


# Automatização da Determinação dos Campos Tangentes na Radioterapia de Mama: Desenvolvimento e Comparação entre Dois Algoritmos

## Automation of Tangent Fields Determination in Breast Radiotherapy: Development and Comparison of Two Algorithms

Giulianne R. R. Zaratim<sup>1,2</sup>, Leonardo B. dos Santos<sup>1,3</sup>, Ricardo G. dos Reis<sup>3</sup>, Luis Felipe O. e Silva<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Centro de Oncologia e Física Aplicada à Radioterapia, Goiânia, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil

<sup>3</sup> Hospital Universitário de Brasília, Brasília, Brasil

### Resumo

Na radioterapia do câncer de mama, em que se utilizam campos tangentes, a escolha manual da angulação do gantry leva em consideração o volume de tecido sadio irradiado. O objetivo deste trabalho foi desenvolver, validar e comparar dois algoritmos para automatizar a seleção dos ângulos dos campos tangentes na radioterapia do câncer de mama. Um dos algoritmos escolhe as angulações das tangentes através da determinação da menor área da projeção do volume alvo de tratamento na projeção do feixe (Script\_PTV); o outro (Script\_PULMAO) considera o ângulo que possui a menor área de intersecção do volume alvo com o pulmão ipsilateral na projeção do feixe. Essas áreas foram calculadas com o Método de Gauss. Foram analisados retrospectivamente 55 planejamentos para o tratamento de câncer de mama sem irradiação nodal, sendo 31 para o lado esquerdo e 24 para o lado direito. Os desvios absolutos entre os ângulos obtidos manualmente e os Script\_PTV e Script\_PULMAO foram diferentes ( $z = -5,27$ ,  $p < 0,001$ ). Para o Script\_PTV a mediana, o primeiro e terceiro quartil foram, respectivamente, 2,50, 1,00 e 4,50 graus. Para o Script\_PULMAO esses resultados foram, respectivamente, 1,35, 0,50 e 2,50 graus. A proporção de incidências na mama contralateral no grupo cujos desvios absolutos foram maiores ou igual a 4 graus foi maior do que no grupo em que as diferenças foram inferiores a 4 graus ( $p < 0,001$ ). Isso indica a relevância da ponderação da incidência dos feixes na mama contralateral na determinação dos ângulos de gantry. Além disso, as menores diferenças e dispersões dos resultados do Script\_PULMAO, em relação à determinação manual das angulações do gantry, sugerem que esta abordagem é mais adequada geometricamente do que a do Script\_PTV.

**Palavras-chave:** física médica; radioterapia; câncer de mama.

### Abstract

*In breast cancer radiotherapy, with two oblique tangential fields, the manual selection of the gantry angles considers the volume of irradiated healthy tissue. The goal of this work was to develop, validate and compare two algorithms to automate the selection of the tangent fields angles. One of the algorithms selects the tangent angles with the smallest area of the planning target volume in the beam eye view projection (Script\_PTV), while the other (Script\_PULMAO) selects the angles with the smallest intersection area of the target volume with the ipsilateral lung. These areas were calculated using the Gauss Method. We retrospectively analyzed 55 plans for the treatment of breast cancer without nodal irradiation, 31 for the left side and 24 for the right side. The absolute deviations to the angles obtained manually were different ( $z = -5.267$ ,  $p < 0.001$ ). For the Script\_PTV, the median, the first and third quartiles were, respectively, 2.50, 1.00 and 4.50 degrees. For Script\_PULMAO these results were, respectively, 1.35, 0.50 and 2.50 degrees. The proportion of incidences in the contralateral breast in the group with absolute deviations greater than or equal to 4 degrees was greater than in the group in which the differences were less than 4 degrees ( $p < 0.001$ ). This highlights the relevance of taking into account the beam incidence on the contralateral breast in the automated selection of gantry angles. Furthermore, the smaller differences and dispersion to the manual determination of gantry angles obtained with Script\_PULMAO suggests that this approach is more suitable geometrically than that of Script\_PTV.*

