

Implementação de um Controle de Qualidade de DMLC utilizando um EPID (*Portal Dosimetry*)

Implementation of DMLC quality control using EPID (*Portal Dosimetry*)

Fabio R. Mattos¹, Laura Furnari²

¹Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

²Instituto de Radiologia, Setor de Radioterapia-*INRAD/HC-FMUSP*, São Paulo, Brasil.

Resumo

Um Controle de Qualidade (CQ) que garanta o desempenho esperado de um sistema de colimador multilâminas (MLC) é essencial para uma entrega de dose segura e adequada. O tempo necessário para a realização da dosimetria e do controle dos equipamentos pode ser reduzido quando realizado com o uso do sistema de detecção *Electronic Portal Image Device* (EPID). O trabalho consistiu em verificar os limites de resolução desse sistema de detecção para seu uso na modalidade IMRT (radioterapia de intensidade modulada), e na proposta de um conjunto de testes que possam fornecer análises de posicionamento de um sistema de múltiplas lâminas. Para os testes, foi utilizado o Clinac Varian iX equipado com o MLC Millenium 80, e um detector de silício amorfo EPID (aS1000, Varian). O EPID se mostrou eficiente em detectar desvios de posicionamento de até 0,5 mm. Os testes propostos forneceram resultados relevantes sobre o posicionamento das lâminas, e revelaram que o sistema MLC apresenta-se dentro dos limites aceitáveis encontrados em literatura.

Palavras-chave: colimador multi-lâminas; radioterapia, *electronic portal image device*, controle de qualidade.

Abstract

A Quality Assurance (QA) to ensure the expected performance of a Multileaf Collimator System (MLC) is essential to deliver dose in a safety and appropriate way. The time required for equipment control and dosimetry may be reduced when the *Electronic Portal Image Device* (EPID) is used. The aim of this work was to check the resolution limits of the detection system for IMRT mode, and to propose a set of tests that can provide positioning analysis of a multileaf system. A Varian iX Clinac equipped with an 80 leaf Millenium MLC, and an amorphous silicon based EPID (aS1000) was used. The EPID proved itself effective for detecting errors up to 0.5 mm. The proposed tests provided relevant results of leaf position, and revealed that the MLC system is within acceptable limits found in literature.

Keywords: Multileaf collimator system (MLC); radiotherapy; *electronic portal image device* (EPID); quality assurance.

1. Introdução

Tratamentos com radioterapia de intensidade modulada (IMRT), geralmente, são realizados utilizando aceleradores lineares equipados com um sistema de colimação multilâminas (MLC). Estas lâminas se movem ao longo da área de interesse, modulando a fluência do feixe de radiação, procurando adequar a melhor distribuição de dose requerida pelo planejamento¹.

Devido à movimentação, os espaços entre os pares de lâminas podem variar e, portanto, o seu exato posicionamento deve ser garantido, para que a entrega de dose seja correta.

Desvios no posicionamento das lâminas, como em um tratamento de arcoterapia volumétrica modulada (VMAT ou *RapidArc*) com campos bastante modulados onde a distância entre duas lâminas opostas é mínima, podem resultar numa diferença de dose considerável¹.

LoSasso e colaboradores² avaliaram a diferença entre a dose planejada e a dose medida,

relacionando erros de posicionamento de lâmina com diferença de dose. Notou-se que diferenças de 1 mm em janelas de lâminas de 2-3 cm, que são janelas geralmente utilizadas em planejamentos, podem resultar em uma variação de 5% na dose entregue.

Erros em posicionamento podem estar relacionados tanto com relação a uma lâmina individualmente, quanto com relação ao banco todo de lâminas. Tais erros podem ser gerados pelos seguintes parâmetros: imperfeições mecânicas; degradação gradual de cada motor; má comunicação de cabos; e mau funcionamento ou calibração imprecisa dos potenciômetros³.

A acurácia na entrega de dose de um tratamento com IMRT em modo dinâmico depende não só do correto posicionamento das lâminas, mas também da velocidade de cada lâmina. Deve-se investigar a forma como a lâmina executa a velocidade determinada no tratamento, pois qualquer mudança no seu processo de aceleração pode

afetar a distribuição de dose ao longo do campo de tratamento⁴.

O documento 142 da AAPM⁵ considera 1 mm de desvio no posicionamento das lâminas como sendo um limite aceitável em tratamentos de IMRT.

Para a realização de testes que possam trazer informações sobre o desempenho do MLC, é necessário possuir um sistema de detecção com uma resolução, em escala, superior ao erro a se detectar. Comumente, filmes radiocrômicos são utilizados para análise e validação de testes, por sua alta resolução espacial⁶.

Para avaliação do MLC com outros detectores matriciais como Mapcheck® (SunNuclear); MatriXX® (Iba Dosimetry); e PTW-729® (PTW), deve-se levar em consideração a forma como desempenha sua ferramenta de interpolação, já que esses detectores não possuem resolução espacial da ordem de 1 mm.

