

DEGRADAÇÃO DO POLICARBONATO DUROLON  
SUBMETIDO A RADIAÇÃO GAMA



Adelina Miranda e Valdir Sciani  
IPEN-CNEN/SP Instituto de Pesquisas Energéticas  
e Nucleares - São Paulo/SP

SUMÁRIO

O Policarbonato (PC) DUROLON, produzido pela Polycarbonatos do Brasil S/A com peso molecular de 27000 g/mol foi irradiado com raios gama na fonte de Co-60 do tipo panorâmica localizada no IPEN/CNEN/SP com doses entre 0,2 a 1.000 kGy no ar a 25°C. Os resultados obtidos mostraram que até 20 kGy não ocorrem alterações relevantes nas propriedades mecânicas do PC. Acima deste valor ocorre uma queda, chegando o alongamento no ponto de ruptura a 50% de seu valor inicial em 500 kGy. Entretanto, em ensaios ópticos, para doses a partir de 5 kGy começam a ocorrer alterações na transmitância do material, chegando a 3% de seu valor inicial para uma dose de 300 kGy.

*polímeros, (PC) DUROLON, ensaios de tensão-deformação, transmitância*

INTRODUÇÃO

Os policarbonatos (PC) são poliésteres lineares do ácido carbônico com compostos di-hidroxilados aromáticos ou alifáticos. Nos últimos anos houve um considerável aumento dos tipos de PC comerciais disponíveis. As diferenças entre eles estão normalmente relacionadas com o peso molecular, com a presença de um segundo componente poli-hidroxílico, com aditivos ou com a presença de ramificações na cadeia molecular [1].

Os policarbonatos são usados em várias aplicações industriais, devido à sua resistência ao impacto a qual é várias vezes maior que a de qualquer outro termoplástico de engenharia e à sua elevada resistência ao calor. Também a presença dos grupos aromáticos do PC lhe confere alta estabilidade radiolítica [2].

Em algumas aplicações, por exemplo, em ambientes nucleares, os policarbonatos podem estar sujeitos à radiação ionizante, a qual produz alterações nas suas propriedades em decorrência da interação com o meio [3].

O objetivo do presente trabalho é analisar o efeito da radiação gama no policarbonato DUROLON IN 27000, com o intuito de se verificar a viabilidade de utilização, a nível prático, deste material em ambientes nucleares.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O material utilizado foi o Policarbonato DUROLON com peso molecular de 27000 g/mol produzido pela Polycarbonatos do Brasil S.A.

As irradiações foram efetuadas em uma fonte de Co-60 do tipo panorâmica localizada na Coordenadoria de Aplicações na Engenharia e na Indústria do IPEN-CNEN/SP, com taxa de dose, na distância fixada para a irradiação, de 1,6 kGy/h. O intervalo de dose foi fixado entre 0 e 1000 kGy sendo as amostras irradiadas no ar a 25°C.

O efeito da irradiação no policarbonato foi analisado através das variações nas propriedades mecânicas e ópticas, mais precisamente, em testes de tensão-deformação, dureza e transmitância.

Para os ensaios de tensão-deformação os corpos de prova, com 6mm de espessura, foram confeccionados segundo a norma ASTM D-638.

Os ensaios foram realizados em um equipamento Instron modelo 1125, sendo utilizados cinco corpos de prova para cada valor de dose. Deste modo, determinou-se a resistência à tração, que é a máxima tensão de tração suportada pelo corpo de prova durante o ensaio e o alongamento no ponto de ruptura que é o aumento no comprimento na porção estreita do corpo de prova na ruptura produzido por uma carga constante e velocidade de aplicação de carga também constante.

As amostras utilizadas nos ensaios de dureza foram obtidas a partir dos corpos de prova após os ensaios de tensão de deformação, com dimensões de (20 X 35)mm<sup>2</sup>.

Nos ensaios de dureza aplicou-se o método A da norma ASTM D-785, dureza Rockwell na escala M(HRM).

As alterações nas propriedades ópticas foram avaliadas através da modificação da coloração destes materiais, portanto da taxa de luz por eles transmitida.

A transmitância, definida como sendo a razão entre a luz transmitida que atravessa o corpo de prova pela luz incidente, foi utilizada nas caracterizações ópticas.

