

## Resposta de Microcubos de TLD-100<sup>TM</sup> a dois feixes de qualidade RQR3

Nunes MG <sup>1</sup>, Villani D<sup>1</sup>, Almeida SB <sup>1</sup>, Vivolo V <sup>1</sup>, Yoriyaz H <sup>1</sup>, Louis GMJ <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; <sup>2</sup> Universidad Nacional Autónoma de México

E-mail: dvillani@ipen.br

**Resumo:** A resposta de microcubos de TLD-100<sup>TM</sup> a dois feixes de qualidade RQR 3, definida pela norma IEC-61267, é comparada para que a dependência da resposta do TLD-100<sup>TM</sup> com a energia efetiva do feixe de radiação X reportada na literatura seja avaliada nessas condições. A reprodutibilidade dos microcubos de TLD-100<sup>TM</sup> é avaliada através da resposta de um segundo conjunto de dosímetros, obtida em uma segunda leitora, ao feixe implementado no Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN. A dependência da resposta com a energia efetiva ou o espectro do feixe não foi detectada e a reprodutibilidade das medidas é de 90,2%.

**Palavras-chave:** TLD-100<sup>TM</sup>; microcubos; dosimetria termoluminescente.

**Abstract:** The present work compares the response of TLD-100<sup>TM</sup> microcubes to two RQR 3 diagnostic radiology reference quality radiation beams, defined by IEC-61267 norm, aiming to evaluate the detectability of TLD-100<sup>TM</sup> energy dependence reported in literature within the same reference quality radiation range. TLD-100<sup>TM</sup> microcubes reproducibility is assessed through the response of a second set of TLD-100<sup>TM</sup> microcubes, evaluated in a second thermoluminescence reader, to the RQR 3 diagnostic radiology reference quality radiation beam implemented at the Laboratório de Calibração de Instrumentos of IPEN. The dependence of TLD-100<sup>TM</sup> microcubes TL response was not detectable in these conditions and the reproducibility of the measurements is 90,2%.

**Keywords:** TLD-100<sup>TM</sup>; microcubes; thermoluminescent dosimetry.

### 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a literatura, a resposta dos dosímetros termoluminescentes (TLD) baseados no fluoreto de lítio (LiF) é dependente da energia efetiva do feixe de radiação com que os mesmos são irradiados. [Davis, 2003; Nunn, 2008]

Em trabalhos mais recentes, também foi observada a dependência da resposta termoluminescente (TL) do LiF com o próprio espectro do feixe de fótons. [Scarboro, 2011]

Sendo o TLD-100<sup>TM</sup> produzido a partir de LiF com a ocorrência natural dos isótopos do Lítio ativado com Magnésio e Titânio (LiF:Mg,Ti), os microcubos de 1 mm de aresta desse material fornecidos pela Thermo Scientific<sup>TM</sup> podem apresentar respostas diferentes quando irradiados com feixes de energias efetivas ou espectros com diferenças sutis.

Uma vez que a norma IEC-61267 define feixes de radiação X de uma mesma qualidade com características sutilmente diferentes, a comparação da resposta fornecida pelo mesmo

conjunto de microcubos de TLD-100<sup>TM</sup> avaliada pela mesma leitora termoluminescente após a irradiação com dois feixes de mesma qualidade fornece uma boa indicação da dependência da resposta dos microcubos com a energia efetiva e o espectro do feixe quando as diferenças consideradas são pequenas. [IEC, 2005]

A dependência da resposta TL com a energia efetiva ou o espectro do feixe não foi observada para as pequenas diferenças entre os dois feixes de qualidade RQR 3.

A comparação entre os resultados obtidos com os dois sistemas dosimétricos independentes permitiu avaliar a reprodutibilidade da curva de calibração obtida em X%.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Sistemas dosimétricos

Dois conjuntos de microcubos de TLD-100<sup>TM</sup> de mesma sensibilidade ao <sup>60</sup>Co, selecionados a partir dos lotes de 15% de acurácia dentro de dois desvios padrão fornecidos pelo fabricante, e duas leitoras termoluminescentes Harshaw modelo 3500 (Thermo Scientific<sup>TM</sup>) foram utilizados na determinação das respostas TL aos feixes de qualidade RQR 3 estudados.

O primeiro conjunto de microcubos é formado por 25 TLD, sendo 5 TLD de controle da radiação de fundo e 4 TLD a serem irradiados com cada dose. O segundo conjunto é formado por 18 TLD, 3 TLD de controle e 3 TLD para cada dose.

