

APLICAÇÃO DE DETETORES SEMICONDUTORES NA DOSIMETRIA *IN VIVO* EM TRATAMENTO DE IRRADIAÇÃO DE CORPO INTEIRO.

Campos, L.T.¹, Bardella, L.H.², Viegas, C.C.B.³

¹ Mestrado – Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD/CNEN), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

² Instituto Nacional do Câncer (INCA/MS), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

³ Programa de Qualidade em Radioterapia (INCA/MS), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Resumo

A irradiação de corpo inteiro (TBI, do inglês *Total Body Irradiation*) constitui uma das etapas de tratamento da leucemia e outras formas de linfoma com o uso de radioterapia. De fato, uma avaliação da incerteza final entre a dose prescrita e a dose realmente liberada ao paciente é uma maneira efetiva de avaliar o procedimento. Este trabalho tem como objetivo a aplicação de detetores semicondutores, chamados diodos, na dosimetria *in vivo* em tratamentos de TBI. O diodo foi calibrado e realizou-se um estudo comparativo das respostas mantendo o arranjo experimental do tratamento em termos da repetitividade e reprodutibilidade com a dose, linearidade e dependência com a taxa de dose. Antes da utilização do diodo em pacientes, foi realizado um estudo de sua resposta no simulador RANDO. A análise dos resultados justifica uma recomendação da aplicação de medidas *in vivo* para o TBI.

Palavras Chaves: TBI, Controle de Qualidade, Diodo Semicondutor, Medida *In Vivo*.

Introdução

Nos últimos anos tem crescido a necessidade de empregar ações sistemáticas para garantir a qualidade dos tratamentos de radioterapia. O limite máximo de dose, recomendado pelo ICRU-24, entre a dose absorvida num dado ponto do tumor e a dose prescrita pelo radioterapeuta para o mesmo, é de $\pm 5\%$. Este trabalho apresenta um procedimento para a implantação de um Programa de Controle de Qualidade utilizando um dosímetro semicondutor à base de Silício, Isorad-p, para medidas *in vivo* durante o tratamento de irradiação de corpo inteiro em acelerador linear Varian Clinac 2300 C/D com feixe de fótons de 15 MV. O diodo foi calibrado e realizou-se um estudo comparativo das respostas do detetor quando submetido às condições de operação. O desempenho do diodo foi testado em um simulador RANDO-Alderson feminino, reproduzindo as condições de medidas na prática clínica. A análise dos resultados justifica uma recomendação da aplicação de medidas *in vivo* para o TBI.

Materiais e Métodos

O diodo semicondutor utilizado foi o Isorad-p projetado para a faixa de energia 15-25 MV em conjunto com um eletrômetro PDM Victoreen modelo 37-721, Sun Nuclear Corporation. As irradiações foram executadas com um feixe de fótons com potencial de energia de 15 MV de um acelerador linear Varian Clinac 2300 C/D.

Para montar o arranjo experimental do TBI, o simulador RANDO-Alderson feminino foi utilizado tendo a parte do tórax substituída por um simulador geométrico CNMC (30x30x30) cm³. Para simular as pernas foram utilizados dois tubos de PVC preenchidos com água. Um conjunto dosimétrico utilizado é composto de uma câmara

de ionização Wellhöffer, modelo IC70 tipo Farmer e eletrômetro Keithley modelo 35040. A câmara de ionização foi posicionada dentro do simulador geométrico preenchido com água, a uma distância foco-superfície de 337 cm, com tamanho de campo no isocentro de (40 x 40) cm². Para a calibração do diodo foi mantido o arranjo experimental descrito após a retirada da câmara de ionização, substituída pelo diodo quando posicionado na superfície externa e na direção do eixo central do feixe de fótons.

A calibração do diodo consiste na sua irradiação com uma dose conhecida. Primeiramente, a dose é avaliada na câmara de ionização posicionada a 10 cm de profundidade e corrigida para o máximo de dose (1,5 cm). Dessa forma, atribui-se à dose avaliada na câmara ao diodo. A dose avaliada foi calculada a partir do Protocolo da IAEA [1]. Após a informação da dose, o eletrômetro fornece o fator de calibração.

A resposta do diodo foi avaliada em termos da repetitividade, reprodutibilidade com a dose, linearidade e dependência com a taxa de dose. Para estes testes foi utilizado o mesmo arranjo experimental da calibração.

