período de 8 horas em estufa de circulação forçada. Após secagem, os materiais foram pesados e então foi realizada uma pré-mistura, por tamboreamento, em seguida as composições foram dosadas no ponto de alimentação principal da extrusora (início da rosca), utilizando um dosador volumétrico da marca Brabender.

Foi feita uma análise qualitativa do grau de dispersão e distribuição dos resíduos de madeira nos compósitos através da microscopia óptica. As amostras foram obtidas a partir do corte dos corpos de provas injetados. A análise foi executada no Laboratório de Ensaios Mecânicos do SENAI CIMATEC no microscópio óptico Zeiss Scope A1, equipado com câmera Zeiss Axiocam ERc5s.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das imagens obtidas no microscópio ótico foi possível observar a distribuição e dispersão das partículas de madeira nas matrizes poliméricas com diferentes índices de fluidez. Na Fig. pode-se observar uma boa distribuição e boa dispersão das partículas na matriz de PEAD IA 59.

Foram executados testes através do *software* AxioVision do microscópio, no qual é possível analisar as proporções de cada fase do material. Esta análise foi executada em diversas regiões do corpo de prova com o intuito de obter uma maior amostragem. A análise se baseia na diferença de cor entre as fases, na Fig. 2 pode-se observar o teste executado pelo programa. O resultado para o compósito com a matriz de PEAD IA 59 foi de 11,01%, bem próximo da proporção utilizada inicialmente.

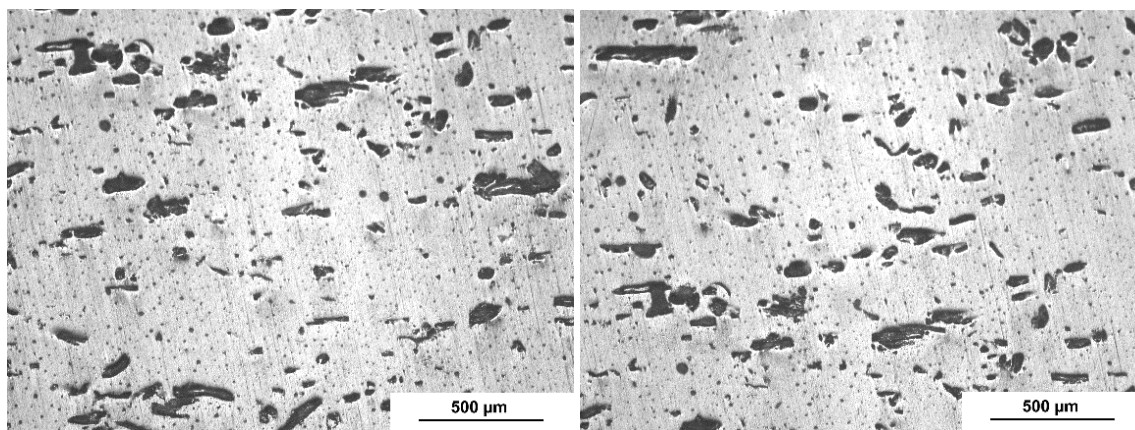


Figura 1. Microscopia óptica do compósito com partículas de madeira com a matriz de PEAD IA 59 (imagem 50x aumentada).

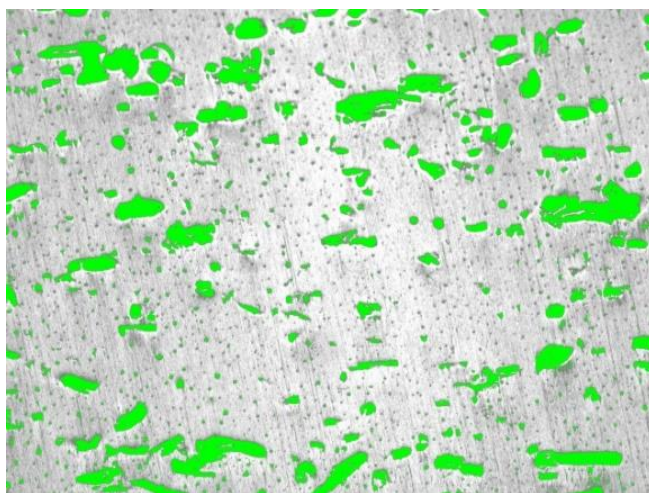


Figura 2. Análise da proporção da fase dispersa na matriz de PEAD IA 59.

