

Modelagem dos acessórios de imobilização e mesa de tratamento no Sistema de Planejamento Eclipse

Modeling of immobilization accessories and treatment table in the Eclipse Planning System

Rodrigo B. Lavoura¹, Kamille J. Casagrande², André Vinícius de Camargo³, Diego C. S. A. da Silva.²

¹Departamento de Radioterapia, Rede D'or Jabaquara, São Paulo/SP, Brasil

²Departamento de Radioterapia, Hospital de Amor, Barretos/SP, Brasil

³Departamento de Radioterapia, Clinion Centro de tratamento do Câncer, Mogi Guaçu/SP, Brasil

Resumo

Atualmente, nos sistemas de planejamento de tratamento (SPT), são oferecidos alguns modelos virtuais de mesas de tratamento ou acessórios de imobilização que necessitam ser validados quanto às densidades eletrônicas atribuídas para que a atenuação calculada por tais objetos não produzam erros sistemáticos no cálculo de dose. Desta forma, o objetivo do estudo foi modelar um acessório do fabricante Orfit (base *All-In-One*) e um tampo de mesa do fabricante Varian Medical Systems, modelo *Exact Couch* no SPT Varian Eclipse. Para isso, foi realizada uma tomografia computadorizada dos objetos em estudo e cada parte foi delineada com base em suas densidades. Realizou-se medidas de atenuação de cada estrutura em um fantoma de água com câmara de ionização. A unidade de Hounsfield foi variada no STP de modo a aproximar o valor de dose calculado com o valor medido. Inicialmente, utilizando as HU originalmente atribuídas pelo fabricante do SPT, encontrou-se uma discrepância de até 6,7%, entre a dose calculada e a medida. Após a modelagem das estruturas, a maior discrepância encontrada foi de 1,3%. Após a validação desse conjunto de estruturas, elas passaram a ser inseridas no SPT para consideração no cálculo da dose nos planejamentos clínicos.

Palavras-chave: radioterapia; atenuação; tampo de mesa; modelagem de estruturas.

Abstract

Currently, in treatment planning systems (TPS), various virtual models of treatment tables or immobilization accessories are offered, which need to be validated in terms of the assigned electron densities so that the attenuation calculated by these objects does not lead to systematic errors in dose calculation. Thus, the aim of this study was to model an accessory from the manufacturer Orfit (*All-In-One* base) and a treatment table top from Varian Medical Systems, *Exact Couch* model, in the Varian Eclipse TPS. To achieve this, a computed tomography of the objects under study was performed, and each part was delineated based on their densities. Attenuation measurements of each structure were conducted in a water phantom with an ionization chamber. The Hounsfield unit was adjusted in the TPS to match the calculated dose value with the measured value. Initially, using the Hounsfield units originally assigned by the TPS manufacturer, a discrepancy of up to 6.7% was found between the calculated and measured dose. After modeling the structures, the largest discrepancy found was 1.3%. After the validation of this set of structures, they were incorporated into the TPS for consideration in dose calculations for clinical plans.

Keywords: radiotherapy, attenuation, treatment table, structure modeling.

1. Introdução

Desde o início dos tratamentos com radiação, a dose administrada ao paciente é de grande interesse. A princípio, os efeitos colaterais da radiação eram observados através da dose eritema, que é a dose necessária para causar radiodermite no paciente e, quando isso ocorria, o tratamento era interrompido. Com o avanço das técnicas de radioterapia, o hipofracionamento e novos acessórios de imobilização passaram a ser necessários e foram inseridos na rotina. Os acessórios de imobilização e as partes que constituem a mesa de tratamento, causam atenuação e superficialização da dose, que aliadas a altas doses por fração (Hipofracionamento) podem gerar complicações indesejadas (1). Sou-Tung Chiu-Tsao e Maria F. Chan (2010) observaram um efeito bólus produzido por suportes e dispositivos de imobilização, utilizando filme radiocrômico em fantoma (2). Outro estudo avaliou a variação de dose na pele relacionada à combinação de diferentes energias e espessuras de materiais termoplásticos e

observou que quanto maior a espessura do material, maior a dose na superfície (3). Além disso, Ost et al. compararam o impacto dosimétrico causado por diferentes energias de feixes ao interagir com cinco mesas de tratamento diferentes, três de fibra de carbono (modelo 1, protótipo de fibra de carbono grande da Orfit para fixação de pelve; modelo 2, protótipo de fibra de carbono pequeno da Orfit para fixação de pelve; modelo 3, mesa de tratamento da Sinmed) e dois convencionais (placa de 12,5 mm de PMMA, compensado de madeira de 19 mm), e apresentaram resultados de superficialização de dose em todas energias e mesas de tratamento (4).

