

## POSSIBILIDADES DE USO DO TOPÁZIO NATURAL EM DOSIMETRIA

Cinthia M. S. de Magalhães<sup>1</sup>, Joannes Paulus A. Azevedo<sup>2</sup>, Cássio C. Ferreira<sup>3</sup>, Mário Ernesto G. Valerio<sup>4</sup>, Divanizia N. Souza<sup>5</sup>, Linda, V. E. Caldas<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Depto. de Física, Universidade Federal de Sergipe (DFI- UFS), Brasil, <sup>5</sup> Depto. de Educação, Universidade Federal de Sergipe (DED - UFS), Brasil, <sup>6</sup> Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear (IPEN-CNEN), Brasil

### Resumo

A termoluminescência (TL) de amostras de topázio natural brasileiro, proveniente de Minas Gerais, foi analisada objetivando-se o uso deste mineral em aplicações dosimétricas. O topázio é um fluorsilicato de alumínio com uma composição química de  $Al_2SiO_4(F,OH)_2$  relativamente constante. Nas análises foram utilizadas amostras na forma de compósitos. Os compósitos (dosímetros) foram preparados com misturas de topázio-Teflon e topázio-vidro. A caracterização dosimétrica dos compósitos mostrou que os dosímetros oferecem uma resposta linear no intervalo de doses terapêuticas, possibilidade de uso em dosimetria radiodiagnóstica, baixo decaimento isotérmico e uma forte dependência da resposta termoluminescente com a energia da radiação.

**Palavras-chave:** Topázio, Dosimetria, Termoluminescência

### Abstract

The thermoluminescence (TL) of Brazilian natural topaz samples from Minas Gerais was analysed aiming the use of this mineral for dosimetric applications. Topaz is an aluminium fluorsilicate with a fairly constant chemical composition of  $Al_2SiO_4(F,OH)_2$ . In the present work composites were used. The composites (dosimeters) were prepared with powdered topaz embedded in powdered Teflon or glass. The dosimetric characterization of the composites showed that the dosimeters present a linear response in the range of therapeutic doses, possibility of use for radiodiagnostic dosimetry, slow isothermic fading and a strong TL dependence with radiation energy.

**Key-words:** Topaz, Dosimetry, Thermoluminescence

### Introdução

O topázio tem se mostrado viável para aplicação na dosimetria das radiações desde o primeiro trabalho publicado em 1978 por Moss e McKlveen<sup>[1]</sup>. Desde então, tem-se observado que este cristal oferece uma resposta termoluminescente à radiação satisfatória em intensidade e reprodutibilidade<sup>[2, 6]</sup>. Por esta razão o Laboratório de Preparação Caracterização de Materiais (LPCM) do Departamento de Física da UFS vem estudando a termoluminescência deste material.

Uma razão importante que fez despertar o interesse no estudo de um novo dosímetro utilizando-se o topázio natural foi a possibilidade de empregá-lo em dosimetria de pacientes submetidos à radioterapia, pois se observou que amostras de um determinado lote apresentavam um resposta à radiação linear no intervalo de  $10^{-1}$  a  $10^2$  Gy<sup>[5, 6]</sup>.

Em trabalhos anteriores foram publicados resultados referentes às análises das amostras na forma de pó e na forma de compósitos, principalmente compósitos produzidos com topázio e Teflon<sup>[4, 6]</sup>. Os compósitos de topázio-Teflon apresentaram características condizentes com as de um bom dosímetro, com faixa de linearidade extensa, boas homogeneidade e reprodutibilidades e baixo decaimento isotérmico. Entretanto, como o Teflon volatiliza em temperaturas acima de 300°C, buscou-se produzir compósitos que pudessem ser submetidos a

tratamentos térmicos acima desta temperatura com o objetivo de assegurar que todo o sinal termoluminescente remanescente pudesse ser extinguido com o tratamento térmico.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma comparação entre as curvas de emissão TL dos compósitos produzidos à base de topázio e as aplicações destes em dosimetria de radioterapia e tomografia.

### Metodologia

As amostras utilizadas neste trabalho são todas provenientes de Santo Antônio do Jacinto, Minas Gerais. Para a produção dos compósitos foram utilizados Teflon e vidro como aglutinante.

Nos compósitos produzidos com topázio e Teflon, foi utilizado o topázio triturado, com granulação entre 0,075 e 0,150 mm, na razão em massa de uma parte de topázio para duas partes de Teflon. Os compósitos foram fabricados no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, segundo o mesmo processo empregado na produção de dosímetros de  $CaSO_4:Dy$ <sup>[7]</sup>.

