

CNEN/SP**ipen** Instituto de Pesquisas
Energéticas e Nucleares

**COMPORTAMENTO DA RESPOSTA DE DOSÍMETROS
TERMOLUMINESCENTES MAIS UTILIZADOS EM
MONITORAÇÃO INDIVIDUAL SOB DIFERENTES
CONDIÇÕES DE TEMPERATURA E UMIDADE
RELATIVA**

Luiz Antonio Ribeiro da Rosa e Bertram Burghardt

IPEN - PUB -- 136

PUBLICAÇÃO IPEN 136

MAIO/1988

SÃO PAULO

**COMPORTAMENTO DA RESPOSTA DE DOSÍMETROS TERMOLUMINESCENTES
MAIS UTILIZADOS EM MONITORAÇÃO INDIVIDUAL SOB
DIFERENTES CONDIÇÕES DE TEMPERATURA E
UMIDADE RELATIVA**

Luiz Antonio Ribeiro da Rosa e Bertram Burgkhardt

DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

**CNEN/EP
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
SÃO PAULO - BRASIL**

Série PUBLICAÇÃO IPEN

INIS Categories and Descriptors

E41.10

**RADIATION MONITORING
THERMOLUMINESCENT DOSEMETERS**

COMPORTAMENTO DA RESPOSTA DE DOSÍMETROS TERMOLUMINESCENTES
MAIS UTILIZADOS EM MONITORAÇÃO INDIVIDUAL SOB DIFERENTES
CONDIÇÕES DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA

Luiz Antonio Ribeiro da Rosa e Bertram Burgkhardt*

RESUMO

Foi estudada a influência da temperatura e da umidade relativa na estabilidade da resposta termoluminescente do $\text{LiF:Mg,Ti(TLD-100)}$, $\text{LiF:Mg,Ti(TLD-700)}$, $\text{CaSO}_4\text{:Dy} + \text{Teflon(D-CaSO}_4\text{:Dy-0,4)}$, $\text{CaF}_2\text{:Dy(TLD-200)}$ e $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{:Mn,Si}$, no período máximo de 30 dias. Foram comparados os comportamentos das respostas destes materiais irradiados antes e após o período de estocagem.

RESPONSE BEHAVIOR OF THE MOST EMPLOYED INDIVIDUAL MONITORING
THERMOLUMINESCENT DOSEMETERS UNDER DIFFERENT CONDITIONS OF TEMPERATURE
AND RELATIVE HUMIDITY.

ABSTRACT

The influence of the temperature and the humidity on the stability of the response of $\text{LiF:Mg,Ti(TLD-100)}$, $\text{LiF:Mg,Ti(TLD-700)}$, $\text{CaSO}_4\text{:Dy} + \text{Teflon(D-CaSO}_4\text{:Dy-0,4)}$, $\text{CaF}_2\text{:Dy(TLD-200)}$ and $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{:Mn,Si}$ thermoluminescent detectors was investigated. The detectors were stored under different conditions of temperature and relative humidity for periods of up to 30 days. Two kinds of experiments were carried out, namely, the materials were irradiated after and before the storage period.

1 - Parte deste trabalho foi apresentado no II Congresso Brasileiro de Físicos em Medicina realizado em São Paulo, SP, em 1987.

2 - Este trabalho foi realizado no Centro de Pesquisas Nucleares de Karlsruhe, RFA.

* - Pesquisador do Centro de Pesquisas Nucleares de Karlsruhe.

INTRODUÇÃO

Os dosímetros termoluminescentes (TL) são largamente utilizados em monitoração individual^(1,3). Nesta aplicação, estes dosímetros são expostos à radiação ionizante durante um intervalo de tempo longo, normalmente um mês, sob diferentes condições de temperatura e umidade relativa. Assim, é importante o conhecimento da estabilidade da resposta destes dosímetros com relação às variações na temperatura e na umidade relativa do meio ambiente, em função do tempo de utilização dos mesmos. Neste trabalho estudou-se a influência destas grandezas na estabilidade da resposta de alguns fósforos comerciais termoluminescentes no período máximo de 30 dias. Cinco combinações diferentes de temperatura e umidade relativa foram utilizadas.