É possível analisar qualitativamente os resultados obtidos, a partir de um conjunto de testes de um sistema de MLC, observando visualmente o posicionamento final de parada de cada lâmina (*leaf end position*), e comparando o mesmo com um padrão referência. Também é possível relacionar diferenças de posicionamento de uma lâmina com sua adjacente⁷.

A análise quantitativa pode ser feita por meio de um programa computacional (MATLAB)³. Em tal programa, pode-se medir a largura a meia altura (FWHM) de cada pico de intensidade correspondente a um *gap* pré-programado. Tal parâmetro permite relacioná-lo com seu padrão de referência, a fim de saber se houve modificação na abertura do *gap*, o que sugeriria um desvio de posicionamento de um par de lâminas^{3,8}. Com um software apropriado, é possível avaliar diferenças de intensidade de dose ao longo do campo irradiado e posicionamento de um par de lâminas, pela análise de um perfil de dose por posicionamento ao longo do campo^{9,10,11}.

Outra análise quantitativa pode ser feita com o uso dos arquivos *Dynalog*, *Dynalog files* ou *Dynamic log files*, que são gerados para cada campo de IMRT pelo software *Varian MLC Controller*.

Os arquivos *Dynalog* já foram utilizados como referência para muitos estudos de posicionamento de lâminas relacionando os desvios no posicionamento das mesmas^{9,12,13}. Estes estudos revelam uma pequena diferença entre a dose entregue no paciente, quando comparada à dose do plano aprovado no TPS. Entretanto, o resultado fornecido pelos arquivos *Dynalog* depende da precisão do leitor de posicionamento do próprio controlador, e por essa razão, alguns erros como calibração imprecisa ou folga nos monitores ou mecânica, podem não ser percebidas pela análise desses arquivos. Isto torna necessário uma verificação periódica do posicionamento das lâminas por um método de imagem independente^{10,13}.

O software *Dynalog files viewer* fornece uma estatística de desvio de posicionamento das lâminas sobre um campo de irradiação, comparada ao plano original, com a posição que as mesmas deveriam estar, a cada fração de UM (unidade monitora). Medidas do posicionamento das lâminas são obtidas a cada fração de 50 ms¹³. Caso um percentual correspondente a 95% das contagens obtidas estejam compreendidas no intervalo de 0 a 3,5 mm, o teste é considerado como dentro dos limites aceitáveis, segundo o fabricante¹⁴.

Encontram-se na literatura artigos sobre o uso do EPID como dispositivo para realização de diversos controles de qualidade na rotina de radioterapia, devido a sua própria praticidade, reduzindo o tempo da realização dos testes; e pela alta resolução de seu detector, compatível com resolução desejada para os testes^{15,16,17}.

Existem diferentes verificações que podem ser realizadas a fim de assegurar a qualidade do sistema MLC, ficando a critério de cada instituição selecionar os testes mais adequados de acordo com sua rotina.

O objetivo desse trabalho, além de testar a sensibilidade do EPID em detectar pequenas variações no posicionamento das lâminas do sistema MLC, é implementar um conjunto de testes que forneça uma análise tanto qualitativa quanto quantitativa do posicionamento e velocidade das lâminas.

2. Materiais e Métodos

Para este trabalho, foi utilizado o Clinac Varian iX equipado com o sistema de colimador multilâminas Millennium 80. Este MLC é usado em planejamentos de intensidade modulada tanto em modo dinâmico como em *step-and-shoot*. As lâminas do sistema podem ter um deslocamento de até 15 cm a partir do carro de lâminas a que estão conectadas (*overtravel*). Durante a entrega de dose, apenas as lâminas se movem ao longo do campo; a velocidade máxima dessas lâminas é 2,5 cm/s⁶. Acoplado ao Clinac, se encontra um detector de silício amorfo (a-Si) EPID (aS1000, Varian). A área sensível de detecção do EPID consiste numa matriz de 1024 x 768 pixels cobrindo uma área de 40 x 30 cm² no isocentro, com resolução espacial de 0,39 mm^{13,15,16}.

As características dosimétricas do EPID (a-Si) já foram discutidas em literatura^{12,14}. Baseado nesses trabalhos e na rotina implementada no serviço, foi definido uma configuração de medida com distância fonte detector (DFD) de 100 cm, taxa de dose de 400 UM/min e energia de 6 MV. Para análise do desempenho do sistema MLC, foi desenvolvido um teste de sensibilidade do sistema de detecção, e avaliado pela execução dos seguintes testes: *Picket fence*; *gap* deslizante; velocidade das lâminas; teste da pirâmide e X wedge. Todos os testes foram realizados no EPID e analisados no TPS *Eclipse®*, utilizando a licença de *Portal Dosimetry* versão 13.6, que utiliza o

modelo de algoritmo *PDIP* (*Portal Dose Image Prediction*).

