



21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

SISTEMA MECÂNICO PARA TELETERAPIA DE MAMA

Guilherme Ramalho Neves de Albuquerque, guilhermeneves10@yahoo.com.br¹

Wagner Leite Araujo, wagner.leite@ifmg.edu.br¹

Tarcisio Passos Ribeiro de Campos, tprcampos@pq.cnpq.br²

¹Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Congonhas, Av. Michael Pereira de Souza, 3007 – Campinho – Congonhas – MG, 36.415-000

²Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte - MG, 31270-901

Resumo: O câncer de mama, precedido do epidérmico não melanoma, é o mais comum entre as mulheres do Brasil e do mundo, correspondendo a 25% de novos casos anuais. A estimativa segundo dados do Instituto Nacional do Câncer é que, em 2016, cerca de 57.960 novos casos sejam descobertos. O método mais comum de tratamento do câncer mamário é a radioterapia, que é capaz de destruir células cancerosas por meio de feixes de radiações ionizantes. A teleterapia é uma de suas modalidades, a partir da qual se faz a entrega das doses radioativas via feixes externos a paciente. Para eficácia do tratamento é imprescindível que as regiões alvo sejam precisamente atingidas. Um dos principais problemas associados a essa técnica é que a paciente é acomodada em uma maca disposta em posição supina, o que condiciona a mama possíveis distorções geométricas devido a mobilidade do órgão; neste contexto, a entrega da dose prescrita pode ser prejudicada. Assim, órgãos vitais como o coração e pulmão podem estar em risco devido a uma exposição inapropriada à radiação. A partir dessa problemática, os autores propõem o desenvolvendo um sistema mecânico que contemple o posicionamento da paciente em prona, levando em consideração diversidades anatômicas mamárias e de inserção de campos opostos paralelos em janelas distintas. O presente artigo apresenta breves considerações da teleterapia de mama, seguidas da concepção do modelo tridimensional do sistema mecânico posicionador em prona, desenvolvido na plataforma Solid Edge™, focado no aprimoramento da distribuição de isodoses na mama e na minimização de efeitos colaterais no pulmão e coração, oriundos do tratamento.

Palavras-chave: maca para teleterapia, teleterapia em prona, sistema mecânico para teleterapia

1. INTRODUÇÃO

Seguido do câncer de pele não melanoma, o câncer de mama é o mais comum entre as mulheres do Brasil e do mundo, correspondendo a 25% dos novos a cada ano. A estimativa em 2016, segundo dados do Instituto Nacional do Câncer (INCA, 2016), é de cerca de 58 mil, sendo a estimativa global, em 2012, (GLOBOCAN, 2016), em torno de 1,7 milhão de novos casos.

A radioterapia é um dos métodos mais eficientes para o controle dessa neoplasia. Ela é capaz de degradar células cancerosas por meio de radiações ionizantes, sendo a resposta dos tecidos cancerosos, às radiações, dependente de vários fatores, tais como a radiosensibilidade das linhagens celulares, localização do tumor e oxigenação, assim como a qualidade, intensidade da radiação e o taxa de dose em que ela é administrada (Halperin *et al.*, 2013). Dentro da radioterapia, tem-se a teleterapia como a modalidade mais frequentemente empregada para o tratamento do câncer de mama, onde feixes externos de radiação são direcionados aos tecidos comprometidos.

O planejamento que precede a radioterapia é executado para investigar e simular a distribuição das doses clínicas; anterior a esta etapa ocorrem marcações no corpo da paciente com a finalidade de definir pontos de referência para o posicionamento e reprodução do planejamento nas seções terapêuticas subsequentes. A simulação deve atingir critérios de tolerância de dose estabelecidos pela ICRU - *International Commission on Radiation Units and Measurements* (ICRU, 2016) e ICRP - *International Commission on Radiological Protection* (ICRP, 2016). Para eficácia do tratamento é imprescindível que as regiões alvo recebam a dose prescrita em 98% do volume, como determinado no planejamento (Khan, 2009).

Um dos principais problemas associados a essa técnica é o fato da paciente ser acomodada em uma maca disposta em decúbito dorsal, o que condiciona distorções do volume da mama, devido à relativa mobilidade da glândula. Esse fato pode prejudicar a qualidade do planejamento e a reprodutibilidade do protocolo; e, conseqüentemente, a adequada entrega

da dose prescrita; com isso, órgãos vitais como o coração e o pulmão podem ser indevidamente expostos.