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Foram estudados dosímetros termoluminescentes de LiF:Mg,Ti (TLD-100), LiF:Mg,Ti (TLD-700), $\text{CaF}_2:\text{Dy}$ (TLD-200), $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ +Teflon(D- $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ -0,4) e $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Mn,Si}$. Os três primeiros dosímetros são produzidos pela Harshaw Chemical Company, EUA, enquanto que os dois últimos são fabricados respectivamente pela Companhia Teledyne Isotopes, EUA, e a Companhia Studsvik Energiteknik AB, Suécia. As condições de temperatura e de umidade relativa utilizadas foram 20°C e 50%, 20°C e 90%, 35°C e 50%, 50°C e 50% bem como 50°C e 90%. Os dosímetros foram armazenados nestas condições por períodos que variaram de 1 até 30 dias. Para se obter as condições de umidade relativa desejadas, utilizou-se dessecadores, nos quais os dosímetros foram acondicionados, contendo soluções saturadas adequadas de diferentes sais. Estudou-se o comportamento da resposta TL destes dosímetros quando irradiados tanto antes como após o período considerado de armazenamento sob uma determinada condição de temperatura e umidade relativa. Na avaliação da resposta TL dos dosímetros, utilizou-se um leitor TL TOLEDO 654, EUA, acoplado a um microcomputador Hewlett Packard 9835A, EUA, provido de impressora. Na Tabela 1 são apresentados os tratamentos térmicos empregados nos diferentes dosímetros, bem como as exposições utilizadas para irradiá-los. No caso do TLD-200 foram empregados dois tipos de pós-tratamento térmico, 100°C/1h e 100°C/20 minutos. Os dosíme-

tros pós-tratados a 100°C durante 1 hora são identificados como TLD-200(A), enquanto que aqueles que receberam um pós-tratamento térmico de 100°C durante 20 minutos são referenciados como TLD-200(B). A reprodutibilidade de todos os dosímetros utilizados é melhor que 3% para os valores de exposição considerados.

T A B E L A 1
Tratamentos térmicos empregados nos dosímetros TL
e exposições utilizadas em sua irradiação

| Dosímetro TL | Pré-Tratamento Térmico | Pós-Tratamento Térmico | Exposição (C/Kg) |
|--|------------------------|------------------------|-----------------------|
| TLD-100 | 400°C/1h + 100°C/3h | 100°C/20min | $6,45 \times 10^{-4}$ |
| TLD-700 | 400°C/1h + 100°C/3h | 100°C/20min | $6,45 \times 10^{-4}$ |
| TLD-200(A) | 400°C/1h + 100°C/3h | 100°C/1h | $1,29 \times 10^{-4}$ |
| TLD-200(B) | 400°C/1h + 100°C/3h | 100°C/20min | $1,29 \times 10^{-4}$ |
| D-CaSO ₄ :Dy-0,4 | 300°C/3h | 100°C/20min | $1,29 \times 10^{-4}$ |
| Li ₂ B ₄ O ₇ :Mn,Si | 300°C/1h | 100°C/20min | $6,45 \times 10^{-4}$ |

RESULTADOS , DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Na Tabela 2 é mostrada a variação da resposta termoluminescente dos diferentes materiais dosimétricos em função do tempo de armazenamento sob diferentes condições de temperatura e umidade relativa. As respostas estão todas normalizadas para aquela obtida com o material armazenado durante 1 dia a uma temperatura de 20°C e uma umidade relativa de 50%. É possível observar que os comportamentos exibidos pelo TLD-100 e o TLD-700 são semelhantes e que, independente do fato do dosímetro ter sido irradiado antes ou após o seu período de armazenamento a uma determinada condição de temperatura e umidade relativa, a variação de sensibilidade por ele experimentada é praticamente a mesma. Isto significa que os defeitos do LiF:Mg,Ti responsáveis pela termoluminescência do fosfôro são destruídos na mesma proporção quando o material é submetido a uma determinada condição de temperatura e umidade relativa, estando o mesmo irradiado ou não. Por outro lado, fica claro que a umidade relativa do meio ambiente não tem influência, pelo menos durante o intervalo de tempo considerado, na queda da sensibilidade do dosímetro.

