

# Avaliação das propriedades mecânicas e microestruturais de blendas de PEBD/EVA

## *Mechanical and microstructural properties of LDPE/ EVA blends assessment*

- <sup>1</sup> Emerson Ferreira da Silva  
<sup>1</sup> Fernanda Rodrigues da Silva  
<sup>1</sup> Giancarlo Sterhling Barbosa  
<sup>1</sup> Gilson Carlos Rodrigues Paulino  
<sup>1</sup> Luciano Passos Portilho  
<sup>2</sup> Ricardo de Freitas Cabral [ricardo.cabral@foa.org.br](mailto:ricardo.cabral@foa.org.br)

- <sup>1</sup> Discente do Mestrado Profissional em Materiais, UniFOA.  
<sup>2</sup> Professor Doutor, Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA / Centro Universitário Geraldo di Biase - UGB.

### Resumo

O estudo dos polímeros e de suas propriedades é incentivado pela ampla utilização desses tipos de materiais nos mais diversos setores de atividade econômica. O objetivo desta avaliação foi identificar as propriedades mecânicas das blendas poliméricas com corpos de PEBD/EVA nas proporções 70/30, respectivamente, e 50/50, que foram submetidos à injeção em Injetora, à temperatura de 260°C, para conformação de CPs à pressão de 70 PSI. Foram preparados 5 (cinco) corpos de prova relativos a cada porcentagem para realização dos ensaios de tração, segundo a norma ASTM D 638-03. Os ensaios de tração e alongamento à ruptura foram realizados no equipamento EMIC DL1000 capacidade de 100KN, com temperatura de ambiente de 22°C, velocidade de 10 mm/min. Os resultados foram obtidos a partir de 5 (cinco) corpos de prova na forma de gravatas. No ensaio de tração, foram usados corpos de prova de 60 mm. A microscopia óptica (MO) foi realizada em microscópio óptico marca OPTON objetivas 10, 20 e 40X e a microscopia eletrônica em microscópio eletrônico de varredura (MEV) marca HITACHI TM3000, com elétrons secundários. Através do estudo de microscopia óptica e MEV, observou-se uma estrutura de duas fases, nas quais partículas de copolímero EVA estão dispersas na matriz de PEBD. Do ponto de vista das propriedades mecânicas, concluiu-se que a incorporação de copolímero de EVA em uma matriz de PEBD tem um impacto significativo para o melhoramento de sua flexibilidade. A resistência à tração diminui, enquanto a ductilidade e a tenacidade aumentam.

### Palavras-chave

PEBD; EVA; propriedades mecânicas; microscopia.

### Abstract

*The study of polymers and their properties is encouraged by the widespread use of these types of materials in various sectors of economic activity. The objective of this evaluation was to identify the mechanical properties of polymer blends with LDPE bodies / EVA in proportions 70/30, respectively, and 50/50. The blends were subjected to injection at a temperature of 260 °C for forming the pressure PLCs 70 PSI. Five (5) specimens were prepared for each percentage for carrying out the tensile test according to ASTM D 638-03 standard. Tensile and elongation at break were performed in the equipment EMIC DL1000 ability to 100KN with ambient temperature of 22 °C, speed 10 mm / min. The results were obtained from five (5) specimens in the form of ties. In the tensile test, 60 mm specimens were used. Optical microscopy (OM) was held in an Opton, objective 10, 20 and 40X optical microscope and electronic microscopy in an HITACHI TM3000 scanning electronic microscope (SEM), with secondary electrons. Through optical microscopy and SEM study, there was a two-stage structure, where EVA copolymer particles are dispersed in the LDPE matrix. From the viewpoint of mechanical properties, it was found that the EVA copolymer incorporated into a matrix of LDPE has a significant impact on improving its flexibility. Tensile strength decreases, while the ductility and toughness increase.*

### Keywords

LDPE; EVA; mechanical properties; microscopy;

### Como você deve citar?

CABRAL, Ricardo de Freitas et al. Avaliação das propriedades mecânicas e microestruturais de blendas de PEBD/EVA. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, n. 30, p. 7-11, abr. 2016.

Submetido em: 24/06/2015. Avaliado em: 21/08/2015. Publicado em: 10/04/2016.

