

INFLUÊNCIA DE LENÇÓIS E COBERTORES SOB FEIXE CLÍNICO DE RADIAÇÃO DE FÓTONS E DE ELÉTRONS

PEREIRA, Carolina Chaves de Brito Baione¹
ZEITUNI, Carlo Alberto²

RESUMO

Atualmente uma das principais modalidades para o tratamento de câncer é a teleterapia através de Aceleradores Lineares. Estes equipamentos são capazes de produzirem feixes de fótons e elétrons com energias e doses adequadas para eliminar as células tumorais. Os fótons são utilizados para lesões mais profundas e os elétrons para lesões mais superficiais. Os dispositivos utilizados próximos ao paciente podem causar atenuação na dose de radiação, aumentando a dose na pele e deslocando a curva da dose de profundidade em direção à superfície do paciente. Muitos estudos são encontrados em relação ao impacto das doses causados pela mesa de tratamento e pelos acessórios de imobilização, como as máscaras termoplásticas e os imobilizadores a vácuo, porém nenhum estudo caracterizou a influência dos tecidos sintéticos utilizados para cobrir o paciente. O objetivo deste trabalho foi medir a influência do lençol e / ou cobertor na atenuação de dose de radiação de fótons e elétrons gerados em aceleradores lineares. Estas medições foram calculadas no sistema de planejamento de tratamento (TPS) e comparadas com os dados adquiridos no acelerador linear (AL), gerando dados para que se possa padronizar procedimentos. Os resultados indicam que a influência desses materiais é insignificante na atenuação da dose de radiação para as energias de fótons. Para os feixes de elétrons mais energéticos o uso destes materiais pouco influencia na atenuação de seus feixes, já para energia de elétrons menos energética o uso destes materiais deve se restringir a apenas um lençol.

Palavras-chaves: radioterapia, atenuação, influência, dose, bólus.

ABSTRACT

Currently one of the main modalities for cancer treatment is teletherapy through Linear Accelerators. These are capable of producing equipment equipment and electrons with energies and elimination doses to eliminate tumor cells. The photons used are the deepest and the most serious. Devices used close to the patient can cause radiation dose, attenuating the dose to the skin and shifting the depth dose curvature toward the patient's surface. Studies are matched with fabric sets and all accessories matched by the treatment table such as impact equipment matched with all fabrics and all studies matched with fabric matched equipment and all studies matched to cover the patient. The objective of this work was to reduce the influence of the sheet / or blanket on the action of photon radiation dose and generated in linear waves. These data models were elaborated in the system (TPS) and planned with the treatment of elaborated data were not elaborated linearly (TPS). The results indicate that the influence of these materials is insignificant in the attenuation of the radiation dose for the photon energies. For electrical energy use a lower energy use in the influence of its only energy, already for electrical energy use materials must be identified as materials.

Keywords: radiotherapy, attenuation, influence, dose, bolus.

¹ Tecnóloga em Radiologia. Especialista em Radioterapia. Mestranda em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde - IPEN.

² Graduado em Engenharia Química e Engenharia de Qualidade com ênfase em Sistemas de Qualidade. Mestrado em Tecnologia Nuclear - USP. Doutorado em Tecnologia Nuclear – USP.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente uma das principais modalidades de tratamento para o câncer é a Radioterapia, onde feixes de radiação ionizantes são produzidos através de Aceleradores Lineares com doses adequadas para eliminar as células tumorais (INCA, 2010). Os aceleradores lineares mais modernos são capazes de gerar normalmente 2 energias diferentes de fótons (raios x) e até 5 energias de elétrons (INCA, 2010; SCAFF, 2010).

A voltagem emitida é ideal para tratamentos de lesões profundas, pois o alcance da energia de fótons é muito elevado e, a partir da ionização das estruturas no meio, cada energia selecionada é produzida para alcançar diferentes profundidades onde serão depositadas 100% da dose, desta forma, é possível aperfeiçoar tratamentos para cada tipo de lesão (SCAFF, 2010).

Quando fótons interagem com a matéria transferem sua energia para as partículas ionizadas (elétrons) e estas partículas passam a interagir com o meio depositando nele uma dose máxima (d_m), também conhecida como porcentagem de dose profunda (PDP). A região entre a superfície irradiada e a profundidade onde a dose atingiu o valor máximo é chamada de região de *build-up*, ou equilíbrio eletrônico, e varia conforme a energia do feixe de radiação. Além desse ponto a dose decresce por atenuação inversamente ao quadrado da distância (SCAFF, 2010).

