
ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS DOS FILTROS FÍSICOS E DINÂMICOS DE UM CLINAC 21IX

STUDY OF THE CHARACTERISTICS OF PHYSICAL AND DYNAMIC FILTERS OF A CLINAC 21iX

Almeida, M. A. S.¹, Dias, J. R.^{1,2}, Mangueira, T. F.¹

¹ Faculdades ICESP-PROMOVE

² Instituto de Radioterapia de Taguatinga (IRT)

Resumo

Alguns tratamentos radioterápicos usam acessórios modificadores de feixe como filtros em cunha que são usados para compensar a ausência de tecidos, ajustar curvas de isodose ou melhorar gradientes de dose. Esses filtros podem ser físicos e virtuais (Filtro Dinâmico). Para usar os filtros, físicos e dinâmicos, é necessário determinar as características físicas do feixe de fótons gerados com estes acessórios, como ângulo de inclinação, planura e porcentagem de dose em profundidade. Este trabalho apresenta uma pequena revisão de algumas quantidades dosimétricas e algumas medidas de controle de qualidade referentes a um feixe de fótons de radioterapia. Foi medido o TPR (20,10), a variação da intensidade do feixe em profundidade com e sem filtros e o ângulo estimado do filtro físico e dinâmico a 10 cm de profundidade. Os dados foram coletados para um feixe de fótons de 6MV de um Clinac iX 21 da Varian Medical Systems instalado no Instituto de Radioterapia de Taguatinga (IRT). Neste equipamento estão disponíveis os filtros físicos e dinâmicos de 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 45° e 60°. As irradiações foram realizadas de acordo com as recomendações do protocolo internacional TRS 398 da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA, do inglês *International Atomic Energy Agency*).

Palavras Chaves: Filtro físico; Filtro dinâmico; Radioterapia.

Abstract

Some radiotherapy treatments uses beam modifiers accessories such as wedge filters that are used to compensate tissue absence, adjust isodose curves or improve dose gradients. These filters can be physical and non-physical (Dynamic Wedge). To use physical and dynamic wedge filters is necessary to determine the physical characteristics off the photon beam generated with these accessories, for example inclination angle, flatness and percentage depth dose. This work presets a small review of some dosimetric quantities and a few QA measurements to a radiotherapy photon beam. It was measured the TPR (20,10), the variation of beam intensity at depth with and without wedges and the estimated angle of the physical and dynamic filter at 10 cm depth. The dosimetric data were collected from a 6MV photon beam of a Varian Clinac 21 iX (Varian Medical Systems) from Instituto de Radioterapia de Taguatinga (IRT). On this equipment is available physical and dynamic filters of 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 45° and 60°. The irradiation setup were performed according to recommendations of international protocol TRS 398 of the International Atomic Energy Agency (IAEA).

Key words: Physical Wedge Filter, Dynamic Wedge Filter, Radiotherapy.

Contato:asteliastinghen@gmail.com

Introdução

A ideia principal da radioterapia moderna é concentrar a maior dose possível na lesão, preservando ao máximo os tecidos saudáveis adjacentes. Para isto é necessário que durante o planejamento radioterápico sejam observadas não só as características clínicas, anatômicas, fisiológicas e patológicas do paciente, mas também as características físicas dos feixes de radiação a serem empregados.

(FURNARI, 2009; SILVA, 2006; HALL; SCAFF, 2010).

Um dos acessórios modificadores de feixe para radioterapia mais utilizados são os filtros. Estes podem ser físicos, que consistem de cunhas metálicas que atenuam o feixe mais em uma direção e os filtros dinâmicos que consistem da alteração da posição colimador mantendo uma região do campo aberta por maior tempo (SOUZA, 2005; CHANG; GIBBONS, 1999; LIU *et al.*, 2003).

Dentre as possíveis grandezas dosimétricas a serem periodicamente determinadas para garantir a qualidade do tratamento radioterápico estão a razão tecido-fantoma ($TPR_{(20,10)}$), o fator filtro e o ângulo do filtro.

