

EFEITO DA RADIAÇÃO POR FEIXE DE ELÉTRONS SOBRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE

Kleber Shimazaki¹, Anne Chinellato² e Esperidiana A. B. Moura¹

¹ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)
Av. Professor Lineu Prestes, 2242
05508-000 São Paulo, SP
shimazakikleber@hotmail.com
eabmoura@ipen.br

² Mash: Tecnologia em Compostos e Masters
Marechal Tito, 6829, 08115100 São Paulo, SP
achinellato@mashplasticos.com.br

RESUMO

Neste trabalho o polietileno de alta densidade (HDPE) foi submetido às doses de radiação de 150 à 250 kGy em um acelerador de elétrons de 1,5 MeV com o propósito de avaliar o efeito da dose de radiação nas suas propriedades mecânicas. As irradiações foram realizadas à taxa de dose de 14 kGy/s, temperatura ambiente e presença de ar. As mudanças causadas pela irradiação nas propriedades mecânicas do material foram avaliadas por meio dos ensaios de resistência à tração e à flexão. Os resultados mostraram um ganho de até 150 % na resistência à tração na ruptura original do HDPE (amostras não irradiadas), ganho de até 10 % na porcentagem de alongação máxima na ruptura para as amostras irradiadas, exceto para a dose de 250 kGy, onde não foram observadas mudanças significativas ($p < 0,05$). Os resultados mostram também ganhos de até 20 % na resistência à flexão e perdas da ordem de 3 à 4 % na resistência à tração no escoamento do HDPE em relação à original para o intervalo de dose de radiação estudado ($p < 0,05$). Estes resultados indicam que a radiação por feixe de elétrons, nas condições estudadas neste trabalho, é um processo adequado para a modificação das propriedades mecânicas ao HDPE, principalmente para aquelas aplicações que requerem uma alta resistência às solicitações por tração.

1. INTRODUÇÃO

O polietileno de alta densidade (HDPE) exhibe um número de propriedades interessantes, entre elas se destaca a rigidez e resistência para aplicações de moldagem por sopro, produtos extrudados, filmes e itens moldados por injeção ideais para muitas aplicações em cuidados pessoais, domésticos, embalagens industriais e produtos engarrafados [1].

O HDPE é um termoplástico derivado do eteno, classe das poliolefinas, tem um baixo nível de ramificações, com alta densidade e altas forças intermoleculares. Apresenta um baixo custo, facilidade de processamento, alta produção, resistente a baixas temperaturas e impermeabilidade a água [2].

Quando a radiação ionizante ou radiação de alta energia (raios gama, raios X, feixe de elétrons, feixe de íons) interage com os materiais, sua energia pode ser absorvida pelo próprio material e espécies ativas tais como radicais livres são produzidos iniciando várias reações químicas. Durante a irradiação dos materiais poliméricos ocorrem simultaneamente, duas

reações diferentes: a cisão da cadeia polimérica principal, onde a massa molar do polímero é reduzida e as ligações químicas entre moléculas poliméricas, onde cadeias de polímero são inseridas numa cadeia principal, gerando uma estrutura reticulada. Estas reações podem afetar drasticamente as propriedades macroscópicas e a estrutura macromolecular dos materiais poliméricos irradiados [3, 4]. Neste trabalho estudou-se os efeitos da radiação por feixe de elétrons nas propriedades mecânicas do polietileno de alta densidade (HDPE).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi empregado neste trabalho o polietileno de alta densidade “HDPE” (PE GM9450F), com MFI = 0,05 g/10 min a 190°C/2,16Kg, densidade específica 0,949g/cm, fabricado por Ipiranga Petroquímica S/A.