Quando as lesões são mais superficiais (com menos de 5cm de profundidade), e próximo a elas existir estruturas as quais devem ser poupadas, o feixe de elétrons deve ser a opção escolhida. A interação do feixe de elétrons é diferente do feixe de fótons, este último, mesmo após a d_m , continua interagindo em grandes profundidades, já o feixe de elétrons, após depositar sua dose máxima, a dose irá se acumular até uma profundidade máxima (z_{max}), além da qual cai rapidamente. A penetração máxima (z_{max}) do feixe de elétrons pode ser estimada, em centímetros, sendo a metade do valor da energia em MeV e a região onde os elétrons irão depositar cerca de 90% de sua dose é estimada em 1/3 de sua energia (SCAFF, 2010; INCA, 2000).

Algumas lesões exigem o uso de bólus, para que a dose de radiação necessária para tratá-la se deposite numa região de *build-up* mais superficial. Bólus é um material equivalente ao tecido humano colocado diretamente na superfície da pele com dois objetivos principais: uniformizar o contorno irregular do paciente e / ou aumentar a dose na superfície. Para os feixes de fótons, os bólus iram uniformizar o contorno do paciente, porém acabam fazendo com que haja perda na preservação da pele, característica desse tipo de energia, já que com seu uso, desviam a dose para uma região mais superficial. Já para os feixes de elétrons, o bólus é utilizado para aumentar a dose na superfície, aplainar superfícies irregulares e reduzir a penetração do feixe de elétrons em algumas partes do campo de tratamento. Podem ser confeccionados exclusivamente para o paciente, com cera odontológica ou de abelha, ou de material gelatinoso já pré-moldado, encontrados comercialmente (INCA, 2000).

O impacto dosimétrico de dispositivos externos ao paciente é uma combinação complexa de aumento da dose na pele, redução da dose no tumor e alteração da distribuição da dose na área de tratamento. Os dispositivos próximos ao paciente atuam como bólus, aumentando a dose na pele e deslocando a curva da dose de profundidade em direção à superfície do paciente (OLCH, 2014). Muitos estudos são encontrados em relação ao impacto das doses causados pela mesa de tratamento e pelos acessórios de imobilização, como as máscaras termoplásticas e os imobilizadores a vácuo, porém nenhum estudo caracterizou ainda a influência dos tecidos sintéticos utilizados para cobrir o paciente e os acessórios que o mesmo se deita.

Segundo Butson *et al* (2002), mesmo curativos finos colocados nas feridas da pele podem causar aumento da dose na mesma. A máscara termoplástica ocasiona um aumento da dose na pele para 61% (em energias de 6MV), em comparação a 16% de dose na pele sem máscara (HADLEY; KELLY; LAM, 2005). Os imobilizadores corporais como os Alpha-Cradles e os Vac-Bags, ocasionam superficialização de dose parecida com a das máscaras termoplásticas (elevando-a para cerca de 68% de 16%), sendo que a dose na pele aumenta dependendo da espessura e densidade do saco (JOHNSON; GRIGGS; SHARMA, 1995). A própria mesa de tratamento é responsável pela elevação de dose na pele e se somada aos dispositivos de imobilização ocasiona efeitos dosimétricos maiores do que isolados e devem ser considerados nos cálculos da dose (HADLEY; KELLY; LAM, 2005).

Sabendo, então, que qualquer material colocado entre o feixe de radiação e a área de interesse de tratamento pode gerar alguma atenuação no mesmo, causando impacto dosimétricos na atenuação do feixe, na pele do paciente e na dose recebida no volume alvo, a falta de protocolos e a baixa quantidade de referências relacionados a o uso de cobertores e lençóis como acessórios no setup de tratamento, este estudo se fez necessário e relevante. Os materiais e método utilizados foram o Acelerador Linear (AL) da Varian, modelo Clinac CX NS 6564, o sistema de planejamento de tratamento (TPS) Eclipse, versão 15.6 e o tomógrafo Toshiba de 16 canais, modelo Alexon TSX034A. Os fantasmas utilizados foram o Phantom de Tórax de IMRT CIRS, modelo 002FLC e o Phantom de água sólida RW3. Os detectores utilizados foram a câmara de ionização tipo farmer FC65-P e a câmara de ionização de placas paralelas modelo PPC05.