**Keywords:** medical physics; radiation oncology; breast cancer.

### 1. Introdução

O Instituto Nacional do Câncer (INCA) estima que em 2021 o câncer de mama foi diagnosticado em 68.280 pessoas, correspondendo a 61,61 casos a cada 100 mil mulheres (1). De acordo com o INCA, o câncer de mama é a primeira causa de morte por câncer nas mulheres em todas as regiões do Brasil, com exceção da região Norte, onde o câncer do colo do útero ocupa essa posição. A taxa de mortalidade por câncer de mama em 2019, ajustada pela população mundial, foi 14,23 óbitos/100.000 mulheres, com as maiores taxas nas regiões Sudeste

e Sul, com 16,14 e 15,08 óbitos/100.000 mulheres, respectivamente (2).

Alguns estudos randomizados (3,4) mostraram que a cirurgia conservadora de mama seguida de radioterapia adjuvante para pacientes em estágios iniciais de câncer de mama pode resultar em uma taxa de sobrevivência equivalente à obtida com a mastectomia, além de promover uma maior redução na recorrência local da doença. Entretanto, a toxicidade associada à radioterapia é bastante preocupante, uma vez que a maioria dos pacientes submetidos ao tratamento sobrevivem por longos períodos de tempo (5). Mulheres submetidas à radioterapia apresentam risco aumentado de câncer

de pulmão, de esôfago, de pele e sarcomas de tecidos moles (6).

Estudos acerca dos possíveis problemas no coração em decorrência da irradiação da mama já foram desenvolvidos. Duma et al. apontam cinco diferentes doenças cardíacas radioinduzidas observadas no estudo do tratamento de Linfoma Hodgkin, que surgiram em decorrência da irradiação quase homogênea do coração. Cada manifestação ocorre em diferentes subestruturas do coração, e podem ter diferentes dependências de dose. Isso indica que as variadas expressões do dano cardíaco ocorrem depois de diversas distribuições anatômicas de dose, e que as doses médias no coração podem não fornecer critérios de dose suficientes para estimar complicações cardíacas (7). Correa e cols. associaram a distância central do pulmão com uma maior suscetibilidade ao desenvolvimento de anormalidades e, portanto, ao maior volume cardíaco irradiado (8).

Além disso, a irradiação da mama ou da parede torácica resulta inevitavelmente na exposição dos pulmões, o que pode aumentar o risco subsequente de câncer de pulmão primário, pneumonite e fibrose pulmonar (9). A pneumonite por radiação ocorre de 4 a 12 semanas após a conclusão do tratamento radioterápico e pode apresentar tosse, dispneia, febre e desconforto torácico. Caso não ocorra a recuperação do pulmão, o paciente pode apresentar fibrose pulmonar (10).

A exposição do pulmão à radiação depende de fatores como: a fonte de radiação, o tamanho do campo, o planejamento de tratamento, a técnica, a dose e o fracionamento (11). A quantidade de pulmão no volume irradiado depende do campo de tratamento escolhido.

Para a radioterapia conformacional (ou 3D) e para a Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT, do inglês *Intensity Modulated Radiation Therapy*), o volume dos órgãos de risco (OARs, do inglês *Organs at Risk*) sendo irradiados devem ser considerados na escolha das tangentes interna e externa, de modo que o menor volume possível dos OARs seja irradiado.

Visando a preservação dos órgãos de risco, a escolha da angulação ideal para o tratamento pode ser feita através da análise da visão do feixe (BEV, do inglês *Beam's Eye View*) e a determinação da melhor posição que englobe o volume alvo ao mesmo tempo que reduza a área de irradiação dos OARs.