Uma solução para a problemática apresentada se baseia no desenvolvimento de um sistema mecânico, conformado em uma estrutura análoga a uma maca que contemple a disposição em decúbito ventral. Nesta, a geometria da mama tende a ser uniformizada pelo campo gravitacional, como apresentado na Figura 1b e, de forma comparativa, na Figura 2. Atualmente, no Brasil, a maca com disponibilidade para posição prona não está disponível para aplicação na radioterapia, sendo focado o uso teleterápico exclusivo da posição supina, embora alguns modelos que permitem a disposição em prona estejam sendo desenvolvidos em outros países (DE *et al.*, 2015; Zacharopoulos *et al.*, 2013; Diao, 2012). Diversos estudos têm apresentado resultados significativamente superiores em controle das doses na glândula e órgãos sadios como pulmão e coração, quanto a aplicação da teleterapia para mama empregando a posição prona em substituição a supina (Mulliez *et al.*, 2013; Buijsen *et al.*, 2007; Griem *et al.*, 2003). A Figura 1 apresenta uma proposta rudimentar para aplicação da teleterapia de mama.

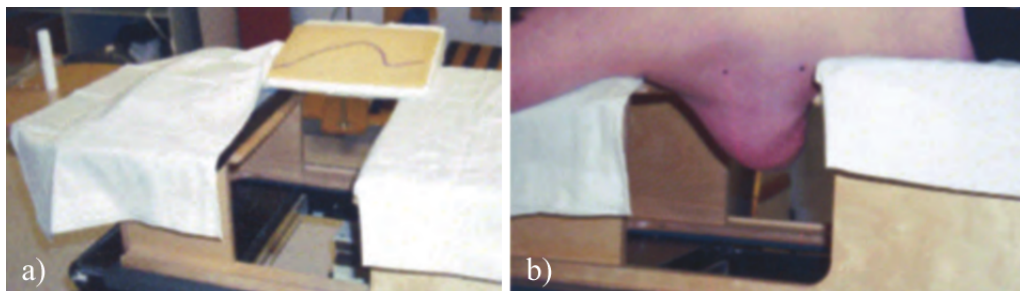


Figura 1: Mesa com adaptação para radioterapia de mama em prona e b) paciente sobre a mesa. Fonte: Adaptado de Halperin *et al.* (2013).

Na Figura 2, observa-se um planejamento realizado em posição supina e outro em prona; na qual, evidencia-se na Figura 2b, o campo de radiação expondo uma porção significativa do pulmão. Dessa forma, na teleterapia de mama em prona a radiação é administrada em uma maca especialmente concebida, onde uma mulher pode-se manter deitada confortavelmente em decúbito ventral, com sua mama pendurada além da maca. A mama saudável pode ser mantida próxima ao corpo, o que permite delimitar melhor a área para o tratamento e preservar a mama oposta. Com a mama distante do torax, a exposição à radiação para o coração e pulmões é minimizada. Isso reduz o risco de complicações, como doenças cardíacas futuras e danos nos pulmões (Levitt *et al.*, 2012).

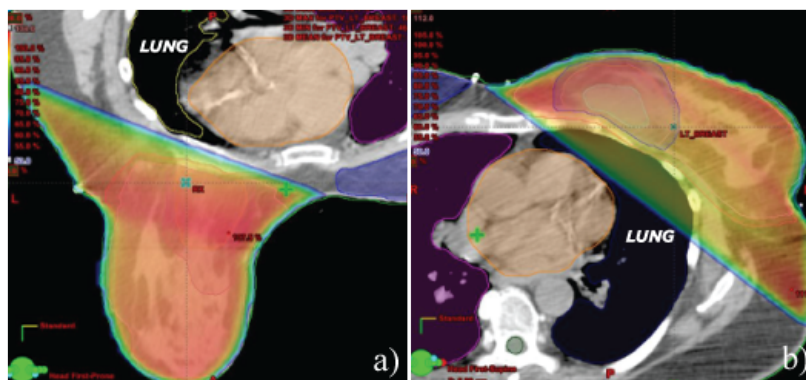


Figura 2: Isodoses em um planejamento de teleterapia de mama realizado em posição a) supina e b) prona (Provision, 2016).

