

APLICAÇÃO DA TERMOLUMINESCÊNCIA FOTOESTIMULADA NA ÁREA OFTALMOLÓGICA USANDO-SE $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$

Fabio H. Grossi¹, Leticia L. Campos¹, Paulo Schor² e Luis A. S. de Melo Jr.²

1 - Departamento de Metrologia das Radiações
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN – CNEN/SP
Caixa Postal: 11049, CEP: 05422-979, São Paulo/SP. Fone/fax: (55).(11).3816-9209

2 – Departamento de Bioengenharia
Universidade Federal de São Paulo – Unifesp
Rua Borges Lagoa, 368, CEP: 04038-000, São Paulo/SP. Fone: (55).(11).5082-2191

RESUMO

A utilização de pastilhas de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ para detecção da radiação laser na área oftalmológica está sendo estudada pelo IPEN em conjunto com a Unifesp, a fim de se obter um dosímetro adequado para determinar a dose laser espalhada recebida pelos pacientes, profissionais de saúde e ambiente. O método de termoluminescência fotoestimulada (TLFE) utilizando-se pastilhas sinterizadas de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ de 0,8mm de espessura apresentou boa sensibilidade ao laser excímero utilizado na Unifesp. A resposta TLFE à radiação laser mostrou-se reprodutível e linear num grande intervalo de energia absorvida ($\approx 4.000\text{mJ}$) e de doses gama (5 a 100Gy) e, pontos de medida com distâncias fonte laser-amostra da ordem de 4,0m apresentam boa resolução do sinal TLFE. Um método de monitoração de área em sala de cirurgia foi testado entre o IPEN e a Unifesp. Com o uso do $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ tem-se um método mais barato e acessível para o estudo dos eventuais riscos da radiação ultravioleta na quebra cromossômica e no desenvolvimento de tumores malignos nos profissionais de saúde expostos diariamente ao laser excímero utilizado em cirurgias refrativas corneanas.

Keywords: phototransferred thermoluminescence, $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$, excimer laser and dosimetry.

I. INTRODUÇÃO

Com o crescente aumento de pacientes que se submetem à cirurgias refrativas corneanas, a análise dos riscos associados à radiação laser usada nestas cirurgias tornou-se de grande interesse, pois há indícios [1, 2] de que o espalhamento laser pode causar sérios danos à saúde e à integridade física, principalmente, dos médicos e trabalhadores da área de saúde envolvidos neste tipo de intervenção cirúrgica.

Alguns equipamentos e métodos para análise deste tipo de radiação já estão disponíveis no mercado, porém, o preço de tais equipamentos torna-os proibitivos para muitas clínicas e centros cirúrgicos [3], os quais não tem nenhum controle sobre a radiação espalhada no ambiente.

Para contornar este problema na área de dosimetria das radiações não ionizantes, o Departamento de Metrologia das Radiações (NM) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) vem desenvolvendo um método pioneiro e, mais acessível, para controle e dosimetria da radiação laser dentro de centros cirúrgicos de oftalmologia [4, 5].

Juntamente com o Departamento de Bioengenharia (DB) de Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), está sendo caracterizado um método de dosimetria da radiação laser por meio do uso de detectores de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ produzidos no IPEN [6].

O princípio físico fundamental envolvido no processo de detecção da radiação é a termoluminescência fotoestimulada (TLFE) que apresentam alguns cristais termoluminescentes, como o $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$.

Com os devidos cuidados na realização dos experimentos e com maiores dados de caracterização deste processo, será possível, em breve, desenvolver um método barato e eficaz de metrologia de radiações não ionizantes dentro de centros cirúrgicos.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Os detectores usados neste trabalho são produzidos no próprio IPEN. As amostras de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ têm diâmetro de 6mm, massa de 50mg e espessura de 0,8mm.