Ainda através do *software* foi possível analisar o tamanho das partículas, e se observou uma pequena redução, apresentando assim uma dispersão razoável. A média para o tamanho das partículas desta formulação ficou com $135,10 \pm 53,52 \mu\text{m}$.

Já na análise da matriz de PEAD IA 58 (Fig. 3) foi possível observar que apesar das partículas de madeira também estarem bem distribuídas, estas não apresentaram boa dispersão. Verifica-se através da micrografia, que as fibras possuem maior comprimento se comparadas às imagens da matriz de PEAD IA 59. Também se observa uma maior quantidade de aglomerados do que na matriz de menor índice de fluidez. As proporções da fibra em relação à matriz ficaram em 12,24%. As partículas possuem tamanhos por volta de $159,78 \pm 62,10 \mu\text{m}$. Pode-se observar na Figura 3 visivelmente que as partículas possuem maior tamanho se comparadas com a Fig. 1

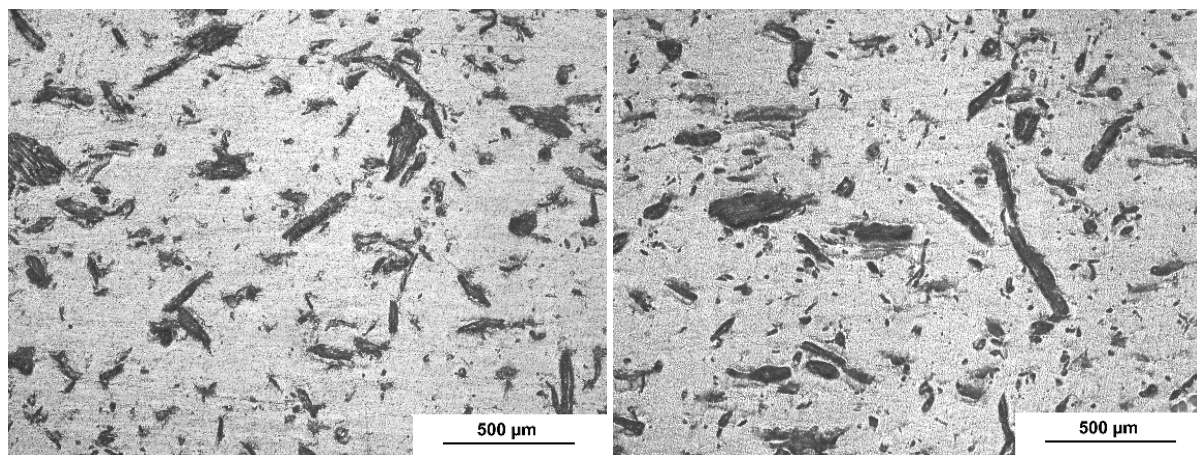


Figura 3. Microscopia óptica do compósito com partículas de madeira com a matriz de PEAD IA 58 (imagem 50x aumentada).

Por fim, a matriz de PEAD IG 58 apresentou também boa distribuição, com a proporção da fibra em 11,09% em relação à matriz, na Fig. 4 está exposta a micrografia desta matriz. Houve um aumento no número de aglomerado de partículas em relação às da resina de PEAD IA 59 e PEAD IA 58. O tamanho das fibras ficou por volta de $203,64 \pm 91,19 \mu\text{m}$.