Considerando as diversidades de volume e orientação da mama quando em posição natural em supina, do requerimento de inserção de campos de radiação tangenciais opostos, a busca da qualidade dos planejamentos e de entrega de dose prescrita na mama, com restrições no pulmão e coração, apresentamos o presente artigo. Temos o objetivo de descrever uma proposta preliminar de sistema mecânico multifuncional, que acomode a paciente em posição prona e contemple protocolos técnicos de fixação e posicionamento, visando simplicidade e precisão no âmbito de reprodutibilidade nas seções de tratamento.

2. MÉTODOS

O modelamento do sistema mecânico multifuncional de acomodação e fixação para teleterapia de mama, denominado SMTM, foi elaborado na plataforma Solid Edge TM, em estruturas tridimensionais.

2.1 Conceitos do Sistema Mecânico

O SMTM é apresentado na Figura 3, 4 e 5, cujos seus elementos estão descritos na Tabela 1. Nestas, observa-se: a estrutura para suporte do crânio, mais especificamente do osso frontal [6.2], dotada de um grau de liberdade vertical (y), da face lateral do crânio [6.1], com um grau de liberdade horizontal (z), e da mandíbula [6.3], ajustável por meio de um grau de liberdade vertical (y) e outro na horizontal (x); tais elementos operam em conjunto para que a paciente possa ser ergonomicamente acomodada, considerando a fixação e reprodução do posicionamento. As peças são articuladas a proporcionar movimentos peculiares de acordo com sua função. Esses movimentos são gerenciados pelo sistema de transmissão [10] que é apresentado na Figura 5. Este é composto por um conjunto de engrenagens interligadas a um sistema automatizado, que é acionado pelo painel de controle [4]. A estrutura denominada haste de apoio [5] tem a função de dar sustentação a paciente, de modo que ela possa segurar, apoiando-se durante o tratamento. As peças supracitadas são posicionadas na base do sistema [1], sendo a mesma ampla, possibilitando aporte apropriado as diversidades anatômicas humanas.

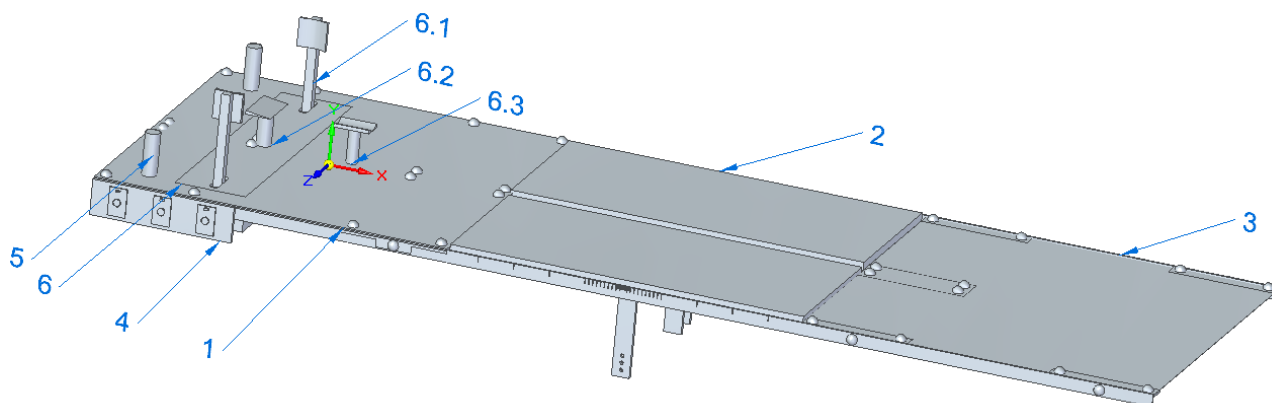


Figura 3: **Modelo do SMTM apresentando o sistema de inserção da mama aberto.**

Tabela 1: **Descrição das estruturas do SMTM**

<i>Código</i>	<i>Estrutura</i>
1	base do sistema
2	acolchoamento
3	suporte aos membros inferiores
4	painel de controle
5	hastes de apoio
6	base de suporte ao crânio
6.1	suporte lateral ao crânio
6.2	suporte ao osso frontal
6.3	suporte à mandíbula
7	inserção da mama
8	pinos de encaixe e fixação
9	correias para fixação do acolchoamento
10	sistema de transmissão
11	corrediça
12	sistema métrico de posicionamento