O teste de sensibilidade do sistema de detecção (EPID) se resume em verificar a habilidade do sistema de detecção em acusar um pequeno desvio de posicionamento de uma lâmina, quando comparado o plano medido e a referência, através de suas ferramentas de análise disponíveis⁶.

O *Picket fence*, ou “teste da cerca”, permite analisar a precisão no posicionamento individual de cada lâmina, sua calibração, e os desvios que estão ocorrendo numa irradiação^{8,18}.

O teste do *gap* deslizante faz com que uma abertura fixa entre os pares de lâminas deslize em modo dinâmico ao longo do campo de irradiação, onde a medida de dose no raio central é dependente da transmissão do MLC e da dimensão da abertura entre as lâminas¹⁸.

O teste de velocidade das lâminas procura analisar, além de fadiga no motor, a fricção entre uma lâmina e sua adjacente, enquanto se movem com velocidades diferentes ao longo do campo de irradiação^{6,7}.

Os testes da pirâmide e *X wedge* visam testar a habilidade do sistema MLC em desenvolver campos com diferentes intensidades de dose, e destacar um possível erro de posicionamento de uma lâmina quando comparada às outras lâminas no limite de cada campo gerado¹⁷.

Na interpretação dos resultados obtidos, foi necessário validar cada teste realizado, e estabelecer alguns padrões de referência, de modo a obter uma análise tanto qualitativa quanto quantitativa.

A ferramenta de validação utilizada foi a análise do posicionamento das lâminas pelos *arquivos Dynalog*, gerados para cada campo de IMRT pelo software *Varian MLC Controller*.

2.1 Sensibilidade do EPID.

Para testar a habilidade do EPID em detectar pequenos desvios em posicionamento, foram inseridas pequenas variações no posicionamento das lâminas, a saber: 2 mm; 1,5 mm; 1,0 mm e 0,5 mm respectivamente. Tais variações foram avaliadas nos seguintes testes: *Picket fence*, *gap* deslizante e velocidade das lâminas. Esses testes com pequenas variações foram comparados com seu padrão referência correspondente.

Para os testes do *gap* deslizante e velocidade das lâminas, foi utilizado como critério de avaliação da movimentação das lâminas durante uma irradiação, a ferramenta de análise gamma com critério (3%/0,5 mm). Richart e colaboradores⁶ já haviam utilizado a mesma ferramenta para detectar variações mínimas no posicionamento das lâminas no EPID, através da análise visual fornecida após aplicar o critério gamma (3%/0,2 mm). A escolha de utilizar o critério gamma (3%/0,5 mm) em vez de (3%/0,2 mm) foi devido à limitação da licença do *Portal Dosimetry* versão 13.6.

2.2 Picket Fence

Para este teste, foi estabelecido um padrão de movimentação das lâminas da esquerda para a direita, realizando paradas distantes de 3,5 cm, com *gap* entre os pares de lâminas do carro A e B de 1 mm, mesma dimensão do desvio aceito em literatura para o posicionamento da lâmina⁵. O teste foi realizado com 100 unidades monitoras (UM). Para validação deste teste, além dos *arquivos Dynalog*, foi utilizado um filme radiocrômico para comparação qualitativa com o resultado obtido no EPID.

2.3 GAP Deslizante

O *gap* deslizante foi obtido criando-se uma abertura constante de 0,5 cm entre as lâminas, abertura essa que deslizou em modo dinâmico sobre um campo de irradiação. O teste foi realizado com 35 UM de forma a realizá-lo com as lâminas próximas à velocidade máxima.

2.4 Velocidade das Lâminas

O teste de velocidade das lâminas foi realizado de forma que cada par de lâminas desenvolvesse uma velocidade diferente em relação ao seu par adjacente, mas sempre com velocidade constante, conforme recomendado por literatura⁷. Foi realizado com 500 UM, para que se possa identificar um erro de posicionamento durante a movimentação das lâminas ao longo do campo irradiado.

Para os testes acima relatados foi utilizado um campo de irradiação de 15 x 40 cm², com colimador a 90°, incluindo, dessa forma, todas as lâminas do sistema MLC na área sensível do EPID.

2.5 Teste da Pirâmide

Foi realizado com o *gantry* a 0°, colimador a 0°, num campo de (15 x 30) cm² aonde as lâminas formam uma pirâmide de diferentes intensidades de dose.

2.6 Teste X Wedge

Foi realizado com um *gantry* a 0°, colimador a 0°, num campo de (15 x 30) cm² em que as lâminas formam uma imagem semelhante a um filtro de diferentes intensidades de dose. O teste foi realizado para cada carro de lâminas.