O TPR pode ser genericamente definido pela equação 1:

$$TPR_{(d,d_{ref})} = \frac{D_d}{D_{d_{ref}}} \quad (1)$$

,onde D_d é a dose na profundidade d e $D_{d_{ref}}$ é a dose na profundidade de referência (KHAN, 1994).

O fator filtro, definido pela a média das leituras executadas com o filtro nas posições IN (L_{IN}) E OUT (L_{OUT}) conforme equação 1:

$$Ff = \frac{\frac{L_{IN} + L_{OUT}}{2}}{L_{00}} \quad (2)$$

,onde L_{00} é a leitura efetuada sem o filtro (Varian Associates Inc, 1996).

Uma possível metodologia para se determinar o ângulo em filtros dinâmicos é realizar leituras a 10 cm de profundidade no eixo central e em seguida movimentar a câmara para +2,5 cm em relação ao eixo central do feixe (direção do gradiente do filtro), mantendo a mesma profundidade da leitura de referência no eixo central. Repete-se a leitura para -2,5 cm em relação ao eixo central do feixe, validando o ângulo do filtro como a mensuração entre as médias das leituras realizadas em pontos distintos e padronizadas,

utilizando-se a equação 3 (SOUZA, 2005; SILVA, 2006):

$$\phi = \cos^{-1} \left(\frac{2d}{L_0 - L_E} \right) \quad (3)$$

Objetivos

Neste trabalho foram realizadas algumas medidas de controle de qualidade referentes a um feixe de fótons de radioterapia e o estudo teórico das mesmas. Para isto foram medidos o $TPR_{(20,10)}$, a variação da intensidade do feixe em profundidade com e sem filtros e o ângulo estimado do filtro físico e dinâmico a 10 cm de profundidade.

Materiais e Métodos

Os dados dosimétricos foram obtidos utilizando-se feixe de 6 MV do Clinac 21 iX fabricado pela Varian Medical Systems. Este acelerador linear de elétrons está instalado no IRT (Instituto de Radioterapia de Taguatinga/DF). Neste equipamento estão disponíveis filtros físicos e dinâmicos de 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 45° e 60°. Para o estudo das características físicas propostas neste trabalho foram utilizados da câmara de ionização e objetos simuladores descritos a seguir:

- Câmara de ionização tipo Farmer do fabricante PTW, modelo TN 30013 à prova d'água com volume sensível de 0,6 cm³.
- Eletrômetro da PTW tipo Unidos E.

- Objeto simulador (“phantom”) de água: um tanque 30 x 30 x 30 cm³ de acrílico com posicionador manual com precisão de 0,1 mm.

As leituras foram realizadas com eixo central para campo aberto, filtros físicos e dinâmicos com as angulações de 15° e 60° na posição OUT. Também foram coletados dados fora do eixo central com deslocamentos da mesa de ± 2,5 cm do eixo central. As profundidades de leitura na água foram de 5,10,15 e 20 cm, com distância fonte superfície (da água) de 100 cm e campo quadrado de 10 x 10 cm². Para todas as medições foram utilizados 200 UM (unidades monitoras) a uma taxa de dose de 400 UM/min., gantry a 0° e colimador a 90°. A tensão de polarização do eletrômetro foi ajustada a 300 V e o modo de leitura escolhido foi para medida cumulativa de carga em nano Coulombs (nC). Para cada composição, realizaram-se três leituras sendo que durante as medições a temperatura média foi de 22,5°C e a pressão de 891mBar.

Resultados

O cálculo do $TPR_{(20,10)}$ foi realizado em duas etapas, conforme protocolo TRS398 recomenda. Primeiramente foi calculada a $PDD_{(20,10)}$ a partir das médias para leituras para campo aberto apresentadas nas tabelas 1 e 4 e então o T foi obtido pela equação:

$$TPR_{(20,10)} = 1.2661 * PDD_{(20,10)} - 0.0595 \quad (4)$$

Desta forma foram obtidos $PDD_{(20,10)} = 0,574$ e $TPR_{(20,10)} = 0,668$ com uma incerteza melhor que 0,2% estando assim o feixe dentro da qualidade adequada conforme recomendado pelo protocolo utilizado.

