

Caracterização dosimétrica do dosímetro *PTW Seven29* e *Octavius Phantom* para controle de qualidade em IMRT

Dosimetric characterization of the *PTW Seven29* dosimeter and *Octavius Phantom* for IMRT quality control

Leandro R. Gonçalves, Ângela B. Habitzreuter, Gabriela R. Santos, Érica Y. Watanabe, Marco A. Silva, Gisela Menegussi e Laura N. Rodrigues

Serviço de Radioterapia do Instituto do Câncer do Estado de São Paulo – São Paulo (SP), Brasil.

Resumo

Técnicas como IMRT, VMAT e Tomoterapia têm sido bastante utilizadas com a finalidade de conformar melhor a dose no alvo, poupando órgãos sadios adjacentes. A complexidade dessas técnicas promove o desafio de uma correta verificação independente da dose. Detectores matriciais têm sido utilizados para tanto. No entanto, a fim de se conhecer o dosímetro e suas limitações, medidas de caracterização são necessárias. Tais dosímetros podem, por exemplo, apresentar dependência angular. Objetos simuladores foram desenvolvidos de forma que, ao serem utilizados com os detectores planares, a dependência angular seja eliminada. Este trabalho teve como objetivo caracterizar o dosímetro *PTW Seven29*, bem como estudar sua utilização em conjunto com o objeto simulador *Octavius Phantom* (PTW). O detector mostrou-se reproduzível, com maior desvio obtido igual a 0,25%, apresentou linearidade com a dose, e mostrou-se independente da taxa de dose. Diferenças para os fatores *output* foram encontradas (<6%), entretanto, medidas para casos clínicos asseguram que suas características permitem que o mesmo seja utilizado na verificação da dose em IMRT. Sua utilização em conjunto com o *Octavius Phantom* mostrou baixa dependência angular (<1,2%).

Palavras-chave: IMRT, radioterapia, dosimetria, caracterização, dosímetros.

Abstract

Techniques like IMRT, VMAT and Tomotherapy has been used to improve dose conformity in the target, while sparing normal tissues adjacent. The complexity of this techniques challenge us to correctly verify the dose delivery, in an independent way. Matrix detectors have been used for this purpose. Although, to exactly understand the dosimeter response and to identify his limitations, characterization measurements need to be performed. These dosimeters, for instance, can present angular dependence. Phantoms has been designed to, when used together the detector, eliminate this angular dependence. The aim of this work was to characterize *PTW Seven 29* dosimeter and also his use with *Octavius Phantom* (PTW). The dosimeter showed reproducible with 0.25% the biggest standard deviation, good dose linearity and dose rate independency. Differences for output factors were obtained (<6%), but a clinical case measurement showed that the set can be used for IMRT verification. When used with *Octavius Phantom* the dosimeter showed low angular dependence.

Keywords: IMRT, radiotherapy, dosimetry, characterization, dosimeters.

Introdução

A radioterapia moderna, à medida que promove distribuição de doses cada vez mais conformadas, promove desafios na correta verificação do cálculo da dose, seja ela relacionada ao cálculo das Unidades Monitoras, dose absoluta, ou ainda quanto à capacidade de um acelerador linear executar um tratamento planejado com gradientes complexos de dose, tais como os promovidos por técnicas como IMRT, VMAT e Tomoterapia^{1,2}. Softwares de verificação independente de cálculo de UM, comercialmente

disponíveis, têm sido amplamente utilizados, entretanto, não conseguem verificar se o acelerador linear é capaz de entregar a dose como planejado, através do movimento das lâminas dos colimadores multifolhas, variações da taxa de dose, ou ainda, variação da velocidade de rotação do *gantry*. Dentre os métodos possíveis para tais verificações, podemos destacar a verificação da dose através da simulação do planejamento em um objeto simulador³. Nestes casos, o planejamento é reproduzido em um objeto simulador, geralmente composto por placas de materiais equivalentes à água. Para medir a dose absoluta, pode-se

utilizar uma câmara de ionização calibrada e, para verificação da fluência da dose, utiliza-se um detector bidimensional entre as placas em uma profundidade de interesse. Tal detector pode ser um filme dosimétrico, detectores matriciais de câmaras de ionização ou de detectores do estado sólido. Dentre as diferentes características entre estes detectores, podemos destacar que os dois últimos reduzem o tempo de realização destas verificações em relação ao filme, possuindo precisão e acurácia suficientes².

