

AVALIAÇÃO DO LIMITE DE REPETITIVIDADE E DE DETECÇÃO DE DOSÍMETROS DE $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$

Vicente de Paulo de Campos¹, Mirian Saori Doi¹, José Eduardo Manzoli^{1,2}

¹Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, São Paulo, Brasil

²Universidade São Judas Tadeu

Resumo: A resposta de um dosímetro termoluminescente, TLD, utilizado por um trabalhador ou colocado em um local que possa estar sujeito a um campo de radiação gama, deve ser muito bem caracterizada afim de se obter a *Dose Individual para Fótons*, H_x , ou a *Exposição*, X , a ele atribuída com precisão e confiança. Entre as avaliações envolvidas nesta caracterização encontra-se a seleção dos dosímetros segundo a sua sensibilidade, a sua repetitividade quando usado várias vezes num mesmo campo de radiação e o seu limite de detecção, avaliações estas que são apresentadas neste trabalho para os detectores produzidos no IPEN.

Palavras chave: selecionamento, monitoração individual, dosimetria

1. INTRODUÇÃO

O Laboratório de Dosimetria Termoluminescente, LDT-IPEN, utiliza, para monitoramento individual externo de seus trabalhadores [1] e monitoração ambiental, TLDs compostos de três detectores ou pastilhas termoluminescentes, vide figura 1.

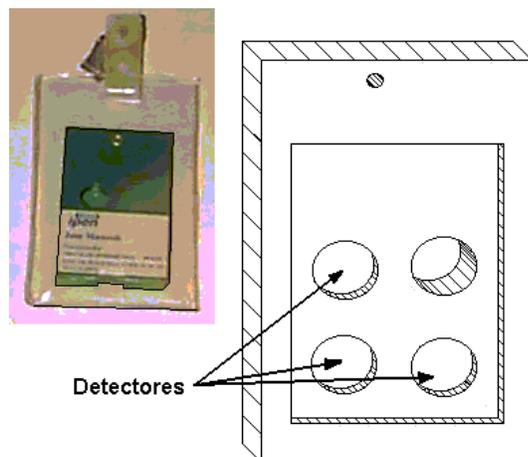


Fig. 1. Dosímetro (6x4cm) do LDT-IPEN/CNEN. Nas posições indicadas no esquema interno inserem-se três detectores ou pastilhas de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}/\text{PTFE}$.

As pastilhas estão na forma de pequenos discos com diâmetro de 6,0 mm e espessura de 1,0 mm de Sulfato de Cálcio dopado com Disprósio ($\text{CaSO}_4:\text{Dy}$) prensado com politetrafluoretileno (PTFE)¹.

Como não são selecionados pelo fornecedor, as pastilhas devem ser caracterizadas antes de sua utilização. A avaliação termoluminescente das pastilhas é realizada em leitores como o Modelo 5500 da Harshaw.

O método de medição utilizado tem diversas fontes de incerteza, que são descritas pelo diagramas de causa-efeito (Ishikawa) esquematizado na figura 2.

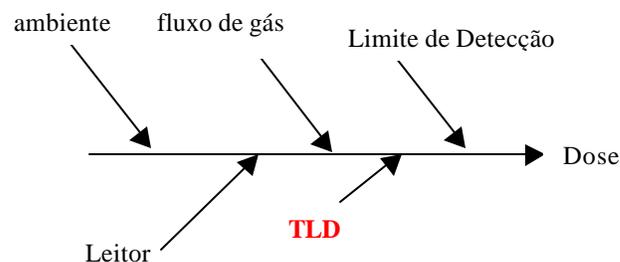


Fig. 2. Diagrama de causa-efeito (Ishikawa) para avaliação das incertezas na obtenção da resposta de um TLD.

Neste diagrama as fontes de incerteza provenientes do ramo TLD (detector ou pastilha em si) apresentam os fatores de incerteza repetitividade, reprodutividade, tratamento térmico, homogeneidade, limite de detecção e característica do material dosimétrico, vide figura 3.

O “peso” dos vários fatores que compõe a incerteza “TLD” deve ser metodicamente avaliado, variando-se cada fator e mantendo-se constantes os demais. É a chamada análise de robustez, em ensaios analíticos.

Neste trabalho avaliou-se apenas os ramos “repetitividade” e “limite de detecção”. A repetitividade avalia o quão bom um detector consegue repetir uma medição, mantendo-se todas as outras condições do ensaio.

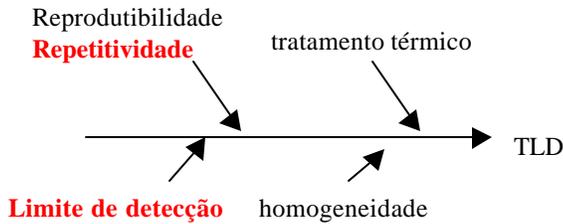


Fig 3. Diagrama de causa-efeitos (Ishikawa) para o detector.

