

ESTUDO DOS EFEITOS DA RADIAÇÃO POR FEIXE DE ELÉTRONS NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA ESTRUTURA BOPP/LDPE

Beatriz R. Nogueira¹, Vítor M. Oliveira¹, Angel V. Ortiz², Esperidiana A. B. Moura^{1*}

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

² UNIPAC Embalagens Ltda. - Rua Arnaldo Magniccaro, 521- CEP 04691-060 São Paulo, SP

Atualmente a radiação por feixe de elétrons é utilizada pela indústria de embalagem flexível para promover modificações estruturais nos materiais de embalagem e melhorar as propriedades do produto final. Este trabalho estudou os efeitos da radiação por feixe de elétrons nas propriedades mecânicas da estrutura BOPP/LDPE (polipropileno bi-orientado/polietileno de baixa densidade). Os ensaios de radiação foram realizados no intervalo de dose de radiação de 0-120 kGy, taxa de dose de 11,22 kGy/s, temperatura ambiente e presença de ar, usando um acelerador de elétrons de 1,5 MeV. Oito dias após a irradiação, as amostras da estrutura BOPP/LDPE foram submetidas aos ensaios mecânicos de resistência à tração, à perfuração e resistência da selagem. Os resultados mostraram perdas significativas ($p < 0,05$) nas propriedades mecânicas originais da estrutura para todo o intervalo de dose de radiação estudado. Estes resultados indicam que o tratamento de radiação por feixe de elétrons, nas condições estudadas neste trabalho, é inadequado para conferir melhores propriedades mecânicas à estrutura BOPP/LDPE.

Palavras-chave: *feixe de elétrons, embalagem multicamadas, filme flexível, BOPP/LDPE, propriedades mecânicas*

Study of electron-beam radiation on some mechanical properties of the structure BOPP/LDPE

Nowadays electron-beam irradiation has been applied in the flexible packaging industry to promote modifications on packaging materials structure and improve the final product properties. This work studied electron-beam irradiation effects on mechanical properties of the BOPP/LDPE (bi-oriented polypropylene/low-density polyethylene) structure. The BOPP/LDPE samples were irradiated up to 120 kGy, dose rate 11.22kGy/s, using a 1.5 MeV electron beam accelerator, at room temperature in presence of air. Eight days after the irradiation, the changes in mechanical properties of the irradiated and non-irradiated materials samples were analyzed. The results showed that radiation doses up to 120 kGy, induced significant loss ($p < 0.05$) in tensile strength and elongation at break, penetration and sealing resistance of the BOPP/LDPE. These results indicate that electron-beam radiation can hardly be used to improve the mechanical properties to the BOPP/LDPE structure.

Keywords: *electron-beam, multilayer packaging, flexible films, BOPP/LDPE, mechanical properties.*

Introdução

O desenvolvimento de métodos controláveis para a modificação de materiais poliméricos de embalagens para a melhoria das suas propriedades mecânicas, ópticas e de barreiras é uma área de grande importância para a indústria de embalagem flexível. Uma técnica promissora para a modificação das propriedades de embalagens plásticas é baseada no tratamento por radiação ionizante, particularmente, radiação por feixe de elétrons. As mudanças nas propriedades dos materiais de embalagens submetidos à radiação ionizante são causadas, basicamente, pela formação de radicais livres que pode levar aos processos de reticulação ou de degradação. [1,2]. Durante a irradiação dos materiais poliméricos, poderá ocorrer cisão e reticulação simultâneas das cadeias poliméricas com efeito na rede cristalina, formação de ligações insaturadas, formação de gases e produtos de massa molar baixa gerados pela radiólise. Estes processos são simultâneos e

concorrentes e a predominância de um sobre o outro, depende da estrutura química da resina e das condições da irradiação. A irradiação por feixe de elétrons tem sido eficientemente aplicada para modificar as propriedades de diferentes polímeros para as mais versáteis aplicações. Pode-se citar, por exemplo, a reticulação dos materiais poliméricos flexíveis para aplicações como embalagens termorretráteis para produtos cárneos. O uso de feixe de elétrons para estas aplicações em detrimento dos raios gama emitidos por fonte de Co^{60} deve-se, principalmente, as altas taxas de dose de radiação que incide sobre o material tratado com feixe de elétrons (kGy/s), a qual favorece a reticulação dos materiais, quando comparado ao tratado com raios gama (kGy/h). [1-3]. Recentemente [3-6]. Atualmente, cresce o uso de embalagens flexíveis multicamadas, coextrudadas ou laminadas, para acondicionamento de alimentos, uma vez que estas podem combinar diferentes propriedades desejadas em um único material (barreira a gases, vapor de água e componentes orgânico, boa processabilidade em máquina e relativo baixo custo) o que não seria possível com um único material. Este trabalho estudou os efeitos da radiação ionizante nas propriedades mecânicas da estrutura BOPP/LDPE, muito utilizada comercialmente para embalagens de alimentos secos como granola, macarrão, entre outras.