Na Figura 4, tem-se a placa de suporte a mama [7], cuja função é permitir a exposição da mama a ser tratada, enquanto as outras estruturas do corpo, incluindo pulmão, coração e a mama oposta possam ser ocluídas dos campos da radiação, essa peça possui um grau de liberdade horizontal, para adaptação a diversidade e posicionamento da mama. Neste contexto, a placa [7] pode deslizar pelo sistema de corrediças [11] e ser fixada. Para fins ergonômicos, sobre a placa de suporte a mama é afixado um sistema de acolchoamento [2], que é anexada na placa por meio de correias [9]. Na base [1] do sistema estão dispostas estruturas para afixar o material termoplástico para imobilização da paciente. Todas as estruturas móveis constam de sistemas métricos [12] para registro do posicionamento da paciente e estruturas de fixação da mesma. Pinos de encaixe [8] realizam a conexão e suporte dos elementos e fornecem sustentação ao sistema.

Um esquema bidimensional detalhado, com as descrições técnicas supracitadas, apresentando uma perspectiva inferior e superior, do SMTM é apresentado na Figura 6.

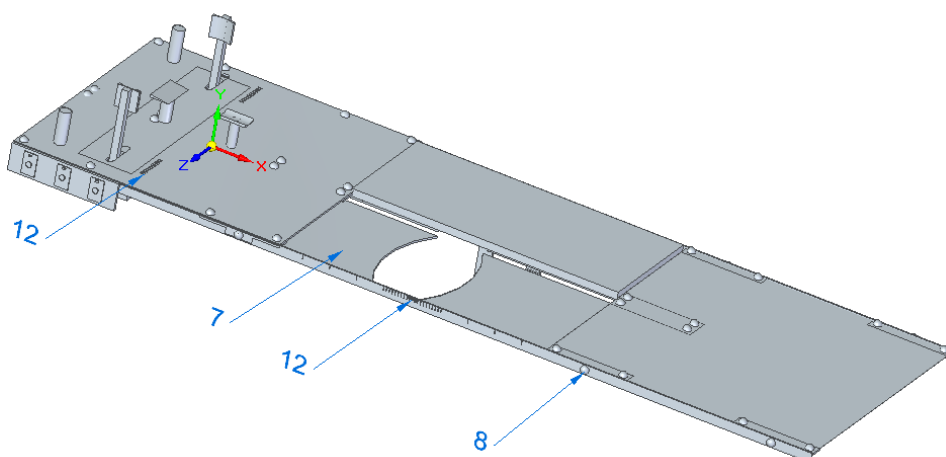


Figura 4: Modelo do SMTM apresentando o sistema de inserção da mama fechado.

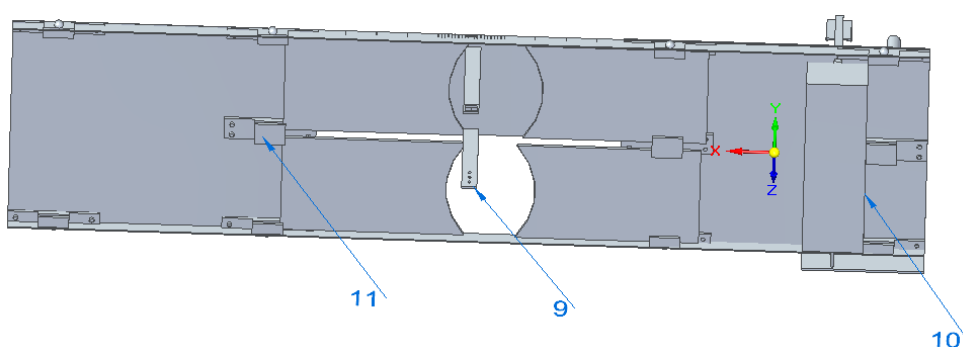


Figura 5: Modelo do SMTM em perspectiva posterior.

