

## ESTUDO COMPARATIVO DA SENSIBILIDADE E DEPENDÊNCIA ENERGÉTICA DE DOSÍMETROS FINOS PARA DETECÇÃO DE RADIAÇÃO BETA

Leticia L. Campos

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
Comissão Nacional de Energia Nuclear/São Paulo

### Resumo

As pastilhas finas de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  + Teflon, produzidas pelo Laboratório de Produção de Materiais Dosimétricos, foram testadas em campos de radiação beta e os resultados comparados com os obtidos por outros pesquisadores para detectores beta ultra-finos.

### Introdução

Diferentes materiais termoluminescentes (TL) têm sido utilizados para dosimetria da radiação X e gama. No caso da radiação beta, existem muito poucos dados sobre o uso de materiais TL para a detecção desse tipo de radiação<sup>(1)</sup>. A espessura do material TL e a energia da radiação são fatores importantes para a resposta TL devido à alta absorção e espalhamento das partículas beta na matéria. No Laboratório de Produção de Materiais Dosimétricos do IPEN foram desenvolvidas e testadas pastilhas finas de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  para detecção de radiação beta<sup>(2)</sup>. Neste trabalho foi realizado um estudo comparativo da sensibilidade, linearidade da resposta TL com a dose, reprodutibilidade e dependência energética entre o material nacional e pastilhas ultra-finas<sup>(3)</sup> importadas, especialmente produzidas para detecção da radiação beta.

### Materiais e Métodos

#### Detectores de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ + Teflon ( $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ -IPEN)

As pastilhas foram obtidas pela prensagem a frio e sinterização de uma mistura de  $\text{CaSO}_4$  + Teflon, ambos na forma de pó. Foram produzidas pastilhas com espessura entre 0,10mm e 0,80mm, com massas entre 15 e 50mg respectivamente. Em todos os casos, o diâmetro é de 6mm.

Para estudo das características dosimétricas das pastilhas, foi utilizado um sistema leitor termoluminescente produzido pela Harshaw Chemical Company, modelo 2000, módulos A e B.

As irradiações gama foram efetuadas usando-se uma fonte de  $^{60}\text{Co}$  (1GBq). As pastilhas foram sempre irradiadas sob condições de equilíbrio eletrônico, selados em um filme de polietileno de 0,2mm de espessura, somente para proteger as pastilhas de pó.

As irradiações beta foram efetuadas usando-se o sistema padrão secundário beta do Laboratório de Calibração do IPEN, do qual constam as seguintes fontes:  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (74MBq);  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (2MBq);  $^{204}\text{Tl}$  (19,5MBq) e  $^{147}\text{Pm}$  (0,5GBq), produzidas pela Buchler & Company. As pastilhas foram sempre irradiadas sobre um fantoma de lucite de 12mm de espessura e recobertas com filme Hostaphan de 15 $\mu\text{m}$  de espessura. O uso do fantoma é para simular o corpo humano e a radiação espalhada por este.

Todas as medidas foram efetuadas 24 horas após a irradiação. O tratamento térmico padrão para reutilização das pastilhas foi 300°C durante 3 horas.

Todos os resultados representam a média de no mínimo dez medidas e as barras de erro, o desvio padrão da média.

Neste trabalho serão considerados somente os resultados obtidos com os detectores de 0,20 e 0,80mm de espessura, que foram os que apresentaram maior sensibilidade em campos de radiação beta e gama respectivamente.

#### Detectores Ultra-Finos (UT-CaSO<sub>4</sub>:Dy)

Os detectores na forma de discos ultra-finos (6mm de diâmetro e 20µm de espessura) de CaSO<sub>4</sub>:Dy e Teflon (tipo UT-CaSO<sub>4</sub>:Dy), comercializados pela Teledyne Isotopes Inc., testados por da Rosa e Caldas<sup>(3)</sup>, foram irradiados, sempre sobre uma placa de Lucite com espessura de 12mm, utilizando o sistema padrão secundário beta do Laboratório de Calibração do IPEN. O tratamento térmico utilizado foi de 300°C durante 3 horas e antes de serem avaliados, os detectores foram submetidos a um aquecimento de 100°C durante 15 minutos. As amostras foram avaliadas num leitor TL Teledyne 7300C do Instituto de Radioproteção e Dosimetria, CNEN, Rio de Janeiro.