Como solução a estes problemas, os Sistemas de Planejamento do Tratamento (SPT) fornecem uma biblioteca de estruturas denominadas suportes, que são modeladas pelo fabricante, e que podem ser inseridas para que sejam consideradas nos cálculos de distribuição de dose no paciente. Porém, algumas estruturas como por exemplo os acessórios de imobilização dos pacientes não possuem modelos no SPT e as mesas de tratamento necessitam ser

modeladas ou inseridas manualmente pelo usuário pois possuem regiões com diferentes densidades e que não são diferenciadas nestes modelos.

Essa diferença dos modelos virtuais em relação ao real pode gerar erros sistemáticos no cálculo de dose. Uma alternativa para isso é utilizar a capacidade que os novos SPT possuem, que permite inserir estruturas fora do corpo para que sejam contabilizadas no cálculo de dose.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é modelar e validar no SPT a mesa modelo Exact Couch e a base de acessórios de imobilização Orfit (Figura 1), para que eles possam ser considerados no cálculo da dose.

2. Materiais e Métodos

O método escolhido para inserção dos modelos de estrutura de suporte foi a realização de uma tomografia computadorizada da mesa Exact Couch da *Varian Medical System, Palo Alto, USA* e da base de acessórios do conjunto *All-In-One* da fabricante *Orfit Industries BE* (Figura 1).

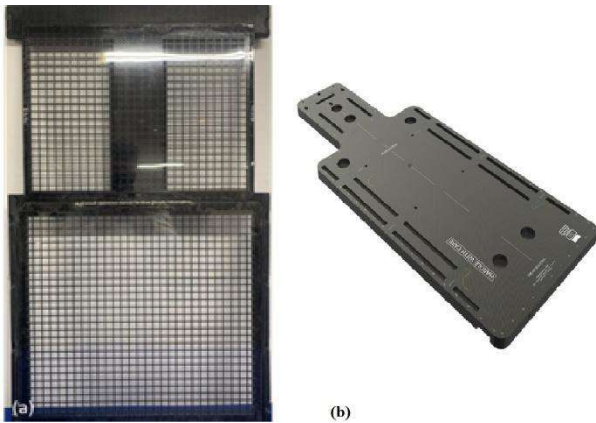


Figura 1. (a) Mesa de tratamento Exact Couch, Varian. (b) Base de acessórios All-In-One, Orfit.

As séries de imagens foram feitas no tomógrafo GE Optima CT580, dedicado para as simulações de radioterapia. As imagens geradas foram importadas para o SPT. Tanto o tempo da mesa quanto a base Orfit foram delineadas no software Eclipse versão 15.6 (*Varian Medical Systems, Palo Alto, CA*). O tempo da mesa foi segmentado conforme a Figura 2, pois é notável as diferentes partes que a constituem. Em seguida, foram atribuídos os valores médios de Unidade Hounsfield (HU) oferecidos pelo SPT para cada região da mesa. Os trilhos também foram considerados. Para a base dos acessórios de imobilização Orfit, também foram utilizados os valores de HU médio coletados através do SPT ao importar as imagens obtidas com a tomografia. O fabricante não fornece o valor de HU, somente informações sobre a atenuação dos componentes. No entanto, sabe-se da necessidade de realizar a modelagem e validação quando se atribui o valor de

HU no SPT, para que cada região de interesse seja medida no Acelerador Linear de forma a comparar a atenuação dosimétrica fornecido pelo SPT.

Para realizar a modelagem das estruturas estudadas, foram adquiridas imagens de tomografia de um fantoma Oxigen (20x20x15 cm³) com uma câmara de ionização modelo FC-65G (*IBA Dosimetry, Schwarzenbruck, Alemanha*) calibrada. Após a importação das imagens, foi delineado o fantoma e o volume sensível da câmara de ionização.

O processo completo da modelagem dos acessórios foi semelhante ao utilizado por Chyou, Te-Yu e Lorenz, Friedlieb (5), como mostra o fluxograma da Figura 3.