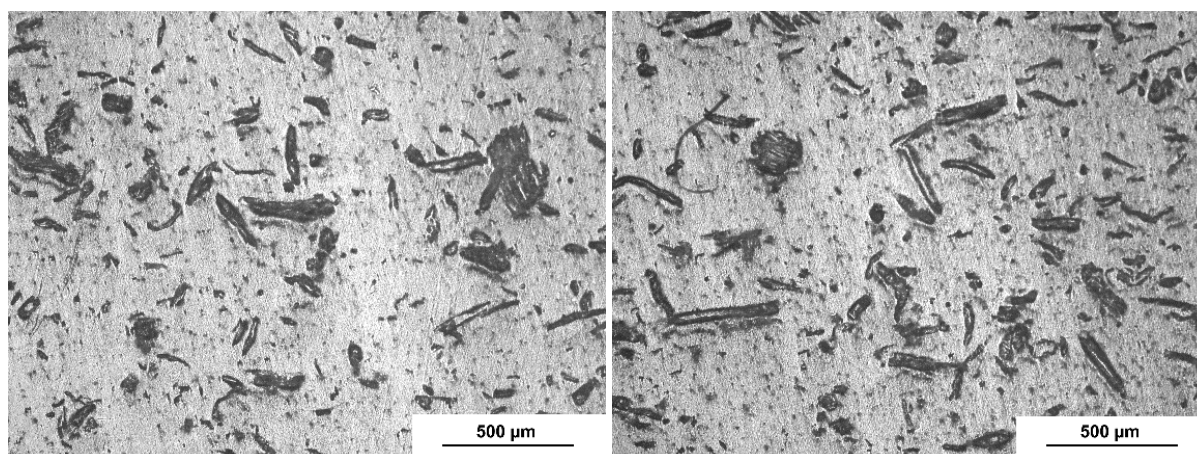


Figura 4. Microscopia óptica do compósito com partículas de madeira com a matriz de PEAD IG 58 (imagem 50x aumentada).

Através da análise morfológica foi possível observar que ao se aumentar o índice de fluidez da matriz polimérica o grau de dispersão das fibras diminuiu, como se pode analisar na Fig. 5 onde estão apresentadas as micrografias dos três compósitos com partículas de madeira. Já a distribuição não demonstrou diferenças significativas, sendo, provavelmente a dispersão, mais afetada pelo processo de mistura.

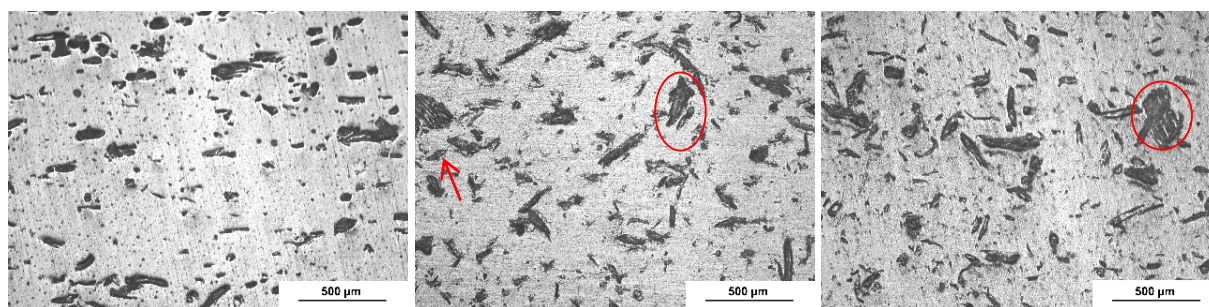


Figura 5. Microestrutura das três formulações com partículas de madeira, sendo da esquerda para a direita os compósitos com as matrizes de PEAD IA 59, PEAD IA 58 e PEAD IG 58.

Observou-se que nos compósitos com as matrizes com maior índice de fluidez alguns aglomerados de partículas, como indicado em vermelho na Fig. 5, o que caracteriza uma menor dispersão e prejudica a interface entre a fibra e matriz polimérica. O menor índice de fluidez deve ter proporcionado uma maior molhabilidade e integração da fibra à matriz, o que pode representar um melhor desempenho das propriedades mecânicas da matriz de PEAD IA 59 em relação às demais. Na Tabela 3 está apresentado um resumo do comportamento da mistura para cada um dos compósitos.

Tabela 3. Comparativo do comportamento da dispersão e distribuição das partículas de madeira em cada matriz PEAD.

Matriz	Dispersão	Distribuição
PEAD IA 59	Boa	Boa
PEAD IA 58	Razoável	Boa
PEAD IG 58	Razoável	Boa

4. CONCLUSÕES

Compósitos obtidos com PEAD e farinha de madeira apresentaram melhores condições de mistura quando utilizado um polímero com menor índice de fluidez. A variação no índice de fluidez das matrizes não influenciou na distribuição das fibras na matriz. No entanto, o compósito obtido com a matriz de índice de fluidez 7,3 g/10min apresentou melhor dispersão das partículas.