2.1. Preparação dos Corpos de Prova e Irradiação

Os corpos de prova do HDPE foram preparados em uma injetora Romi, marca Primax 65R controlmaster 8, usando moldes ASTM intercambiáveis. Os corpos de prova do HDPE foram submetidos às doses de radiação de 150, 200 e 250 kGy em um acelerador de elétrons de 1,5 MeV, à taxa de dose de 14 kGy/s, temperatura ambiente e presença de ar. A confirmação da dose total de radiação absorvida foi realizada por dosimetria, utilizando-se dosímetros de triacetato de celulose. Após a irradiação as amostras foram acondicionadas dentro de sacos plásticos e armazenadas em local seco e ao abrigo da luz até a realização dos ensaios, para evitar a influência da luz natural e considerar os efeitos de pós-irradiação.

2.2. Ensaios Mecânicos de Resistência à Tração e à Flexão

Os ensaios mecânicos de resistência à tração, de acordo com a norma ASTM D 638 [5] e de resistência à flexão, de acordo com a norma ASTM D 790 [6], foram realizados, oito dias após a irradiação, nas amostras irradiadas e não irradiadas, utilizando-se a máquina de testes Emic linha DL com célula de carga Z500. A significância estatística da variação entre os resultados obtidos nos ensaios foi avaliada por meio de análise de variância (ANOVA) a um critério de classificação, adotando-se um nível de significância $p < 0,05$, utilizando o software BioEstat (version 5.0, 2007, Windows 95, Manaus, AM, Brasil).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os resultados dos ensaios de resistência à tração no escoamento para as amostras de HDPE irradiadas e não irradiadas. Pode-se observar nesta figura pequenas perdas da ordem de 3 à 4 % na resistência à tração no escoamento original do HDPE em função da dose de radiação aplicada ($p < 0,05$).

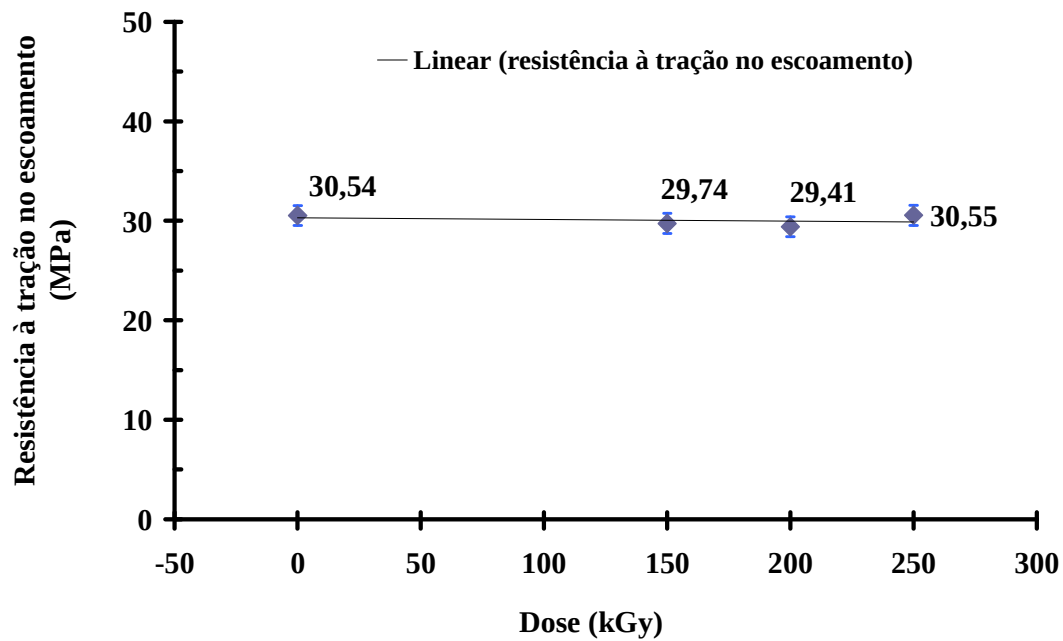


Figura 1. Resultados de resistência à tração no escoamento do HDPE em função da dose de radiação.