Estes detectores são tratados termicamente em um forno tipo mufla da EDG a temperaturas de 300°C/15h antes de serem irradiados com radiação gama do ^{60}Co e sofrem outro tratamento num forno de microondas modelo MAS 7000, da CEM Co, a 300°C/15min antes de serem expostos à radiação laser. O resfriamento das amostras é rápido e feito à temperatura ambiente.

Para a irradiação gama dos detectores é utilizada uma fonte de ^{60}Co com atividade de 50 TBq (em 01/06/2001). O equilíbrio eletrônico durante a irradiação das amostras é mantido usando-se placas de acrílico com espessura de 3mm.

O sistema de exposição laser usado na Unifesp consiste de um laser excímero de ArF, modelo Autonomus Ladarvision, com comprimento de onda de 193nm, modo de oscilação pulsado (10ns/pulso), diâmetro do feixe de 0,9mm e fluxo radiante de, aproximadamente, 3mJ/pulso e fluência na região de 180 a 240mJ.cm⁻². Este laser utilizado no estudo teve seu uso aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Unifesp*.

Utilizou-se para as medidas de TLFE um leitor Harshaw modelo 2000 AB, com taxa de aquecimento linear de 10°C.s⁻¹, ciclo de leitura de 32s em intervalos de temperatura de integração que variam de 170 a 270°C.

Num primeiro estágio do trabalho, os detectores foram expostos diretamente ao feixe laser a uma distância de 20cm da fonte. Cada ponto analisado é a média de cinco detectores expostos às mesmas condições. Na segunda parte do trabalho, na cirurgia refrativa de três pacientes escolhidos aleatoriamente, alguns detectores foram colocados em pontos de interesse: testa do paciente (0,15m – distância fonte-detector), testa do cirurgião (0,5m), testa do instrumentador (1m), e paredes internas da sala (1,5m e 4m). A primeira parte do trabalho mostra o comportamento da resposta TLFE dos detectores ao laser excímero, enquanto a segunda parte propõe-se a medir a radiação espalhada na sala de cirurgia.

Para o procedimento de análise de radiação espalhada, propõe-se um método de envio dos detectores através de serviços de postagem pelo correio (Sedex®) entre IPEN e Unifesp. Os detectores utilizados na experiência são embalados em plástico antiestático e são chamados *detectores de análise*. Outros três detectores, chamados *detectores de controle*, são embalados no mesmo tipo de plástico e enviados junto com os *de análise*; estes servem para averiguar se, no caminho IPEN-Unifesp-IPEN, algum acúmulo de sinal é detectado, não sendo manipulados. Outros três detectores, chamados *detectores de contraprova*, são mantidos no IPEN em blindagem de chumbo para serem comparados com os *de controle* para total certificação de que nenhum sinal espúrio influenciará as medidas. Todos os procedimentos de embalagem e envio seguiram recomendações internacionais [7, 8], exceto pelo envio via correio,

procedimento proposto pelos pesquisadores envolvidos na pesquisa.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como este trabalho visa a caracterização de um sistema dosimétrico para centros cirúrgicos que utilizam lasers, primeiramente foi preciso saber qual o comportamento dos detectores expostos ao laser excímero da Unifesp.

Os resultados são mostrados nas Figuras 1 e 2.

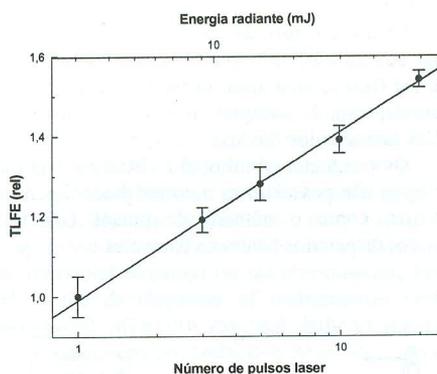


Figura 1. Resposta TLFE em função da exposição a determinado número de pulsos lasers.