5. AGRADECIMENTOS

Ao SENAI CIMATEC pela disponibilidade dos equipamentos para realização da pesquisa e a FAPESB pela bolsa de iniciação científica.

6. REFERÊNCIAS

- Bogoeva-Gaceva, G.; Avella, M.; Malinconico, M.; Buzarovska, A.; Grozdanov, A.; Gentile, G.; Errico, M. E. Natural fiber eco-composites. *Polymer Composites*, v. 28, n. 1, p. 98–107, fev. 2007.
- Carvalho, M. S. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador- BA, 2016.
- Faruk, O.; Bledzki, A. K.; Fink, H.-P.; Sain, M. Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. *Progress in Polymer Science*, v. 37, n. 11, p. 1552–1596, nov. 2012.
- Godavarti, S. Thermoplastic Wood Fiber Composites. In: *Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites*. Boca Raton: Taylor & Francis, 2005.
- Joseph, P. V.; Joseph, K.; Thomas, S. Effect of processing variables on the mechanical properties of sisal-fiber-reinforced polypropylene composites. v. 59, p. 1625–1640, 1999.
- Li, X.; Tabil, L. G.; Panigrahi, S. Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review. *Journal of Polymers and the Environment*, v. 15, n. 1, p. 25–33, 4 jan. 2007.
- Manrich, S. *Processamento de Termoplásticos*. Artiber Editora, São Paulo, 2005.
- Nachtigall, S. M. B.; Cerveira, G. S.; Rosa, S. M. L. New polymeric-coupling agent for polypropylene/wood-flour composites. *Polymer Testing*, v. 26, n. 5, p. 619–628, ago. 2007.
- Osswald, T. A.; Hernández-Ortiz, J. P. *Polymer Processing: Modeling and Simulation*. Munich: Hanser, 2006.
- Rothon, R. *Particulate-Filled Polymer Composites*, Longman Scientific & Technical, England, 1995.
- Suetsugu, Y. The effect of mixing on some properties of compounds and composites. In: *Mixing and Compounding of Plastics: Theory and Practice*. Munchen, Carl Hanser Verlag, 1994.
- Tadmor, Z.; Gogos, C. G. *Principles of Polymer Processing*, New York: John Wiley and Sons, 2 ed., 2006.
- Wielage, B.; Lampke, T.; Utschick, H.; Soergel, F. Processing of natural-fibre reinforced polymers and the resulting dynamic-mechanical properties. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 139, n. 1-3, p. 140–146, ago. 2003.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

INFLUENCE OF MELT FLOW INDEX IN THE DISTRIBUTION AND DISPERSION OF WOOD PARTICLES DURING THE OBTAINMENT OF POLYMERIC COMPOSITES WITH HDPE

Joyce Batista Azevedo, joyce.azevedo@fieb.org.br¹

Michele Damiana Mota Martins, michele.motamartins@gmail.com¹

João Pedro B. de A. e Souza, jpedrobas@gmail.com¹

Alex Álisson Bandeira Santos, alex.santos@fieb.org.br¹

Pollyana da Silva Melo Cardoso, pollyanam@fieb.org.br¹

¹Universty Center SENAI CIMATEC

Abstract. *The mixture between a thermoplastic matrix and a natural fiber for obtaining composites is decisive for the definition of the properties of products obtained with this material. During extrusion, generally carried out on twin screw extruders, the dispersion and distribution processes of the fibers can occur sequentially, starting with the reduction of the size of the agglomerates, which break down, reducing the particles, which is subsequently homogenized within the matrix. These conditions are also influenced by the viscosity of the matrix, as it interferes with the resulting shear rate in the process. In this context, this work evaluated the dispersion and distribution of wood particles in composites obtained with high density polyethylene (HDPE) matrix with different flow rates (7.3, 22 and 55 g / 10mm) and 10% of the natural fiber. The results indicated that the variation in the melt flow index did not influence the particle distribution, however, with the melt flow index HDPE 7.3 g / 10min, mixing conditions resulted in better dispersion of the particles.*

Keywords: *Composite, Melt Index, Dispersion, Distribution..*