TABELA 2

Varição da sensibilidade da resposta termoluminescente dos diferentes materiais dosimétricos em função do tempo de armazenamento sob diferentes condições de temperatura e umidade relativa. A=Dosímetro irradiado antes do período de armazenamento; D=Dosímetro irradiado após o período de armazenamento.

| Dosímetro | Período (dia) | Condições de Armazenamento | | | | | | | | | |
|--|---------------|----------------------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|
| | | 20°C e 50% | | 20°C e 90% | | 35°C e 50% | | 50°C e 50% | | 50°C e 90% | |
| | | A | D | A | D | A | D | A | D | A | D |
| TLD-100 | 29 | 0,98 | 0,98 | 0,97 | 0,98 | 0,94 | 0,98 | 0,85 | 0,87 | 0,85 | 0,85 |
| | 11 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,95 | 0,99 | 0,88 | 0,94 | 0,88 | 0,93 |
| | 5 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 1,00 | 0,96 | 1,00 | 0,92 | 0,98 | 0,92 | 0,97 |
| | 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 0,98 | 1,00 |
| TLD-700 | 30 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,97 | 0,93 | 0,98 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,82 |
| | 11 | 0,98 | 0,98 | 1,00 | 0,98 | 0,97 | 0,98 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 |
| | 7 | 0,98 | 0,98 | 1,00 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,94 |
| | 2 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,99 | 0,98 | 0,99 |
| | 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| TLD-200(A) | 30 | 0,95 | 1,00 | 0,95 | 1,02 | 0,95 | 1,00 | 0,82 | 1,00 | 0,85 | 1,00 |
| | 12 | 0,96 | 1,00 | 0,96 | 1,01 | 0,98 | 1,00 | 0,92 | 1,00 | 0,94 | 1,00 |
| | 6 | 0,98 | 1,00 | 0,98 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 0,97 | 1,00 | 0,95 | 1,00 |
| | 2 | 0,99 | 1,00 | 0,99 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 1,00 |
| | 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| TLD-200(B) | 30 | 0,95 | 1,00 | 0,95 | 1,00 | 0,90 | 0,98 | 0,63 | 1,00 | 0,67 | 1,00 |
| | 13 | 0,95 | 1,00 | 0,96 | 1,00 | 0,93 | 0,98 | 0,73 | 1,00 | 0,75 | 1,00 |
| | 6 | 0,97 | 1,00 | 0,97 | 1,00 | 0,95 | 0,99 | 0,80 | 1,00 | 0,82 | 1,00 |
| | 2 | 0,98 | 1,00 | 0,98 | 1,00 | 0,98 | 0,99 | 0,90 | 1,00 | 0,92 | 1,00 |
| | 1 | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,96 | 1,00 | 0,98 | 1,00 |
| D-CaSO ₄ :Dy-0,4 | 30 | 0,99 | 1,00 | 1,06 | 1,02 | 1,06 | 1,07 | 0,99 | 1,11 | 1,01 | 1,01 |
| | 13 | 0,99 | 1,00 | 1,01 | 1,01 | 0,92 | 1,00 | 0,97 | 1,01 | 0,99 | 0,98 |
| | 6 | 0,99 | 1,00 | 0,99 | 1,01 | 0,86 | 0,97 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 0,97 |
| | 3 | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 1,01 | 0,83 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,97 | 0,96 |
| | 1 | 1,00 | 1,00 | 0,97 | 1,01 | 0,81 | 0,94 | 0,95 | 0,93 | 0,96 | 0,95 |
| Li ₂ B ₄ O ₇ :Mn,Si | 30 | 0,93 | 0,98 | 1,01 | 1,00 | 0,88 | 0,98 | 0,75 | 0,98 | 0,60 | 0,98 |
| | 12 | 0,98 | 0,98 | 1,01 | 1,00 | 0,95 | 0,99 | 0,80 | 0,98 | 0,86 | 0,99 |
| | 6 | 1,00 | 0,98 | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 0,99 | 0,85 | 0,98 | 0,97 | 0,99 |
| | 2 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,93 | 0,99 | 1,03 | 1,00 |
| | 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,03 | 1,00 |