Tanto o arranjo experimental quanto os equipamentos foram testados antes de fazer a medida no paciente. O arranjo experimental do tratamento de irradiação de corpo inteiro foi mantido, tendo o simulador geométrico substituída pela parte do tórax do simulador RANDO. O detetor Isorad-p foi utilizado com um isolamento de isopor, já que este, apresenta uma resposta sensível à variação de temperatura e por isto não deve ser colocado diretamente sobre o paciente.

Foi utilizada uma unidade de monitor necessária para obter 1 Gy na linha média e tomadas 3 medidas com o diodo. Essa dose foi escolhida devida a ser a mais utilizada neste procedimento na instituição. Foram utilizadas placas de acrílico de forma a variar a profundidade de prescrição de dose.

As leituras obtidas com o diodo foram corrigidas para temperatura ambiente (k_{Temp}), para linearidade (k_{Lin}) e para a taxa de dose (k_{TD}), conforme a Equação 1.

$$D_{Ent} = D_{Med} \cdot k_{Lin} \cdot k_{Temp} \cdot k_{TD} \quad (\text{Equação 1})$$

onde D_{Ent} é a leitura do diodo (D_{Med}) devidamente corrigida pelos fatores de correção. Deve-se usar o resultado da Equação 1 na Equação 2 e, então, encontrar a dose na linha média (D_{LM}), onde a dose é prescrita no tratamento de irradiação de corpo inteiro.

$$D_{LM} = D_{Ent} \cdot PDP_x \quad (\text{Equação 2})$$

Após o arranjo experimental ser testado, um paciente foi avaliado. Foram feitas seis medidas em cada um dos campos; ântero-posterior e pósterio-anterior. Após o paciente ser posicionado pelo técnico em radioterapia, o diodo foi localizado perpendicularmente à direção do eixo central do feixe de radiação e fixado ao paciente por meio de esparadrapos. Com a medida do diodo, após as devidas correções, foi calculado o desvio em relação à dose prescrita pelo médico.

Resultados

O valor encontrado para o fator de calibração do diodo, é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Fator de Calibração para o Diodo.

Fator de calibração (cGy/nC)	$4,059 \times 10^{-3}$
------------------------------	------------------------

Nenhum fator de calibração foi atribuído aos testes de repetitividade e reprodutibilidade com a dose, já que, os desvios padrão máximos das medidas apresentaram o valor zero para a repetitividade e 0,12% para a reprodutibilidade com a dose. A Tabela 2 apresenta os fatores de correção para linearidade e taxa de dose, assim como o fator de correção para a temperatura obtida do manual do detetor e avaliado por Viegas [2].

Tabela 2: Fatores de Correção.

Linearidade (K_{Lin})	$k_{Lin,x} = 0,0059 D_x + 0,9928$
Taxa de Dose (K_{TD})	$k_{TD} = 1,018$
Temperatura (k_{Temp})	$k_{Temp} = 1 + 0,003 (23 - T)$

Foi encontrada uma dispersão máxima de 1,28% nos resultados obtidos com o simulador RANDO. Todos os resultados dentro do nível de aceitação de $\pm 5\%$.

Os resultados obtidos com as medidas no paciente com o campo anterior e campo posterior encontram-se apresentadas na Figura 1.

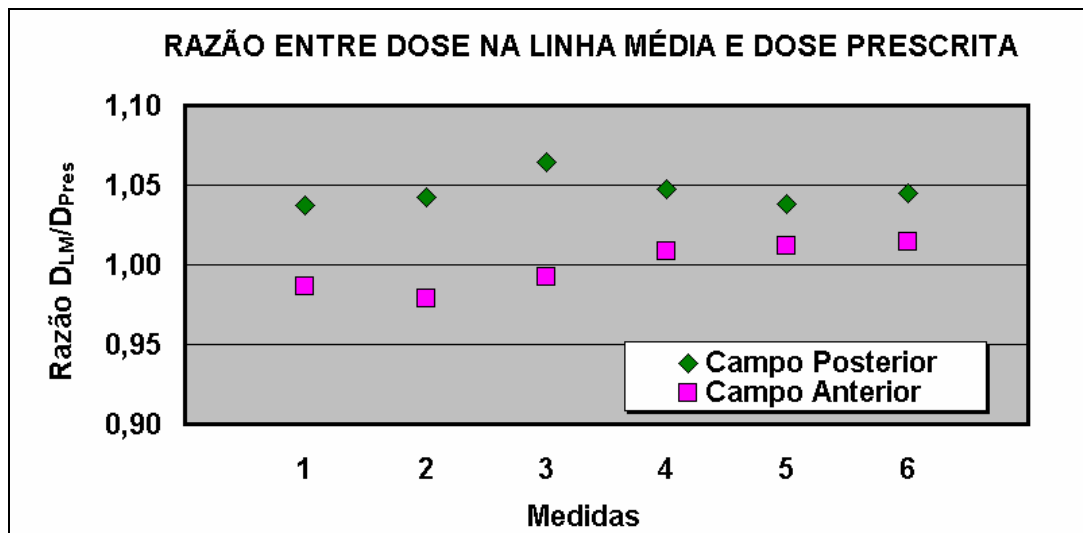


Figura 1: Dispersão das Doses Avaliadas com o Diodo com o Campo Posterior e Anterior do Paciente.