As leituras foram realizadas em sincronia, sempre decorridas ao menos 24 h da irradiação para o decaimento dos picos TL de baixas temperaturas e seguindo o protocolo padrão de aquisição de dados para o TLD-100<sup>TM</sup> irradiado com doses baixas que acompanha o programa WinRENS de controle da leitora TL.

### 2.2. Feixes de qualidade RQR 3

Os feixes de qualidade RQR 3 em nível radiodiagnóstico utilizados nesse trabalho estão estabelecidos na Universidad Nacional Autónoma de

México (UNAM) e no Laboratório de Calibração de Instrumentos (LCI) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

O feixe de qualidade RQR 3 foi estabelecido na UNAM a partir da aplicação de uma tensão de 60 kV ao tubo de raios-X com corrente de 2 mA, filtração de 1,8288 mm de alumínio (Al), primeira camada semi-redutora de  $1,75 \pm 0,11$  mm de Al, segunda camada semi-redutora de  $2,6 \pm 0,5$  mm de Al e energia efetiva de  $27,28 \pm 0,05$  keV. As irradiações foram realizadas em ar a uma distância de  $0,882 \pm 0,005$  m da fonte de raios-X em frações de 50 mGy.

De maneira análoga, o feixe de qualidade RQR 3 foi estabelecido no LCI a partir da aplicação de uma tensão de 50 kV ao tubo de raios-X com corrente de 10 mA, filtração de 2,4 mm de Al e primeira camada semi-redutora de  $1,78 \pm 0,11$  mm de Al e energia efetiva de  $29,7 \pm 0,5$  keV. As irradiações foram realizadas em ar a uma distância de  $1,000 \pm 0,005$  m da fonte de raios-X em frações de 50 mGy.

Nos dois casos, foram utilizadas doses nominais de 50; 100; 150; 200 e 250 mGy definidas à partir da taxa de kerma no ar à distância da fonte ao detector e doses reais com variações menores que 0,01%.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As curvas de calibração obtidas com o mesmo conjunto de microcubos nos dois feixes de qualidade RQR 3 é apresentada na figura 1.

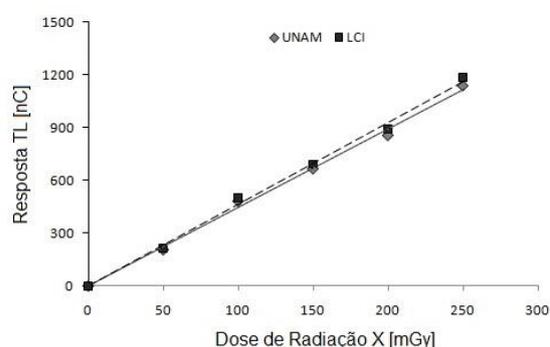


Figura 1 - Curva de calibração dos microcubos nos feixes de qualidade RQR 3 implementados na UNAM e no LCI.

As incertezas do tipo A associadas a cada ponto, de no máximo 6 nC, são menores que a representação gráfica do próprio ponto e foram determinadas através da propagação das incertezas do tipo A associadas à média das medidas de luz padrão realizadas antes da leitura do sinal TL do grupo de dosímetros, à média das medidas de luz padrão realizadas no ciclo de leituras como um todo, à resposta TL do grupo e à resposta TL dos dosímetros não-irradiados.

As incertezas do tipo B associadas à resposta TL se refletem na variação da luz padrão, sendo definidas pela razão entre a média das medidas de luz padrão realizadas antes das leituras dos sinais TL de um determinado grupo de dosímetros e a média das medidas de luz padrão realizadas no ciclo de leituras como um todo. Essa razão é então utilizada para corrigir a resposta TL antes da obtenção da curva de calibração do conjunto de dosímetros.

A figura 2 apresenta o comportamento da média das medidas de luz padrão ao longo do ciclo de leituras para as duas leitoras utilizadas.

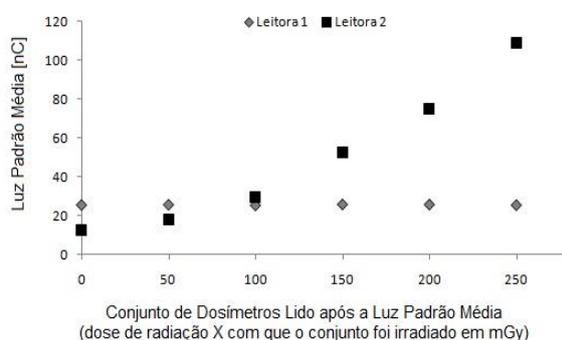


Figura 2 – Médias das medidas de luz padrão realizadas ao longo de um ciclo de leituras.

