

Estudo das Propriedades Dosimétricas de Pastilhas de $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$ para Calibração de Aplicadores de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$

Mércia L. Oliveira e Linda V.E. Caldas

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

Resumo – Placas oftálmicas e dermatológicas de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ podem ser calibradas por meio da utilização do fenômeno da termoluminescência. No IPEN são produzidas pastilhas de $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$, puras ou dopadas com grafite, para a dosimetria da radiação beta. O objetivo deste trabalho é estudar as características dosimétricas destas pastilhas verificando a possibilidade da sua utilização para a calibração de aplicadores côncavos e planos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$. Foi realizado o estudo de repetibilidade das amostras e foram obtidas as curvas de calibração para todos os tipos de pastilhas.

Palavras-chave: Dosímetros termoluminescentes, $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$, radiação beta, $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$.

Abstract – Ophthalmic and dermatological $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ plaques can be calibrated using the thermoluminescent phenomenon. Pure and doped $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$ pellets are produced at IPEN for beta radiation dosimetry. The aim of this work is to study the dosimetric characteristics of these pellets to verify the possibility of their use for the calibration of plane and concave $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ applicators. The response reproducibility and calibration curves were obtained for all types of pellets.

Key-words: Thermoluminescent dosimeters, $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$, beta radiation, $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$.

Introdução

Algumas fontes emissoras de radiação beta são amplamente utilizadas no tratamento de lesões superficiais em braquiterapia. Fontes de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, côncavas e planas, são especialmente úteis nos tratamentos oftálmicos e dermatológicos. O planejamento da terapia depende do conhecimento da taxa de dose absorvida na superfície da fonte, do tamanho da sua área ativa e da distribuição das partículas beta na superfície da placa, entre outros fatores. Embora os aplicadores em uso em hospitais e clínicas possuam certificados de calibração emitidos pelos fabricantes, poucos foram recalibrados ao longo dos anos.

A calibração de aplicadores planos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ é feita com a utilização de câmaras de extrapolação planas; neste caso, as fontes são encostadas à janela da câmara e, por métodos de extrapolação, é possível determinar-se a taxa de dose absorvida no ar, na superfície da fonte. No caso dos aplicadores côncavos, a geometria dificulta a calibração, fazendo com que métodos alternativos de calibração sejam desenvolvidos [1].

Em 1990, Reft e colaboradores [2] demonstraram a possibilidade de calibrar aplicadores oftálmicos, planos ou côncavos, utilizando dosímetros termoluminescentes (TLD). Mais recentemente, a *International Commission on Radiation Units and Measurements* (ICRU), por meio de uma de suas publicações, recomendou o uso de dosímetros relativos, tais como os dosímetros TL, para a calibração das placas côncavas de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ [3]. No Instituto de

Pesquisas Energéticas e Nucleares têm sido desenvolvidas pastilhas de $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$ para dosimetria da radiação beta. Campos e Lima [4] mostraram a utilidade deste material, ao qual foi adicionado Teflon, e posteriormente Campos [5] e Daros e colaboradores [6] estudaram o efeito da adição de grafite às pastilhas de $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$.

O objetivo deste trabalho é estudar as características dosimétricas das pastilhas de $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$, puras e dopadas com grafite, verificando a possibilidade da sua utilização para a calibração de aplicadores côncavos e planos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$.

Metodologia

Foram utilizados três tipos de pastilhas de $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$: pastilhas convencionais (6 mm de diâmetro e 0,8 mm de espessura); pastilhas finas (6 mm de diâmetro e 0,2 mm de espessura); e pastilhas finas dopadas com 10% de grafite (6 mm de diâmetro e 0,2 mm de espessura). Todas as pastilhas foram produzidas no Laboratório de Produção de Materiais Dosimétricos do IPEN. Neste estudo foram utilizadas cinco unidades de cada um dos tipos de materiais estudados. Como dosímetro de referência para a determinação da sensibilidade das pastilhas à radiação beta, foi utilizado o LiF (TLD-100, Harshaw Nuclear Systems). Neste caso também foram utilizados cinco dosímetros, com $3 \times 3 \times 0,9 \text{ mm}^3$.

