

# Verificação pré-tratamento de RapidArc™ utilizando Dispositivo Eletrônico de Imagem Porta

## Pre-treatment verification of RapidArc™ using Electronic Portal Imaging Device

Marília B. Lima, Anne Caroline M. Ferreira, Guilherme R. Bittencourt, Luis F. Pirani e Thiago B. Silveira

Instituto Nacional do Câncer (INCA) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

### Resumo

O RapidArc™ é uma técnica recente, porém amplamente difundida, de aplicação de terapia com intensidade modulada do feixe. Um dos maiores desafios é a realização do procedimento de verificação pré-tratamento. O objetivo deste trabalho foi analisar a viabilidade do emprego do Dispositivo Eletrônico de Imagem Portal (EPID) para verificação pré-tratamento de RapidArc™, empregando o software SNC Patient da Sun Nuclear, habilitado para cálculo de dose em EPID (licença EPIDose), e comparar os resultados à dose pontual medida com câmara de ionização. Foram analisados cinco planejamentos de RapidArc™. Avaliou-se separadamente a dose pontual e planar, arco a arco. Para as medidas de dose pontual utilizou-se uma câmara de ionização cilíndrica de volume 0,15 cm<sup>3</sup>; já as medidas de distribuição de dose planar, em Calibration Units (CU), foram adquiridas com uso do EPID e depois convertidas para distribuição de dose em centigray por meio do EPIDose. As doses previstas para ambos os métodos foram calculadas pelo sistema de planejamento Eclipse, versão 8.6, utilizando o algoritmo AAA. A avaliação da concordância entre as distribuições planares foi realizada no software SNC Patient, empregando o Índice Gama com parâmetros de variação de dose de 4% (dose máxima), distância para aceitação (DTA) de 4 mm e *threshold* de 20%. A avaliação da dose pontual foi realizada calculando-se o desvio percentual da dose medida em relação à dose calculada. O percentual de aprovação médio das distribuições de dose planar foi de 94,8%. O desvio médio da avaliação de dose pontual foi de -1,2%. O emprego do EPID para realização de verificação pré-tratamento de RapidArc™ mostrou-se viável e com boa sensibilidade devido à sua alta resolução espacial, porém deve-se considerar a incerteza inerente ao método.

**Palavras-chave:** RapidArc, controle de qualidade, EPID, EPIDose.

### Abstract

The RapidArc™ is a novel but widespread technique to achieve intensity modulated beams. One of the major challenges concerning this technique is the pre-treatment verification process. The aim of this paper was to analyze the viability of the Electronic Portal Imaging Device (EPID) used to perform the verification of RapidArc™ using the Sun Nuclear SNC Patient software enable to EPID dose conversion (EPIDose license) and compare its results with punctual dose measurements against a low volume ion chamber. There were analyze five RapidArc™ plannings, evaluating, separately, planar and punctual doses for each arc. For punctual measurements was used a 0,15 cm<sup>3</sup> volume ion chamber and the planar distributions, in Calibration Units (CU), were acquired using the EPID and then converted to absolute dose in centigray through EPIDose. The predicted doses were calculated using the AAA algorithm in Eclipse treatment planning system, version 8.6. The planar comparisons, performed in SNC Patient, employed the Gamma Index tool with a 4% dose difference, 4 mm distance to agreement and 20% threshold. The evaluation of punctual dose was defined by calculating deviations between predicted and measured doses. The mean approval percentage in planar distributions was 94.8% and the average deviation in punctual dose was -1.2%. The use of EPID for RapidArc™ pre-treatment verification proved to be feasible and showed good sensibility, because of its high spatial resolution. However one must consider the uncertainty of the method.

**Keywords:** RapidArc, quality assurance, EPID, EPIDose.

### Introdução

O objetivo principal dos planejamentos em radioterapia é a melhor conformação da dose, poupando ao máximo os tecidos sadios vizinhos aos tumores. Este objetivo culminou, historicamente, com o desenvolvimento de diferentes técnicas especiais para aprimorar o padrão de conformação tumoral, tais como IMRT e RapidArc™.

O IMRT emprega o colimador de múltiplas folhas (MLC) de forma dinâmica, para obter uma variação da fluência do

feixe de tratamento dentro de uma área do campo retangular e, assim, ao somar-se as contribuições de todos os campos tem-se uma distribuição tridimensional conformada ao tumor.