Os testes da pirâmide e *X wedge* foram realizados com o objetivo de testar as lâminas da região central do banco de lâminas, que, por serem mais utilizadas, possuem maior probabilidade de falha em motores ou fricção entre as mesmas. Foi escolhido 100 UM para ambos os testes para estabelecer uma boa relação sinal/ruído dependente da velocidade com que as lâminas se movem. Se há uma diminuição de UM, as lâminas se movem com uma maior velocidade, e a relação sinal/ruído é aumentada, podendo acarretar em uma baixa resolução espacial^{6,15,17}.

Todos os testes deste trabalho se apresentam em modo dinâmico, e foram criados no software MLC Shaper (Varian Medical Systems Inc., Palo Alto, CA, USA).

3. Resultados

3.1 Validação dos testes, arquivos Dynalog.

Para todos os testes, foi avaliado o posicionamento das lâminas ao longo do campo irradiado, através do software Dynalog Files Viewer. A Figura 1 mostra o resultado obtido para o teste do Picket fence.

Bin No.	Error (cm.)	# of Counts	Percent	Percent Sum
1	0.000 -< 0.005	6400	26.49	26.49
2	0.005 -< 0.050	560	2.32	28.81
3	0.050 -< 0.100	17200	71.19	100.00
4	0.100 -< 0.150	0	0.00	100.00
5	0.150 -< 0.200	0	0.00	100.00
6	0.200 -< 0.250	0	0.00	100.00
7	0.250 -< 0.300	0	0.00	100.00
8	0.300 -< 0.350	0	0.00	100.00
9	0.350 -< 0.400	0	0.00	100.00
10	0.400 -< 0.450	0	0.00	100.00
11	0.450 -< 0.500	0	0.00	100.00
12	0.500 -< 0.550	0	0.00	100.00
13	0.550 -< 0.600	0	0.00	100.00
14	0.600 -< 0.650	0	0.00	100.00
15	0.650 -< 0.700	0	0.00	100.00
16	0.700 -< 0.750	0	0.00	100.00
17	0.750 -< 0.800	0	0.00	100.00
18	0.800 -< 0.850	0	0.00	100.00
19	0.850 -< 0.900	0	0.00	100.00
20	0.900 -< 0.950	0	0.00	100.00
21	0.950 -< 1.000	0	0.00	100.00
22	1 and above	0	0.00	100.00

Figura 1: Intervalo do desvio de posicionamento das lâminas encontrado para o total de contagens obtidas a partir do Dynalog Files para o teste do Picket Fence.

Pela figura, nota-se que 100% das medidas apresentaram erros inferiores a 1 mm⁵.

A tabela 1 representa os resultados obtidos pelo Dynalog files Viewer para cada teste realizado.

Tabela 1: Estatística representativa das contagens realizadas no sistema MLC, que apresentaram erros de posicionamento entre (0-3,5 mm).

Teste	Estatística (%)
Picket Fence	100
Gap deslizante	100
Vel. das lâminas	99,8
Pirâmide	99,6
X wedge (A, B)	100

3.2 Sensibilidade do EPID.

Os pequenos desvios no posicionamento das lâminas inseridos no teste do picket fence podem ser visualizados na figura 2. É possível quantificar o desvio observado através da análise do perfil no sentido de movimentação das lâminas, conforme figura 3.

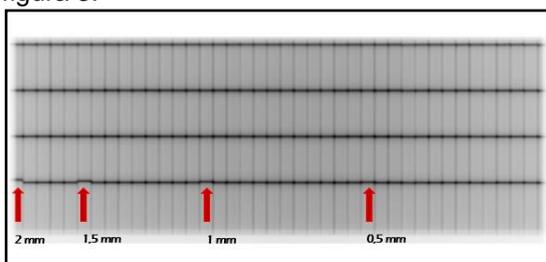


Figura 2: Picket Fence com variações no posicionamento das lâminas. Erros inseridos propositalmente no posicionamento das lâminas; a saber, da esquerda para direita, 2 mm, 1,5 mm, 1,0 mm, 0,5 mm.

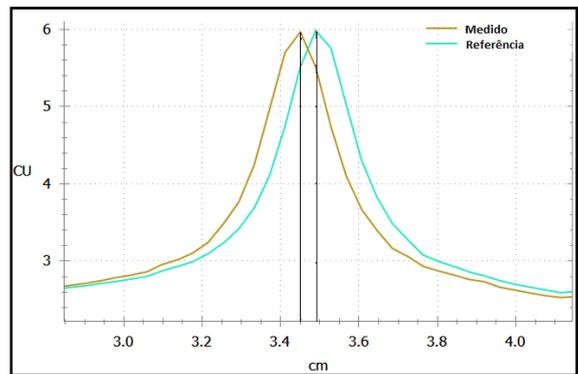


Figura 3: Análise do Perfil de dose no sentido de movimentação das lâminas. Diferença entre os picos de mesma intensidade foi inferior a 0,5 mm.