Os materiais atenuadores utilizados foram: cobertores, cuja composição é 80% poliéster, 15% algodão, 3% poliamida e 2% acrílico; lençóis, cuja composição é 50% algodão e 50% poliéster; e bólus de gel pré-moldado de 0,5cm e de 1cm.

Tanto para radiação de fótons quanto de elétrons, foram realizadas medidas sem nenhum objeto atenuador, para obter os dados de referência, e com os atenuadores, foco do estudo, de diversas maneiras. Também foram realizadas medidas com bólus pré-moldado em gel de 0,5cm e de 1cm como comparativos dos dados de atenuação obtidos.

2. DESENVOLVIMENTO

Foram realizadas aquisições tomográficas onde o fantoma de tórax foi posicionado no tomógrafo com marcador de miçanga com bário e centralizado através dos lasers. As tomografias foram realizadas sem objeto atenuador, para servir de referência, e com os objetos atenuadores (1 lençol, 2 lençóis, 3 lençóis, 30 lençóis, 1 cobertor, bólus de 0,5 cm e bólus de 1 cm, sendo os dois últimos realizados para comparativo). As imagens obtidas foram importadas para o TPS através da ferramenta de importação de imagens DICOM, onde foram trabalhadas para realização dos cálculos de dose em UM (unidade monitora), simulando feixe de fótons e de elétrons.

No TPS, para o feixe de fótons, o ponto no phantom foi posicionado utilizando distância foco isocêntrica (DFI) de 100cm, ajustando-se a dose de 100MU para este campo e checando-se quantas UM chegou no ponto do isocentro (fig. 1). Para o feixe de elétrons, o ponto no phantom foi posicionado utilizando distância foco superfície (DFS) de 100cm, ajustando-se a dose para que chegasse 100UM na profundidade de dose máxima conforme a energia (sendo 1,3cm para 6MeV, 2,1cm para 9MeV e 2,9cm para 12MeV) (fig. 2). Os resultados de dose obtidos no ponto de referência sem utilizar nenhum objeto atenuador, como medida de referência, e com os objetos atenuadores, são apresentados na tabela 1.

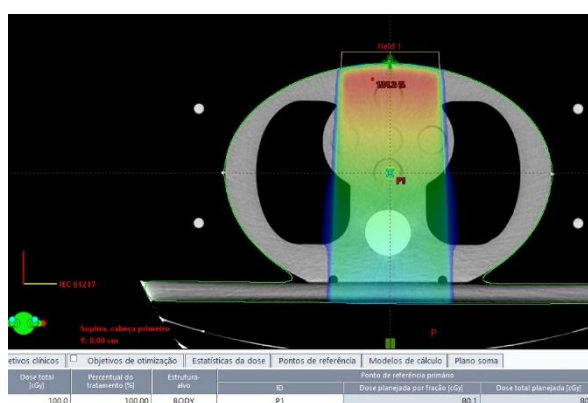


Figura 1: corte tomográfico do phantom visto no TPS com cálculo de dose no ponto do isocentro para energia de 6MV.

Fonte: Autor do artigo.

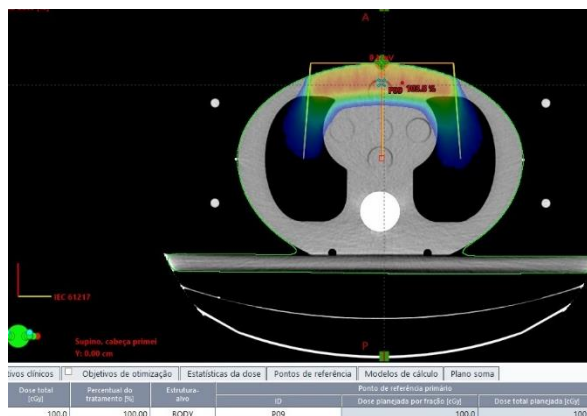


Figura 2: corte tomográfico do phantom visto no TPS com cálculo de dose no ponto de dose máxima de 2,1cm para energia de 9MeV.