Os corpos de prova consistiam de retângulos de  $(12 \times 50) \text{mm}^2$ , compatível com o equipamento utilizado, um espectrofotômetro Hitachi modelo 100-40.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 1 mostra a resistência à tração no ponto de ruptura em função da dose. O valor inicial sem irradiação, de  $670 \text{kgf/cm}^2$  está dentro das especificações do fabricante. Pode-se observar que, até 20 kGy não ocorrem alterações significativas na resistência à tração no ponto de ruptura. Acima deste valor nota-se um decréscimo gradativo chegando a uma queda de 15% de seu valor inicial a uma dose de 500 kGy.

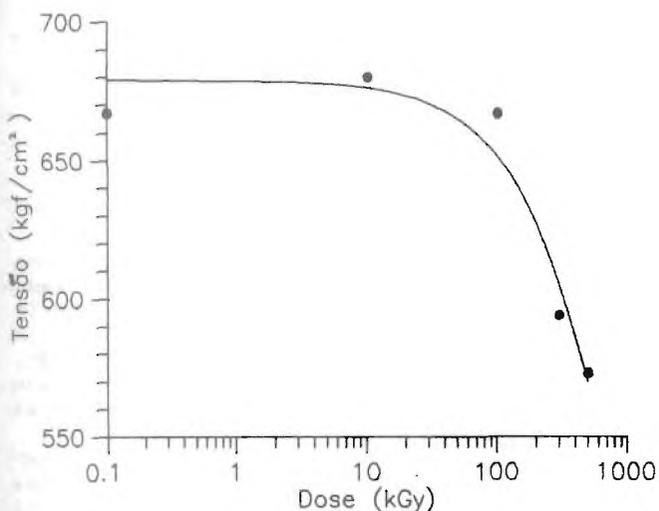


Figura 1. Variação da resistência a tração no ponto de ruptura em função da dose para o Duralon 27000.

O alongamento no ponto de ruptura em função da dose pode ser visto na figura 2. Aqui também, não é notada dependência significativa do alongamento no ponto de ruptura entre 0 e 20 kGy, apresentando seu valor original, sem irradiação, de 102%, valor este de acordo com as especificações do fabricante. Acima de 20 kGy nota-se um decréscimo acentuado, chegando a metade de seu valor inicial para uma dose de 500 kGy. Este é um resultado importante, pois, na prática, quando não se necessita de uma descrição de todas as propriedades de um polímero, o alongamento no ponto de ruptura é uma grandeza importante [4]. Não o alongamento por si só, mas o valor da dose para o qual o alongamento decresce até a metade de seu valor original. Tal parâmetro é utilizado em compilações de dados de materiais poliméricos [4], como uma medida da estabilidade de polímeros devido à irradiação.

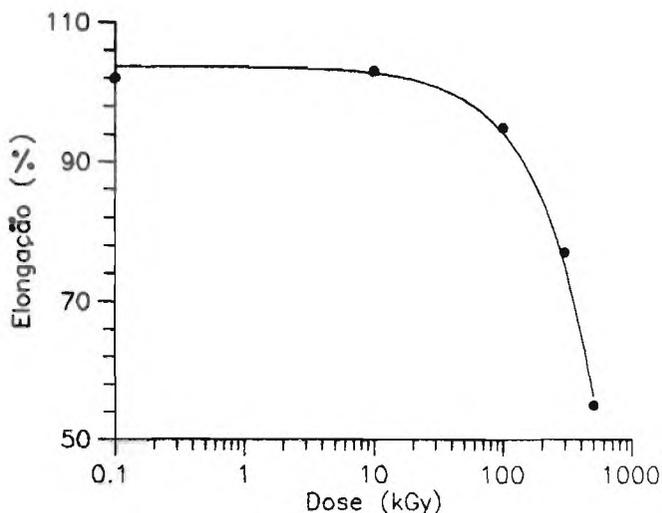


Figura 2. Variação do alongamento no ponto de ruptura em função da dose para o Duralon 27000.

Das figuras 1 e 2 pode-se notar que o alongamento no ponto de ruptura é uma propriedade mais sensível para descrever a degradação do policarbonato do que a tensão no ponto de ruptura. Aqui, nós chamamos de degradação não à ocorrência do fenômeno de cisão, mas o decréscimo nas propriedades mecânicas devido a irradiação.

A figura 3 mostra a Dureza Rockwell na escala M em função da dose. O comportamento é idêntico ao obtido com a resistência a tração no ponto de ruptura conforme figura 1.

