

UTILIZAÇÃO DE DOSÍMETROS TERMOLUMINESCENTES COMERCIAIS PARA VERIFICAÇÃO DE DOSES SUPERFICIAIS DE RADIAÇÃO NA RADIOTERAPIA

R. A. G. Souza*, L. X. Cardoso**, L. M. Brasil* e R. M. Silva*

*Universidade de Brasília, Brasília, Brasil

**Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá, Brasil
assundf@hotmail.com

Resumo: A verificação definitiva da dose real administrada em tratamento de neoplasia de cabeça e pescoço utilizando a radioterapia pode ser alcançada usando dosimetria *in vivo*. Este trabalho relata um estudo piloto para testar a aplicabilidade de um dosímetros termoluminescentes (TLD) comercial de sulfato de cálcio (CaSO₄) e fluoreto de lítio (LiF), desenvolvidos pelo Laboratório Serviço de Assessoria e Proteção Radiológica (SAPRA) certificada para Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Esse estudo tem por finalidade de avaliar a dose absorvida por um dosímetro termoluminescente (TLD) colocado na superfície de um fantoma de água sólida, irradiado por um acelerador linear modelo Primus, marca Siemens, essa configuração experimental busca simular a utilização do TLD posicionado na pele (superfície) de um paciente submetido a radioterapia. A avaliação da dose absorvida pelo TLD foi feita por meio de comparações com os resultados obtidos com uma câmara de ionização.

Palavras-chave: Radioterapia, dosímetro termoluminescente, dose absorvida.

Abstract: *The final verification of actual dose administered in the treatment of head and neck cancer using radiotherapy can be achieved using in vivo dosimetry. This paper reports a pilot study to test the applicability of a commercial thermoluminescent dosimeters (TLD) of calcium sulfate (CaSO₄) and lithium fluoride (LiF), developed by the Laboratory Advisory Service and Radiological Protection (SAPRA) certified to National Commission Nuclear energy (CNEN). This study aims to assess the absorbed dose by a thermoluminescent dosimeter (TLD) placed on the surface of a solid water phantom, irradiated by a linear accelerator model Primus, Siemens, search This experimental setup to simulate the use of TLD placed on the skin (surface) of a patient undergoing radiotherapy. The evaluation of the dose absorbed by the TLD was made by comparisons with the results obtained with an ionization chamber.*

Keywords: *Radiotherapy, thermoluminescent dosimeter absorbed dose.*

Introdução

À medida que a expectativa de vida da população aumenta, a incidência de câncer é aumenta [1]. Várias pesquisas de medicamentos e formas de tratamentos

estão em andamento com o intuito de alcançar a cura da doença. Uma delas que data do início do século é a Radioterapia, tratamento que tem mostrado eficácia no controle e até mesmo na cura da doença.

A radioterapia é o método de tratamento local ou loco-regional, do câncer, que utiliza equipamentos e técnicas variadas para irradiar áreas do organismo humano, prévia e cuidadosamente demarcadas.

O uso do material termoluminescente como dosímetro na medicina teve o início em 1950 com o trabalho de Daniels na Universidade de Wisconsin, Estados Unidos [2]. Os dosímetros termoluminescentes (TLD) vêm desempenhando papel importante para a dosimetria das radiações em aplicações na área médica, em particular para medidas utilizando objetos simuladores e para a dosimetria *in vivo* de pacientes [3].

Outra aplicação do TLD é como monitor individual de trabalhadores sujeitos à exposição de radiação. Embora haja muitas opções de detectores de radiação, medições de doses superficiais em feixes de alta energia apresentam alta incerteza devido à falta de equilíbrio eletrônico de partículas. O TLD se apresenta como uma alternativa para dosimetria nessas condições.

Esse estudo busca avaliar o uso de um TLD, comercialmente desenvolvido para monitoração de trabalhadores, como um dosímetro a ser usado em medidas de dose superficial em campos de radioterapia. Dessa maneira, o TLD originalmente desenvolvido para monitoração de dose de funcionários poderia ser usado em dosimetrias *in vivo* de pacientes, proporcionando maior garantia da segurança dos tratamentos radioterápicos de maneira prática e com um custo baixo.

