

Estudo Comparativo da Resposta TL e LOE de diferentes Materiais na Calibração de Fontes utilizadas em Betaterapia

Patrícia L. Antonio¹, Teresa N. O. Pinto^{1,2} e Linda V. E. Caldas¹

¹Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear, IPEN-CNEN/SP, São Paulo, Brasil

²Fundacentro, Ministério do Trabalho e Emprego, São Paulo, Brasil

Resumo. Diferentes tipos de materiais vêm sendo utilizados em diversas áreas da dosimetria das radiações, e suas respostas podem ser obtidas estimulando-os pelo processo de termoluminescência (TL) ou luminescência opticamente estimulada (LOE). O objetivo deste trabalho foi estudar diferentes tipos de materiais TL e LOE com aplicação na calibração de aplicadores clínicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, bem como comparar os valores de taxas de dose absorvida obtidos com cada material e técnica, com os respectivos certificados de calibração das fontes.

Palavras-chave: termoluminescência, luminescência opticamente estimulada, aplicadores clínicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, calibração.

Comparative Study of the TL and OSL Response of different Materials for the Calibration of Sources used in Betatherapy

Abstract. Different kinds of materials have been applied in several areas of radiation dosimetry, and their response can be obtained stimulating the materials by the thermoluminescence (TL) or optically stimulated luminescence (OSL) processes. The objective of this work was to study different TL and OSL materials with application in the calibration of the $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ clinical applicators, and to compare the absorbed dose rates obtained with each material and technique, with those of the calibration certificates of the sources.

Keywords: thermoluminescence, optically stimulated luminescence, $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ clinical applicators, calibration.

1. Introdução

A termoluminescência (TL) é um processo físico na qual ocorre uma emissão termicamente estimulada da energia armazenada nos materiais termoluminescentes quando são submetidos à radiação. Após uma amostra ser aquecida, ocorre a emissão de sua energia na forma de luz.

Os materiais utilizados na dosimetria termoluminescente são diversos, como por exemplo: LiF:Mg,Ti, LiF:Mg,Cu,P, Li₂B₄O₇:Mn, Al₂O₃:C, CaF₂:Dy, CaF₂:Mn e CaSO₄:Dy.

O Laboratório de Materiais Dosimétricos (LMD) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) produz pastilhas de CaSO₄:Dy finas (20 mg), convencionais (50 mg) e com grafite (20 mg); a todas estas amostras é adicionado Teflon^[1,2].

Os diferentes tipos de dosímetros podem ser usados em dosimetria beta, gama e de raios X, e os de CaSO₄:Dy apresentam certas vantagens com relação a outros materiais, como por exemplo, não possuir decaimento térmico acentuado e sua resposta não ser influenciada significativamente por condições ambientais, apesar de ser sensível à luz.

Dosímetros termoluminescentes também podem ser utilizados na calibração de fontes especiais utilizadas em betaterapia, os aplicadores clínicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ ^[3,4,5]. Estas fontes também podem ser calibradas utilizando-se câmaras de ionização diferentes, e recomendadas para a calibração de fontes beta, as câmaras de extrapolação^[6,7,8].

Na luminescência opticamente estimulada (LOE ou OSL) a amostra é excitada por um processo óptico para que ocorra a emissão de luz. No caso da TL a excitação é térmica. Detectores LOE de Al₂O₃:C são os mais utilizados; apresentam propriedades dosimétricas excelentes, bem como uma aplicação significativa em dosimetria pessoal e na dosimetria da radiação beta^[9,10,11].

Um estudo recente mostrou a aplicação da LOE na calibração de aplicadores clínicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ ^[12]. Os resultados revelaram uma semelhança significativa entre os valores obtidos utilizando-se as técnicas TL, com dosímetros de CaSO₄:Dy, e LOE, com detectores de Al₂O₃:C.

O objetivo deste trabalho foi comparar os valores de taxa de dose absorvida obtidos na calibração de diferentes aplicadores dermatológicos, utilizando-se diferentes materiais termoluminescentes (LiF:Mg, Ti (TLD-100),

CaF₂:Dy (TLD-200), CaF₂:Mn (TLD-400) e CaSO₄:Dy + teflon fino (20 mg)) e Al₂O₃:C comercial como material LOE, com os valores fornecidos em seus certificados de calibração.

2. Materiais e Métodos

Neste trabalho, um aplicador clínico de ⁹⁰Sr+⁹⁰Y, foi utilizado como referência; a esta fonte foi dada o nome de aplicador NIST pois ela possui calibração no laboratório padrão primário do *National Institute of Standards and Technology* (NIST), Estados Unidos. Esta fonte foi utilizada como sistema padrão para a calibração de três aplicadores clínicos de ⁹⁰Sr+⁹⁰Y: A1 e A2, com certificado de calibração da Amersham, e A3, que não apresenta certificado de calibração. As especificações das fontes utilizadas podem ser observadas na Tabela 1.