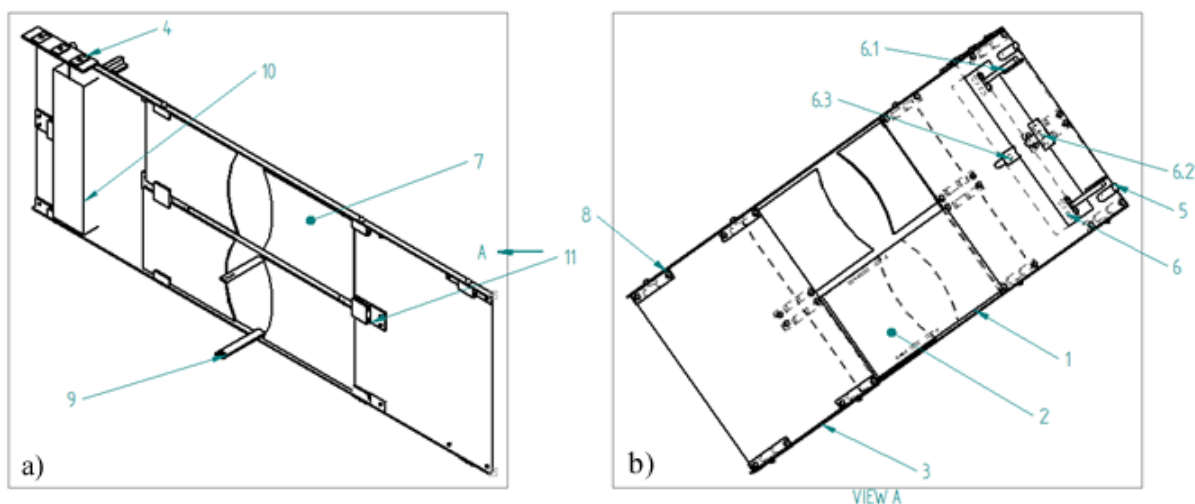


Figura 6: Modelo bidimensional do SMTM: a) parte inferior e b) superior.

3. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A teleterapia de mama em prona é uma abordagem peculiar para o tratamento de câncer de mama, onde a dose de radiação na mama é a mesma prescrita para o tratamento em decúbito dorsal padrão. A paciente é apenas disposta em uma posição distinta, evitando a exposição à radiação principais órgãos internos. Neste contexto, o coração se torna particularmente menos vulnerável aos danos quando a mama esquerda é tratada. Ademais, a disposição em decúbito ventral proporciona, evidentemente, melhor qualidade no planejamento e entrega das doses, notavelmente em aplicações na mama esquerda ou em mamas com grandes dimensões.

Apesar dos notáveis benefícios da aplicação da teleterapia de mama na posição prona, a técnica não tem sido empregada nos centros radioterápicos brasileiros. Investigações devem avançar no sentido de disponibilizar os aparatos

necessários e demonstrar sua eficiência na garantia dos parâmetros de controle na radioterapia de mama.

O projeto técnico do SMTM está em desenvolvimento. Nos próximos meses o aprimoraremos e construiremos um protótipo para investigações experimentais em fantasmas.

Esperamos visibilizar a importância da teleterapia de mama em decúbito ventral, quanto a aplicação nos centros de radioterapia brasileiros, além de prover um sistema mecânico, baseado em tecnologia nacional, capaz de prover o aporte às demandas clínicas.

4. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa Institucional de Bolsas de Pesquisa pelo aporte financeiro a Iniciação Científica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Congonhas, a FAPEMIG – Fundação de Amparo da Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo apoio coletivo de participação no congresso e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro via projeto REBRAT-SUS.