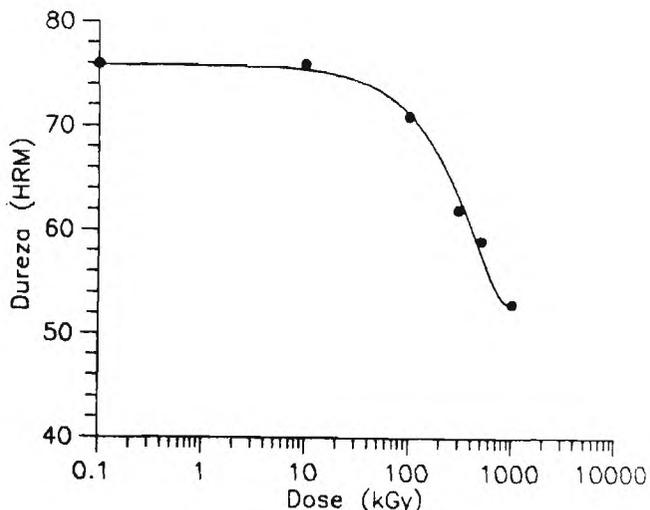


Figura 3. Variação da Dureza Rockwell em função da dose para o PC Duralon 27000.

Nota-se que, para uma dose de 1000 kGy o valor obtido sofre uma queda de 30% do valor original.

Das figuras 1,2 e 3, observa-se que o policarbonato DUROLON possui uma estabilidade mecânica muito boa, quando submetido a irradiação gama no intervalo de dose estudado, quando comparado com materiais alternativos, como por exemplo, o acrílico.

A figura 4 mostra curvas da transmitância medida a diferentes tempos após o término da irradiação em função da dose.

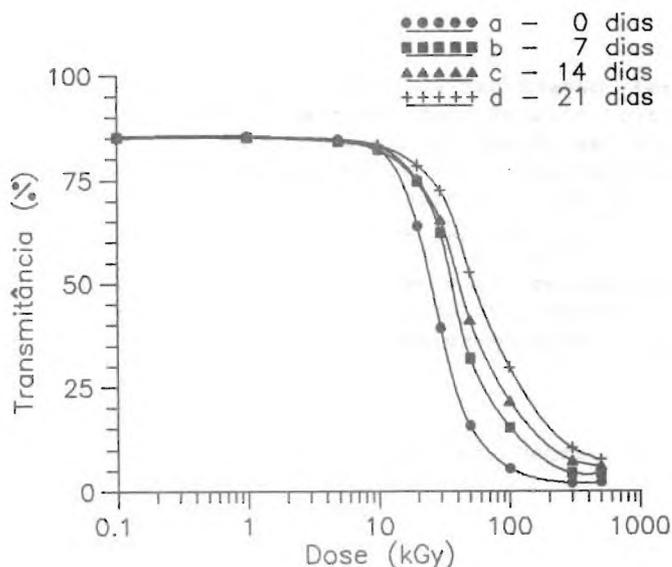


Figura 4. Variação da transmitância medida a diferentes tempos após o término da irradiação em função da dose.

Pela curva a), medida logo após o término da irradiação, nota-se que até 5 kGy não ocorrem alterações significativas no PC DUROLON 27000. Acima deste valor a transmitância cai acentuadamente, chegando a 3% para uma dose de 300 kGy, alterando sobremaneira as propriedades ópticas.

Esta dependência direta com a dose evidencia a predominância do fenômeno de cisão sobre a reticulação, uma vez que o mecanismo de cisão nos policarbonatos tendem a torná-los amarelos com a irradiação.

No PC DUROLON dois tipos de radicais livres podem ser produzidos durante a irradiação: radicais fenóxi e radicais fenil. Análises por Ressonância Paramagnética Eletrônica mostram que esses radicais podem se recombinar produzindo novos compostos, os quais são responsáveis pelo amarelamento do polímero.

Nota-se também na figura 4 que a transmitância sofre um processo de recuperação à medida que passa o tempo após o fim da irradiação, mais pronunciado em doses maiores

que 10 kGy. Esta recuperação pode ser visualizada melhor na figura 5, onde são mostradas curvas de medida da transmitância em função do tempo decorrido após o término da irradiação, para diferentes valores de dose.