Para a correta utilização de um detector, é necessário realizar medidas para sua caracterização dosimétrica, de forma a entender suas respostas e conhecer suas limitações. Detectores matriciais de câmaras de ionização podem apresentar dependência angular, e objetos simuladores, como o Octavius Phantom, têm sido desenvolvidos para eliminar ou diminuir tal dependência².

O detector Seven29 da PTW é um *array* de câmaras de ionização, que possui 729 câmaras dispostas em uma matriz bidimensional de 27 por 27. As câmaras possuem um volume sensível de 0,125 cm³ e encontram-se espaçadas por uma distância de 1 cm nessa matriz bidimensional.

Este trabalho visa caracterizar o detector PTW Seven29 associado a um conjunto de placas de água sólida ou a um objeto simulador Octavius Phantom (PTW), para utilização no controle de qualidade em IMRT no Instituto do Câncer do Estado de São Paulo (ICESP).

Materiais e Métodos

Para a caracterização, foram realizadas medidas de reprodutibilidade, linearidade de resposta com a dose, dependência energética, dependência com a taxa de dose, dependência angular, dependência com o inverso do quadrado da distância (IQD) e dependência com o tamanho de campo.

Todas as medidas foram realizadas em um Acelerador Linear Elekta Synergy, do Serviço de Radioterapia do ICESP, para energias de 6 MV e 15 MV.

Para finalidades estatísticas, todas as medidas a seguir descritas foram realizadas três vezes, exceto as medidas de reprodutibilidade, as quais foram repetidas por dez vezes. O dosímetro a ser caracterizado foi utilizado junto a dois objetos simuladores: placas de água sólida RW3 e/ou Octavius Phantom, ambos equivalentes à água para as energias estudadas. Quando utilizado com as placas de água sólida, a configuração utilizada foi: 4,2 cm de água sólida sobre o dosímetro (para que o volume sensível do detector ficasse posicionado a 5 cm de profundidade), e 10 cm de água sólida abaixo do detector (para garantir o retroespalhamento para as duas energias estudadas). O Octavius Phantom tem um formato octogonal e possui uma cavidade de ar em uma de suas metades para corrigir a dependência angular do dosímetro Seven29. Tal objeto simulador possui uma cavidade, na qual o detector pode ser acomodado.

Reprodutibilidade

Para estudar a reprodutibilidade do dosímetro, este foi utilizado junto ao conjunto de água sólida, nas condições padrão de irradiação. Foram realizadas dez medidas com 100 UM para as duas energias estudadas, 6 MV e 15 MV. A reprodutibilidade foi avaliada junto à câmara central do detector, que ocupa a posição (14,14) na matriz do detector.

Linearidade da resposta com a dose e dependência energética

A linearidade de resposta do detector foi medida para as duas energias estudadas junto ao conjunto de água sólida, calculou-se a dose para variações de unidade monitorada de 2 UM a 500 UM. Compararam-se as curvas de resposta para as duas energias estudadas, para verificar se o dosímetro apresenta dependência energética, analisando o desvio relativo das inclinações das curvas obtidas.

Dependência com a taxa de dose

Para avaliar a resposta do detector com a taxa de dose, utilizou-se o dosímetro posicionado junto ao conjunto de água sólida, e foram feitas irradiações para taxas de dose de 75, 150, 300 e 600 UM/min. Novamente, avaliou-se a resposta da câmara central do dosímetro.

Dependência com o IQD

Para verificar se o dosímetro responde seguindo a Lei do Inverso do Quadrado da Distância, este foi irradiado para diferentes DFS, sendo elas: 90, 95, 100, 105, 110, 115 e 120 cm. Foi utilizada a configuração de irradiação na qual o dosímetro se encontra entre as placas de água sólida. Avaliou-se a resposta na câmara central. Foi gerado um gráfico $1/d^2$ em função da dose. O coeficiente de correlação para um ajuste linear foi utilizado, para indicar se o detector responde de forma a satisfazer a Lei do Inverso do Quadrado da Distância.