Observa-se, também, que esta destruição dos defeitos responsáveis pela termoluminescência em fósforos de LiF:Mg,Ti não irradiados não se manifesta nos demais dosímetros estudados. Este fato demonstra que, embora sendo um material bastante estudado, o LiF:Mg,Ti apresenta um mecanismo por demais complicado, que ainda carece de maiores explicações. Contudo, este fato, ou seja, a perda da sensibilidade de dosímetros TLD-100 e TLD-700 não irradiados, pode ser utilizada na avaliação do decaimento da resposta dos mesmos materiais quando usados em monitoração individual, desde que se mantenha alguns destes dosímetros calibrados em laboratório sob as mesmas condições de temperatura e umidade relativa que estão sendo experimentadas pelos fósforos utilizados na monitoração.

No que diz respeito ao TLD-200, deve-se observar a importância do pós-tratamento térmico. Os dosímetros submetidos a um recozimento de 100°C durante 1 hora antes da avaliação apresentaram uma perda de sensibilidade, nas condições mais adversas de teste, 18% menor. O decaimento da resposta TL do material, tampouco, parece depender da umidade relativa do meio ambiente. No caso dos fósforos que sofreram o pós-tratamento térmico de $100^{\circ}\text{C}/20$ min, o decaimento térmico da sua resposta é superior a do TLD-100 e do TLD-700, o que não ocorre com aqueles pós-tratados a $100^{\circ}\text{C}/1\text{h}$.

A umidade relativa do meio ambiente parece influenciar o comportamento da resposta TL do $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Mn,Si}$, principalmente se forem comparados os resultados obtidos nas condições 50°C e 50% de umidade relativa e 50°C e 90% de umidade relativa, sobretudo considerando-se períodos de armazenamento superiores a 18 dias.

Os resultados conseguidos com $\text{D-CaSO}_4:\text{Dy-0,4}$ são questionáveis. Ao contrário do fósforo apresentar uma perda de sensibilidade, esta tende a aumentar com a duração do período de estocagem. Tal fato poderia ser explicado pela inadequação do leitor TL TOLEDO 654 para a avaliação destes dosímetros. O contato térmico entre o material e a prancheta de aquecimento não era bom. Entretanto, este problema acarretaria um comportamento aleatório da resposta do fósforo em função do tempo de arma

zenamento, e não o seu aumento constante. Portanto, acredita-se não ser esta a explicação para o ocorrido.

É possível que os tratamentos térmicos e de umidade relativa aos quais o $D\text{-CaSO}_4\text{:Dy-0,4}$ foi submetido tenham sensibilizado o material de alguma maneira. Neste aspecto, aliás, Hsu e colaboradores⁽²⁾ fazem menção a uma possível dependência da sensibilidade do $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$ com a temperatura de irradiação. No momento, contudo, não se dispõe de uma explicação definitiva para os presentes resultados, sendo necessários mais experimentos para obtê-la.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARTHE, J.R.; BOHM, J.; CHRISTENSEN, P.; DRISCOLL, C.M.H.; HARVEY, J.R.; JULIUS, H.W. MARSHALL, M.; MARSHALL, T.O.; OBERHOFER, M. Report on a workshop on the application of thermoluminescence dosimetry to large scale individual monitoring, ISPRA, 11-13 September 1985. *Radiat. Prot. Dosim.*, 18(1):47-61, 1987.
2. HSU, P.C.; TUNG, C.J.; WENG, P.S. Characteristics of thermoluminescent dosimeter at high temperature and high exposure rate. *Nucl. Instrum. Methods*, 203:429-32, 1982.
3. PIESCH, E. Application of TLD to personel dosimetry. In: OBERHOFER, M. & SCHARMANN, A., eds. *Applied thermoluminescent dosimetry*. Britol, Adam Hilger, 1981. p.167-95.