Na preparação dos compósitos de topázio-vidro, utilizou-se uma mistura de pó de vidro comercial moído (vidro de lâmpada incandescente) com topázio, com granulação entre 0,045 e 0,065 mm para ambos materiais. Para estes compósitos foi utilizado topázio nas proporções de 40 e 50% da massa do compósito.

Estas misturas foram prensadas na forma uniaxial e sinterizadas na temperatura de 750°C.

As análises termoluminescentes foram realizadas no equipamento leitor TL desenvolvido no LPCM, e numa leitora TL comercial Harshaw, também do LPCM. A taxa de aquecimento das amostras durante as medidas foi de 5°C/s.

As amostras foram irradiadas com fontes de radiação gama e X. Para isto, foram utilizados fontes de  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ , um acelerador linear de 6 MV e um tomógrafo. As irradiações feitas com a fonte de  $^{137}\text{Cs}$  foram realizadas no LPCM, as demais foram realizadas em hospitais e clínicas de Aracaju.

Para as irradiações foram fornecidas as condições experimentais necessárias para obtenção de equilíbrio eletrônico durante as irradiações.

Antes das irradiações os compósitos de topázio-Teflon foram tratados a 300°C por 1 hora, com objetivo de se restabelecer as condições ideais do dosímetro. Os compósitos de topázio-vidro foram submetidos a tratamentos térmicos na temperatura de 400°C.

## Resultados

Inicialmente, foi feita uma comparação entre as curvas de emissão TL típicas dos compósitos de topázio-Teflon e topázio-vidro à radiação gamma de  $^{60}\text{Co}$ . De acordo com a Figura 1, pode-se observar que a sensibilidade de compósitos de topázio-vidro (50% de topázio) foi compatível com a sensibilidade dos compósitos de topázio-Teflon, cujo estudo tem apresentado propriedades satisfatórias para a dosimetria. Entretanto, os compósitos de topázio-vidro (40% de topázio) apresentaram uma sensibilidade TL reduzida. Por este motivo, as demais análises foram realizadas com os compósitos de topázio-Teflon e com os de topázio-vidro contendo 50% de topázio.

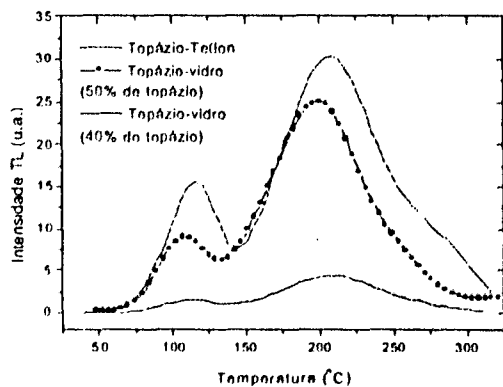


Figura 1 - Curvas de emissão TL de compósitos de topázio-vidro e topázio-Teflon expostos a 10 Gy de dose absorvida ( $^{60}\text{Co}$ ).

Testes de linearidade foram realizados para assegurar a uniforme da resposta TL dos compósitos de topázio-vidro e topázio-Teflon em relação à energia da radiação. Os compósitos de topázio-vidro foram irradiados no intervalo de dose absorvida de 0,11 a 14,6 Gy ( $^{137}\text{Cs}$ ). Na Figura 2, pode-se observar que a

resposta TL destes compósitos à dose é linear neste intervalo. Na Figura 3 vê-se, para este compósito, que a resposta TL das amostras irradiadas com um acelerador linear de 6MV apresentam também uma tendência à linearidade no intervalo de dose absorvida de 0,01 a 1,0 Gy.

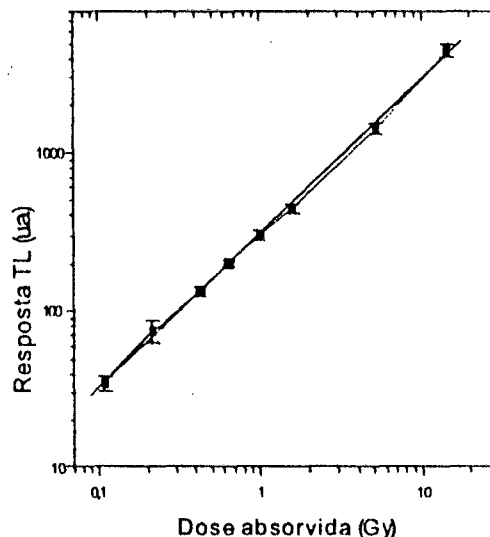


Figura 2 - Resposta TL dos compósitos de topázio-vidro em função da dose absorvida para radiação gama ( $^{137}\text{Cs}$ ).