Os valores de leituras no eixo central para campo aberto e com os filtros em função da profundidade são apresentados na figura 1. A partir destas leituras foi possível calcular o fator filtro em função da profundidade para os acessórios escolhidos utilizando a equação 1. Como foram realizadas apenas medidas L_{OUT} , para estes cálculos consideramos $L_{IN} = L_{OUT}$. Os fatores filtros encontrados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Fator Filtro em função da profundidade

Filtro	Fator Filtro em profundidade*			
	5cm	10 cm	15 cm	20 cm
W15	0,767	0,772	0,776	0,779
W60	0,400	0,408	0,416	0,422
EDW15	0,924	0,927	0,928	0,927
EDW60	,662	0,666	0,667	0,667

* As incertezas obtidas por derivadas parciais foram melhores que 0,01

Com os dados obtidos a 10 cm de profundidade no eixo central e deslocados de $\pm 2,5$ cm foi construído o gráfico do perfil de dose para campo aberto e filtros 15°, 60°, EDW15 e EDW60 (os demais foram omitidos para facilitar a visualização). A partir destas médias de leituras para o perfil e da equação 9 foi possível estimar os ângulos das curvas de dose nesta profundidade. Os mesmos valores de ângulo foram obtidos por regressão linear das curvas nos gráficos de perfil de dose. Estes resultados são apresentados na Tabela 2. Os ângulos encontrados na tabela 8 diferem dos valores nominais pelo fato de não terem sido calculados na profundidade de definição do ângulo do filtro, mas sim em uma profundidade que facilite a execução periódica do teste.

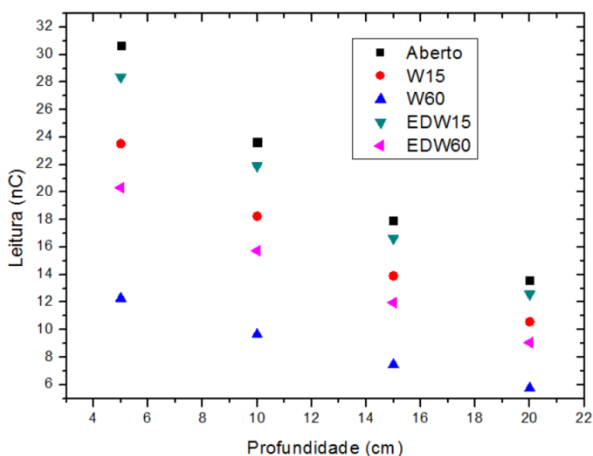


Figura 1 – Gráfico das leituras nas profundidades de 5, 10, 15 e 20 cm em fantoma de água para o feixe de fótons de 6MV com o campo aberto, com filtro de 15°, 60°, EDW15 e EDW60.

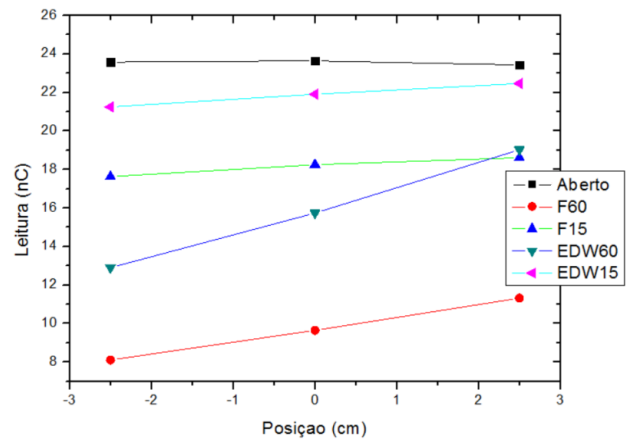


Figura 2 – Gráfico do perfil de dose a 10 cm de profundidade para campo aberto, Filtro 15 e 60 e EDW 15 e 60. O campo aberto foi apresentado apenas para comparação.

Tabela 2- Ângulo do filtro na profundidade de 10 cm para os filtros 15° e 60° e EDW 15 e 60.