Fator output

Avaliou-se a resposta do detector, utilizando a medida da câmara central para diferentes tamanhos de campos, sendo eles: 3x3, 5x5, 7x7, 10x10, 15x15, 20x20 e 27x27 cm², nas condições padrão de irradiação. Os fatores foram normalizados para o tamanho de campo 10x10 cm² e foram comparados com as medidas de comissionamento da máquina.

Dependência angular

Nesta etapa, utilizou-se o dosímetro junto ao objeto simulador Octavius Phantom. Irradiou-se o conjunto em diferentes ângulos de gantry de 90° a 270°, no sentido anti-horário, em intervalos de 15°. Para evitar a irradiação da mesa, o objeto simulador foi posicionado de forma a garantir simetria entre as irradiações e a cavidade de ar existente, para garantir a correção informada pelo fabricante. O dosímetro Seven29 ficou posicionado verticalmente em relação à mesa.

Caso clínico

Para avaliar o dosímetro em uma situação clínica, foi utilizado um planejamento de cabeça e pescoço de IMRT com sete campos. A resposta do detector foi comparada com a distribuição de dose obtida no sistema de planejamento XiO (Elekta) por meio da análise gama⁴ campo a campo. Para esta irradiação, o detector Seven29 foi posicionado entre a parte inferior do Octavius Phantom e 7 cm de água sólida.

Resultados

O dosímetro estudado mostrou-se reprodutível. Foram encontrados desvios padrão de 0,25 e 0,1% em dez repetições, para as energias de 6 MV e 15 MV, respectivamente.

A Figura 1 apresenta o comportamento de resposta com a dose para as duas energias estudadas. Obteve-se um ajuste linear com coeficiente de correlação igual a 1, para ambas as energias estudadas. O coeficiente angular das retas obtidas foi 0,9914 e 0,9751 para 6 MV e 15 MV, respectivamente, resultando em um desvio relativo de 1,6%, o qual representa a dependência energética do sistema.

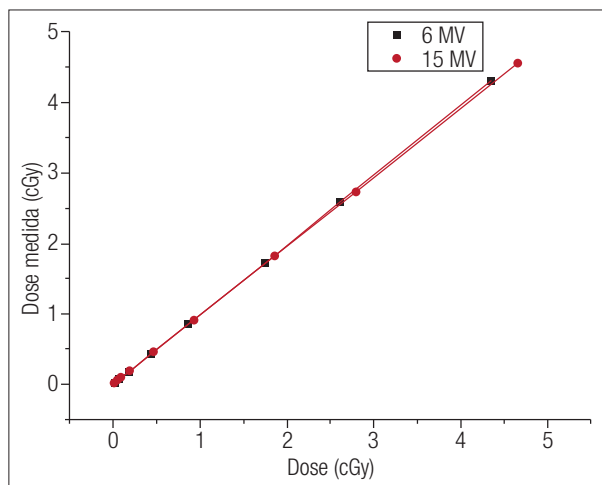


Figura 1. Dependência com a dose e energia.

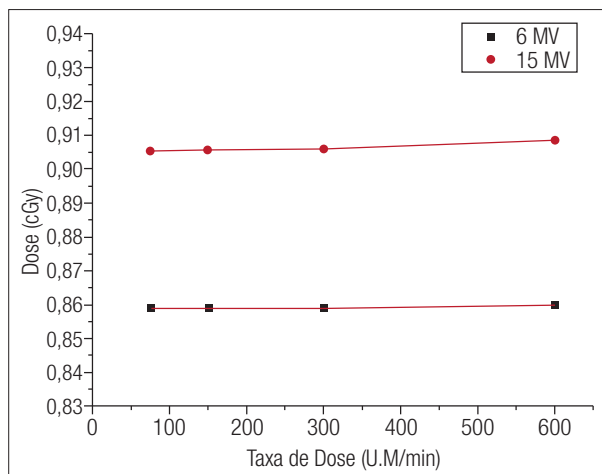


Figura 2. Dependência com a taxa de dose.