Aplicador	Marca e modelo	Taxa de dose absorvida (Gy/s)	Data da calibração
NIST	Atlantic Research Corporation/ B-1 S/N 233	0,40 ± 0,02	28.01.2003
A1	Amersham/ SIQ 18	0,056 ± 0,011	08.11.1968
A2	Não possui certificado		
A3	Amersham/ SIQ 21	0,053*	17.09.1986

* Não apresentam incerteza nos dados de seus certificados de calibração.

Foram utilizados diferentes materiais TL e um material LOE, com características que podem ser observadas na Tabela 2.

Material	Fabricante	Dimensões
CaSO ₄ :Dy + Teflon (20 mg)	IPEN	Diâmetro: 6,0 mm Espessura: 0,2 mm
LiF:Mg,Ti (TLD-100)	Harshaw	3x3x0,9 mm ³
CaF ₂ :Dy (TLD-200)	Harshaw	3x3x0,9 mm ³
CaF ₂ :Mn (TLD-400)	Harshaw	3x3x0,9 mm ³
Al ₂ O ₃ :C (em LOE)	Landauer	Diâmetro: 7,0 mm Espessura: 0,3 mm

As leituras TL foram obtidas logo após todas as irradiações das amostras. Foi utilizado, para a obtenção das respostas TL, o sistema leitor Harshaw TLD Reader, modelo 3500 (Fig. 1a), com uma taxa de aquecimento linear de 10°C.s⁻¹ e um fluxo constante de N₂ de 5,0 l.min⁻¹. Após as leituras, as amostras de CaSO₂:Dy foram tratadas termicamente a 300 °C durante 3 horas, e as amostras TLD-100, a 400 °C por 1 hora. As amostras TLD-200 e 400 foram tratadas a 500 °C por 1 hora.

Os detectores nanodots de Al₂O₃:C utilizados, da Landauer, tiveram suas leituras obtidas por meio da leitora OSL da Landauer microStar (Fig. 1b). Estas amostras foram tratadas opticamente a 26x10³ lux durante 1 hora.



Figura 1. Sistemas leitores utilizados em (a) TL e (b) LOE.

3. Resultados

3.1. Curvas de dose-resposta do aplicador NIST para diferentes materiais TL e LOE

A resposta TL das amostras foi obtida irradiando-se os dosímetros com o aplicador NIST em doses absorvidas diferentes: 5, 7,5, 10, 12,5, 15, e 20 Gy. No caso dos detectores LOE, as amostras foram irradiadas com doses de 3, 5, 7,5 e 10 Gy. As curvas de dose-resposta obtidas para cada um dos materiais utilizados no trabalho podem ser observadas nas Fig. 2 e 3. Todas as amostras utilizadas foram irradiadas a uma distância nula entre aplicador e dosímetro.

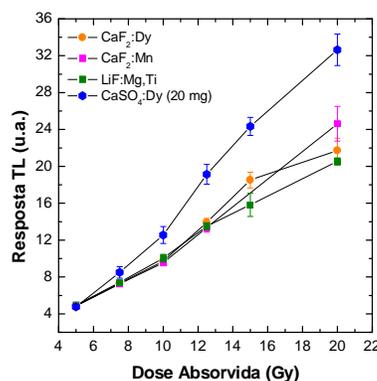


Figura 2. Curvas de dose-resposta obtidas das amostras utilizadas em TL.

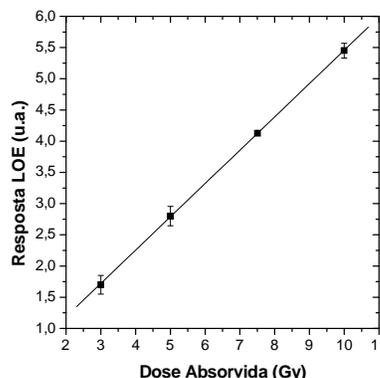


Figura 3. Curva de dose-resposta obtida do detector de Al₂O₃:C comercial utilizado em LOE.

3.2. Calibração de aplicadores clínicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$

Por meio das curvas de dose-resposta do aplicador NIST, obtidas pelas técnicas TL e LOE, pôde-se determinar as taxas de dose absorvida para cada um dos aplicadores estudados (A1, A2 e A3).

Para tal, as amostras TL e LOE foram irradiadas com os aplicadores A1, A2 e A3, durante 330 s, 330 s e 300 s, respectivamente. Nestas

irradiações, manteve-se a distância nula entre fonte e dosímetro. Estes intervalos de tempo foram determinados levando-se em conta a atividade de cada fonte. As taxas de dose absorvida obtidas para cada um dos aplicadores, e utilizando-se os diferentes materiais, podem ser observadas na Tabela 3. As diferenças obtidas entre as taxas de dose absorvida podem ser observadas na Tabela 4.

Tabela 3. Taxas de dose absorvida dos aplicadores clínicos obtidas neste trabalho, utilizando-se diferentes materiais dosimétricos e as técnicas TL e LOE, em comparação com os valores estabelecidos em seus certificados de calibração.