A Figura 2 apresenta os resultados dos ensaios de resistência à tração na ruptura para as amostras de HDPE irradiadas e não irradiadas. Pode-se observar nesta figura, um ganho de 108 % para a dose de 150 kGy , de 137 % para a dose de 200 kGy e 151 % para a dose de 250 kGy ($p < 0,05$).

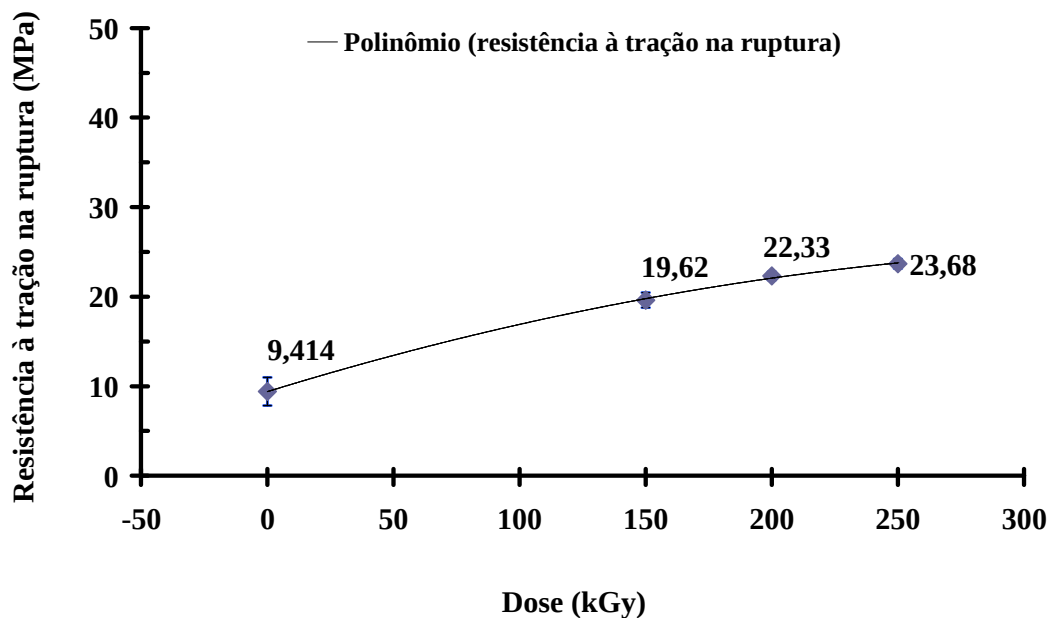


Figura 2. Resultados de resistência à tração na ruptura do HDPE em função da dose de radiação.

A Figura 3 apresenta os resultados da porcentagem de deformação máxima na ruptura para as amostras de HDPE irradiadas e não irradiadas. Pode-se observar nesta figura, um aumento de 4 % para as amostras irradiadas com a dose de 150 kGy e 10 % com a dose de 200 kGy. Para as amostras submetidas à dose de radiação de 250 kGy, não foram observadas mudanças significativas ($p < 0,05$).