Foi observado que com o campo posterior o paciente não estava posicionado de acordo com o cálculo de distância fonte-eixo utilizado no cálculo de unidades de monitor para aquela determinada dose prescrita pelo radioterapeuta. Deste modo, foi calculada uma dose prescrita de acordo com o posicionamento do paciente. Foi construído um gráfico da dispersão dos resultados obtidos com a dose prescrita corrigida (Figura 2).

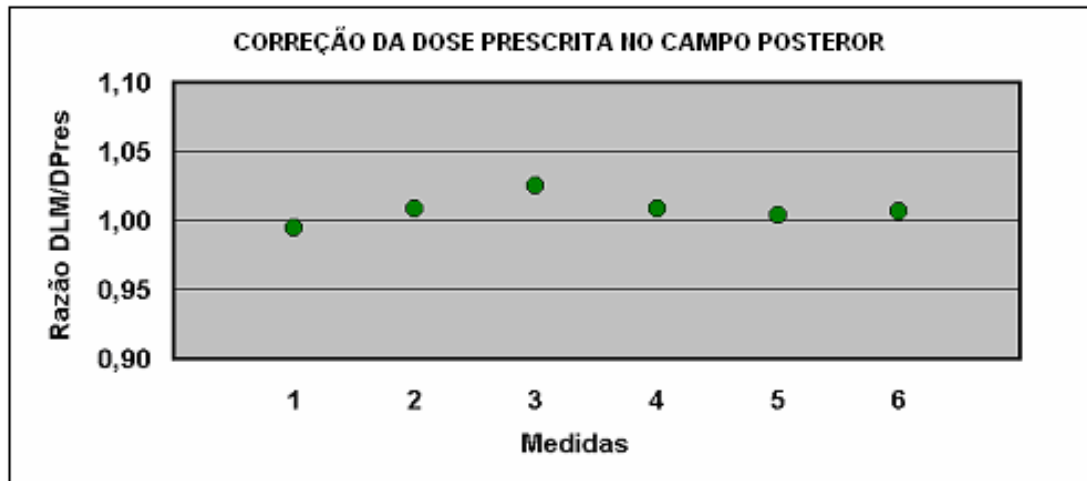


Figura 2: Dispersão das Doses Corrigidas para Distância no Campo Posterior do Paciente.

Conclusões

Com este trabalho foi possível comprovar que o diodo mostra-se adequado à medição *in vivo* como parte de um programa de controle de qualidade devido à sua resposta imediata e fácil manuseio. Deste modo, a implementação dessa metodologia torna-se viável, já que, o tratamento TBI necessita de uma grande eficácia na distribuição de dose, pois o paciente está sendo preparado para um transplante de medula óssea. Portanto, quanto maior a eficácia do tratamento, maior a probabilidade do transplante ser bem sucedido.

Referências

- [1] TRS – 398, *Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry Based on Standards of Absorbed Dose to Water*. Vienna: International Atomic Energy Agency, IAEA, 2000.
- [2] Viegas, Claudio Castelo Branco, 2003, “Dosimetria *In Vivo* com Uso de Detetores Semicondutores e Termoluminescentes Aplicada ao Tratamento de Câncer de Cabeça e Pescoço”.In: Dissertação de Mestrado COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

Abstract

The total body irradiation (TBI) constitutes one of the stages of treatment of the leukemia and other forms of lymphoma with the radiotherapy x-ray use. In fact, an evaluation of the final uncertainty between the prescribed dose and the really set free dose to the patient that is a way of evaluate the procedure. This work has as objective the application of semiconductor detectors called diodes, by *in vivo* dosimetry in TBI. The diode was calibrated and tested about its linearity and dose rate dependence, repeatability and reproducibility with the dose under the same treatment conditions. Before the use of the diode, study of its reply in the RANDO simulator was carried through. The analysis of the results considered the application of the measure *in vivo* in the treatment of total body irradiation.

Words Keys: TBI, Quality Control, Diode Semiconductor, *In Vivo* Measures.