Fonte: Autor do artigo.

Feixe de Fótons	Energia	Sem atenuador*	1 lençol	2 lençóis	3 lençóis	30 lençóis	1 cobertor	Bólus 0.5cm**	Bólus 1cm **
	6MV	80,1	80,2	80,1	80,2	80,2	78,7	80,1	78,6
Desvio (%)	ref	0,12	0,00	0,12	1,75	0,00	1,87	3,62	
10MV	88,6	88,6	88,6	88,7	87,4	88,5	87,3	86,1	
Desvio (%)	ref	0,00	0,00	0,11	1,35	0,11	1,47	2,82	
Feixe de Elétrons	6MeV 1,3cm	100,6	100,4	100,2	99,7	x	99,1	87,6	49,9
	Desvio (%)	ref	0,20	0,40	0,89	x	1,49	12,92	50,40
	9MeV 2,1cm	100	100,2	99,4	99,8	x	98,7	91,6	76,5
	Desvio (%)	ref	0,20	0,60	0,20	x	1,30	8,40	23,50
	12MeV 2,9cm	100,2	100,3	99,9	100	x	99,7	95,6	89,2
Desvio (%)	ref	0,20	0,20	0,10	x	0,40	4,50	10,89	

Tabela 1: Resultados das medidas de fótons e elétrons no TPS com desvio calculado. *Medidas realizadas como referência.

**Medida realizada como comparativo. Fonte: Autor do artigo.

No AL, para as medidas de fótons, o fantôma CIRS foi posicionado, juntamente com a câmara de ionização tipo farmer, na mesa do aparelho onde o gantry e o colimador foram posicionados a 0°, a mesa manteve-se com rotação a 0° e seus eixos x, y e z foram ajustados de maneira que o fantoma ficasse com o seu centro a 100cm na técnica DFI, este conjunto foi irradiado com 100MU, com taxa de dose de 600MU/min, num campo de 10cm² x 10cm² (fig. 3). Para feixe de elétrons, a câmara de ionização de placas paralelas foi inserida em um conjunto de água sólida que foi adequada conforme o z_{max} de cada energia, também foram posicionadas 10 placas de água sólida de 1cm cada posteriormente a câmara de ionização para espalhamento do feixe, este conjunto foi posicionado no aparelho onde o gantry e o colimador estavam a 0°, a mesa manteve-se com rotação a 0° e seus eixos x, y e z foram ajustados de maneira que a água sólida utilizada ficasse com a sua superfície a 100cm na técnica DFS, irradiado com 100MU, com taxa de dose de 400MU/min, com cone espalhador de 15cm² x 15cm² (fig. 4). Foram realizadas 2 medidas para cada energia e para cada distribuição dos objetos atenuadores, com resultado em nC (nanoCoulomb) - Unidade de carga, sendo apresentada na tabela 2 a média dessas medidas e o desvio entre elas.

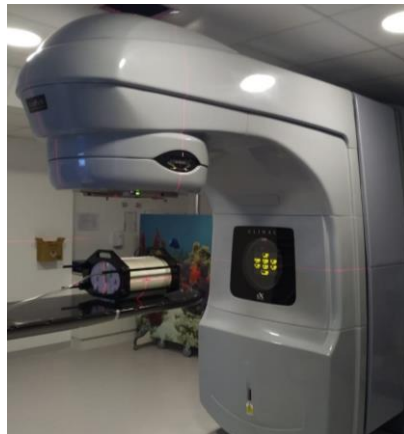


Figura 3: posicionamento do phantom CIRS com a câmera de ionização tipo farmer no AL para aquisições das medidas das energias de 6MV e 10MV.

Fonte: Autor do artigo.

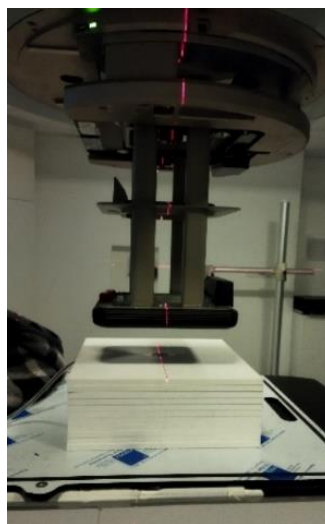


Figura 4: posicionamento do phantom de água sólida com a câmera de ionização de câmeras paralelas no AL para aquisições das medidas das energias de 6MeV e 9MeV e 12MeV.