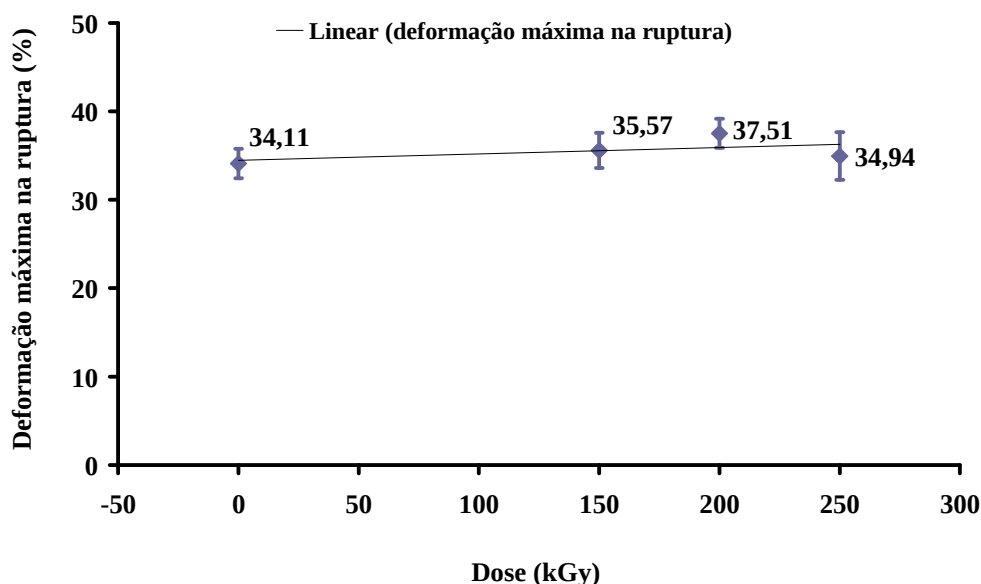


Figura 3. Resultados da deformação máxima na ruptura do HDPE em função da dose de radiação.

Os resultados dos ensaios de resistência à flexão para as amostras de HDPE irradiadas e não irradiadas são apresentados na Figura 4. Pode-se observar um ganho da ordem de 18 % para as amostras submetidas às doses de 150 e 200 kGy e de 24 % para a dose de 250 kGy ($p < 0,05$).

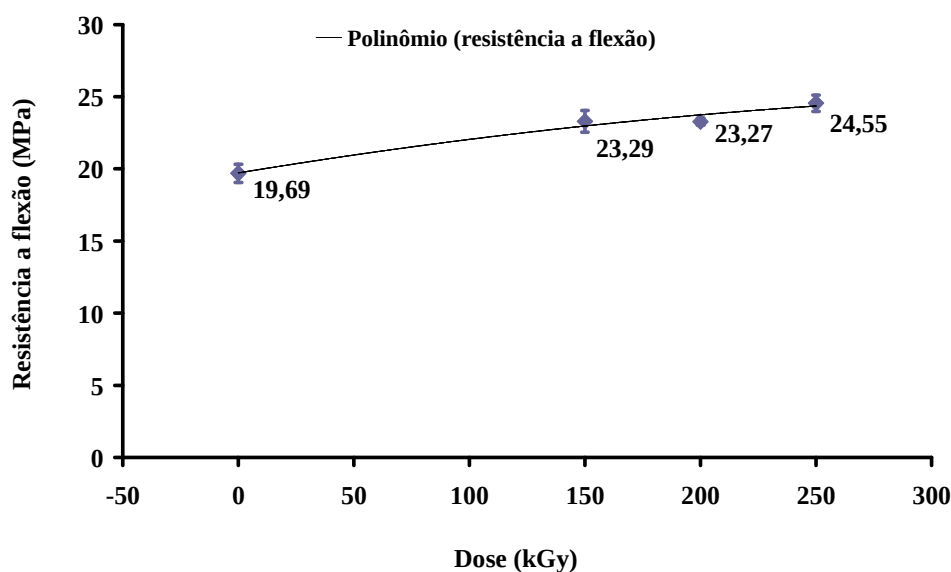


Figura 4. Resistência à flexão do HDPE em função da dose de radiação.

Os resultados dos ensaios do módulo de flexão das amostras de HDPE irradiadas e não irradiadas são mostrados na Figura 5. Observa-se nesta Figura um ganho de 13 % no módulo de flexão das amostras irradiadas com 150 e 200 kGy e de 19 % para a dose de 250 kGy ($p < 0,05$).