#### Resultados

##### A - Sensibilidade

A sensibilidade média dos detectores do IPEN, expressa como o sinal TL produzido por 1Gy de dose absorvida no ar no caso de radiação beta do <sup>90</sup>Sr + <sup>90</sup>Y ou <sup>204</sup>Tl e  $2,58 \cdot 10^{-4} \text{C} \cdot \text{kg}^{-1}$  de exposição no caso da radiação gama do <sup>60</sup>Co, em 1mg do fósforo, foi determinada e comparada para as pastilhas de 0,20 e 0,80mm de espessura.

Os resultados são mostrados na Tabela 1. Como pode ser observado para a detecção da radiação beta, as pastilhas de 0,20mm de espessura apresentam maior sensibilidade enquanto que para radiação gama as pastilhas de 0,80mm são mais sensíveis. Esse fato pode ser explicado, considerando-se que as partículas beta não penetram em toda a pastilha, mas a contribuição maior é na superfície.

T A B E L A 1  
Comparação da Sensibilidade TL dos Detectores CaSO<sub>4</sub>:Dy-IPEN  
para Radiação beta e Gama

Espessura do Detector	Massa do Fósforo	Sensibilidade TL Média para Radiação Beta		Sensibilidade TL Média para Radiação Gama
		nC . Gy <sup>-1</sup> <sup>90</sup> Sr + <sup>90</sup> Y	mg <sup>-1</sup> <sup>204</sup> Tl	nC . g <sup>-1</sup> <sup>60</sup> Co
0,20	4	78	60	217
0,80	16	55	27	240

##### B - Reprodutibilidade

A reprodutibilidade individual dos detectores do IPEN foi investigada estudando-se o efeito de repetidos ciclos de aquecimento, irradiação com fonte de <sup>90</sup>Sr + <sup>90</sup>Y (1mGy) e leitura TL. Esse estudo foi efetuado com 50 amostras, usadas 2 vezes cada uma. A reprodutibilidade média foi de 1,2% (1σ).

A reprodutibilidade média obtida para 10 detectores ultra-finos irradiados 10 vezes cada um com fonte de <sup>90</sup>Sr + <sup>90</sup>Y (1mGy) foi de 3%<sup>(3)</sup>.

##### C - Dependência Energética

A dependência energética da resposta TL dos detectores do IPEN de 0,20mm e dos detectores ultra-finos foi estudada para diferentes energias

da radiação beta e normalizada para a radiação de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ . Os resultados são representados na Tabela 2.

**T A B E L A 2**  
Dependência da Resposta dos Detectores TL  
em Função da Energia da Radiação Beta

Fonte	Energia Média M e V	Resposta TL relativa ao $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	
		CaSO <sub>4</sub> :Dy-IPEN	UT-CaSO <sub>4</sub> :Dy
$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	0,80	1,00	1,00
$^{204}\text{Tl}$	0,24	0,77	0,85
$^{147}\text{Pm}$	0,06	0,30	0,40

#### D - Linearidade

A resposta TL dos detectores CaSO<sub>4</sub>:Dy-IPEN em função da dose absorvida no ar foi medida para a radiação beta de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ,  $^{204}\text{Tl}$  e  $^{147}\text{Pm}$  entre 0,1 e 10mGy e a linearidade da resposta nesta faixa de dose absorvida é mostrada na Fig. 1.

Os detectores ultra-finos <sup>(3)</sup> irradiados com a fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  apresentaram uma resposta linear desde 0,5mGy (Fig. 2, curva A). No caso do  $^{204}\text{Tl}$ , o comportamento linear da resposta foi observado desde 1mGy (Fig. 2, curva B), enquanto que para  $^{147}\text{Pm}$  os detectores apresentaram uma resposta linear desde 2mGy (Fig. 2, curva C).

#### E - Limite Mínimo de Detecção

O valor mínimo detectável foi tomado como  $(\bar{X} + 3\sigma)$  onde  $\bar{X}$  é o sinal TL médio de amostras não irradiadas e  $\sigma$ , o desvio padrão da média.

A resposta TL média de 100 amostras de CaSO<sub>4</sub>:Dy-IPEN não irradiadas, foi de  $(0,060 \pm 0,005)\text{nC}$ . Deste modo, as doses absorvidas mínimas detectáveis para a radiação de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ,  $^{204}\text{Tl}$  e  $^{147}\text{Pm}$  são de 30, 40 e 100μGy respectivamente.

Para os detectores ultra-finos <sup>(3)</sup> esses valores são de 87, 100 e 139μGy para a radiação de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ,  $^{204}\text{Tl}$  e  $^{147}\text{Pm}$  respectivamente, corrigidos para a falta de linearidade da resposta TL dos detectores nesta faixa de dose absorvida.