O RapidArc™ acrescenta alguns graus de liberdade ao processo do IMRT, pois a taxa de dose e *gantry* também são dinâmicos nesta técnica. Ou seja, em cada arco utilizado no planejamento, o acelerador pode variar a velocidade de rotação do *gantry* e a taxa de dose, ao mesmo tempo que as lâminas se movimentam para atingir uma melhor

distribuição de dose. A associação entre os três parâmetros dinâmicos, citados acima, é realizada por meio de pontos de controle, distribuídos igualmente ao longo do arco, totalizando 177 pontos para um giro completo (360°) do *gantry*<sup>1</sup>.

Um dos principais desafios associados ao emprego destas técnicas avançadas de tratamento é a verificação dos planos e controle de qualidade dos equipamentos. Nos últimos anos, diferentes estratégias foram propostas para análise dos planejamentos de RapidArc™, algumas utilizando um conjunto de detectores<sup>2</sup> em distribuição volumétrica, e outras analisando doses planares integradas<sup>3,4</sup>.

Geralmente, os equipamentos para dosimetria volumétrica possuem valor elevado e, ao mesmo tempo, pouca utilidade prática na rotina de controle de qualidade geral dos serviços. A aquisição de imagens planares para verificação de RapidArc™ vem crescendo, por ser uma alternativa mais barata e prática. Dentro desta metodologia destacam-se os dispositivos eletrônicos de imagens portais (EPID), pois os mesmos, quando devidamente calibrados para aquisições dosimétricas, apresentam alta resolução espacial e sensibilidade, ao mesmo tempo que possuem maior área de detecção frente às matrizes de detectores portáteis.

O objetivo deste trabalho foi avaliar uma metodologia de verificação pré-tratamento de RapidArc™ com o EPID, utilizando a licença chamada EPIDose do software SNC Patient da Sun Nuclear.

## Materiais e Métodos

Foram realizados cinco planejamentos de RapidArc™ para diferentes sítios tumorais, utilizando o algoritmo de cálculo Anisotropic Analytical Algorithm (AAA) com correção de heterogeneidade ativa, do sistema de planejamento Eclipse, versão 8.6. Destes, dois casos são de cabeça e pescoço (CP1 e CP2), e três casos de tumores de próstata (Prost1, Prost2, Prost3), sendo o último deles com acometimento linfonodal. Todos os arcos planejados possuem giros completos de 360°, sendo o número de arcos variável, de acordo com o sítio abordado, porém não superior a dois. As irradiações foram realizadas no acelerador Trilogy, com MLC modelo Millennium 120, utilizando energias de 6 e 10 MV (Varian Medical Systems).

Para a verificação do plano de tratamento foram utilizados dois sistemas de detecção de dose: o EPID, para avaliar as distribuições de dose planares, e uma câmara de ionização para analisar a dose no eixo central.

O EPID utilizado é o modelo aS500-II, composto por uma unidade de detecção (IDU) e um sistema de aquisição de imagens (IAS3). Este modelo de IDU possui uma matriz de fotodiodos imersos em silício amorfo, com uma área máxima de irradiação de 40x30 cm<sup>2</sup>. A imagem gerada pelo EPID, em formato DICOM RT, possui resolução de 512x384 pixels, correspondente a 0,784 mm por pixel.

Empregou-se o modo de aquisição de imagens integradas para mensurar as matrizes de dose. Sendo este modo previamente calibrado para dose absoluta na unidade de *Calibration Units* (CU), em uma razão correspondente a

1 CU para cada 100 MU, utilizando um campo 10x10 cm<sup>2</sup>, com os detectores posicionados na linha do isocentro do aparelho. Esta razão foi mantida para ambas as energias, apesar das diferenças de dose absoluta, por praticidade de uso e recalibração quando necessário.

As irradiações foram realizadas reproduzindo as condições de planejamento com o *gantry* dinâmico. As imagens adquiridas a partir das mesmas são exportadas para serem convertidas em dose absoluta, em centigray, pelo EPIDose.