Materiais e métodos

Esse trabalho foi realizado no Hospital universitário de Brasília, Centro de Alta Complexidade em Oncologia (Cacon).

Para a avaliação de dose absorvida, foram usados dois materiais termoluminescente: fluoreto de lítio (LiF) e sulfato de cálcio (CaSO₄). Ambos são encontrados em um dosímetro comercial, como mostrado na figura 1. O fornecedor do dosímetro foi a empresa SAPRA.

As medições de dose superficiais foram feitas posicionando os dosímetros sobre um fantoma de água sólida modelo Blue Water da marca Standard Imaging. Foi utilizado um acelerador linear modelo Primus, marca Siemens, para emitir feixes de radiação com

energia nominal máxima de 6 MeV. A dimensão do campo de irradiação foi de 10 x 10 cm² e a distância da fonte ao dosímetro foi de 100 cm. A figura 2 mostra o arranjo experimental.

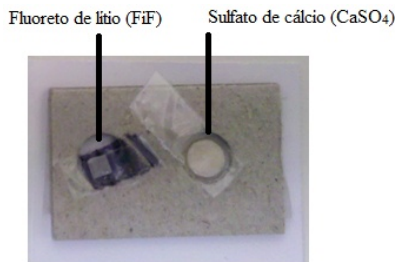


Figura 1: Composição dos dosímetros termoluminescentes e sua localização dentro do seu recipiente.



Figura 2: acelerador linear com os dosímetros centralizados no campo de 10 X 10cm.

Um conjunto de medições para avaliar a linearidade de resposta foi feito variando a dose de radiação aplicada pelo acelerador linear (50, 100, 200, 500 e 1000 Unidades Monitoras). As unidades monitoras são responsáveis por correlacionar dose e tempo de exposição nos aceleradores lineares.

Além disso, avaliamos a dependência angular do dosímetro variando o ângulo de incidência do feixe de radiação do acelerador linear (0°, 45° e 90°). Um feixe a 0° é perpendicular a superfície plana onde foi posicionado o TLD. Foram usadas 1000 Unidades Monitoras em cada exposição.

Os mesmos experimentos citados acima foram repetidos usando uma câmara de ionização tipo dedal, marca Scanditronix-Wellhoffer. Trata-se de um tipo de dosímetro com linearidade de resposta e baixa dependência angular, de acordo com a literatura.

Resultados

De acordo com a tabela 1, os valores de dose absorvida de cada detector pode ser observado individualmente, quando o ângulo incidência do feixe esta posicionado a 0°. O LiF é linear até cerca de 1 Gy,

após isso se torna supralinear, na região supralinear, a resposta TLD deixa de ser proporcional à dose [4]. Em radioterapia, quase sempre é necessário se operar nesta região. Os demais testes foram feitos para verificar a dependência angular dos dois detectores.

Tabela 1: Doses obtidas durante os testes, onde os dosímetros estão dentro de seu recipiente.

Ângulo incidência do Feixe	Unidade monitora	Dose do TLD (mSv)
0°	50	107,4
0°	100	181,1
0°	200	385,4
0°	500	1143,6
0°	1000	3185
45°	1000	4345
90°	1000	10134

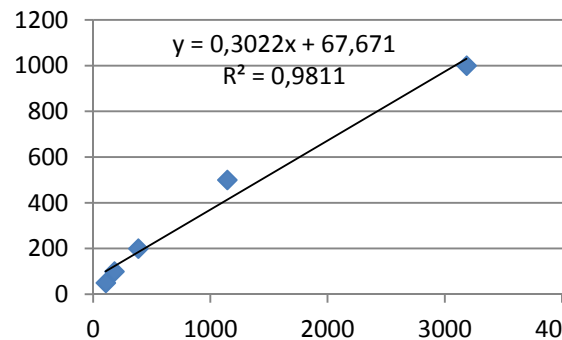


Gráfico 1: Resposta linear do dosímetros termoluminescente.