A Varian Medical Systems (Palo Alto, Califórnia), fornece a possibilidade de automatização de processos do planejamento através da utilização do Eclipse *Scripting Application Programming Interface* (ESAPI). Utilizando a linguagem de programação C# é possível desenvolver scripts na forma de plug-ins que são acessíveis na interface do sistema de planejamento de tratamento Eclipse. Assim, o processo de escolha dos ângulos das tangentes pode ser automatizado, levando em conta parâmetros geométricos quantificáveis.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi desenvolver, validar e comparar dois algoritmos para automatizar a seleção dos ângulos dos campos tangentes na radioterapia do câncer de mama.

## 2. Materiais e Métodos

Foram analisados retrospectivamente 55 planejamentos para o tratamento de câncer de mama sem irradiação nodal, sendo 31 para o lado esquerdo e 24 para o lado direito, realizados no Centro de Oncologia e Física Aplicada à Radioterapia (CONFIAR Radioterapia), feitos por físicos médicos com mais de 10 anos de experiência.

Os scripts desenvolvidos com o ESAPI escolheram as angulações das tangentes utilizando (1) a área da projeção do volume alvo de planejamento (PTV, do inglês *Planning Target Volume*) e (2) a área de intersecção entre as projeções do PTV e do pulmão ipsilateral. As áreas foram calculadas utilizando o Método de Gauss. O código para a determinação da angulação dos campos tangentes para o caso (1) escolhe o ângulo que contém a menor área do PTV projetada no BEV (Script\_PTV). Na situação (2), a angulação ideal para os órgãos de risco foi determinada como aquela com a menor área de intersecção entre o PTV e o pulmão ipsilateral (Script\_PULMAO), podendo indicar uma redução no volume pulmonar contido no campo de radiação.

As angulações das tangentes foram avaliadas com o intervalo de um grau entre (i) 295-330 graus para mama esquerda e (ii) 25-70 graus para mama direita no caso das tangentes internas. Para as tangentes externas, a varredura ocorreu de (iii) 110-150 graus para a mama esquerda e (iv) 200-245 graus para a mama direita.

Para a validação dos algoritmos feitos com o ESAPI, foram desenvolvidos scripts na linguagem de programação Python, utilizando a biblioteca Shapely (12) para o cálculo das áreas. Os métodos matemáticos utilizados nestes scripts são diferentes dos usados em C#, possibilitando uma análise independente dos cálculos do script de automatização. A escolha dos ângulos foi feita de maneira análoga ao algoritmo do ESAPI.

Os resultados obtidos no ESAPI foram comparados com as angulações escolhidas pelos físicos para o tratamento.

No algoritmo que considera o pulmão ipsilateral, foi analisada a quantidade de pacientes em que o desvio absoluto foi maior ou igual a 4 graus. Em seguida, foi comparada a proporção de casos nos quais a incidência do feixe na mama contralateral influenciou a determinação manual da angulação do *gantry* e os casos nos quais não houve essa influência.

A análise dos resultados foi feita utilizando a estatística descritiva, o teste de *Wilcoxon* pareado e o teste de Chi-quadrado para proporção, com o auxílio do *software* SPSS (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.).

### 2.1. Questões Éticas e Legais

A pesquisa foi feita com dados dos pacientes anonimizados.

### 3. Resultados

Para a etapa de validação dos códigos do C#, as médias dos desvios dos ângulos obtidos em relação aos cálculos realizados utilizando a biblioteca Shapely e os respectivos desvios padrões estão na Tabela 1. Para o Script\_PTV, a variação para a tangente interna foi de  $0,02 \pm 0,13$  graus, e para a tangente externa foi nula; o único desvio não nulo ocorreu para a tangente interna, com 1 grau de diferença. Para o Script\_PULMAO, a diferença foi de  $0,38 \pm 0,65$  graus para a tangente interna e  $0,44 \pm 0,60$  graus para a externa; os desvios máximos foram de 3 graus e 1 grau, respectivamente.