A Figura 2 apresenta a dependência com a taxa de dose. O desvio máximo encontrado para as diferentes taxas de dose foi de 0,1 e 0,3% para as energias de 6 MV e 15 MV, respectivamente.

A Figura 3 apresenta a dependência da resposta do detector com a distância. O ajuste linear para as duas curvas da Figura foi obtida com um coeficiente de correlação igual a 1. A Figura 4 apresenta a dependência do dosímetro com relação ao tamanho de campo utilizado para a irradiação. Os dados medidos com o detector matricial foram comparados com dados do comissionamento da máquina.

O maior desvio encontrado foi de 6 e 3,3% para as energias de 6 MV e 15 MV, respectivamente. A Figura 5 apresenta a dependência angular do dosímetro quando utilizado em conjunto com o objeto simulador Octavius Phantom. Os desvios relativos encontrados foram de até 7%, para as duas energias. Entretanto, é necessário destacar que o objeto simulador possui um formato octogonal e, portanto, não é um cilindro perfeito, o que nos leva a considerar que a dose entregue na câmara central não é igual para UM iguais,

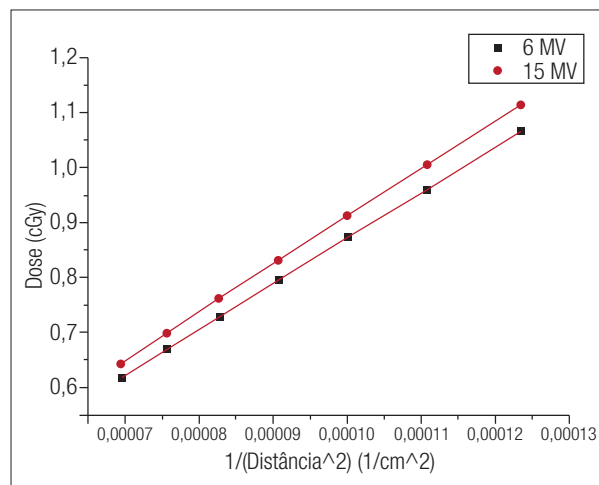


Figura 3. Dependência com a distância.

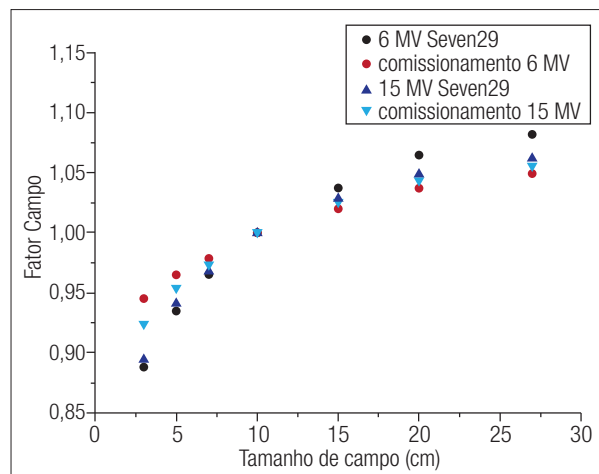


Figura 4. Dependência com o tamanho de campo.

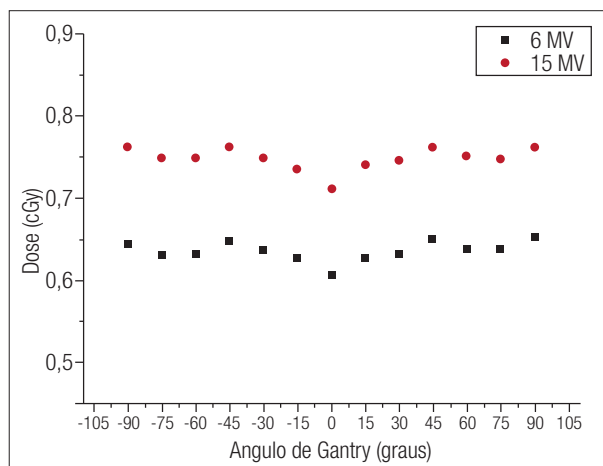


Figura 5. Dependência angular do dosímetro quando utilizado em conjunto com o objeto simulador Octavius Phantom.