O sistema de irradiação consiste de uma fonte padrão de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, da Amersham Buchler, calibrada no Laboratório Padrão Primário da Alemanha, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), cuja

atividade atual é de $1,09 \times 10^8$ Bq. Esta fonte possui certificado de calibração para as distâncias de 11, 30 e 50 cm. As pastilhas foram irradiadas em um suporte especial de acrílico, cobertas por uma folha de polietileno tereftalado (Hostaphan), com 15 μ m de espessura, sempre à distância de 11 cm.

Para medição das pastilhas irradiadas, foi utilizado o sistema leitor da Harshaw Nuclear Systems, Modelo 2000 A/B. Foi utilizada uma taxa de aquecimento de 6,5°C/s e a duração do ciclo de leitura foi de 45s, com um fluxo constante de N₂ de 5 L/min. O intervalo de integração utilizado foi de 50 a 300°C. Após o procedimento de medida, as pastilhas foram tratadas termicamente a 300°C por 3h.

Resultados

Para a determinação da repetibilidade da sua resposta, as amostras foram irradiadas 5 vezes nas mesmas condições com uma dose de 1 Gy com radiação beta. Os resultados obtidos foram: 2,8% para as pastilhas finas de CaSO₄:Dy, 2,3% para as pastilhas dopadas com grafite e 8,9% para as pastilhas convencionais.

A resposta TL das pastilhas em função da dose de radiação também foi determinada. As curvas de calibração foram obtidas no intervalo de dose de 1 a 70 Gy. Os resultados são mostrados na Figura 1. O desvio padrão percentual destas medidas foi sempre inferior a 12%.

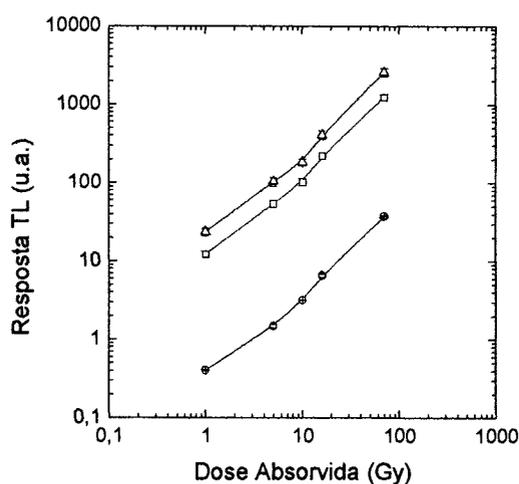


Figura 1 – Curva de calibração das pastilhas de CaSO₄:Dy, sendo a curva vermelha para as pastilhas dopadas com grafite, a preta para as pastilhas finas e a curva verde para as pastilhas convencionais.

Para determinação da sensibilidade TL, todas as amostras foram expostas à fonte beta de ⁹⁰Sr+⁹⁰Y com dose igual a 1 Gy. As medidas da termoluminescência foram normalizadas em relação à resposta do LiF. O resultado é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Sensibilidade TL das pastilhas de CaSO₄:Dy em relação ao LiF (TLD-100 Harshaw). Pastilhas irradiadas com 1 Gy.

Material	Sensibilidade
LiF	1
CaSO ₄ :Dy fina	12
CaSO ₄ :Dy + 10% C	0,4
CaSO ₄ :Dy convencional	20

Como uma aplicação, as pastilhas foram expostas também a um aplicador plano de ⁹⁰Sr+⁹⁰Y (Amersham), cuja atividade atual é $6,46 \times 10^8$ Bq. Neste caso, as pastilhas foram cobertas com a folha de Hostaphan e colocadas sobre um suporte de acrílico com 16 mm de espessura. O aplicador foi encostado às pastilhas durante a irradiação. A dose absorvida no ar foi determinada: os resultados obtidos são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de dose absorvida obtidos a partir das curvas de calibração.