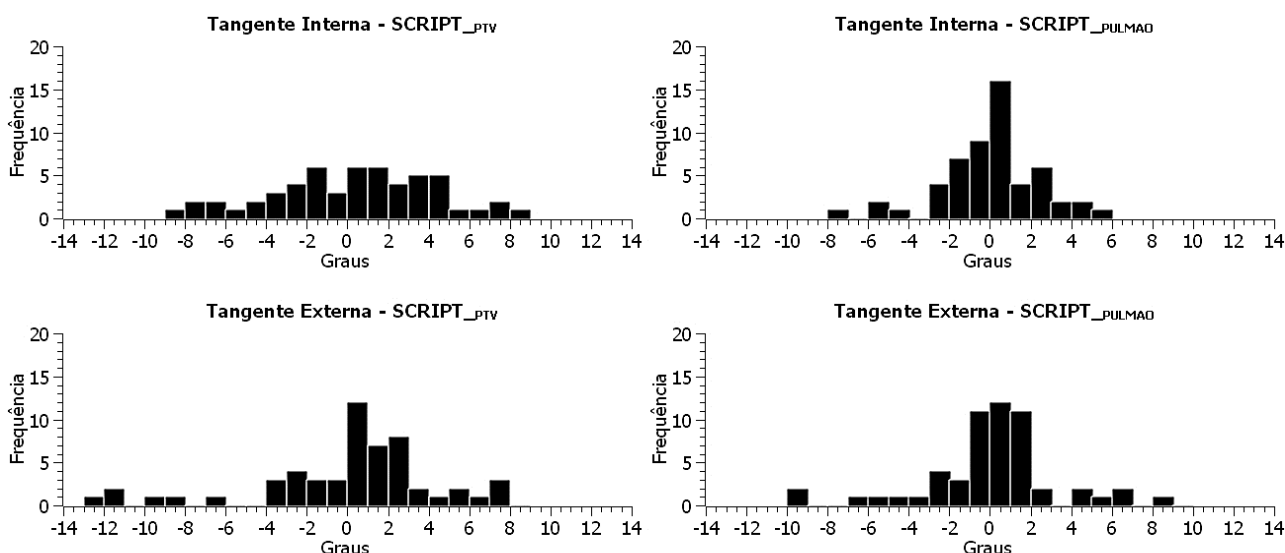
**Tabela 1** – Média dos desvios absolutos entre os ângulos escolhidos pelo ESAPI e os ângulos obtidos utilizando a biblioteca Shapely e seus respectivos desvios padrões

Script	Tangente Interna	Tangente Externa
PTV	$0,02 \pm 0,13$ graus	$0,00 \pm 0,00$ graus
Pulmão Ipsilateral	$0,38 \pm 0,65$ graus	$0,44 \pm 0,60$ graus

Fonte: O autor (2023).

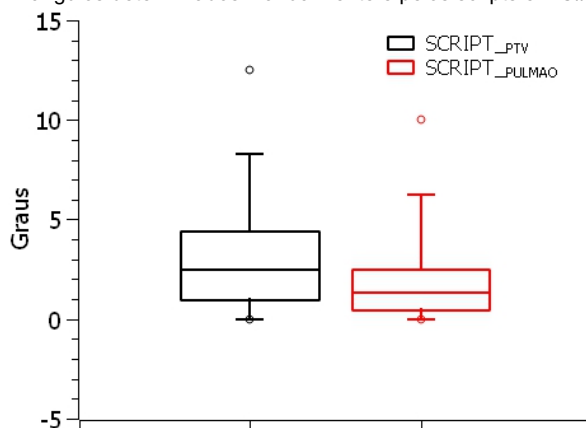
A distribuição dos desvios entre os ângulos obtidos manualmente e com os scripts do ESAPI estão representados na Figura 1. As médias e os desvios padrões obtidos para essas diferenças foram:  $0,06 \pm 3,96$  graus para a tangente interna e  $-0,22 \pm 4,48$  graus para a tangente externa do Script\_PTV. Para o Script\_PULMAO, os valores encontrados foram  $-0,17 \pm 2,40$  graus para a tangente interna e  $-0,17 \pm 3,31$  graus para a tangente externa.