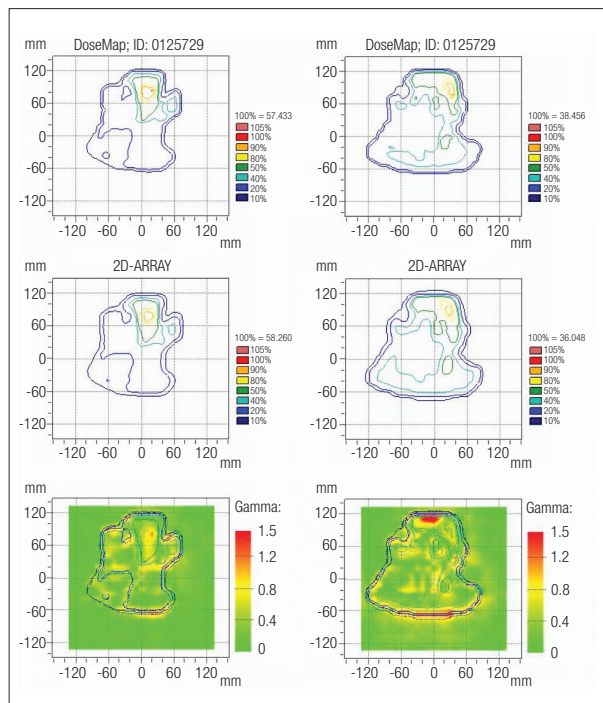


Figura 6. Análise gama para o caso clínico.

justificando as diferenças encontradas. Deve-se então analisar o desvio entre ângulos simétricos, sendo encontrados nestes casos desvios máximos de 1,2 e 0,9% para 6 MV e 15 MV, respectivamente.

Em relação ao caso clínico, a Figura 6 apresenta a distribuição de dose obtida no sistema de planejamento XiO, a distribuição de dose medida com o dosímetro em estudo, e a análise gama para dois dos sete campos utilizados. Todos os campos obtiveram índice de aprovação maior ou igual a 95% dos pontos na análise gama, com critérios de 3 mm e 3%.

Discussão e Conclusões

O dosímetro mostrou-se reprodutível, responde linearmente com a dose e apresenta pequena dependência energética. Possui baixa dependência com a taxa de dose e responde adequadamente à Lei do Inverso do Quadrado da Distância. Foi encontrada uma diferença nas medidas de fator campo de 6%, quando comparado com resultados obtidos no comissionamento. Observou-se que, quando utilizado junto ao objeto simulador Octavius Phantom, o dosímetro apresenta uma dependência angular menor que 1,2%. Os resultados obtidos da análise gama para o caso clínico estudado mostram que, quando sob a influência de todos os fatores estudados, o dosímetro continua a oferecer resultados satisfatórios como dosímetro para verificação de dose em IMRT.

Referências

- Spezi E, Angelini AL, Romani F, Ferri A. Characterization of a 2D ion chamber array for the verification of radiotherapy treatments. *Phys Med Biol.* 2005;50(14):3361-73.
- Esch AV, Clermont C, Devillers M, Iori M, Huyskens DP. On-line quality assurance of rotational radiotherapy treatment delivery by means of a 2D ion chamber array and the Octavius Phantom. *Med Phys.* 2007;34(10):3825-37.
- Wiezorek T, Banz N, Schwedas M, Scheithauer M, Salz H, Georg D, et al. Dosimetric quality assurance for intensity-modulated radiotherapy. *Strahlenther Onkol.* 2005;181(7):468-74.
- Low DA, Harms WB, Mutic S, Purdy JA. A technique for the quantitative evaluation of dose distributions. *Med Phys.* 1998;25(5):656-61.