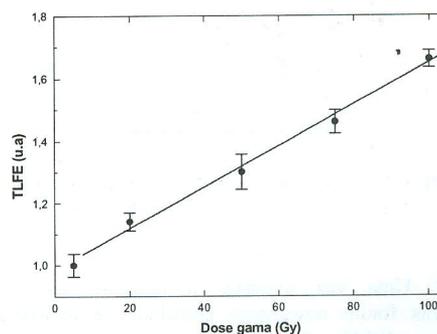


Figura 2. Resposta TLFE em função da dose gama absorvida. Quatro pulsos foram disparados em cada amostra.

A análise da Figura 1 mostra que os detectores de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ têm uma resposta linear bem definida para a absorção de energia do feixe laser. As amostras expostas a este processo foram irradiadas com dose de 5Gy e tratadas a 300°C/15min antes de expostas à radiação laser.

Na Figura 2 temos a relação resposta TLFE e dose gama absorvida. Novamente um comportamento linear é obtido. Isso indica que o feixe laser é capaz de

* <http://www.unifesp.br/admin/orgaos/comites/etica/index.htm>

desarmadilhar portadores de carga das armadilhas mais profundas do material até mesmo quando as amostras são irradiadas com altas doses gama.

O transporte destas amostras para estudo foi feito pelos pesquisadores, e seguiu os procedimentos descritos no item II. Nenhum acúmulo de sinal TLFE foi verificado nas amostras de controle.

Na segunda parte do estudo, as amostras foram enviadas via correio e, os pesquisadores da Unifesp foram os responsáveis pela manipulação e o desenvolvimento do método de aquisição de dados, sempre orientados pelos pesquisadores do IPEN de como proceder com as amostras. Os detectores foram fixados nos pontos em análise com o auxílio de fita adesiva dupla face.

Uma vez dentro do centro cirúrgico, para cada cirurgia em estudo, um lote de cinco amostras de análise foi fixado; uma amostra para cada ponto (testa do paciente, testa do cirurgião, testa do instrumentador e paredes lateral e dos fundos).

Os resultados obtidos são vistos na Figura 3. As cirurgias não possuíam os mesmos procedimentos e parâmetros, como o número de pulsos (ou fluxo energético) disparados contra os pacientes.

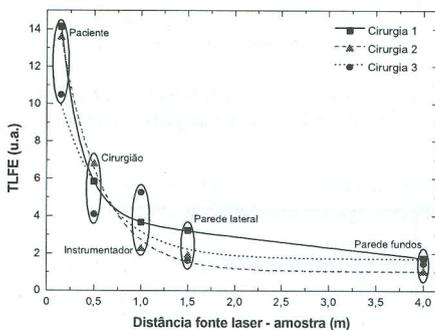


Figura 3. Resposta TLFE das amostras de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ em função da distância da fonte laser.

Uma vez expostas à radiação laser, as amostras foram novamente embaladas e reenviadas para o IPEN. As amostras de controle não apresentaram nenhum sinal espúrio que pudesse invalidar as amostras de análise. O mesmo ocorreu com as amostras de contra-prova.

Pelo gráfico da Figura 3, pode-se observar que os trabalhadores da área de saúde estão expostos ao espalhamento do feixe laser utilizado nas cirurgias refrativas. O sinal TLFE descreve um decaimento exponencial em função da distância da fonte laser.

Para determinar a dose, ou energia radiante, recebida pelos trabalhadores que estão na sala de cirurgia foi adotado o seguinte processo.

Através dos dados da Figura 1 e também dos da Figura 3, é possível traçar um novo gráfico, onde a

energia radiante é extrapolada para se obter a dose absorvida pelos trabalhadores.