A utilização do EPIDose requer a aquisição de uma matriz de diodos MapCheck, modelo 1 ou 2, fabricada pela Sun Nuclear Corporation, e seu software de gerenciamento, SNC Patient. A matriz é parte integrante da configuração do EPIDose, pois este estabelece uma relação entre dados medidos com o MapCheck e dados equivalentes para o EPID, como, por exemplo, o fator rendimento relativo do acelerador com a variação do tamanho de campo. Além disso, a configuração do EPIDose também envolve a comparação da linearidade de resposta de ambos os detectores com a dose, e também a configuração manual de uma curva de Kernel para estimar o padrão de espalhamento do EPID. Como produto final da configuração, o EPIDose gera um modelo físico de conversão da imagem DICOM do EPID em dose absoluta, para cada conjunto de *setup* e energia de fótons utilizado. O *setup* do MapCheck de referência para aquisição de dados e configuração do EPIDose foi montado com adição de uma placa de água sólida de 5 cm de espessura e área de 30x30 cm<sup>2</sup> acima do mesmo, em posicionamento isocêntrico com o diodo central alinhado ao reticulado do aparelho.

Esta configuração foi tomografada para inserção no Eclipse, e posterior cálculo das doses previstas, com o mesmo algoritmo utilizado no plano original. Essas doses são calculadas convertendo a movimentação do *gantry* do planejamento para uma posição estática, de forma a produzir uma distribuição planar comparável à matriz adquirida com o EPID, mas mantendo a mesma fluência de lâminas e variações de taxa de dose (Figura 1).

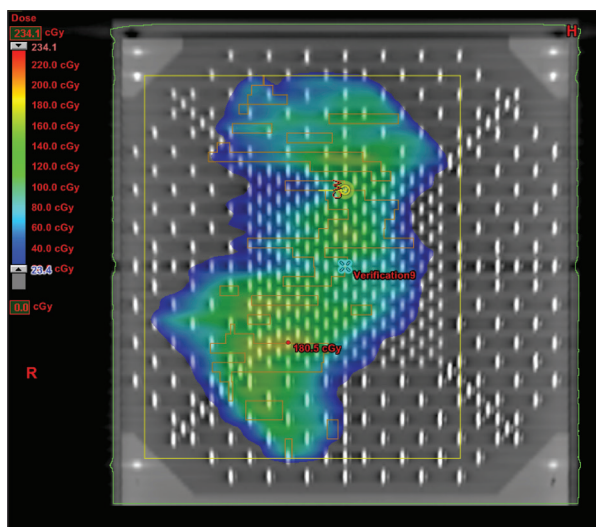


Figura 1. Posicionamento do MapCheck.

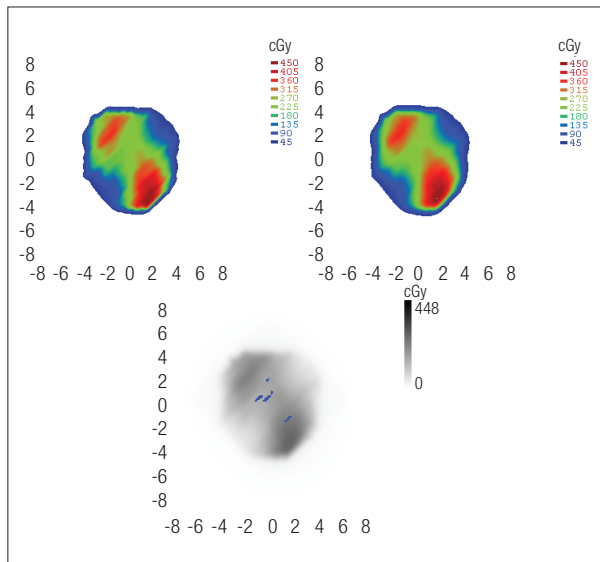
Uma vez configurado o EPIDose e tomografado o MapCheck, este último não é mais utilizado.

As comparações entre as matrizes de dose medida e prevista foram realizadas pelo software SNC Patient, empregando o Índice Gama<sup>5</sup> com parâmetros de *distance to agreement* (DTA) de 4 mm, diferença de dose (DD) de 4% em relação à dose máxima, e analisando somente a área compreendida pela isodose de 20% da dose máxima.