3.3 Picket Fence

A figura 4 apresenta a imagem obtida para o teste do Picket Fence, obtido pelo EPID.

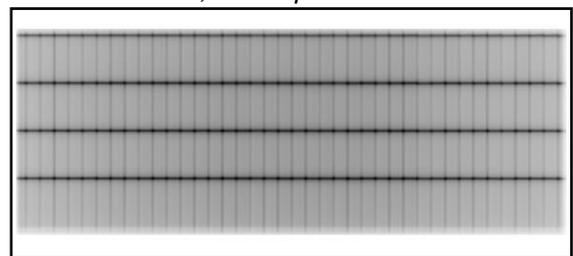


Figura 4: Picket Fence, imagem adquirida no EPID.

Foi realizada uma medição do teste do Picket Fence no filme radiocrômico (figura 5), procurando obter uma análise qualitativa do mesmo, e compará-lo ao resultado obtido pelo EPID.

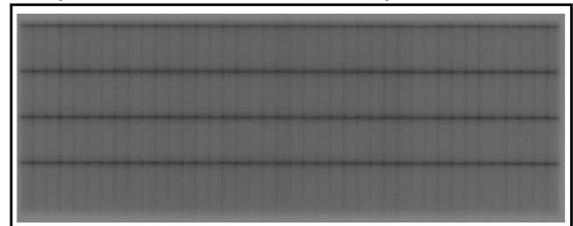


Figura 5: Picket fence. Imagem adquirida em um filme radiocrômico.

Uma análise quantitativa foi realizada através do perfil no sentido de movimentação dos pares de lâminas (figura 6). É possível observar a intensidade dos picos de dose, bem como a posição da leitura máxima de cada pico.

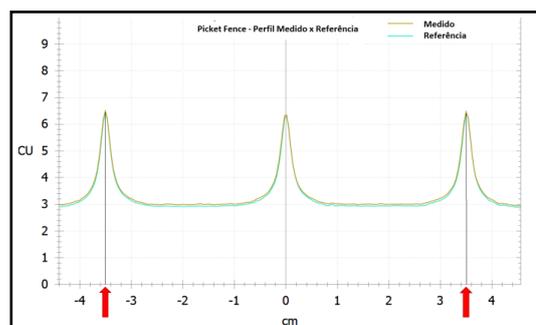


Figura 6: Perfil de intensidade de um par de lâminas.

3.4 Gap deslizante

Para o teste do *gap* deslizante, foi feita uma análise gamma com critério (3%/0,5 mm). As Figuras 7 e 8 representam os resultados da análise gamma quando comparado com o padrão referência obtido.

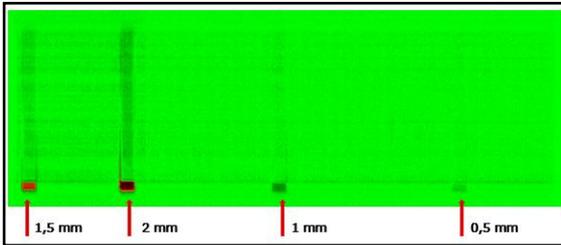


Figura 7: Análise gamma do teste do *gap* deslizante (critério 3%-0,5 mm) – Previsto (Portal Dosimetry®) vs medido, com desvios de posicionamento introduzidos em alguns pares de lâminas. *Gap* deslizante.

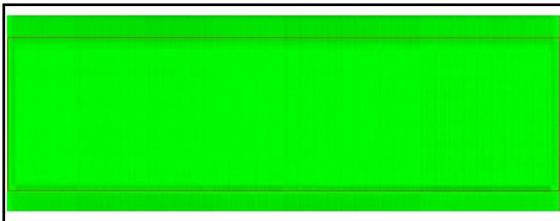


Figura 8: Análise gamma do teste do *gap* deslizante (critério 3% / 0,5 mm) previsto (Portal Dosimetry®) vs medido, sem introdução de erros nos pares de lâminas. *Gap* deslizante.

3.5 Velocidade das Lâminas

Para o teste de *velocidade* das lâminas, também foi utilizada a análise gamma (3%-0,5mm) para uma avaliação quantitativa. (Figuras 9 e 10)

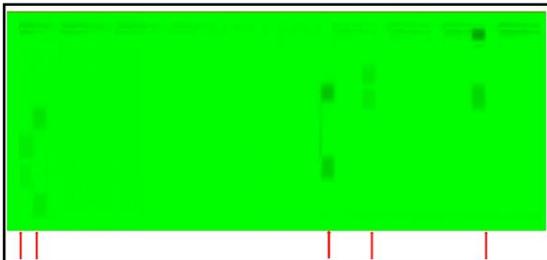


Figura 9: Análise gamma do teste de *velocidade* das lâminas (3%-0,5 mm) – Previsto vs. Medido, com desvios de posicionamento (0,5-2 mm) em alguns pares de lâminas. *Velocidade* das lâminas.