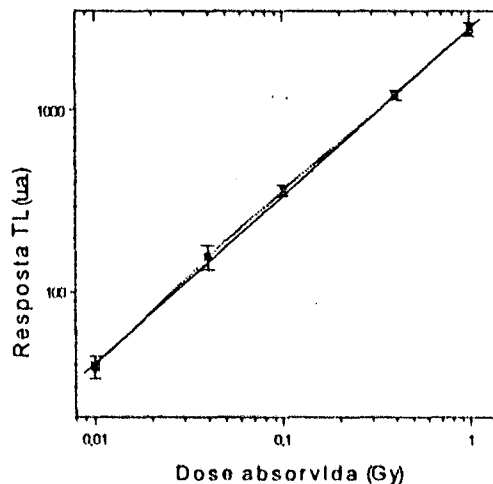


Figura 3 - Resposta TL dos compósitos de topázio-vidro em função da dose absorvida para radiação X de 6 MV.

A resposta TL dos compósitos de topázio-Teflon à dose já foi estudada para diferentes energias<sup>[4,6]</sup>. Entretanto, a resposta destes compósitos para radiação X de 6 MV ainda não era conhecida. Na Figura 4 é mostrada a resposta TL destes compósitos em função da dose, quando irradiadas em um acelerador linear de 6MV, no

intervalo de dose absorvida de 0,01 a 10 Gy. A dependência mostrou-se linear neste intervalo.

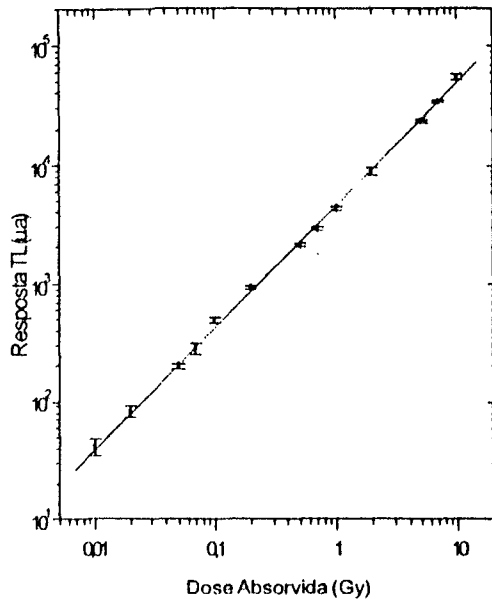


Figura 4 - Resposta TL dos compostos de topázio-Teflon em função da dose absorvida para radiação X de 6 MV.

Com o objetivo de analisar a resposta dos compostos relacionada à profundidade em que eles foram posicionados, quando irradiados sob placas de acrílico, as amostras de topázio-Teflon foram expostas a 1 Gy de radiação X (6 MV), para uma distância fonte-superfície (DFS) igual a 1,0 m. Para modificar a profundidade das amostras em relação à superfície da área de irradiação, foram utilizadas placas de acrílico quadradas, com 15 cm de lado e 0,5 e 1,0 cm de espessura. Um primeiro grupo de amostras foi irradiado sob a espessura de 1,5 cm, os demais grupos foram expostos sob placas sobrepostas, com espessuras totais de 3,5cm; 5,5cm; 7,5cm.

Depois de obtida a resposta TL das amostras, os resultados das análises termoluminescentes foram comparados com a resposta do material tecido-equivalente da bibliografia<sup>[8]</sup> para irradiações com raio X de 6MV à DFS de 1m. Na Figura 5 pode-se observar que os compostos reproduzem um resultado semelhante ao esperado para material tecido-equivalente. As incertezas associadas a estas medidas foram de no máximo 2%.

Foi também iniciado um estudo utilizando-se os compostos de topázio-Teflon para análises das doses liberadas durante a obtenção de imagens em exames tomográficos. Inicialmente, estão sendo realizados testes de eficiência destes compostos em relação a sua resposta TL. Estes testes devem gerar uma quantidade de informações que assegure uma melhor relação entre qualidade da imagem tomográfica e a dose liberada na realização do exame. Para isto, foi construído um simulador cúbico com material tecido-equivalente de dimensões equivalentes aos valores dimensionais

médios de um cérebro de uma criança de 2 anos. As doses, tensões e correntes de operação utilizadas nos exames serão comparadas, posteriormente, com resultados da literatura e com os valores estabelecidos em normas específicas.

Os exames tomográficos foram realizados utilizando-se os protocolos de rotina. Tais protocolos foram escolhidos levando-se em consideração a facilidade de reprodução, a frequência com que o protocolo foi utilizado localmente e o custo de aplicação.