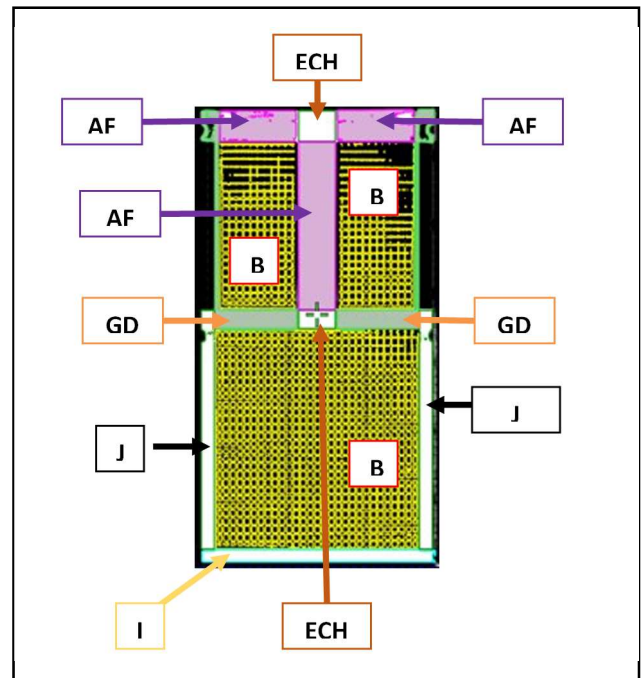


Figura 2. Mesa de tratamento Exact Couch delineada de forma segmentada para atribuir diferentes valores de Unidade Hounsfield; as iniciais nas figuras são as regiões segmentadas com valores de densidade diferentes.

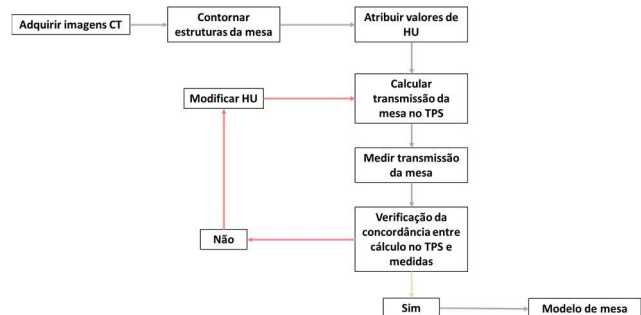


Figura 3. Fluxograma para modelagem da mesa.

A Figura 4 mostra a visão do feixe para a posição do Fantoma e câmara de ionização em relação as partes do tempo da mesa Exact couch para as incidências do feixe de radiação com o gantry a 180°.