Experimental

Neste trabalho a estrutura coextrudada BOPP/LDPE com 60 μm de espessura, foi irradiada em um acelerador de elétrons de 1,5 MeV (Dynamitron II, Radiation Dynamics Inc.). As amostras da estrutura foram submetidas as doses de radiação de até 120 kGy, a taxa de dose de 11,22kGy/s, temperatura ambiente e presença de ar. A confirmação da dose total de radiação absorvida pelas amostras da estrutura BOPP/LDPE, nestes experimentos, foi realizada por meio do acompanhamento dosimétrico, utilizando-se dosímetros de triacetato de celulose “CTA-FTR-125” da Fuji Film. As alterações nas propriedades mecânicas das amostras da estrutura, irradiadas e não irradiadas, foram avaliadas, oito dias após a irradiação, por meio de ensaios de resistência à tração de acordo com a ASTM D882-90 (ASTM 1996), resistência a penetração, baseada na ASTM F1306-90 (ASTM 1994) e ensaios de resistência da selabilidade de acordo com a ASTM F88-00 (ASTM 2000). A avaliação do efeito da radiação nestas propriedades é extremamente útil para este propósito, uma vez que tanto nos processos de conversão (impressão, laminação, extrusão) de uma embalagem flexível, como nas máquinas de acondicionamento de produtos e no manuseio da embalagem é primordial apresentar um bom desempenho nestas solicitações mecânicas. Os ensaios mecânicos foram realizados em seis amostras obtidas aleatoriamente, utilizando o dinamômetro da marca INSTRON (modelo 5564) e um equipamento de selagem, modelo SE450, da marca Mical. A significância estatística da variação entre os resultados obtidos nos diversos 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, Brazil).

Resultados e Discussão

Os resultados dos ensaios mecânicos realizados na estrutura BOPP/LDPE mostraram perdas significativas ($p < 0,05$), para todas as propriedades mecânicas estudadas neste trabalho, com o aumento da dose de radiação. A resistência à tração na ruptura original da estrutura BOPP/LDPE apresentou, após a irradiação, perdas da ordem de 40 a 52% como se observa na Figura 1.

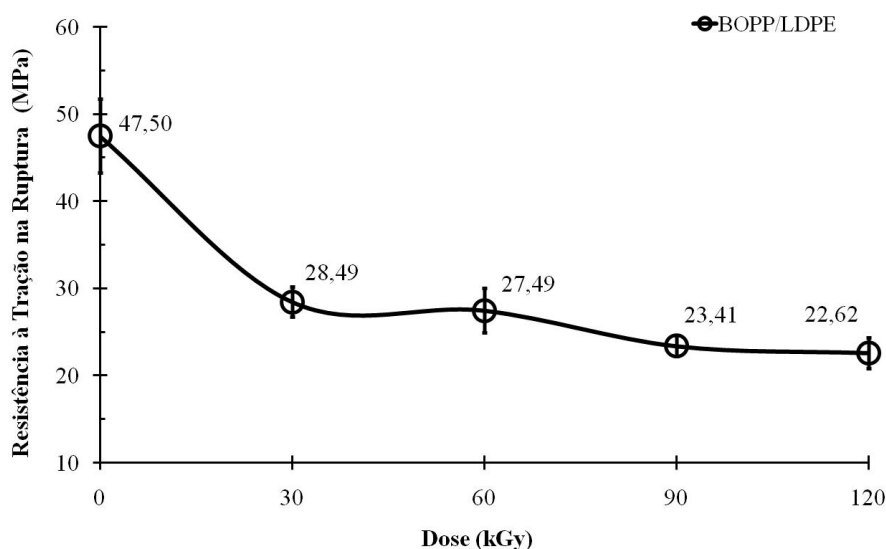


Figura 1 – Tração à ruptura em função da dose de radiação por feixe de elétrons aplicada para a estrutura BOPP/LDPE.