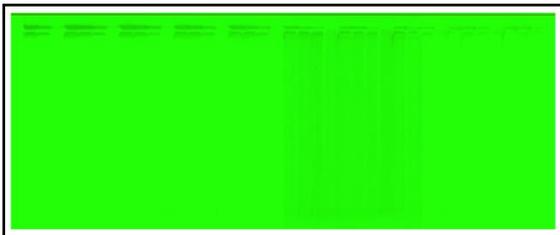


Figura 10: Análise gamma (3%-0,5mm). Previsto X Medido. *Velocidade* das lâminas.

3.6 Teste da Pirâmide

A figura 11 apresenta o resultado obtido para o teste da pirâmide no EPID.

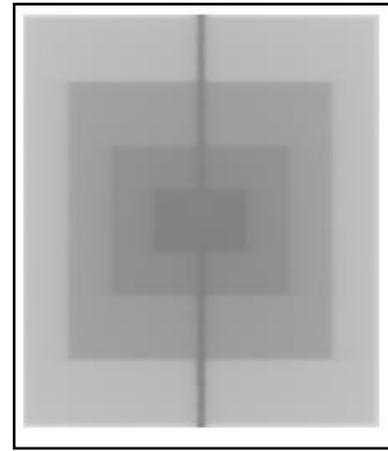


Figura 11: Teste da Pirâmide

3.7 Teste X Wedge

A figura 12 representa a imagem gerada do teste no EPID para cada carro de lâminas. É possível obter uma análise da sobreposição destes campos, avaliando a constância de dose ao longo do campo irradiado, como mostrado nas figuras 13 e 14.

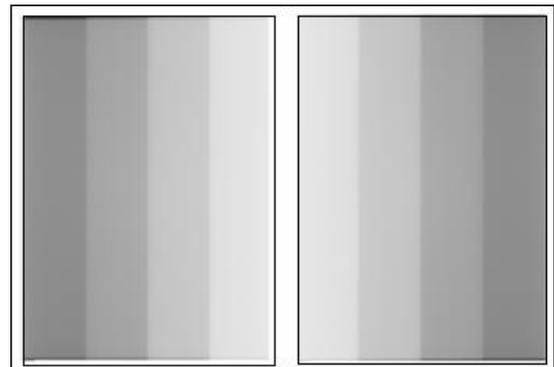


Figura 12: X wedge carro A e B, respectivamente.

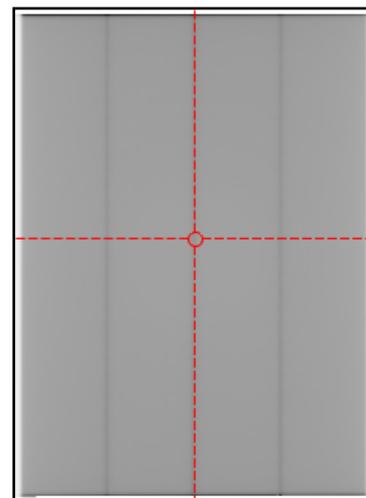


Figura 13: Sobreposição das Imagens da figura 12. X wedge. Movimentação das lâminas: Sentido do eixo horizontal.

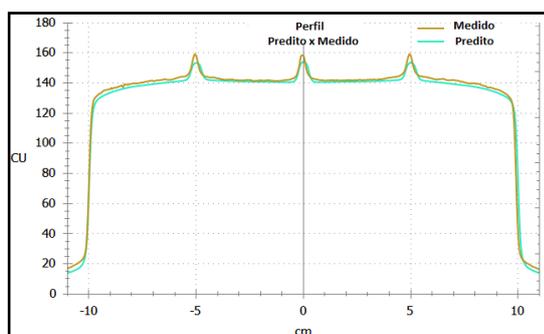


Figura 14: Comparação entre o perfil Previsto e Medido, referente à figura 13. Sentido de movimentação das lâminas.

4. Discussão

4.1 Validação dos testes – arquivos Dynalog.

Os testes foram validados pelos arquivos *Dynalog*, e nenhum teste apresentou estatísticas de contagem inferior a 95%, no intervalo de desvio de posicionamento compreendido entre 0-3,5 mm, considerado válido dentro dos critérios fornecidos pelo fabricante. Para o teste do *Picket Fence*, foi comparada a imagem obtida pelo EPID, com a imagem obtida pelo filme radiocrômico (figuras 4 e 5). O resultado foi obtido analisando as imagens qualitativamente. Já foi discutido em literatura, que com a utilização de filmes radiocrômicos é possível, por uma análise visual da posição final de parada das lâminas, observar desvios de até 0,2 mm de posicionamento de uma lâmina em relação as suas adjacentes^{2,7,11}. Ambas as imagens não apresentaram desvios maiores que os recomendados em literatura⁵ (1 mm), resultado que valida o padrão de referência.