Os parâmetros acima citados tiveram seus limites aumentados quando comparados aos utilizados pelo Instituto Nacional de Câncer (INCA) para avaliação de tratamentos que utilizam a técnica de IMRT. O aumento da tolerância na diferença de dose justifica-se pelos maiores gradientes de

doses que a técnica utilizada gera, e também pelas incertezas associadas à aplicação do modelo físico que converte a leitura de dose do EPID em dose absoluta. Já a maior tolerância no DTA se deve aos desvios do posicionamento do Portal durante a rotação do *gantry*<sup>6</sup>. Tais desvios são produzidos pelo movimento de *sag* do *gantry* (torque gerado pelo peso do cabeçote do acelerador) e variam de acordo com o ângulo do mesmo. Não sendo possível a sua correção, não de uma maneira simples.

O grau de aprovação final da distribuição é dado pelo percentual de pontos aprovados, ou seja, percentual de pontos que satisfizeram os parâmetros estabelecidos na análise do Índice Gama (Figura 2).



**Figura 2.** Distribuição de dose planejada (superior esquerda), medida (superior direita) e comparação das mesmas (inferior). Os pontos em destaque no último quadro representam aqueles que ficaram em desacordo com os parâmetros solicitados. A cor azul indica pontos de subdosagem, enquanto que a cor vermelha, caso ocorra, representa sobredosagem.

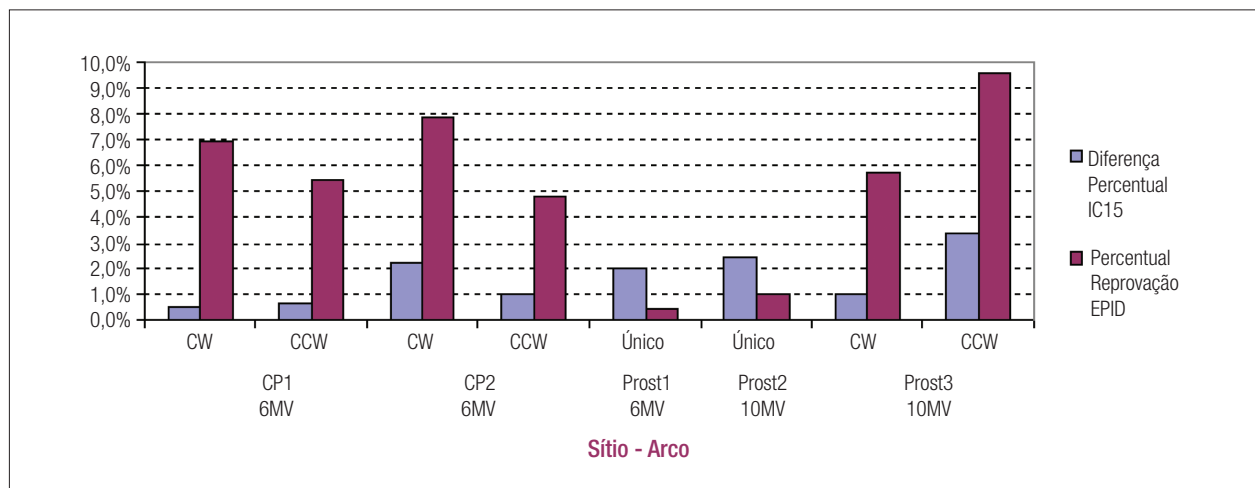
## Resultados e Discussão

O percentual de reprovação médio das distribuições de dose planar foi de 5,2%, com desvio padrão de 3,2%. O desvio médio da avaliação de dose pontual foi de -1,2%. O gráfico abaixo mostra os resultados obtidos para cada arco (Figura 3).

Os menores índices de reprovação na avaliação Gama (1 e 0,4%) foram obtidos nos dois casos de próstata, com apenas um arco de 360°. Os maiores valores de reprovação para a avaliação de dose planar obtidos pelo EPID nas duas energias foram 9,6 e 7,8% para 10 MV e 6 MV, respectivamente. Nestes dois casos, observaram-se também as piores concordâncias na avaliação de dose pontual, 3,4 e 2,2%, respectivamente.

Os planejamentos com menor índice de aprovação são planejamentos mais simples, pois envolvem apenas uma prescrição de dose. A facilidade encontrada pelo sistema de planejamento, fica evidenciada pelo fato de que este consegue desenvolver um tratamento satisfatório com apenas um arco.