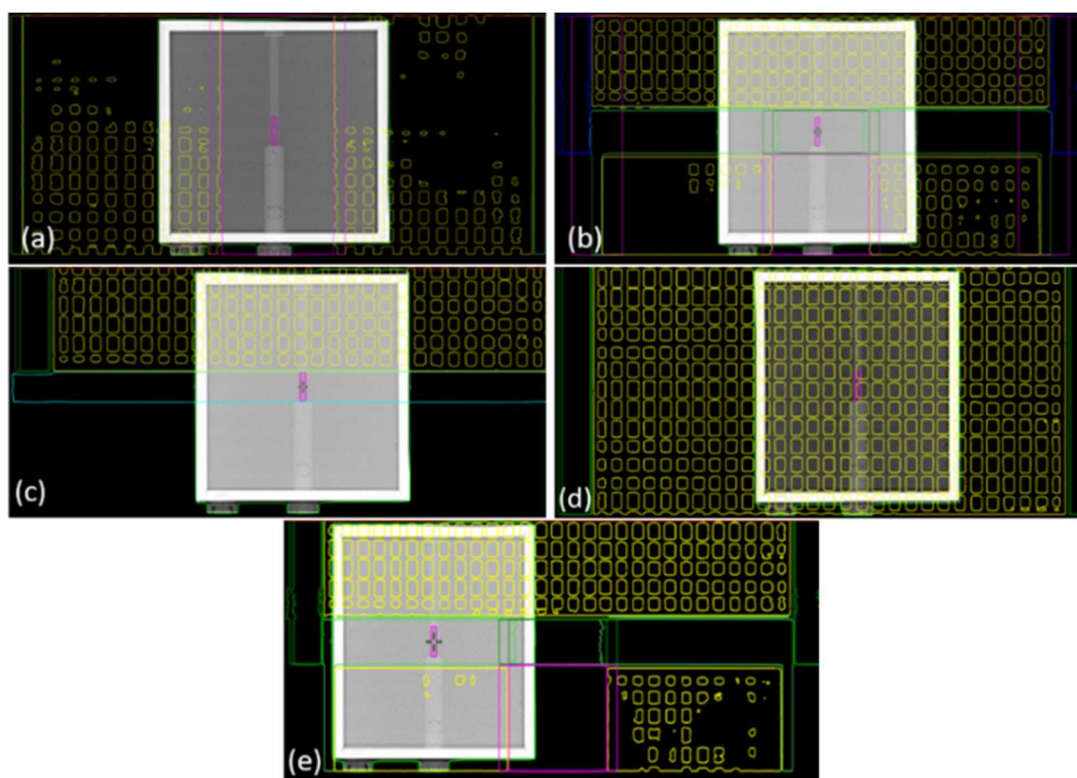


Figura 4. Posição do fantoma Oxigen em relação a mesa de tratamento Exact Couch Varian para as medidas de atenuação com o gantry à 180°. Tomando como referência a Figura 2, em (a) foi realizada a medida na região AF, em (b) a região ECH, em (c) a região I, em (d) a região B e em (e) a região GD.

Posteriormente, para validação das estruturas delineadas do tempo da mesa (Figura 2), foi utilizado um fantoma cilíndrico produzido pelo departamento de física médica, com 20 cm de diâmetro e comprimento. Medidas foram realizadas com uma câmara de ionização CC13 posicionada no centro do fantoma nas angulações de gantry de 246°, 238°, 229°, 218° e 180° (Figura 5). Essas angulações foram escolhidas levando em consideração as regiões que apresentaram maior atenuação, como trilhos e borda da mesa: gantry 246°, regiões B e J (Figura 2); gantry 238°, regiões J e trilhos; gantry 229° apenas trilhos; gantry 218° e 180° os resultados são exclusivos da região B.

Todas as medidas do tempo de mesa foram realizadas no acelerador linear Varian Clinac 600 CD, com um campo 5x5 cm² e 50 unidades monitoras (UM).

Para a base de acessórios Orfit, a validação foi realizada no acelerador linear Varian TrueBeam STx, com um campo 10x10 cm² e 100 UM, com o fantoma da Oxigen, como mostrado na Figura 6.

O gantry foi posicionado a 180° e a mesa foi movimentada longitudinalmente para que ficasse posicionada em pontos específicos da base de acessórios, destacados de 1 a 5, como mostrado na Figura 7. Para comparação destas medidas foi utilizado um valor de referência coletado a 180°, sem a base de acessórios Orfit.

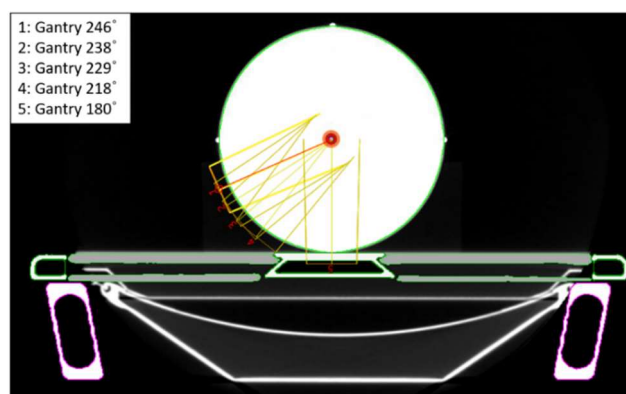


Figura 5. Configuração de irradiação do fantoma para a validação da mesa de tratamento Exact Couch Varian.

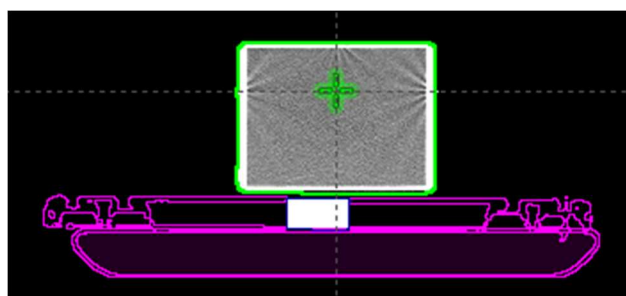


Figura 6. Posição utilizada para validação da base de acessórios Orfit.