4.2 Sensibilidade do EPID

O EPID se mostrou uma ferramenta capaz de detectar pequenos desvios de posicionamento de um conjunto de lâminas. É possível observar na figura 2 que, pela simples análise visual, se consegue detectar desvios de até 0,5 mm, resultado também encontrado em referências na literatura. Ao se achar esse desvio, é possível quantificar o mesmo pelo perfil adquirido conforme representado na figura 3.

Utilizando a análise gama, com critério (3%/0,5 mm), foi possível detectar os erros inseridos no teste do *gap* deslizante e velocidade das lâminas, como encontrado em literatura⁶, onde foi possível detectar erros inseridos de até 0,2 mm pelo critério gama (3%/0,2mm), mostrando ser uma ferramenta útil para se quantificar um erro de posicionamento durante a movimentação de um par de lâminas, quando este não é possível se notar na posição final de parada das lâminas (figuras 7,9).

4.3 Picket Fence

No teste do *picket fence*, o *gap* formado a cada intervalo de 3,5 cm, deve ser visualmente retilíneo, e com intensidade aproximadamente constante ao longo de todo seu comprimento⁷. Na figura 4 se observa uma intensidade uniforme ao longo do *gap*, e uma concordância de posicionamento entre uma lâmina em comparação a sua adjacente. No

teste, cada *gap* possui 1 mm de largura, permitindo melhor quantificar um erro em posicionamento. Na figura 6, que representa o perfil de um par de lâminas traçado no sentido de sua movimentação, consegue-se detectar que os picos de intensidade são equivalentes em altura, indicando uniformidade de dose, e a leitura máxima de cada pico se localiza em seu lugar pré-determinado: $-3,5 \pm 0,1$ cm, $0 \pm 0,1$ cm, $3,5 \pm 0,1$ cm, respectivamente, a partir do centro do campo. O teste forneceu resultados semelhantes à literatura¹⁷, onde se observou uma intensidade uniforme de dose ao longo do *gap* entre os pares de lâminas, revelando discordância de posicionamento dos picos de intensidade de apenas 0,5 mm. Isto representa o resultado como válido, não tendo sido encontrados desvios maiores dos que os recomendados em literatura⁵.

4.4 Gap deslizante

No teste do *gap* deslizante, a análise gama com critério (3% / 0,5 mm) não revelou nenhum erro superior a 0,5 mm, similar ao resultado encontrado em literatura⁶ com critério (3%/0,2 mm), do posicionamento da lâmina quando as mesmas estão próximas a sua velocidade máxima (figura 8).

4.5 Velocidade das Lâminas

A análise gama, com critério (3% / 0,5 mm), do teste de velocidade das lâminas não revelou nenhum erro de posicionamento superior a 0,5 mm, quando elas se movem com velocidades diferentes em relação às suas adjacentes ao longo do campo de irradiação (figura 10). O teste indicou que, se há fricção entre lâminas ou fadiga dos motores, essa é mínima, acarretando eventualmente desvios inferiores aos recomendados em literatura.

4.6 Teste da Pirâmide

Para o teste da pirâmide (figura 11), na análise visual da posição final de parada de cada lâmina (*leaf end position*), representada pelas diferentes intensidades de dose em cada campo, não se observou nenhum desvio de posicionamento de uma lâmina, quando comparada com suas adjacentes, indicando que, mesmo em campos complexos, o sistema de MLC está tendo um bom desempenho. O resultado obtido é comparável à literatura¹⁷.

4.7 Teste X Wedge

Para o teste do *X wedge* foram feitas duas análises: a primeira foi uma avaliação visual, de cada imagem da figura 12, a fim de verificar a existência de algum erro de posicionamento de uma lâmina em relação às outras, a partir da observação da posição final de parada das lâminas. A segunda análise foi feita através da sobreposição das imagens, o que deveria fornecer uma imagem uniforme de intensidade de dose ao longo do campo, visto que uma imagem é o espelho da outra, como observado na figura 13. É possível, nesta imagem, traçar um perfil na direção de movimentação das lâminas e compará-la com seu padrão referência. Na figura 14, é possível

notar os picos de intensidade que se referem à posição final de parada das lâminas de cada campo, e o campo uniforme ao longo do perfil. Os picos se apresentam equivalentes em altura, e o perfil de dose ao longo do campo se mostra uniforme. O resultado obtido é comparável à literatura¹⁷.

Todos os testes foram realizados em diferentes dias, repetidamente, de forma a constatar a reprodutibilidade dos mesmos para fim de implementação na rotina. Os testes mantiveram sua reprodutibilidade.