Aplicador de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$	Taxas de Dose Absorvida (Gy/s)					
	Certificado	$\text{CaSO}_4:\text{Dy}$	$\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$	$\text{CaF}_2:\text{Dy}$	$\text{CaF}_2:\text{Mn}$	$\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$ (em LOE)
A1	$0,021 \pm 0,004$	$0,025 \pm 0,005$	$0,019 \pm 0,004$	$0,031 \pm 0,006$	$0,022 \pm 0,004$	$0,027 \pm 0,005$
A2	—	$0,029 \pm 0,006$	$0,024 \pm 0,005$	$0,035 \pm 0,007$	$0,031 \pm 0,006$	$0,034 \pm 0,007$
A3	$0,030 \pm 0,006$	$0,034 \pm 0,007$	$0,031 \pm 0,006$	$0,041 \pm 0,008$	$0,036 \pm 0,007$	$0,039 \pm 0,008$

Tabela 4. Diferenças percentuais entre a taxa de dose absorvida obtida utilizando-se cada um dos dosímetros e a fornecida pelo certificado de calibração de cada fonte.

Aplicador de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$	Diferença (%)				
	$\text{CaSO}_4:\text{Dy}$	$\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$	$\text{CaF}_2:\text{Dy}$	$\text{CaF}_2:\text{Mn}$	$\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$ (em LOE)
A1	-16	10	-32	-4	-22
A3	-12	-3	-27	-17	-23

Os valores de taxa de dose absorvida foram obtidos e comparados com aqueles fornecidos pelos certificados de calibração de cada aplicador clínico. Com estes valores, pôde-se concluir que a menor diferença entre o valor obtido e o determinado pelo certificado foi de -3%, no caso das amostras de $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$ e para o aplicador A3, e a maior diferença foi de -32%, que ocorreu para as amostras de $\text{CaF}_2:\text{Dy}$ e o aplicador A1. Diferenças percentuais não puderam ser obtidas no caso do aplicador A2, uma vez que esta fonte não apresenta certificado de calibração.

Comparando-se os valores obtidos de cada material TL com o material LOE, a menor diferença obtida foi de 3% para o aplicador A2 e para o $\text{CaF}_2:\text{Dy}$, e a maior diferença foi de -30%, que ocorreu entre a amostra LOE e o $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$, para o aplicador A1.

4. Conclusões

Analisando-se os resultados obtidos neste trabalho, pode-se observar que as técnicas de termoluminescência e luminescência podem ser empregadas na calibração de fontes utilizadas em betaterapia. Além disso, seguindo-se o objetivo principal deste trabalho e levando-se em conta que a incerteza associada aos aplicadores na calibração do fabricante é de 20%, os valores obtidos mostraram que os materiais estudados em TL e LOE neste trabalho podem ser utilizados com eficiência na calibração de fontes de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$.

Agradecimentos

As autoras agradecem à FAPESP, CNPq, CAPES e MCT (Projeto INCT: Metrologia das Radiações na Medicina), pelo apoio financeiro parcial.

Referências

- Campos LL, Lima MF. Thermoluminescent $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ teflon pellets for beta radiation detection. *Radiat. Prot. Dos.* 1987; 18(2):95-7.
- Campos LL. Graphite mixed $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ TL dosimeters for beta radiation dosimetry. *Radiat. Prot. Dos.* 1993; 48(2):205-7.
- Antonio PL, Caldas LVE. Desenvolvimento de um sistema postal dosimétrico para calibração de aplicadores clínicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$. Livro de resumos do Primeiro Congresso de Proteção contra Radiações de Países e Comunidades de Língua Portuguesa; 24-27 de novembro de 2009; Lisboa Portugal.
- Oliveira ML, Caldas, LVE. Performance of thin $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ pellets for calibration of $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ sources. *Nucl. Instrum. Met. Phys. Res. A* 2007; 580:293-5.
- Soares CG, Douysset G, Mitch MG. Primary standards and dosimetry protocols for brachytherapy sources. *Metrologia* 2009; 46:80-98.
- Soares CG. Calibration of ophthalmic applicators at NIST: A revised approach. *Med Phys.* 1991; 18(4):787-793.
- Dias SK, Caldas LVE. Development of an extrapolation chamber for the calibration of beta-ray applicators. *IEEE Trans. Nucl. Scie.* 1998; 45(3):1666-9.
- Oliveira ML, Caldas, LVE. A special mini-chamber for calibration of $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ sources. *Phys. Med. Biol.* 2005; 50:2929-2936.
- Akselrod A, Akselrod MS, Larsen NA, Banerjee D, Botter-Jensen L, Christensen P, Lucas AC, McKeever SWS, Yoder RC. Optical stimulated luminescence response of Al_2O_3 to beta radiation. *Radiat. Prot. Dos.* 1999; 85:125-128.

10. McKeever SWS. Optically stimulated luminescence dosimetry. Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res B 2001; 184:29-54.
11. Pinto TNO, Cecatti SGP, Gronchi CC, Caldas LVE. Application of the OSL technique for beta dosimetry. Radiat. Meas. 2008; 43:332-4.
12. Antonio PL, Pinto TNO, Caldas LVE. TL and OSL techniques for calibration of $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ clinical applicators. Proceedings of Third European IRPA Congress 2010 June 14-18; Helsinki, Finland.

Contato:

Nome: Patrícia de Lara Antonio

E-mail: patrilan@ipen.br