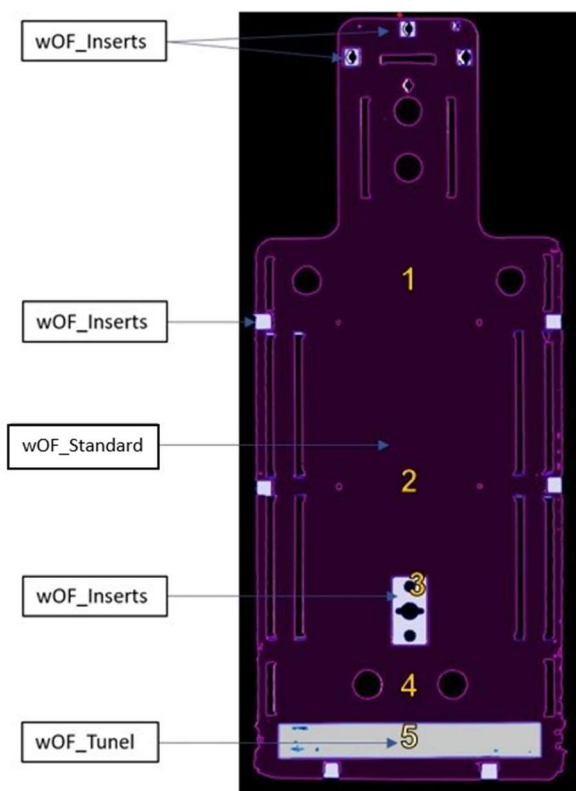


Figura 7. Base Orfit modelada no SPT. As setas indicam as posições em que o fantoma foi posicionado.

3. Resultados

3.1. Modelagem e medidas da mesa Exact Couch

Após as medidas iniciais com gantry a 180°, foi verificado que havia regiões da mesa em que o HU precisava ser alterado. Dentre estas medidas, a maior discrepância entre a dose fornecida pelo SPT e a dose medida foi de 6,7% no segmento “ECH” da Figura 2. As diferenças obtidas com os valores iniciais de HU são mostradas na Tabela 1. Os valores de HU foram modificados empiricamente até a determinação dos valores que apresentavam discrepância menor que 5% entre os valores de dose medido e o fornecido pelo SPT. Estes são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1. Resultados das medidas iniciais (G=180°) para verificação da atenuação de cada segmento da mesa Exact Couch.

	B	AF	ECH	GD	I	J
Dose Medida (cGy)	58,4	57,5	53,7	55	52,4	30,9
Dose SPT (cGy)	58,1	55,6	57,3	56,2	54	31,3
Diferença relativa (%)	-0,5	-3,3	6,7	2,2	3,1	1,2
Desvio padrão	0,2	1,3	2,5	0,8	1,1	0,3

Fonte: O autor (2023).

Tabela 2. Valores finais de HU médios de cada segmento que compõem a mesa Exact Couch, apresentado na Figura 2.

Estrutura	Valor UH
B	-776
AF	-372
ECH	-154
GD	-416
I	-244
J	-154

Fonte: O autor (2023).

Após a determinação dos valores finais de HU, os desvios encontrados entre a dose calculada e a medida foram considerados aceitáveis (Tabela 3). Os segmentos “B”, “GD”, “I” e “J” da Figura 2 não apresentaram alterações entre as medidas iniciais e finais, por isso, não constam na Tabela 3.

Tabela 3. Doses medidas (180°) e calculadas após a modelagem de UH, apresentado na Figura 2.

	AF	ECH
Dose Medida (cGy)	57,5	53,7
Dose SPC novo UH (cGy)	56,6	55,9
Discrepância relativa (%)	-1,6%	3,9%

Fonte: O autor (2023).

Os resultados obtidos na irradiação do fantoma cilíndrico para validação da mesa após modelagem se encontram nas tabelas 4, 5 e 6

Tabela 4. Resultados das medidas realizadas utilizando fantoma cilíndrico posicionado na região B da mesa, apresentado na Figura 2.