5. Conclusões

Os resultados obtidos, a partir de avaliações qualitativas e quantitativas, demonstraram a confiabilidade no uso do EPID para a realização de um CQ em um sistema de MLC.

Além disso, é uma ferramenta eficiente possibilitando a análise de diversos testes complexos num curto espaço de tempo.

Os testes realizados trouxeram análises qualitativas e quantitativas com resultados que sugerem um bom desempenho do sistema de MLC. Por se mostrarem práticos de execução e análise, estes estudos podem ser realizados em qualquer periodicidade a ser definida de acordo com a rotina clínica.

As avaliações obtidas neste trabalho sobre o desempenho de um sistema de multilâminas podem ser comparadas com outros artigos encontrados em literatura^{2,6,7,17}, com resultados equivalentes. Alguns testes foram adaptados para uma melhor interpretação dos resultados obtidos.

Testes adicionais sobre a influência gravitacional no sistema MLC devem ser realizados para um entendimento melhor das influências que podem acarretar numa entrega de dose inadequada ao paciente, principalmente se a técnica utilizada for *RapidArc*, em que a movimentação das lâminas é feita durante a movimentação rotacional do gantry.

Agradecimentos

Ao apoio financeiro do Ministério da Educação (SeSu), ao Ministério da Saúde (SGTES), ao Instituto de Radiologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP (INRAD-HC/FMUSP).

Referências

- Zwan BJ., et. al. An EPID-based system for gantry-resolved MLC quality assurance for VMAT. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*.2016;17.5:1-18.
- Losasso T, Chui CS, Ling CC. Physical and dosimetric aspects of multileaf collimation system used in the dynamic mode for implementing intensity modulated radiotherapy. *Med Phys* 1998; 30:19-27.
- Rowshanfarzad P, Sabet M, Barnes MP, O'Connor J, Greer PB. EPID-based verification of the MLC performance for dynamic IMRT and VMAT. *Med Phys*, 2012; 39:10.
- S.C.Vieira, M. L. P. Dirkx, K. L. Pasma, and B. J. M. Heimen. Fast and accurate leaf verification for dynamic multileaf collimation using electronic portal imaging device. *Med Phys*. 2002; 29:2034-40.
- Klein EE, et al. Task Group 142 report. Quality assurance of medical accelerators. AAPM, 2009.
- Richart J, et al. QA of dynamic MLC based on EPID portal Dosimetry. *European Journal of Medical Physics*.2011; 28:262-268.
- Chui CS., Spirou SV., Losasso T. Testing of dynamic multileaf collimation. *Med Phys* 1996; 23:635-41.
- Christophides D., Davies A., Flekney M. Automatic detection of MLC relative position errors for VMAT using the EPID-based picket fence test. *Phys.Med. Biol*. 2016;61.23:340-359.
- D. W. Litzenberg, J. M. Moran, and B. A. Fraass. Incorporation of realistic delivery limitations into dynamic MLC treatment delivery. *Med. Phys*. 2002; 29:810-820.
- C. D. Mubata, P. Childs, and A. M. Bidmead. A quality assurance procedure for the Varian multileaf collimator. *Phys Med. Biol*. 1997; 42:423-431.
- C. C. Ling, et al. A practical guide to intensity-modulated radiation therapy. 2003; 4: 147-167.
- C. C. Ling, P. Zhang, Y. Archambault, J. Bocanek G. Tang, and T. Losasso. Commissioning and quality assurance of rapidarc radiotherapy delivery system. *Int. J. Radiot. Oncol., Biol. Phys*. 2008;72:575-581.
- Defoor LD., Vasquez-Quino LA., Mavroidis P., Papanikolaou N., Stathakis S. Anatomy-based, patient-specif VMAT QA using EPID or MLC log files. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*. 2015;16.3:206-15.
- Varian Medical Systems. Dynalog File Viewer, Reference Guide. 2011.pp 23.
- Greer PB, PoPescu CC. Dosimetric properties of an amorphous silicon electronic portal image device for verification of dynamic intensity modulated radiation therapy. *Med Phys* 2003; 30:1618-27.
- Esch AV, Dominique PH, Hirschi L, Scheib S, Baltes C. Optimized Varian aSi portal dosimetry: development of datasets for collective use. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*. 2013; 14:6.
- Sajeev S, Durga PR, Kunnanchatch J, Swapna LC. Dynamic MLC-QA based on Portal Dosimetry. *Journal of Engineering Research and Application*. 2014.4: 5. pp134-137
- Furnari L., et al. Controle de Qualidade em Radioterapia. 2012.pp148-168.

Contato:

Fabio Rodrigues de Mattos
Rua Dr. Ovídio Pires de Campos, 75 – Cerqueira César, São Paulo – SP, 05403-010 (INRAD-HCFMUSP)
E-mail: mattos.fr@gmail.com