Discussão

Os dosímetros foram calibrado pelo laboratório num feixe de Co⁶⁰, assim necessitando de criação de um fator de calibração para altas energia de fótons, devido a dependência energética do dosímetro. A dependência da resposta com a energia dos fótons pode ser avaliada através da razão entre os coeficientes de absorção de energia de massa do detector, $(\mu_{en}/\rho)_d$, e do ar, $(\mu_{en}/\rho)_{ar}$, respectivamente, na faixa de energia que vai, até 3 MeV [6]. Assim, se $S(E)$ é a dependência energética da resposta de um detector TLD para a radiação eletromagnética, tem-se que

$$S(E) = \frac{(\mu_{em}/\rho)_d}{(\mu_{em}/\rho)_{ar}} \quad (1)$$

Ainda, a base teórica é a fórmula de Burlin para a proporção entre a dose do fóton $D_{detector}$ registrada pelo detector de radiação e a dose D_{meio} do meio no qual é colocado [7]:

$$D_{detector} = D_{meio} [d(pfm) + (1 - d)S(E)] \quad (2)$$

Observando o gráfico 1, para verificar a resposta linear do dosímetro termoluminescente, foi analisado apenas os TLD que se encontravam no ângulo de incidência do feixe à 0° e foi verificado que a resposta linear do dosímetro termoluminescente foi de 98%.

Conclusão

Observa-se que o dosímetro termoluminescente contribui significativamente com a dose absorvida total na superfície de um fantoma, e que a câmara de ionização não tem uma aplicação para utilização durante todo o tratamento. Observa-se também que devido a angulação aplicada nos dois tipos de detectores, representou um problema devido a orientação que afetou o tamanho da cavidade dos detectores, por esse motivo eles não responderam como em uma superfície plana.

Portanto esta sendo criando um estudo piloto para ser feito as devidas correções dos materiais utilizados afim de monitorar o paciente durante todo o tratamento. Além disso, monitorando o paciente, pode identificar qual nível de dose começa aparecer os primeiros sintomas de radiodermatite no tratamento de neoplasias de cabeça e pescoço, por exemplo, e monitoração de dose prescrita pelo médico.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro de Alta Complexidade em Oncologia Hospital Universitário de Brasília (HUB) pela aquisição dos dados e acomodação das imagens utilizadas neste estudo, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

Referências

- [1] Berdaky, Mafalda F. and CALDAS, Linda V.E. Implantação de um programa de controle de qualidade de um acelerador linear de 6 MeV de Fótons. *Radiol Bras* [online]. 2001, vol.34, n.5, pp. 281-284. ISSN 0100-3984.
- [2] ICRU (International commission on Radiation Units and Measurements), Report 24, Determination of Absorbed Dose in a Patient Irradiated by Beams of X and Gamma Rays in Radiotherapy Procedures, ICRU Publications, Washington DC, 1997.
- [3] X'kortov V. Materials for thermoluminescence dosimetry: Current status and future trends. *Rad Meas*. 2007;42(4-5):576-81.
- [4] J.R.Williams and D.I.Thwaites. Radiotherapy Physics in Practice, Department of Medical Physics and Medical Engineering, University of Edinburgh, Edinburgh, UK, 1994.
- [5] Barbosa, P. Implementação do Controle de Qualidade para Sistemas de Planejamento do

Tratamento em Radioterapia nas Avaliações Externas do PQRT/INCA. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011.

[6] Ribeiro da Rosa, L. A., Dosimetria Termoluminescente Aplicada à Física Médica, Departamento de Física Médica, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro, 2000.

[7] J.R.Williams and D.I.Thwaites. Radiotherapy Physics in Practice, Department of Medical Physics and Medical Engineering, University of Edinburgh, Edinburgh, UK.