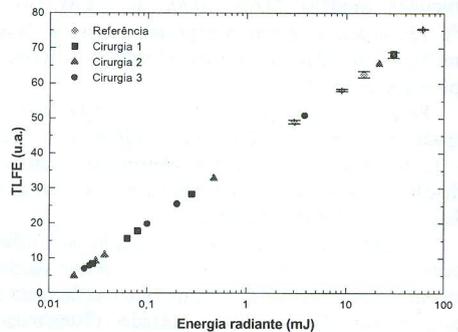


Figura 4. Energia radiante recebida pelos funcionários dentro da sala de cirurgia

A referência são os dados da Figura 1 normalizados e corrigidos para os da Figura 3, uma vez que a área sensibilizada nos detectores pela radiação laser na análise da Figura 3 é, aproximadamente, onze vezes maior que a da Figura 1.

É observado claramente que, acima do valor de 3mJ, somente há acúmulo de sinal pelo paciente submetido à cirurgia, trabalhadores e ambiente da sala não recebem mais que 1mJ de radiação espalhada por cirurgia.

III. CONCLUSÕES

O comportamento dos detectores de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ na dosimetria de feixes laser na região UV, como é o caso do laser excímero de ArF, é bastante estável e mostra-se bastante promissor no que se refere à detecção de feixes espalhados em ambientes onde se faça necessária monitoração destes feixes.

Os trabalhadores estão sim expostos à radiação laser espalhada, o que deve ser averiguado e, posteriormente, comparado com limites máximos de exposição a este tipo de radiação, para minimizar os efeitos nocivos à saúde.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem à FAPESP e ao CNPq pelo incentivo financeiro dado à esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] Hillekamp, F. **Laser radiation tissue interaction**. Health Physics, vol. 56, p. 613 – 616. 1989.

[2] Niemz, M. H. **Laser tissue interactions – fundamentals and applications**. Springer. Berlin, 1996.

[3] Driscoll, C. M. H. **Dosimetry methods for UV radiation**. Radiation Protection Dosimetry, vol. 72, p. 217 – 222, 1997.

[4] Potiens, A. J. e Campos, L. L. **Ultraviolet and laser radiation dosimetry using phototrashed thermoluminescence in CaSO₄:Dy**. Radiation Protection Dosimetry, vol. 66, p. 95 – 96, 1996.

[5] Grossi, F. H. e Campos, L. L. **Estudos da termoluminescência fotoestimulada induzida por radiação ultravioleta e laser em CaSO₄:Dy: TRABALHO COMPLETO**. VI ABFM – D0704, outubro, 2001.

[6] Campos, L. L. e Lima, M. F. **Dosimetric Properties of CaSO₄:Dy Teflon pellets produced at IPEN**. Radiation Protection Dosimetry, vol. 14, p. 333 – 335, 1986.

[7] Oberhofer, M. and Scharmann A. **Applied Thermoluminescence Dosimetry**. Adam Hilger, Paris, 1979.

[8] Mckeever, S. W. S.; Moscovitch, M. and Townsend, P. D. **Thermoluminescence dosimetry**

materials: properties and uses. Nuclear Technology Publishing, London, 1995.

ABSTRACT

The utilization of CaSO₄:Dy pellets to laser radiation detection on the ophthalmologic area is being studied by IPEN together with Unifesp, in order to obtain an adequate dosimeter to set the dose laser spread and received by the patients, professional of health and environmental. The method of phototrashed thermoluminescence (PTTL) using CaSO₄:Dy pellets with 0,8mm of thickness, introduced good sensibility to the excimer laser used on Unifesp. The PTTL signal to the laser radiation shown reproducible and linear in a great range of absorbed energy (≈4.000mJ) and gama doses (5 – 100Gy) and, points of measure with distances source laser–sample in order of 4,0m presents good resolution of the PTTL signal. A method of monitoring the area in the surgery room was tried between the IPEN and Unifesp. Using the CaSO₄:Dy, the researchers have had a method cheaper and accessible to study the eventual risks of the ultraviolet radiation on the chromosomic breakage and in the development of malignancies tumors in professional of health exposed daily to the excimer laser used in corneans refractive surgeries.