Medidas	246°	238°	229°	218°	180°
Dose medida (cGy)	29,9	31,1	28,5	32,2	36,4
Dose SPT (cGy)	32,2	30,7	28,5	31,4	35,4
Diferença (%)	6,9	-1,2	-0,1	-2,6	-2,9
Desvio padrão	1,6	0,3	0,0	0,6	0,7

Fonte: O autor (2023).

Os dados da Tabela 4 foram medidos com o fantoma na região B da Figura 2, pois é a região que menos interfere no feixe, permitindo assim avaliar o efeito das outras estruturas, principalmente do trilho.

Tabela 5. Resultados das medidas realizadas utilizando o fantoma cilíndrico posicionado na região ECH da mesa, apresentado na Figura 2.

Medidas	180° (nC)
Dose medida (cGy)	33,5
Dose STP (cGy)	34,0
Discrepância (%)	1,3

Fonte: O autor (2023).

Tabela 6. Resultados das medidas realizadas utilizando fantoma cilíndrico posicionado na região AF da mesa, apresentada na figura 2.

Medidas	200° (nC)	180° (nC)
Dose medida (cGy)	32,2	34,9
Dose SPC (cGy)	31,5	34,6
Discrepância (%)	-2,2	-1,0

Fonte: O autor (2023).

3.2. Modelagem e medidas da base Orfit

Os valores de UH obtidos foram 330 para a estrutura criada como “wOF_Inserts”; -870 para a “wOF_standard”; e -400 para a “wOF_tunel”. As estruturas estão ilustradas na Figura 7.

Os resultados das medidas realizadas na base Orfit nos pontos da Figura 7 estão apresentados na Tabela 7. A diferença mostrada é o valor médio medido nas regiões com a base e sem a base sobre a mesa de tratamento. Pode-se destacar que na região 3 houve atenuação máxima de 12,9%. Isso demonstra a importância da inserção da base no SPT para sua consideração no cálculo de dose.

Tabela 7. Atenuação causada pelas regiões da base de acessórios Orfit.

Posições	Referência	1	2	3	4	5
Medida 1 (nC)	16,71	16,52	16,43	14,55	16,56	16,17
Medida 2 (nC)	16,73	16,52	16,44	14,57	16,57	16,16
Medida 3 (nC)	16,72	16,52	16,43	14,57	16,57	16,17
Média das medidas (nC)	16,7	16,5	16,4	14,6	16,6	16,2
Diferença (%)		1,2	1,7	12,9	0,9	3,3
Desvio padrão		0,1	0,2	1,5	0,1	0,4

Fonte: O autor (2023).

A validação da modelagem da base Orfit foi realizada através da comparação da atenuação medida no acelerador linear e a calculada pelo SPT. A diferença entre as atenuações medidas pela câmara de ionização e as atenuações calculadas pelo SPT nos 5 pontos da base estão na Tabela 8.

Tabela 8. Diferença entre as atenuações medidas pela câmara de ionização e as atenuações calculadas pelo SPT.

Posições	1	2	3	4	5
Atenuação Medida (cGy)	77,4	77,0	68,2	77,6	75,7
Atenuação SPT (cGy)	74,8	74,8	65,3	74,9	71,9
Diferença (%)	3,4	2,8	4,3	3,5	5,1
Desvio padrão	1,8	1,6	2,1	1,9	2,7

Fonte: O autor (2023).

4. Discussão

As medidas do trabalho mostraram a necessidade de modelar a mesa de tratamento Exact Couch como estrutura de suporte, pois, foram identificadas atenuações de até 6,7% na região ECH e 3,3% na região AF da mesa de tratamento, representados na Figura 2. Esses valores, após a modelagem,

reduziram-se para 3,9% e -1,6% respectivamente. O resultado concorda com o estudo de Aldosary et al. que realizou a modelagem da mesa Exact Couch e observou a atenuação do feixe de 9,5% para a energia de 4 MV e 7,3% para a energia de 10 MV nos cálculos utilizando a mesa (6).

Myint et al. investigou o erro da dose de tratamento quando a mesa de fibra de carbono é negligenciada e verificou uma diferença de dose de até 10,4% em uma incidência com campo 5 x 5 cm² e energia de 6 MV e concluiu que a mesa deve ser considerada de modo a reduzir esse erro (7).