5. REFERÊNCIAS

- Buijsen, J., Jager, J.J., Bovendeerd, J., Voncken, R., Borger, J.H., Boersma, L.J., Murrer, L.H. and Lambin, P., 2007. “Prone breast irradiation for pendulous breasts”. *Radiotherapy and Oncology*, Vol. 82, No. 3, pp. 337 – 340. ISSN 0167-8140. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.radonc.2006.08.014>. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167814006003914>.
- DE, N., Speleers, B., Boute, B. and Veldeman, L., 2015. “Radiotherapy board and couch”. URL <https://www.google.ch/patents/WO2015144654A1?cl=en>. WO Patent App. PCT/EP2015/056,176.
- Diao, X., 2012. “Method and device for positioning patients with breast cancer in prone position for imaging and radiotherapy”. URL <http://www.google.com/patents/US8146186>. US Patent 8,146,186.
- GLOBOCAN, 2016. *Estimated cancer incidence mortality and prevalence worldwide in 2012*. GLOBOCAN. URL <http://globocan.iarc.fr/>.
- Griem, K.L., Fetherston, P., Kuznetsova, M., Foster, G.S., Shott, S. and Chu, J., 2003. “Three-dimensional photon dosimetry: a comparison of treatment of the intact breast in the supine and prone position”. *International Journal of Radiation Oncology*Biophysics*, Vol. 57, No. 3, pp. 891 – 899. ISSN 0360-3016. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0360-3016\(03\)00723-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0360-3016(03)00723-5). URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360301603007235>.
- Halperin, E.C., Wazer, D.E. and Perez, C.A., 2013. *The Physics of Radiation Therapy*. Lippincott Williams & Wilkins, 6th edition.
- ICRP, 2016. *International Commission on Radiological Protection*. ICRP. URL <http://www.icrp.org>.
- ICRU, 2016. *International Commission on Radiation Units and Measurements*. ICRP. URL <http://www.icru.org>.
- INCA, 2016. *Estimativa 2016: Incidência de Câncer no Brasil*. Instituto Nacional do Câncer. URL <http://www.inca.gov.br/estimativa/2016/estimativa-2016-v11.pdf>.
- Khan, F.M., 2009. *The Physics of Radiation Therapy*. Lippincott Williams & Wilkins, 4th edition.
- Levitt, S.H., Purdy, J.A., Perez, C.A. and Poortmans, P., 2012. *Technical Basis of Radiation Therapy: Practical Clinical Applications*. Springer, 5th edition.
- Mulliez, T., Veldeman, L., van Greveling, A., Speleers, B., Sadeghi, S., Berwouts, D., Decoster, F., Vercauteren, T., Gersem, W.D., den Broecke, R.V. and Neve, W.D., 2013. “Hypofractionated whole breast irradiation for patients with large breasts: A randomized trial comparing prone and supine positions”. *Radiotherapy and Oncology*, Vol. 108, No. 2, pp. 203 – 208. ISSN 0167-8140. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.radonc.2013.08.040>. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167814013004404>.
- Provision, 2016. *Prone Breast Radiotherapy*. PRT. URL <http://provisionrt.com/prone-breast-radiotherapy/>.
- Zacharopoulos, N., Tamas, A. and Markovic, M., 2013. “Breast treatment device”. URL <https://www.google.ch/patents/US20130019876>. US Patent App. 13/555,921.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

MECHANICAL SYSTEM FOR BREAST TELETHERAPY

Guilherme Ramalho Neves de Albuquerque, guilhermeneves10@yahoo.com.br¹

Wagner Leite Araujo, wagner.leite@ifmg.edu.br¹

Tarcisio Passos Ribeiro de Campos, tprcampos@pq.cnpq.br²

¹Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Congonhas, Av. Michael Pereira de Souza, 3007 – Campinho – Congonhas – MG, 36.415-000

²Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte - MG, 31270-901

Resumo: Breast cancer, preceded by nonmelanoma epidermal, is the most common among women in Brazil and the world, accounting for 25% of new cases annually. The estimate, according to the Brazilian National Cancer Institute, is about 57.960 new cases discovered in 2016. The most common method of treating breast cancer is radiation therapy that can destroy cancer cells by ionizing radiation beams. Teletherapy is the modalities more often used that delivery preconized absorbed doses via external beam to the patient. For effective treatment is essential that target prescribed volumes be precisely irradiated. One of major associated problems with this technique is that the patient is commonly accommodated in a board disposed in a supine position, which determines the breast volumetric distortion due to the organ mobility. In this context, the delivery of the prescribed dose may be impaired. In addition, vital organs like the heart and lungs may be unduly exposed to radiation. On this issue, we proposed to develop a mechanical system that includes the patient positioning in the prone mode, taking into account the insertion of the parallel opposed radiation fields in distinct windows. This article presents brief considerations of the breast radiotherapy, followed by the design of the three-dimensional model of the mechanical prone-positioner, developed in Solid EdgeTM platform, focused on improving the isodose distribution and minimizing of the effects on lung and heart.

Palavras-chave: teletherapy board, prone board, mechanical system for teletherapy