## 1 INTRODUÇÃO

Polietileno é um polímero parcialmente cristalino, flexível, cujas propriedades são acentuadamente influenciadas pela quantidade relativa das fases amorfa e cristalina. As menores unidades cristalinas, lamelas, são planares e consistem de cadeias perpendiculares ao plano da cadeia principal e dobradas em zig-zag, para cada 5 a 15nm, embora haja defeitos que são pouco frequentes. <sup>[1]</sup>

O processo de produção de PEBD utiliza pressões entre 1000 e 3000 atmosferas e temperaturas entre 100 e 300 °C. Polietileno de baixa densidade é um polímero parcialmente cristalino (50 – 60%), cuja temperatura de fusão (T<sub>m</sub>) está na região de 110 a 115 °C. <sup>[1]</sup>

O PEBD tem uma combinação única de propriedades: tenacidade, alta resistência ao impacto, alta flexibilidade, boa processabilidade, estabilidade e propriedades elétricas notáveis. <sup>[2, 3, 4]</sup>

O copolímero poli (etileno)-co-(acetato de vinila) (EVA) é formado pelo encadeamento de sequências aleatórias de polietileno e poli(acetato de vinila) (PVAc). Suas propriedades são, geralmente, intermediárias, quando comparadas às propriedades dos componentes puros, o que se deve à sua complexa morfologia, que é composta por uma fase cristalina, contendo unidades metilênicas, uma região interfacial, com segmentos metilênicos e segmentos de acetato de vinila (VAc), e uma fase amorfa, com segmentos metilênicos e unidades de VAc. <sup>[2]</sup>

Se comparado com um PEBD de mesma massa molar, o EVA apresenta maior valor de alongamento na ruptura e de resistência ao impacto, e menor módulo de elasticidade. <sup>[2]</sup>

O objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades mecânicas e morfológicas das misturas de PEBD+EVA nas porcentagens de 70/30 e 50/50.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os polímeros foram pesados e, após a pesagem, as amostras foram submetidas à mistura em homogeneizador e moídos em moinho granulador, Marca Voges, Modelo V100L4, para adquirirem granulometria adequada para injeção. Após a moagem, as misturas foram submetidas à injeção em Injetora de corpos de prova poliméricos, marca RAY-RAN, modelo RR/TSMP, à temperatura de 236°C, para conformação de corpos de prova à pressão de 70 PSI. Foram ensaiados cinco corpos de prova com dimensões, de acordo com a norma ASTM D 638-03.

Os ensaios de tração e alongamento à ruptura foram realizados no equipamento EMIC DL1000, do UniFOA, capacidade de 100KN, com 22°C, a 10 mm/min, com célula de carga de 5 kN. Os resultados foram obtidos a partir de 5 (cinco) corpos de prova na forma de gravatas. No ensaio de tração, foram usados corpos de prova de 60 mm.

A microscopia óptica foi realizada em microscópio óptico marca OPTON objetivas 10, 20 e 40X, do UniFOA, e o MEV da marca HITACHI e modelo TM3000, com elétrons secundários.

Após os ensaios mecânicos, partes dos corpos de prova foram submetidos a um embutimento com resina polimérica e a um polimento com politriz, marca AROTEC 2V, para a realização das análises de MO e MEV.

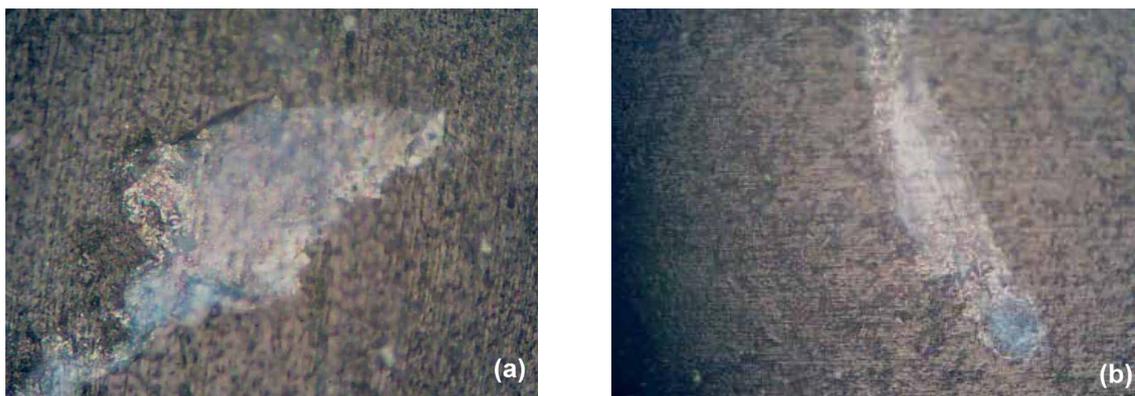
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observa-se, nas imagens de MO, uma separação bem distinta entre as fases de PEBD e EVA. Nota-se que, nas imagens das amostras de PEBD/EVA 50/50 ((Figura 1 (a))), existem fases menos contínuas que nas imagens das amostras de PEBD/EVA 70/30 ((Figura 1 (b))), representando uma interação maior na porcentagem 70/30, o que pode ser confirmado pelos gráficos das figuras 4 e 5.

As imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) mostram uma maior homogeneidade [3,4] da mistura de PEBD/EVA com concentração 50/50, conforme Figuras 2 (a) e (b). Por outro lado, nas composições com o percentual de 70/30, foi verificada a presença de alguns vazios, provenientes do processo de fabricação desses compostos, como pode ser visto nas Figuras 3 (a) e (b).

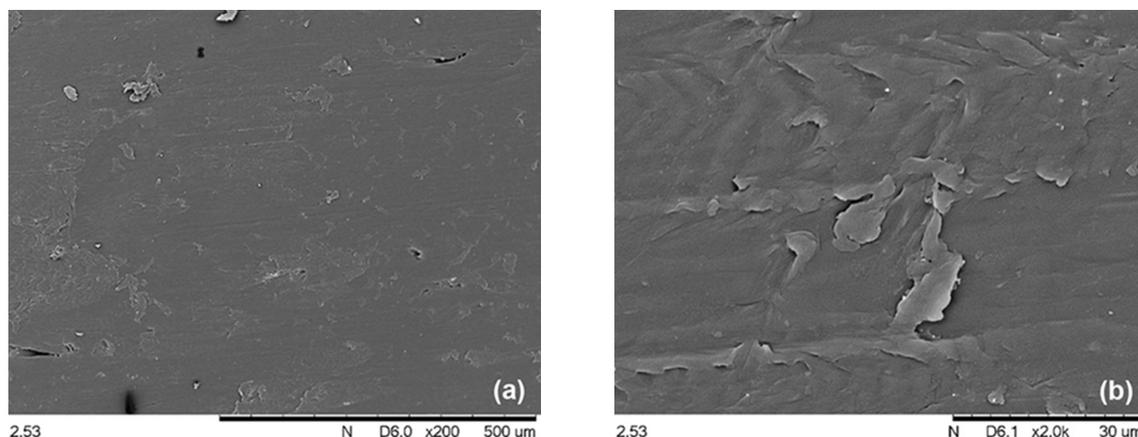
Para os ensaios de tração, foi verificada uma maior deformação na mistura de proporção PEBD/EVA 50+50. Isso se deve ao fato do EVA tornar o material mais dúctil (Figura 4). Já no composto com PEBD/EVA 70+30, foi verificado maior resistência mecânica do material devido ao maior percentual de PEBD [5,6] (Figura 5), em comparação ao da Figura 4.

Figura 1 – Microscopia Óptica: (a) PEBD/EVA 50+50% e (b) PEBD/EVA 70+30%, ampliação 400X



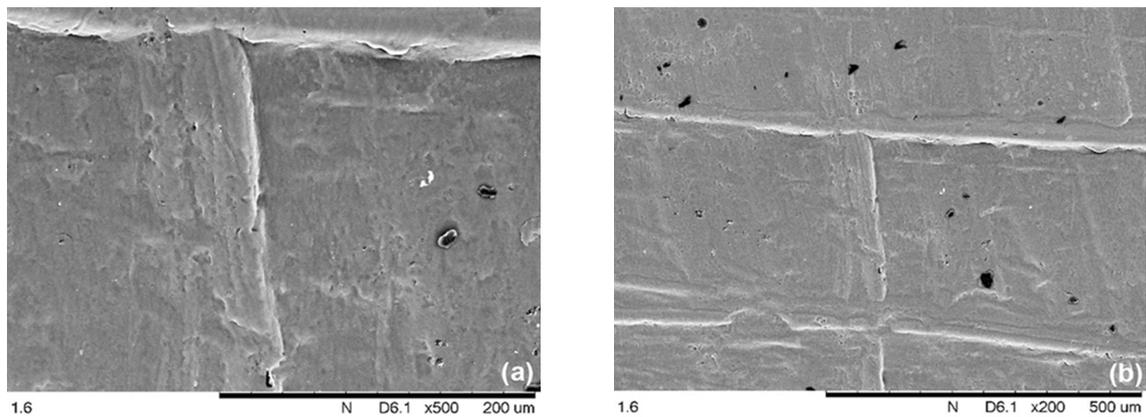
Fonte: dos autores.

