

## DESENVOLVIMENTO DE NOVOS DOSÍMETROS A BASE DE $\text{CaSO}_4$

Ana Gabryele M. dos Santos, Danilo O. Junot e Divanizia N. Souza

<sup>1</sup>Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Física, São Cristóvão-SE, Brasil.

**Resumo:** Dosímetros termoluminescentes (TLDs) são amplamente utilizados na dosimetria in vivo devido à sua facilidade de produção, viabilidade para determinação da dose em geometrias difíceis e sua capacidade de reutilização. A motivação deste trabalho foi produzir cristais de  $\text{CaSO}_4$  dopados com túlio (Tm) e analisar suas propriedades termoluminescentes (TL). Os cristais foram produzidos através de uma variação da rota de evaporação lenta e revelaram curvas TL com picos de emissão centrados em torno de 190 °C e 320 °C, após a irradiação com uma fonte  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ . Foram avaliadas propriedades termoluminescentes como a linearidade, reprodutibilidade e o desvanecimento. As amostras de  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$  produzidas mostraram-se viáveis para fins de dosimetria.

**Palavras-chave:** termoluminescência,  $\text{CaSO}_4$ , radiação ionizante, dosimetria

**Abstract:** Thermoluminescent dosimeters (TLDs) are widely used in in vivo dosimetry because of their simple production, viability for dose determination in difficult geometries and their reusability. The motivation of this work was to produce  $\text{CaSO}_4$  crystals doped with thulium (Tm) and analyze their thermoluminescent (TL) properties. The crystals were produced by a variation of slow evaporation route, and TL curves showed emission peaks centered around 190 °C and 320 °C after irradiation with a  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  source. Thermoluminescent properties such as linearity, reproducibility and fading were evaluated. The  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$  samples produced proved feasible for dosimetry purposes.

**Keywords:** thermoluminescence,  $\text{CaSO}_4$ , ionizing radiation, dosimetry

**Introdução:** A radiação ionizante que interage com o tecido humano pode ocasionar alguns efeitos ao sistema biológico, provocando danos ou colaborando para o diagnóstico e tratamentos de doenças. Com a finalidade de aprimorar essas aplicações vantajosas da radiação ionizante, houve a necessidade de mensurar quantitativamente a dose que o indivíduo absorve quando exposto e assim comparar com as normas estabelecidas. Uma das formas de realizar a detecção é através de dosímetros termoluminescentes. A termoluminescência é a emissão de luz através de estímulo térmico [1]. O objetivo deste trabalho é produzir e avaliar detectores termoluminescentes à base de  $\text{CaSO}_4$ , através de uma nova rota, adaptada da rota de Yamashita *et al.* [2]. A fim de melhorar a dosimetria termoluminescente a base de  $\text{CaSO}_4$  é necessário a utilização de alguns dopantes na rede cristalina, como o Túlio. Esse trabalho irá mostrar o comportamento dos dosímetros a base de  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ , a fim de obter melhores resultados ao sinal TL.

**Método:** Para a produção dos dosímetros a base de  $\text{CaSO}_4$ , ocorreram as seguintes etapas: o crescimento dos cristais e a produção das pastilhas. Através do método de adaptação ao de Yamashita foram formados os cristais de  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ . A produção de  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$  ocorreu através da mistura de Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e o óxido de Túlio ( $\text{Tm}_2\text{O}_3$ ) com concentração de 0,1 mol da massa do  $\text{CaCO}_3$ . A mistura foi levada a um béquer que ficou sobre um agitador magnético a uma temperatura de 120 °C. Esse processo ocorreu até toda a mistura se homogeneizar e a água evaporar. Em seguida a mistura permaneceu durante 24 h numa manta aquecedora a 375 °C para completa evaporação do ácido. O ácido condensado foi coletado pelo Erlenmeyer, localizado na saída do condensador. Os vapores do ácido não condensados durante este processo, foram encaminhados a uma neutralização, contendo hidróxido de sódio, nos fracos lavadores. Os cristais de  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$  com grãos entre 75 e 150  $\mu\text{m}$  foram levados ao forno por 1 h a 600 °C para as partículas serem calcinadas. O pó foi utilizado para produção de pastilhas, adicionando-se 50% de massa de politetrafluoretileno (Teflon). A mistura foi prensada, resultando as pastilhas de 6 mm de diâmetro e 1 mm de espessura. As amostras foram irradiadas com fonte beta ( $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ ) a uma taxa de 0,1 Gy/s e as análises de TL foram realizadas num leitor Risø TL/OSL usando uma taxa de aquecimento de 10 °C/s.

**Resultados:** A Figura 1 apresenta a curva de emissão TL das amostras de  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ , irradiadas com dose de 1,0 Gy e lidas até uma temperatura de 400 °C. Nas temperaturas de 190 °C e 320°C houve picos na intensidade, correspondentes à recombinação dos elétrons nos centros de captura com energia correspondentes a essas temperaturas. As respostas termoluminescentes dos compostos após 5 ciclos de irradiação-leitura-tratamento térmico foram similares em todas as leituras realizadas, tendo variações em torno de 5%. Desvios dessa ordem são aceitáveis, de forma que se pode afirmar que os dosímetros desenvolvidos e selecionados são reprodutíveis. O sinal TL dos dosímetros apresentou-se linear na faixa de dose empregada (0,1 a 1,0 Gy). O decaimento do sinal TL das amostras produzidas foi em torno de 15% em 15 dias e 19% em 1 mês. O limite mínimo de detecção ou dose mínima detectável (D0) dos materiais foi calculado através da equação  $D_0 = (\bar{B} + 3\sigma_{\bar{B}})f_c$ , em que  $\bar{B}$  é a média das leituras dos dosímetros não irradiados;  $\sigma_{\bar{B}}$  é o desvio padrão da medida dos dosímetros não irradiados e  $f_c$  é o fator de calibração. Foram obtidos valores da ordem de 1 mGy.

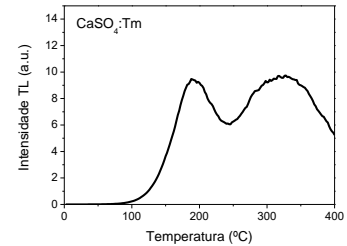


Figura 1 – Curva de emissão do  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$

**Discussão e Conclusões:** A rota de produção utilizada no crescimento dos cristais mostrou-se adequada, simples e viável, apresentando a matriz de  $\text{CaSO}_4$  composta de uma única fase desejada e com o dopante túlio incorporado à matriz. De acordo com as análises das propriedades termoluminescentes dos materiais produzidos, pode-se afirmar que há potencial para o uso na dosimetria das radiações, pois apresentam picos em temperaturas ideais, possuem sinal TL linear e reprodutível na faixa de dose empregada e desvanecimento aceitável.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem à CAPES e à CNEN pelo suporte financeiro e ao IPEN pela disponibilidade na realização das medições.

#### Referências:

1. Junot, D. O.; Couto dos Santos, M. A.; Antonio, P. L.; Caldas, L. V. E.; Souza, D. N.; Feasibility study of  $\text{CaSO}_4:\text{Eu}$ ,  $\text{CaSO}_4:\text{Eu,Ag}$  and  $\text{CaSO}_4:\text{Eu,Ag(NP)}$  as thermoluminescent dosimeters, *Radiat. Meas.* 2014. v. 71, p. 99-103.
2. Yamashita, T., Nada, N.; Onishi, H; Kitamura, S.; Calcium sulphate phosphor activated by thulium or dysprosium for thermoluminescence dosimetry. *Health Phys.* 1971. v.21, p.295–300.