Já para os casos mais complexos, com mais de uma prescrição de dose e muitos órgãos de risco próximos



**Figura 3.** Diferença percentual das doses centrais planejadas e medidas com a câmara de ionização IC15, e percentual de reprovação, obtido pelo EPIDose, segundo a análise do Índice Gama.

ao tumor, o sistema de planejamento necessita de mais de um arco de tratamento e de um dinamismo de lâminas, *gantry* e taxa de dose mais complexo, a fim de desenvolver um plano adequado. Estes fatos justificam os índices de aprovação mais baixos encontrados para os casos de cabeça e pescoço, e próstata com linfonodos acometidos.

Percebe-se também que a energia dos feixes de tratamento não tem um papel relevante na avaliação das distribuições de dose. Isto evidencia uma calibração satisfatória do EPIDose, pois foram obtidos percentuais de aprovação acima de 99% para ambas as energias.

Analisando somente a concordância das doses medidas e planejadas pela câmara de ionização IC15, percebemos que, neste método, já existe uma incerteza na dose a ser medida, devido à não-homogeneidade total no volume da câmara. O sistema de planejamento fornece uma faixa de previsão de dose que, para os arcos analisados, possui desvio padrão entre 0,51 e 2,44% (Tabela 1). Na teoria, esta faixa pode ser reduzida a zero, se houver uma região do tamanho do volume da câmara (0,15 cm<sup>3</sup>), na qual a variação da dose seja nula, o que é raro acontecer neste tipo de planejamento, onde existem altos gradientes de dose.

**Tabela 1.** Valores de dose planejada e medida para a câmara de ionização IC15.

Caso	Arcos	Dose Planejada (cGy)	Desvio Padrão	Dose Medida(cGy)	Diferença Percentual
CP1	CW	110,3±2,4	2,18%	109,7	0,5%
6 MV	CCW	167,1±2,2	1,32%	168,2	-0,7%
CP2	CW	103,4±1,5	1,45%	101,1	2,2%
6 MV	CCW	69,6±1,7	2,44%	70,3	-1,0%
Próst 1	Único	235±1,2	0,51%	230,3	2,0%
6 MV					
Próst 2	Único	228±2,0	0,88%	222,4	2,5%
10 MV					
Próst 3	CW	127,9±1,2	0,94%	126,6	1,0%
10 MV	CCW	95,1±1,0	1,05%	91,9	3,4%

Diferença Percentual Média: 1,2%; Desvio Padrão: 1,5%

Comparando os índices de aprovação estabelecidos pelos dois métodos, pode-se dizer que há uma concordância entre eles, visto que o único arco que obteve uma avaliação insatisfatória pela medida de dose central realizada pela câmara de ionização (desvio maior que 3%) também não obteve índices aceitáveis segundo a avaliação do EPIDose.

## Conclusões

O emprego do EPID para a realização de verificação pré-tratamento de RapidArc™ mostrou-se viável e com excelente sensibilidade devido à sua alta resolução espacial. A sua utilização é prática e rápida, não exigindo a aquisição de dispositivos caros, tais como alguns conjuntos de detectores em distribuição volumétrica, específicos para este tipo de verificação.

O uso do MapCheck só é necessário na calibração do EPIDose, e este costuma ser um dispositivo com outras utilidades na rotina clínica de controle de qualidade dos aceleradores.

Porém, deve-se considerar a incerteza inerente ao método, gerada pela conversão da dose com o EPIDose e também pela variação da posição do detector ao longo do giro do *gantry*.

## Referências

1. Varian Medical Systems. RapidArc Operations, Revision 2.0. Varian Medical Systems, 2009.
2. Bedford JL, Warrington AP. Commissioning of Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT). *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2009;73(2):537-45.
3. Popple RA, Fiveash, BF, Brezoovich IA, Bonner JA. RapidArc radiation therapy: First year experience at the University of Alabama at Birmingham. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2010;77(3):932-41.
4. Daniel JO, Das S, WU QJ, Yin F. Volumetric-Modulated Arc Therapy: Effective and efficient end-to-end patient-specific quality assurance. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2012;82(5):1567-74.
5. Low DA, Harms WB, Mutic S, Purdy JA. A technique for the quantitative evaluation of dose distributions. *Med Phys.* 1998;25(5):656-61.
6. Bakhtiari M, Kumaraswamy L, Bailey DW, Boer S, Malhotra HK, Podgorsak MB. Using an EPID for patient-specific VMAT quality assurance. *Med Phys.* 2011;38(3):1366-73.