Fonte: Autor do artigo.

Feixe de Fótons	Energia		Sem atenuador*	1 lençol	2 lençóis	3 lençóis	30 lençóis	1 cobertor	Bólus 0.5cm **	Bólus 1cm **
		Feixe de Fótons	6MV	Média	18,04	18,04	18,04	18,04	17,84	18,01
Desvio (%)	ref			0,00	0,00	0,00	1,11	0,17	1,86	3,05
10MV	Média		19,97	19,97	19,97	19,98	19,80	19,95	19,70	19,52
	Desvio (%)		ref	0,00	0,00	0,05	0,83	0,10	1,35	2,25
Feixe de Fótons	6 MeV 1,3cm	Média	1,650	1,651	1,653	1,650	X	1,620	1,364	1,008
		Desvio (%)	ref	0,091	0,182	0,00	X	1,788	17,339	38,891

9 MeV 2,1cm	Média	1,652	1,650	1,653	1,653	X	1,625	1,509	1,327
	Desvio (%)	ref	0,121	0,030	0,061	X	1,665	8,656	19,673
12 MeV 2,9cm	Média	1,701	1,700	1,701	1,702	X	1,675	1,630	1,560
	Desvio (%)	ref	0,059	0,000	0,029	X	1,558	4,174	8,289

Tabela 2: Resultado da média das medidas de fótons e elétrons no AL com desvio calculado. *Medidas realizadas como referência. **Medida realizada como comparativo. Fonte: Autor do artigo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir das medidas realizadas, mostram que para fótons, tanto para 6MV como para 10MV, a colocação de 01 a 03 lençóis pouco ou nada influencia na dose recebida por um paciente sob tratamento em radioterapia. As diferenças encontradas nos dados medidos e calculados estão em sintonia, com valores menores ou iguais a 0,12%. O que significa que para feixe de fótons, a colocação de até 3 lençóis não afeta o tratamento. Para o caso de se colocar um cobertor sobre o paciente os resultados obtidos também indicam que é factível, com valores desviando em cerca de 0,17%, sendo seguro seu uso durante o tratamento.

Foi simulado também a situação extrema de um conjunto de lençóis sobre um paciente (lençóis dobrados, com um total de 30 dobras/lençóis), essa circunstância exagerada, seria um incidente, visto que tratamentos convencionais não são executados nessas condições. Nessa situação extrema foi obtido um desvio máximo de 1,75%, que já estaria próximo ao desvio obtido com o bólus de 0,5cm que foi de 1,86%, ambos os dados para a energia de 6MV nas medidas realizadas no AL, nas simulações do TPS não houveram desvios significativos.

As medidas realizadas para o feixe de elétrons resultaram em desvios pouco expressivos para o caso de 01 a 03 lençóis, onde o desvio máximo foi de 0,89%, na energia de 6MeV e para as energias de 9MeV o desvio máximo foi de 0,6% e para 12MeV este desvio não ultrapassou 0,2%. O que nos diz que se fosse colocado até 3 lençóis sobre um paciente em tratamento em radioterapia com feixe de elétrons mais energéticos não diminuiria a eficácia do tratamento, sendo uma opção viável em caso de necessidade, mas para o feixe de 6MeV seu uso deve ser realizado com maior cautela observando que não ultrapasse a quantidade de 1 lençol sobre o paciente. Nas medidas realizadas com um cobertor, o desvio chegou a 1,788%, desse modo o uso deve ser desencorajado, principalmente em baixas energias de elétrons, como 6MeV.

4. CONCLUSÃO

Os pacientes durante o tratamento de radioterapia normalmente ficam com a área a ser tratada despida, para que se possa visualizar as marcas de referência de posicionamento, e com o mínimo de roupa possível, para não interferir no posicionamento do mesmo, e se a temperatura da sala estiver em condições de causar frio, os pacientes podem sair da posição planejada causando interrupções ou desvio da dose programada. Sendo assim, cobri-los diminuiria estes desvios sem causar perda na eficácia da dose recebida.