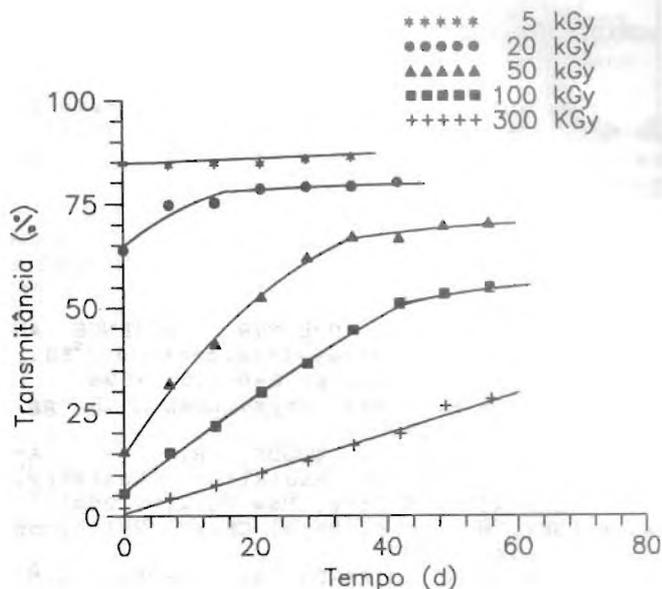


Figura 5. Variação da transmitância em função do tempo decorrido após o término da irradiação para diferentes doses.

Nota-se que após um determinado tempo existe uma tendência de estabilização de valores da transmitância, tempo este dependente da dose a que foi submetido o policarbonato. O aumento na transmitância depois da irradiação indica que as espécies reativas criadas são liberadas lentamente das armadilhas da matriz polimérica [5].

#### CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram uma boa estabilidade mecânica do PC quando submetido à irradiação gama até 20 kGy, tendo o alongamento uma queda de 50% do seu valor original com uma dose de 500 kGy. Por outro lado, se mecanicamente o PC se apresenta com boa estabilidade, o mesmo não se pode dizer em relação às propriedades ópticas: a transmitância cai acentuadamente a partir de 5 kGy, chegando a 3% do seu valor inicial para uma dose de 300 kGy, onde fica evidenciado o fenômeno de cisão. Nota-se também uma recuperação nos valores da transmitância em função do tempo após o término da irradiação, em decorrência da liberação lenta das espécies reativas, criadas durante a irradiação, das armadilhas da matriz polimérica.

A nível prático, na utilização deste material em ambientes submetidos à irradiação gama, algumas considerações devem ser observadas:

a) Em aplicações onde a estabilidade mecânica possui um papel relevante, por exemplo, flanges, seu emprego torna-se aconselhável.

b) Em aplicações onde a transparência do material é importante, por exemplo, visores, sua utilização é bastante limitada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Metalurgia do IPEN-CNEN/SP pelos ensaios de tração e a COPESP II pelos ensaios de dureza.

REFERÊNCIAS

[1] ENCYCLOPEDIA OF POLYMER SCIENCE AND ENGINEERING, Wiley-Interscience, 2<sup>a</sup> Ed., New York, v. 11, p. 648-718, 1988.  
 [2] SKIENS, W.E. - Rad. Phys. Chem., 15, pp. 47 - 57, (1980).  
 [3] SPINKS, J.W.T. ; WOODS, R.J. - An Introduction to Radiation Chemistry, John Wiley & Sons, New York, (1964).  
 [4] WILSKY, H. - Rad. Phys. Chem., 29(1), pp. 1 - 14, (1987).  
 [5] ARAUJO, E.S.; MIRANDA, A.; GUEDES, S.M.; SCIANI, V. - V International Macromolecular Colloquium, Gramado-RS, p. 45, (1992)

SUMMARY

The Polycarbonate(PC)DUROLON, produced by Polycarbonatos do Brasil S.A. with molecular weight 27,000 g/mol was irradiated with 60-Co gamma ray source at IPEN-CNEN/SP with doses range between 0.2 to 1,000 kGy in air at 25°C. The results showed that up to 20 kGy no changes in mechanical properties were observed. Above this value, a drop of the elongation to break was observed, reaching 50% drops of its value by 500 kGy. On the other hand, optical tests showed that about 5 kGy some transmittance variations occurred, reaching 3% of its value for a dose of 300 kGy.