Analisando os valores finais de HU da mesa Exact Couch, verificou-se que alguns segmentos possuem uma densidade relativamente alta, como a região ECH, da Figura 2. E a maioria dessas regiões são inexistentes nos modelos fornecidos pelo fabricante. Sendo assim, quando a modelagem da mesa não é realizada, o recomendado seria evitar entradas de campos por esses segmentos.

Considerando os valores obtidos na validação no fantoma cilíndrico, nota-se ainda uma diferença alta no ângulo de 246° de 6,9%. Essa região trata-se da borda da mesa, sendo uma região de difícil acesso para a medida direta com o fantoma e para a modelagem. Além disso, o feixe incide por várias estruturas até atingir o detector; de qualquer modo, este resultado sugere evitar incidências de campo nesta região, mesmo tendo a mesa modelada.

Em relação à base Orfit, os pontos com maior atenuação foram as regiões 3 e 5 com 12,9% e 3,3% respectivamente. Após modelagem da base Orfit, a maior diferença encontrada entre os valores medidos no acelerador e no SPT foi de 1,3% para a região 2 do acessório.

Sugere-se que, quando não for possível a realização da modelagem de suportes no SPT, o serviço faça as análises necessárias de cada suporte e, procure alternativas no planejamento do tratamento para evitar as regiões com maiores atenuações, de modo a diminuir quaisquer incertezas nos cálculos da dose e entrega do tratamento e efeitos adversos nos tratamentos dos pacientes.

A falta de dados fornecidos pelos fabricantes das mesas de tratamento e acessórios de imobilização para definir a atenuação dificulta a comparação dos resultados.

Não foram realizadas medidas para avaliação de superficialização da dose, é recomendado que futuros trabalhos realizem tais medidas.

5. Conclusões

A atenuação produzida pelos tampos de mesa e outros acessórios de posicionamento deve ser avaliada em termos de atenuação da dose. Pelo presente estudo, o tempo de mesa e o acessório utilizado possuem atenuações não desprezíveis em tratamentos clínicos. A modelagem destas estruturas utilizando uma metodologia simples como a apresentada permitiu a redução da incerteza entre a dose medida e a calculada pelo SPT. Recomenda-se que o método seja utilizado para todos os acessórios

e modelos de tampos de mesa utilizados clinicamente.

Agradecimentos

Agradeço à toda equipe de Radioterapia e do Comitê de Pesquisa do Hospital de Amor, em especial à física médica Milena Giglioli, co-orientadora do projeto de TCR.

Referências

1. Olch AJ, Gerig L, Li H, Mihaylov I, Morgan A. Dosimetric effects caused by couch tops and immobilization devices: Report of AAPM Task Group 176. *Medical Physics*. 2014; 41(6):061501.
2. S.-T. Chiu-Tsao and M. F. Chan, "Evaluation of two-dimensional bolus effect of immobilization/support devices on skin doses: A radiochromic EBT film dosimetry study in phantom," *Med. Phys.* 2010; 37(7):3611–3620.
3. J. Carl and A. Vestergaard, "Skin damage probabilities using fixation materials in high-energy photon beams," *Radiother. Oncol.* 2000; 55(2):191–198.
4. B. De Ost, J. Vanregemorter, B. Schaeken, and D. Van den Weyngaert, "The effect of carbon fibre inserts on the build-up and attenuation of high energy photon beams," *Radiother. Oncol.* 1997; 45(3):275–277.
5. Chyou T yu, Lorenz F. Couch modelling for volumetric modulated arc therapy (VMAT). *Australasian Physical and Engineering Sciences in Medicine*. 2017; 40(2):471–80.
6. Aldosary G, Nobah A, Al-Zorkani F, Devic S, Moftah B. A practical method of modeling a treatment couch using cone-beam computed tomography for intensity-modulated radiation therapy and rapidArc treatment delivery. *Medical Dosimetry*. 2015; 40(4):304–313.
7. Myint WK, Niedbala M, Wilkins D, Gerig LH. Investigating treatment dose error due to beam attenuation by a carbon fiber tabletop. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*. 2006; 7(3):21–27.

Contato:

Rodrigo Brito Lavoura
Hospital São Luiz Unidade Jabaquara
Rua das Perobas, 344 - Jabaquara, São Paulo - SP,
04321-120
rodrigo.lavoura@oncologiadador.com