Filtro	Ângulo*
W15	11,1°
W60	32,7°
EDW15	13,7°
EDW60	50,8°

* As incertezas obtidas por derivadas parciais foram melhores que 0,1°

Conclusões

A caracterização das principais propriedades físicas do filtro dinâmico em varredura em relação ao filtro físico, através de determinações experimentais, comparação de cálculos realizados através do sistema materiais e métodos, propiciaram uma visão abrangente das propriedades e utilização do filtro dinâmico, seu comissionamento, implementação e controle de qualidade nos tratamentos radioterápicos.

Das características dosimétricas levantadas tem-se que o $TPR_{(20,10)}$ está adequado conforme recomendações do protocolo TRS398.

Ao comparar as medidas de dose para os filtros físicos e dinâmicos para uma mesma quantidade de radiação (mesmas UM) nota-se que os filtros físicos apresentam uma dose menor que os filtros dinâmicos indiferentes à angulação. Isso deve-se ao fato de que o filtro físico ser constituído de um material metálico que absorve parte do feixe de radiação, enquanto que o EDW não possui material absorvedor interposto ao feixe.

As curvas de dose em profundidade apresentaram redução do valor de leitura em função da profundidade assim como esperado pela lei do inverso do quadrado da distância e lei de Beer-Lambert.

Como esperado os fatores filtros calculados para o filtro dinâmico foram mais próximos de 1 do que os filtros físicos

indicando que a correção do tempo de tratamento para os filtros dinâmicos é significativamente menor do que para filtros físicos. Isto implica que tratamentos radioterápicos planejados com filtros dinâmicos podem ter o tempo reduzido quando comparado aos planejados com filtro físico gerando maior conforto ao paciente e possibilitando um maior número de procedimentos em menos tempo.

Os ângulos dos filtros calculados pela equação 9 e pelo método gráfico foram os mesmos indicando que qualquer um dos métodos é viável para se estabelecer um controle de qualidade periódico para filtros dinâmicos.

Referências Bibliográficas

1. ANDREO, P., BURNS T.D; HOHLFELD, K; HUQ, M.S; KANAI, T; LAITANO, F; SMYTH, V; VYNCKIER, S. **AEA TRS-398 Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry based on Standards of Absorbed Dose to Water**, IAEA, Viena, 2004.
2. CHANG, S. X., GIBBONS, J. P. **Clinical Implementation of Non-Physical Wedges**. AAPM Refresher Course, 1999.
3. FURNARI, L. Controle de Qualidade em Radioterapia. **Revista Brasileira de Física Médica**, São Paulo, v. 3, n. 1, p.77-90, 2009.
4. GIBBONS J. P., **Calculation of enhanced dynamic wedge factors for symmetric and asymmetric photon fields**. Med. Phys., v. 25, n. 8, p.1411- 1418, Aug. 1998.
5. HALL, E. J.; GIACCIA, A. J. **Radiobiology for the radiologist**. Lippincott Williams and Wilkins publishing, 6th ed. 2006.
6. KHAN, F. M. **The Physics of Radiation Therapy**. 2 ed., Baltimore, Estados Unidos da América. Lippincott Williams & Wilkins,1994.
7. LIU, C., KIM, S., KAHLER, D. L., PALTA, J. R., **Generalized monitor unit calculation for the varian enhanced dynamic wedge field**, Med. Phys., v. 30, n. 7, p. 1891-1896, 2003.
8. SCAFF, Luiz. **Bases Físicas da Radiologia: Diagnóstico e Terapia**. Sarvier SA Ed. e Livros Médicos, São Paulo (2010).
9. SILVA, R. A. **Dosimetria de filtros dinâmicos aprimorados**. IPEN/CNEN. São Paulo, 2006.
10. SOUZA, R. S. **Estudo das Propriedades Físicas do Filtro Dinâmico: Modulação Unidimensional**. 2005. 64 f. Tese de Mestrado Pelo Programa de Pós-graduação em Radioproteção e Dosimetria, Departamento de Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear Na Área de Física Médica. Rio De Janeiro, 2005.

11. Varian Associates Inc., Oncology Systems, **C- SERIES CLINAC – Enhanced Dynamic Wedge Implementation** Guide, 1 ed., United States of America, 1996.