Pastilhas	Dose absorvida (Gy)
CaSO ₄ :Dy fina	10,80 ± 0,55
CaSO ₄ :Dy + 10% C	11,68 ± 0,54
CaSO ₄ :Dy convencional	10,93 ± 0,68

Discussão e Conclusões

A partir dos resultados obtidos, vê-se que a utilização das pastilhas de CaSO₄:Dy produzidas no IPEN para dosimetria beta (⁹⁰Sr+⁹⁰Y) é possível.

As curvas de calibração obtidas mostraram a utilidade dos três tipos de materiais em todo o intervalo de dose estudado.

O desempenho insatisfatório das pastilhas CaSO₄:Dy convencionais com relação ao teste de reprodutibilidade era esperado pois, como se sabe, no caso da detecção da radiação beta, são recomendados dosímetros de menor espessura, devido à baixa penetração da radiação beta na matéria.

As pastilhas de CaSO₄:Dy + 10% C apresentaram decréscimo na sua sensibilidade em relação às pastilhas sem grafite, o que já era esperado. Segundo Daros e colaboradores [6], a adição de grafite é importante para reduzir a dependência energética das pastilhas embora cause perda da sensibilidade TL.

As diferenças percentuais entre os valores de dose absorvida determinados e o valor que consta no certificado de calibração (corrigido para os dias atuais) do aplicador plano foram iguais a: 8% para as pastilhas finas, 17% para as pastilhas dopadas com grafite e 9% para as pastilhas convencionais, que estão dentro da incerteza de 20%, fornecida no certificado de calibração do aplicador.

Pode-se concluir que, dentre os materiais testados, os mais indicados para calibração de fontes de ⁹⁰Sr+⁹⁰Y são as pastilhas finas de CaSO₄:Dy, pois estas apresentaram repetibilidade e sensibilidade apropriadas, além de uma curva de calibração adequada.

Agradecimentos

As autoras agradecem à Dra. Leticia Campos pelo fornecimento das amostras e ao Sr. Vanderlei Inocêncio Souto por sua confecção. As autoras agradecem também à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro parcial.

Referências

- [1] De Almeida C, Dewerd L, Järvinen H, Soares C. Guidelines for the calibration of low energy photon sources and beta-ray brachytherapy sources. SSDL Newsletter 2000; 4-25.
- [2] Reft CS, Kuchnir FT, Rosenberg I, Myriantopoulos, LC. Dosimetry of Sr-90 ophthalmic applicators. Med. Phys. 1990; 17 (4): 641-646.
- [3] International Commission on Radiation units and Measurements. Dosimetry of beta rays and low-energy photons for brachytherapy with sealed sources. ICRU Draft Report, 2001.
- [4] Campos LL, Lima MF. Thermoluminescent CaSO₄:Dy teflon pellets for beta radiation detection. Radiat. Prot. Dosim. 1987; 18 (2): 95-97.
- [5] Campos LL. Graphite mixed CaSO₄:Dy TL dosimeters for beta radiation dosimetry. Radiat. Prot. Dosim. 1993; 48 (2): 205-207.
- [6] Daros KAC, Campos LL, Medeiros RB. TL response study of the CaSO₄:Dy pellets with graphite for dosimetry in beta radiation and low-energy photons fields. Appl. Radiat. Isot. 1990; 54 (6): 957-960.

Contato

Mércia L. Oliveira e Linda V.E. Caldas
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)
Comissão Nacional de Energia Nuclear
Av. Prof. Lineu prestes, 2242
05508-000, São Paulo, SP, Brasil
Telefone: (11) 3816 9211
E-mail: mlolivei@ipen.br e lcaldas@ipen.br