Com relação à porcentagem de alongação na ruptura original da estrutura BOPP/LDPE a Figura 2 mostra perdas da ordem de 32 a 56% com o aumento da dose de radiação para todo o intervalo de dose estudado.

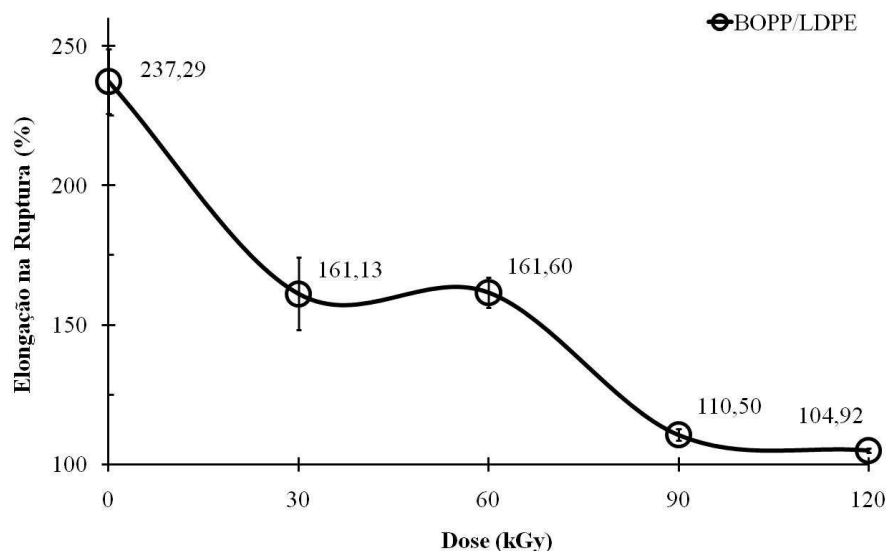


Figura 2 – Alongação na ruptura em função da dose de radiação por feixe de elétrons aplicada para a estrutura BOPP/LDPE.

A resistência à perfuração original da estrutura BOPP/LDPE apresentou perdas da ordem de 23 a 64% com o aumento da dose de radiação aplicada(Fig.3).

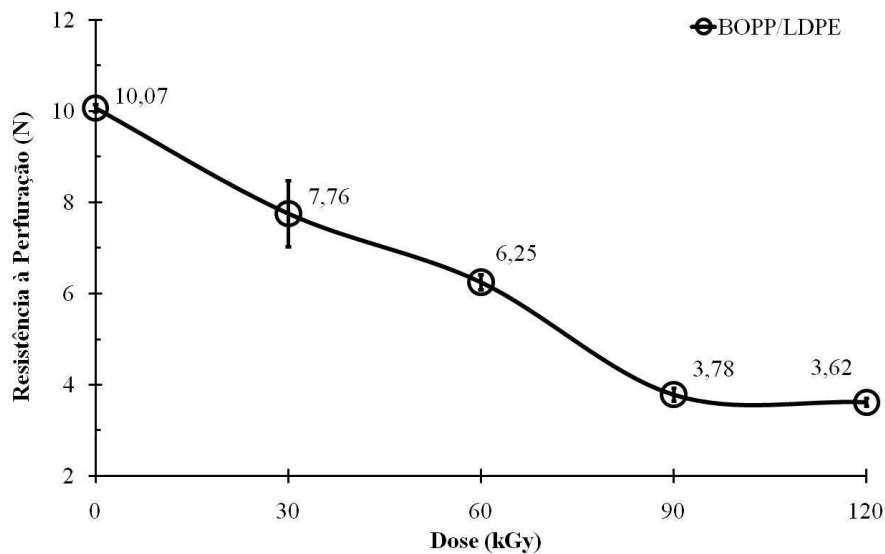


Figura 3 – Resistência à perfuração em função da dose de radiação por feixe de elétrons aplicada para a estrutura BOPP/LDPE.