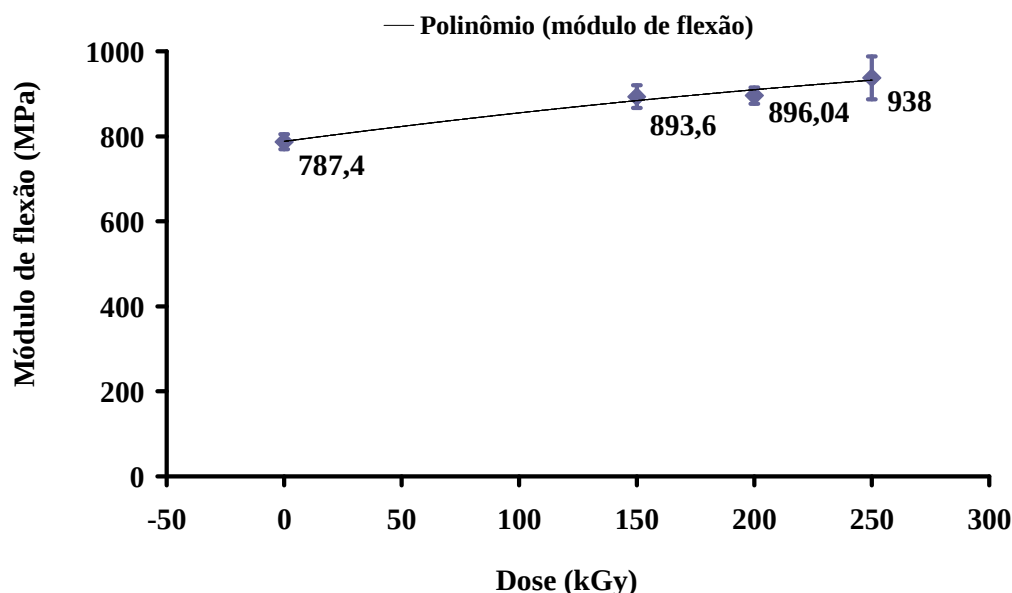


Figura 5. Resultados do módulo de flexão do HDPE em função da dose de radiação.

Estes resultados indicam que ocorreu a prevalência do processo de reticulação por radiação do HDPE sobre o processo de degradação, resultando em ganhos substanciais nas suas características mecânicas, especialmente na resistência à tração na ruptura, propriedades estas de grande importância para muitas das aplicações finais da resina HDPE. As pequenas perdas, da ordem de 3 à 4%, observadas após a irradiação, na sua resistência à tração no escoamento não apresentam grandes preocupações, uma vez que, o tratamento por radiação deve ser aplicado no produto final.

5. CONCLUSÃO

Pelos resultados apresentados de propriedade mecânica, pode-se concluir que o polietileno de alta densidade irradiado com feixe de elétrons apresentou melhor desempenho mecânico. Os ganhos observados nas características mecânicas do HDPE após a irradiação indicam que a radiação por feixe de elétrons, nas condições estudadas neste trabalho, é um processo adequado para a modificação das propriedades mecânicas do HDPE, principalmente para aquelas aplicações que requerem uma alta resistência às solicitações por tração.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Carlos Gaia da Silva e Elizabeth S. R. Somessari pela realização das irradiações e à Mash: Tecnologia em Compostos e Masters pelo fornecimento das amostras de HDPE e disponibilidade dos seus laboratórios para a confecção dos corpos de prova e ensaios mecânicos.

BIBLIOGRAFIA

1. “Plásticos América Latina: DOW HDPE Resinas de Polietileno de Alta Densidade” <http://plastics.dow.com/la/port/prod/polyethylene/hdpe.htm> (2009).
2. S. V. Canevarolo Jr., *Ciência dos Polímeros*. Artliber Editora Ltda. 2ª edição (2006).
3. E.A.B. Moura, *Avaliação do Desempenho de Embalagens para Alimentos quando Submetidas a Tratamento por Radiação Ionizante*. Tese (Doutorado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo (2006).
4. Woods, R., *Applied Radiation Chemistry: Radiation Processing*, John Wiley & Sons, New York (1994).
5. American Society for Testing and Materials, *ASTM-D638-01 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics* (2001).
6. American Society for Testing and Materials, *ASTM-D790-00 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials* (2000).