2. Procedimento Experimental

Nas medições termoluminescentes, extremamente indiretas e destrutivas (pois não se pode recuperar o valor mensurado, realizando a medição novamente), as várias condições do ensaio, tais como todos os detalhes da irradiação, do tratamento térmico, os parâmetros do equipamento leitor, as condições ambientais etc., são difíceis de se manterem em intervalos pequenos, por este motivo apresenta-se aqui o procedimento para avaliar a repetitividade dos detectores. Assim, não se pode afirmar que um mesmo detector tenha uma repetitividade inferior a esse limite, nas condições técnicas disponíveis. O limite de detecção é avaliado, pois é o valor abaixo do qual não se pode realizar medições TL com este detector.

2.1 Repetitividade

Ao se receber as pastilhas, procede-se ao selecionamento dos lotes por sensibilidade [2], baseando-se na distribuição de resposta TL a um mesmo campo de radiação gama, vide figura 4.

Nota-se que há variações de mais de 100% nas respostas, atestando uma grande inhomogeneidade das pastilhas recebidas. A repetitividade avalia a capacidade de uma pastilha permanecer dentro de cada lote de sensibilidade.

Uma amostra contendo 189 detectores, pertencentes a um dos lotes, foi preparada tratando-se termicamente, irradiando-se com 5,0 mGy de kerma no ar e avaliando-se no leitor TL por três vezes e aquelas com desvio percentual da média acima de 10% foram excluídas para caracterizar o lote que já havia sido selecionado.

Procedeu-se, então, ao tratamento térmico, à irradiação com 5,0 mGy de kerma no ar e à avaliação no leitor TL numa série de 4 repetições das pastilhas restantes.

Calculou-se o desvio máximo relativo percentual, $D_{\%}$, de cada pastilha a cada duas repetições, que ocorrem em intervalos de 52 horas.

O desvio máximo relativo percentual, é dado por:

$$D_{\%} = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\min}} \cdot 100 \quad (1)$$

onde A é o resultado da avaliação termoluminescente.

Avaliou-se o número de detectores que apresentam desvio máximo relativo percentual, $D_{\%}$, acima de certos valores. Os resultados da evolução de $D_{\%}$ com as repetições são apresentados na figura 5.

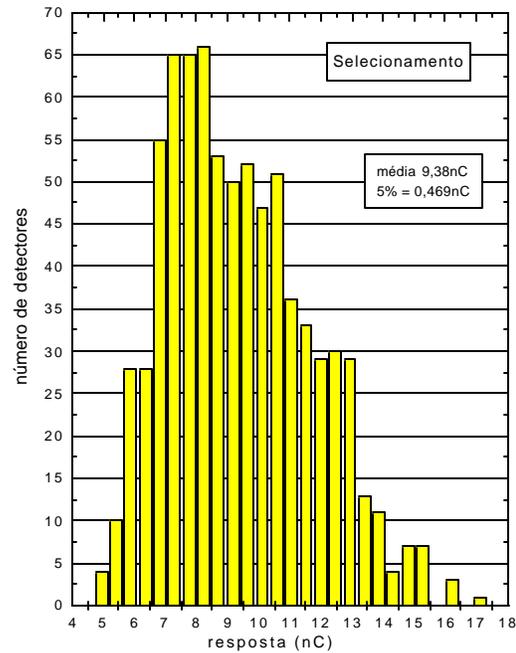


Fig. 4. Distribuição da resposta TL da amostra contendo 777 detectores irradiados com 2,0mGy com ^{60}Co .

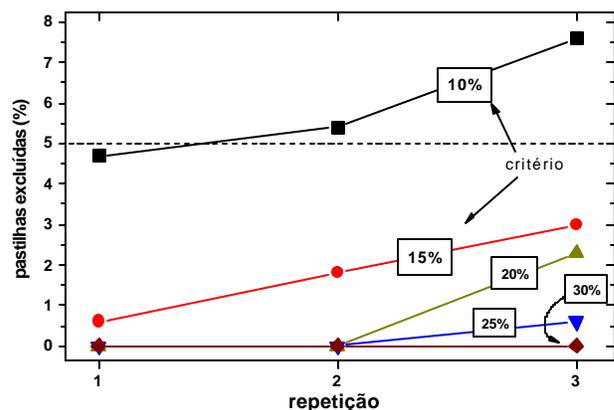


Fig. 5. Percentual de pastilhas excluídas entre cada repetição dos ensaios termoluminescente, segundo o critério indicado. Uma mesma pastilha que possua $D_{\%}$ acima deste critério não é contabilizada para o próximo ensaio/repetição. Pontilhado está o limite de 5%.

Com este procedimento, pôde-se estabelecer o critério limite de repetitividade abaixo do qual não se pode ter um número aceitável de pastilhas.

Este critério é o que chamamos de limite de repetitividade e, pela figura 5, o estabelecemos em 15%, para um nível de confiança de 95% (abaixo da linha de 5% na figura 5).

2.2 Limite de Detecção

Para o cálculo do Limite de Detecção de um lote de detectores de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}/\text{PTFE}$, foram utilizados 90 detectores de um lote pré-selecionado.