As primeiras análises mostraram que estes compostos são eficientes para medidas de doses liberadas por tomógrafos. A resposta TL dos compostos mostraram-se sensíveis às modificações dos parâmetros dos feixes. Na Figura 6 tem-se a comparação entre as respostas referentes a exposições realizadas com voltagem aplicada igual a 110 kV e correntes de 80 e 110 mA, respectivamente. Observou-se que para um mesmo valor de tensão, a resposta TL dos compostos foi menos intensa para o exame realizado com uma corrente menor.

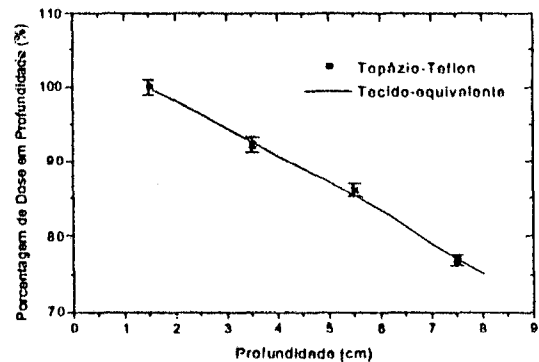


Figura 5 - Resposta obtida com as amostras de topázio-Teflon sob acrílico, comparada com a resposta para material tecido-equivalente da bibliografia<sup>[8]</sup> para raios X de 6 MV, à distância fonte-superfície de 1,0 m.

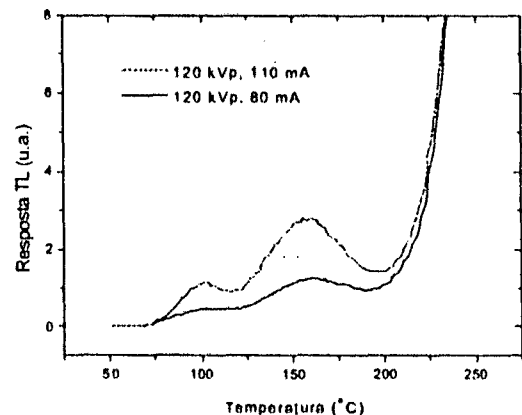


Figura 6 - Resposta termoluminescente dos compostos de topázio-Teflon em função da voltagem e da corrente utilizada em um exame tomográfico cilíndrico.

## Conclusões

Os compósitos de topázio-Teflon e topázio-vídro apresentam uma boa sensibilidade à radiação ionizante, o que os torna viáveis para dosimetria de procedimentos em radioterapia e tomografia. Na dosimetria de feixes de radioterapia, apresentam uma boa faixa de linearidade, incluindo o intervalo de doses terapêuticas e uma resposta TL em profundidade semelhante à esperada para material tecido-equivalente. Em tomografia, os compósitos apresentaram respostas TL dependentes das variações dos parâmetros dos feixes.

## Referências

- [1] Moss, A. L., McKlveen, J. W. Thermoluminescent Properties of Topaz. *Health Phys.* 1978, 34 (2): 137-140.
- [2] Okuno, E., Yukihara, E. G., Pisters, T. M., Melendrez, R., Yoshimura, E. M., Perezsalas, R. Thermoluminescence emission spectra of gamma irradiated topaz [Al<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>(F,OH)<sub>2</sub>]. *Radiat. Prot. Dosim.* 2002, 84 (1-4): p. 265 - 268, 1999.
- [3] Souza, D. N.; Lima, J. F.; Valerio, M. E. G. Thermoluminescence of natural topaz crystals of differing genesis. *Mat. Sci. Forum.* 1997, 239-241: 765-768.
- [4] Souza, D. N., Valerio, M. E. G., Lima, J. F., Caldas, L.V.E. Dosimetric properties of natural Brazilian topaz: A thermally stimulated exoelectronic emission and thermoluminescent study. *Nucl. Instrum Methods B*, 2000: 166-167: 209-214.
- [5] Souza, D.N.; Valerio, M.E.G.; Lima, J.F.; Caldas, L.V.E. The use of pellets of Brazilian natural topaz as radiation dosimeters. *Rad. Eff. Def. Sol.*, 2001: 156: 325-330.
- [6] Souza, D.N.; Valerio, M.E.G.; Lima, J.F.; Caldas, L.V.E. Performance of pellets and composites of natural colourless topaz as radiation dosimeters. *Radiat. Prot. Dosim.*, 2002, 100 (1-4): 413, 416.
- [7] Campos, L.L., Lima, M. F. Dosimetric properties of CaSO<sub>4</sub>-Dy+Teflon pellets produced at IPEN. *Radiat. Prot. Dosim.* 1986, 14: 333-335.
- [8] Scaff, L.A.M. *Física da radioterapia*. 1997, Ed. Savier: São Paulo.