Figura 2 – Microscopia eletrônica de varredura PEBD/EVA 50%+50%: (a) aumento de 200 X e (b) 2000 X



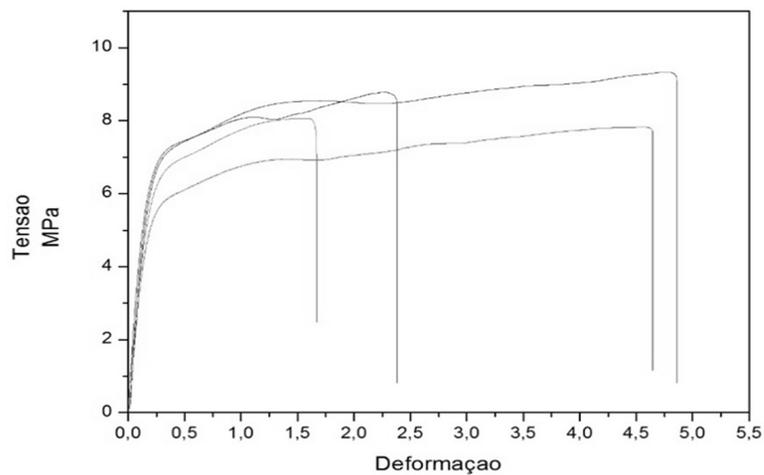
Fonte: dos autores.

Figura 3 - Microscopia eletrônica de varredura PEBD/EVA 70%+30%



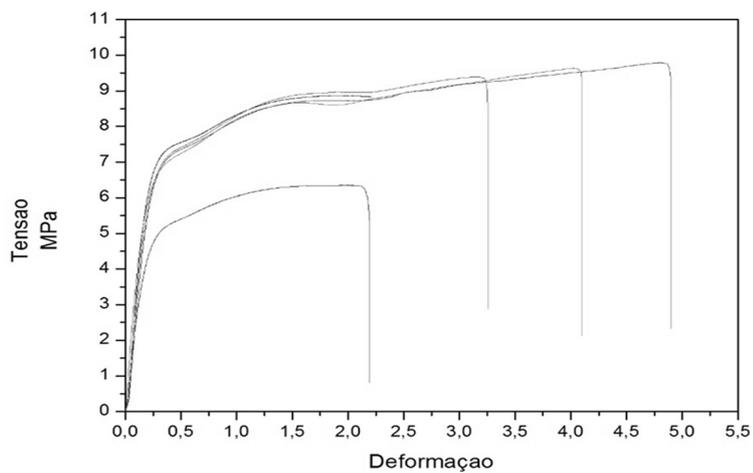
Fonte: dos autores.

Figura 4 – Gráfico do Ensaio de Tração da Mistura 50% PEBD+50% EVA



Fonte: dos autores.

Figura 5 – Gráfico do Ensaio de Tração da Mistura 70% PEBD+30% EVA



Fonte: dos autores.

## 4 CONCLUSÕES

A incorporação de copolímero de EVA em uma matriz de PEBD tem um impacto significativo para o melhoramento de sua flexibilidade. A resistência à tração diminui, enquanto que a ductilidade e a tenacidade aumentam.

A flexibilidade do elastômero de copolímero EVA substitui o aumento da cristalinidade e facilita a mobilidade da cadeia molecular de PEBD. Isso explica a diminuição do módulo de força nele, assim como o aumento no alongamento na ruptura do PEBD.

Uma estrutura de duas fases é vista pelos estudos de microscopia óptica e MEV. Partículas de copolímero EVA estão dispersas na matriz de PEBD. O tamanho das partículas dispersas aumenta com o teor de EVA.

## REFERÊNCIAS

1. DOAK, K. W.; MARK, H. M.; BIKALES, N. M.; OVERBERG, C. G.; MENGES, G. – “Ethylene Polymers”. **“Encyclopedia of Polymer Science and Engineering”**, 3. Ed. New York. Editora John-Wiley & Sons, 1986.
2. YAMAKI, S. B.; PRADO, E. A.; ATVARIS, T. D. Z. Phase transitions and relaxation processes in ethylene-vinyl acetate copolymers probed by fluorescence spectroscopy. **European Polymer Journal**, v. 38, p.1811-1826, 2002.
3. QUEIROZ, D. D. et al. Influência das condições de mistura e dos teores de Acetato de Vinila e de argila nas propriedades de nanocompósitos de EVA/montmorilonita organofílica. **Polímeros**, v. 24, n. 5, p. 579-586, 2014.
4. COUTINHO, F. M. B. et al. Polietileno: Principais tipos, propriedades e aplicações. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 1, p. 1-13, 2003.
5. ZATTERA, A. J. et al. Caracterização de resíduos de EVA. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 15, n. 1, p. 73-78, 2005.
6. CHEN, Y. Investigations of Environmental Stress Cracking Resistance of HDPE/EVA and LDPE/EVA Blends. **Journal of applied polymer science**. v. 131, p. 1-8, 2014.