Considerando-se que o polipropileno sofre preferencialmente degradação por radiação ionizante, devido à presença dos grupos metila, a redução observada após a irradiação, na resistência à tração e perfuração originais da estrutura, deve-se, provavelmente, a prevalência da degradação por radiação na camada de BOPP, responsável pela resistência à tração e à perfuração da estrutura [7]. A Figura 4 mostra uma perda de selabilidade, entre 46 e 56%, para a estrutura BOPP/LDPE após a irradiação, em função da dose de radiação aplicada apresentados.

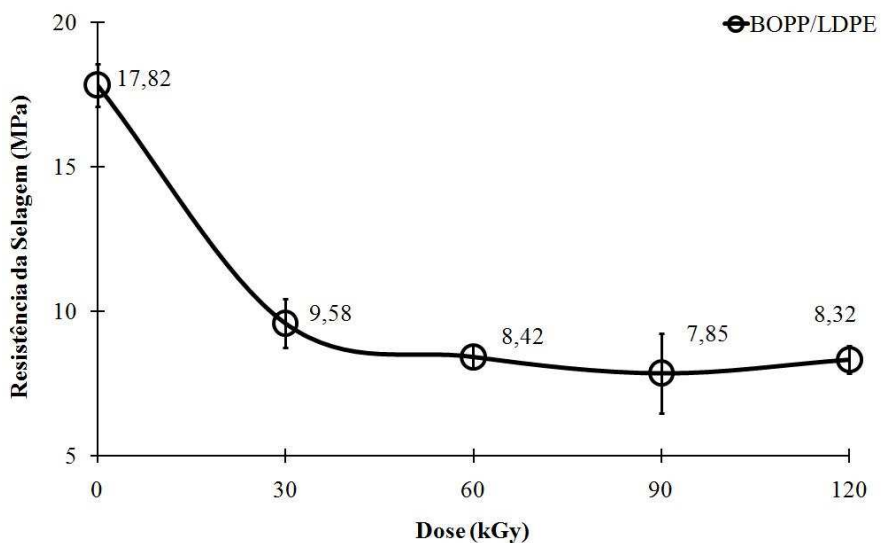


Figura 4 – Resistência á selagem em função da dose de radiação por feixe de elétrons aplicada para a estrutura BOPP/LDPE.

A perda de selabilidade mostrada nesta Figura pode estar relacionada a uma mudança na cristalinidade do LDPE, com aumento da fase amorfa o que sugere a prevalência do processo de reticulação por radiação do LDPE, uma vez que a camada de polietileno é responsável pela selagem da estrutura BOPP/LDPE.

Conclusões

O objetivo do presente estudo foi avaliar a influencia da irradiação por feixe de elétrons nas propriedades mecânicas da estrutura multicamada BOPP/LDPE utilizada para alimentos secos. As perdas observadas na resistência mecânica original da estrutura, após a irradiação indicam a prevalência do processo de degradação da camada de BOPP da estrutura sobre e de reticulação da camada de LDPE. Estas suposições poderão ser confirmadas, futuramente, por meio dos ensaios de análises térmicas (DSC, TGA), fração sol-gel e difração de raios X. Contudo, pode-se concluir com base nos resultados dos ensaios mecânicos, que a radiação por feixe de elétrons, nas condições estudadas neste trabalho, é um processo inadequado para conferir melhores propriedades mecânicas à estrutura BOPP/LDPE.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a Carlos Gaia da Silva e Elizabeth S. R. Somessari pela realização das irradiações e à Unipac Embalagens Ltda. pelo suporte provido neste trabalho.

Referências Bibliográficas

1. E. A. B. Moura, Tese Doutorado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN-SP, 2006.
2. R. Buchalla; C. Schuttler; K.W. Bogl J. Food Prot. 1996, 56, 991–997.
3. K.A. Riganakos; W.D. Koller; D.A.E. Ehlermann; B. Bauer; M.G. Kontominas Radiat.Phys.Chem. 1999, 54(5),527–540.
4. A.E. Goulas; K.A. Riganakos; M.G. Kontominas Radiat.Phys.Chem. 2003, 68, 865–872.
5. A.E. Goulas; K.A. Riganakos; M.G. Kontominas Radiat.Phys.Chem. 2004, 69(5), 411–417.
6. A.T. Fintzou; A.V. Badeka; M.G. Kontominas; M.R. Stahl; K.A. Riganakos Radiat. Phys.Chem. 2007, 76,97–107.
7. F. C. Ruiz; M. C. Terence in Anais 18º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais, Porto de Galinhas, 2008, Vol. 32, 402.