Os detectores foram tratados termicamente pelo procedimento usual de 300 °C por 1 hora. Logo em seguida ao tratamento foram realizadas as leituras em um leitor Harshaw modelo 2000. A distribuição de resposta destas medições estão na figura 6. Uma das 90 medições foi excluída pelo critério de Chauvenet.

O Limite de Detecção, LD, é:

$$\text{LD} = \text{mediana das medições} + 2 \times (\text{desvio padrão do valor médio}) \quad (2)$$

O fator 2 advém do critério de resolução de picos (espectroscopia). A mediana, ao invés da média, é um valor mais interessante pois é menos sensível à variação de alguma das medições individuais, sendo ideal para distribuições pouco simétricas. No limite para um grande número de pastilhas a mediana iguala-se à média pois a distribuição torna-se gaussiana (normal).

O valor obtido foi $\text{LD} = 0,094 \text{ nC}$. Para obtenção deste limite de detecção na grandeza desejada, multiplica-se o valor de LD pelo fator de calibração apropriado. Assim, $\text{LD} = 4,5 \mu\text{Sv}$ (Dose Individual para fótons) ou $0,12 \mu\text{C}/\text{kg}$ (Exposição), para o lote e na época da medição.

3. CONCLUSÃO

A repetitividade como componente percentual de incerteza de medição termoluminescente com $\text{CaSO}_4:\text{Dy}/\text{PTFE}$ foi avaliada em 15%.

O limite de detecção para um dos lotes mais sensíveis foi de $4,5 \mu\text{Sv}$ (Dose Individual para fótons) ou $0,12 \mu\text{C}/\text{kg}$ (Exposição) no Harshaw modelo 2000 do LDT.

Estes valores admitem a utilização destes detectores para fins de Monitoração Individual Externa [3] e em Dosimetria Ambiental [4].

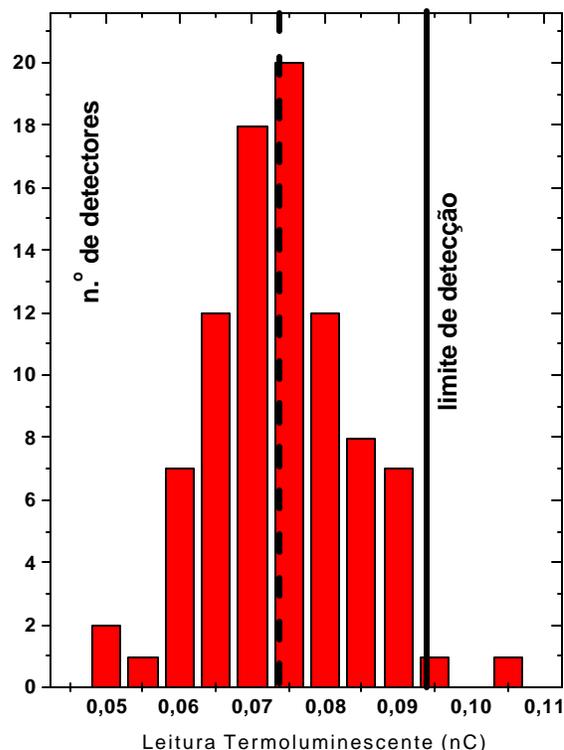


Fig.6. Distribuição de resposta termoluminescente sem irradiação. Pontilhado está a mediana.

A repetitividade apenas já condena estas pastilhas para fins de Radioterapia ou Radiodiagnóstico, que necessitam de incertezas combinadas inferiores a 5%, a menos que alterações e controles muito mais rigorosos do que os que atualmente são praticados no LDT sejam aplicados.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com a colaboração do pessoal do Laboratório de Dosimetria Termoluminescente –IPEN/SP(Fátima, Osvaldo, Salomão e Eliomar).

REFERÊNCIAS

- [1] J.E. Manzoli, R.N. de Carvalho, "The Thermoluminescent Dosimeter of IPEN - a Descriptive Work of Basic Operation and Production", *International Conference on Occupational Radiation Protection: Protecting Workers against Exposure to Ionizing Radiation*, Genebra, Suíça, de 26 à 30 de agosto de 2002, CD-ROM.
- [2] J.E. Manzoli, V.P. Campos, "Selecionamento de Detectores de Radiação Segundo sua Sensibilidade e Viabilidade para Dosimetria Termoluminescente", *Metrologia-2003*, CD-ROOM.

- [3] CASMIE - Regulamentos Técnicos Referentes ao Processo de Certificação de Sistemas de Monitoração Individual Externa - IRD-RT N^o001 ao 004.01/95 (1995).
- [4] P.D. Townsend, M. Moscovitch, S.W. McKeever, "Thermoluminescence Dosimetry Materials: Properties and Uses", *Nuclear Technology Publishing*, 1995.

Autores: Bel. Vicente de Paulo de Campos, Bel. Mirian Saori Dói, Dr. José Eduardo Manzoli, IPEN/SP- (Centro de Metrologia das Radiações; IPEN), av. Lineu Prestes, 2242, CEP 005508-000, São Paulo, BR), Fone: (0xx11) 3816-9212 e fax: 3816-9209.