Os coeficientes de calibração, de  $0,223 \pm 0,012 \text{ mGy.nC}^{-1}$  para o feixe da UNAM e de  $0,215 \pm 0,012 \text{ mGy.nC}^{-1}$  para o feixe do LCI concordam em  $96,08 \pm 0,10\%$  e apresentam um coeficiente de correlação de  $0,991 \pm 0,003$ .

Desse modo, o limite inferior de detecção de  $5,07 \pm 0,05 \text{ nGy}$  é elevado demais para que a dependência da resposta TL dos microcubos de TLD-100<sup>TM</sup> com a energia efetiva ou o espectro do feixe seja notada dentro das variações utilizadas nesse estudo.

A figura 3 apresenta a curva de calibração dos dois conjuntos de microcubos de TLD-100<sup>TM</sup> para o feixe de qualidade RQR 3 do LCI. As incertezas do tipo A e do tipo B foram avaliadas como anteriormente e são, novamente, menores que a representação gráfica dos pontos.

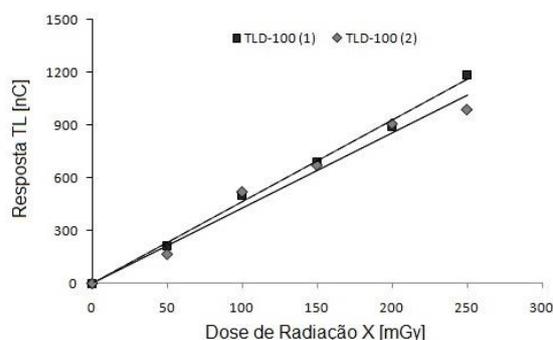


Figura 3 - Curvas de calibração dos dois conjuntos de microcubos para o feixe de qualidade RQR 3 implementado no LCI.

O coeficiente de correlação entre os dois conjuntos de TLDs irradiados no feixe implementado no LCI de  $0,986 \pm 0,003$  atesta que os dois sistemas de dosimetria termoluminescente podem ser considerados redundantes, de forma que o acordo em  $90,2 \pm 0,5\%$  dentro de dois desvios padrão entre os coeficientes de calibração obtidos com cada um dos conjuntos no feixe de qualidade RQR 3 implementado no LCI define a reprodutibilidade das medidas realizadas também no feixe de qualidade RQR 3 implementado na UNAM.

#### 4. CONCLUSÕES

A dependência da resposta TL dos microcubos de TLD-100<sup>TM</sup> de  $5,07 \pm 0,05 \text{ nGy}$  de limite inferior de detecção com a energia efetiva ou o espectro do feixe não é notada dentro das variações em que a qualidade RQR 3 é considerada implementada pela IEC-61267.

A repetibilidade das medidas é de  $96,08 \pm 0,10\%$ , considerando-se os dois feixes de qualidade RQR 3 idênticos, e a reprodutibilidade das medidas é de  $90,2 \pm 0,5\%$ , considerando-se idênticos os dois sistemas de dosimetria termoluminescentes.

## REFERÊNCIAS

Davis SD, Ross CK, Mobit PN, Van der Zwan L, Chase WJ, Shortt KR **The response of LiF thermoluminescence dosimeters to photon beams in the energy range from 30 kV x rays to  $^{60}\text{Co}$  gamma rays.** Radiat Prot Dosimetry, 2003. 106(1): p. 33-43.

Nunn AA, Davis SD, Micka JA, DeWerd LA **LiF:Mg,Ti TLD response as a function of photon energy for moderately filtered x-ray spectra in the range of 20-50 kVp relative to  $^{60}\text{Co}$ .** Med Phys, 2008. 35(5): p. 1859-69.

Scarboro SB, Followill DS, Howell RM, Kry SF **Variations in photon energy spectra of a 6 MV beam and their impact on TLD response.** Med Phys, 2011. 38(5): p. 2619-28

INTERNATIONAL ELETROTECHICAL COMMISSION. **IEC 61267 : Medical diagnostic x-ray equipment – Radiation conditions for use in the determination of characteristics.** Geneva, 2005.