#### Conclusão

Todos os resultados obtidos, sensibilidade, limite mínimo de detecção, dependência energética, linearidade da resposta TL em função da dose absorvida, aliados ao fato da reprodutibilidade média da resposta TL ser de  $\pm 1,2\%$ , mostram que as pastilhas de CaSO<sub>4</sub>:Dy + Teflon obtidas pelo Laboratório de Produção de Materiais Dosimétricos do IPEN preenchem todos os requisitos para a sua utilização em monitoração da radiação beta.

#### Referências

1. Proceedings of International Beta Dosimetry Symposium NUREG/CP-0050 Washington, DC, (1983).
2. Campos, L.L. and Lima M.F., Radiat. Prot. Dosim. 18(2) 95 (1987).
3. Da Rosa, L.A.R. and Caldas, L.V.E., Radiat. Prot. Dosim. 14(4) 329(1986).

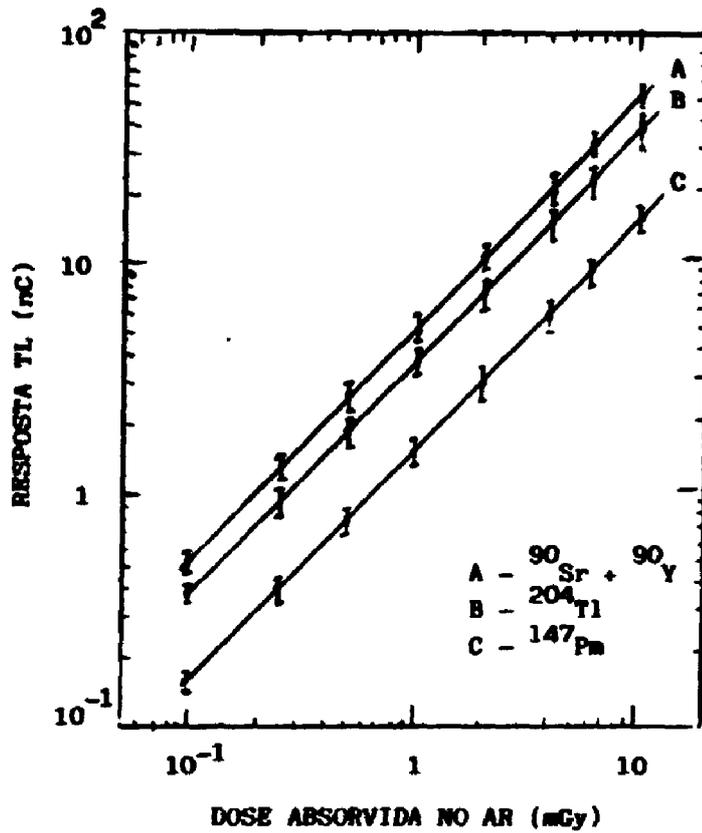


Fig. 1 - Resposta TL do  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ -IPEN em função da dose absorvida no ar para a radiação beta das fontes de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ,  $^{204}\text{Tl}$  e  $^{147}\text{Pm}$ .

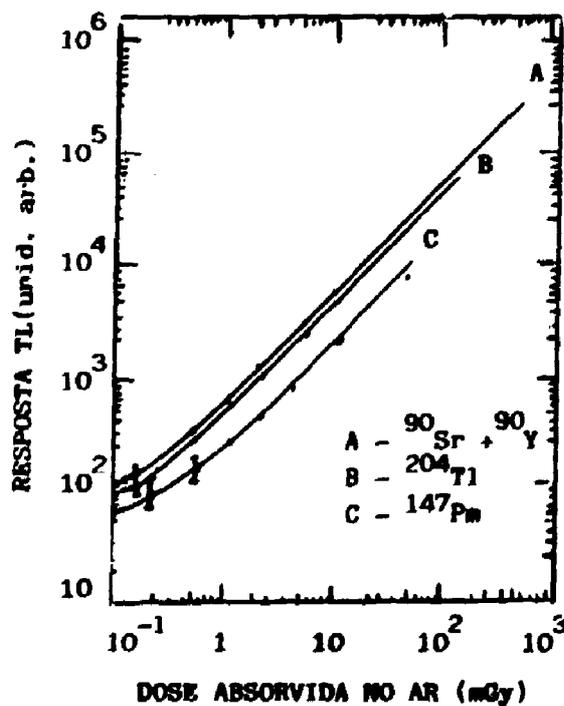


Fig. 2 - Resposta TL em função da dose absorvida do ar para campos de radiação de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ,  $^{204}\text{Tl}$  e  $^{147}\text{Pm}$  do  $\text{UT-CaSO}_4:\text{Dy}$  <sup>(3)</sup>.