Levando em consideração a ICRU-83 (2010) e o Programa de Qualidade de Radioterapia do INCA (2001), que consideram que as incertezas totais³ aceitáveis em um tratamento de radioterapia devem estar em 5% e se considerarmos 10% deste valor como uma influência tolerável do feixe clínico,

³ São considerado incertezas: o posicionamento do paciente, mecânica do equipamento, dosimetria, técnicas de gerenciamento de movimento, erros de transferência de imagem da TC e simulador para a unidade de tratamento e fatores humanos.

pode-se concluir que para as energias de fótons o uso de até 3 lençóis ou 1 cobertor não geram influência a ponto de interferir significativamente na dose recebida na área de tratamento, pois sua influência no feixe clínico chega ao máximo de 0,17%, sendo, então, seguro cobrir os pacientes e tornando o tratamento mais confortável. Para os feixes de elétrons mais energéticos (acima de 9MeV), o uso de até 3 lençóis também não alteram significativamente a dose recebida na área de tratamento, pois sua influência no feixe clínico alcança o máximo de 0,6%. E para o feixe de elétrons de 6MeV observa-se que o uso de até 2 lençóis é seguro, pois a influência do feixe fica em 0,4%, atentando-se a não ultrapassar esta quantidade para não obter desvios maiores na dose ministrada. Já para cobertores no feixe de elétrons estes desvios podem chegar próximo a 2%, sendo impraticável sua utilização sem causar desvios significativos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUTSON, Martin J *et al.* Measurement of skin dose variations produced by a silicon-based protective dressing in radiotherapy. **Physics In Medicine And Biology**. Eua, p. 145-151. maio 2002. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9155/47/11/402/pdf>. Acesso em: 24 out. 2020.

FILHO, Eugenio Del Vigna; FERREIRA, Maria Lúcia. Inca (org.). **Temas Físicos**. In: RIO DE JANEIRO. Inca. Ministério da Saúde (org.). **Programa de Qualidade em Radioterapia: 1º seminário em radioterapia**. Angra dos Reis: Ministério da Saúde, 2001. Cap. 5. p. 177-245. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/seminario-radioterapia-capitulo-cinco-temas-fisicos.pdf>> . Acesso em: 02 set. 2022.

HADLEY, Scott W.; KELLY, Robin; LAM, Kwok. Effects of immobilization mask material on surface dose. **Medical Physics**. Eua, p. 1-7. jan. 2005. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5723508/>. Acesso em: 24 out. 2020.

ICRU. **Prescribing, Recording, and Reporting Photon-Beam Intensity-Modulated Radiation Therapy (IMRT)**. **Journal Of The Icru. ICRU-83**. Oxford, p. 1-94. 17 set. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1093/jicru/ndq002>> Acesso em: 02 set. 2022.

Instituto Nacional de Câncer (INCA) (org.). **Atualização para Técnicos em Radioterapia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Coordenação de Educação (Cedc), 2010. 100 p. Disponível em: https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/atualizacao_para_tecnicos_em_r. Acesso em: 20 out. 2020.

Instituto Nacional de Câncer (INCA) (org.). **Manual Para Técnicos em Radioterapia**: programa de qualidade em radioterapia. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, 2000. 48 p. Disponível em: https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/pqrt_man_tec_rdtrp.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.

JOHNSON, M. W.; GRIGGS, M. A.; SHARMA, S. C.. A COMPARISON OF SURFACE DOSES FOR TWO IMMOBILIZING SYSTEMS. **Medical Dosimetry**. Eua, p. 191-194. set. 1995. Disponível em: [https://www.meddos.org/article/0958-3947\(95\)00021-N/pdf](https://www.meddos.org/article/0958-3947(95)00021-N/pdf). Acesso em: 24 out. 2020.

OLCH, Arthur J. *et al.* Dosimetric effects caused by couch tops and immobilization devices: Report of AAPM Task Group 176. **Medical Physics**. Eua. jun. 2014. Disponível em: <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1118/1.4876299>. Acesso em: 24 out. 2020.

SCAFF, Luiz. **Física na Radioterapia**: a base analógica de uma era digital. São Paulo: Editora Projeto Saber, 2010. 2 v

Endereço Eletrônico:

Carolina Baione

E-mail carolbaione@hotmail.com

Recebido em: 13 de Outubro de 2022

Aceito em: 05 de Dezembro de 2022