**Figura 1** – Histogramas das diferenças entre os ângulos das tangentes determinados manualmente e pelos scripts em C#.



Os desvios absolutos entre os ângulos obtidos manualmente e os Script\_PTV e Script\_PULMAO foram diferentes ( $z = -5,27$ ,  $p < 0,001$ ). Para o Script\_PTV a mediana, o primeiro e terceiro quartil foram, respectivamente, 2,50, 1,00 e 4,50 graus. Para o Script\_PULMAO a mediana, o primeiro e terceiro quartil foram, respectivamente, 1,35, 0,50 e 2,50 graus. A Figura 2 apresenta o diagrama de caixa das duas distribuições.

**Figura 2** – Diagrama de caixa das diferenças absolutas entre os ângulos determinados manualmente e pelos scripts em C#.



A média dos desvios absolutos para o Script\_PTV foi 3,21 graus para a tangente interna e 3,15 graus para a externa. A média dos desvios absolutos para tangente interna para o Script\_PULMAO foi 1,72 graus e 2,26 graus para a tangente externa.

A proporção de incidências na mama contralateral no grupo cujos desvios absolutos eram maiores ou igual a 4 graus foi maior do que no grupo em que as diferenças foram inferiores a 4 graus [76,9% (10/13) vs. 14,3% (6/42);  $p < 0,001$ ].

#### 4. Discussão

As diferenças observadas entre os cálculos realizados com o ESAPI e a biblioteca Shapely sugerem que a implementação dos algoritmos Script\_PTV e Script\_PULMAO foi bem-sucedida.

A maior média e variação entre os ângulos escolhidos manualmente e os obtidos com o Script\_PTV podem ser atribuídas ao fato de que, pelo físico médico, os OARs são considerados e, nesse algoritmo, a determinação do ângulo do gantry é feita apenas com a menor área de PTV na projeção do campo.

Alguns estudos sobre automatização do planejamento de mama usaram uma abordagem geométrica, semelhante às usadas nos Script\_PTV e Script\_PULMAO (13,14), e também uma abordagem dosimétrica (15).

Em um trabalho semelhante, Lin et al. desenvolveram um planejamento automatizado com o ESAPI para o tratamento de IMRT para a mama esquerda. Para a escolha dos ângulos, o grupo ajustou os colimadores no PTV e calculou a área definida pelos colimadores para cada angulação do gantry. O ângulo do colimador também variou em um intervalo de 0 a 30 graus e isso foi levado em consideração no cálculo das áreas. O ângulo escolhido foi aquele com menor área definida pelos colimadores X e Y. As diferenças absolutas médias entre os ângulos do gantry para os campos tangentes interna e externa encontradas foram  $2,69 \pm 3,00$  graus e  $5,24 \pm 5,63$  graus, respectivamente (13). Estes resultados são semelhantes aos encontrados com o Script\_PTV.

Bakx et al. utilizaram funções embutidas no sistema de planejamento de tratamento RayStation (versão 8A) para a otimização do ângulo do feixe na escolha dos ângulos das tangentes para pacientes com câncer de mama no lado esquerdo. Os desvios médios entre as angulações escolhidas manualmente e os ângulos obtidos pelas funções foram de 1,2 graus para a tangente interna (dentro do intervalo de -6 até 12 graus) e de -1,3 graus para a tangente externa (variando de -12 até 8 graus). No trabalho mencionado, a mama contralateral foi considerada para diminuir a dose no tecido saudável (15). Mizuno et al. fizeram uma avaliação nesse mesmo Sistema de Planejamento de Tratamento e observaram que a maioria dos planos automatizados foram gerados com angulações que diferiam em até 5 graus dos planos manuais (16).

Purdie et al. utilizaram as ferramentas de scripting no sistema de planejamento de tratamento Pinnacle (Philips Healthcare, Fitchburg, WI, EUA) para automatizar o planejamento para o IMRT de mama. Para esse trabalho, a escolha do ângulo foi feita através da ponderação do volume de tecido normal dentro do campo em várias combinações de ângulo do gantry e colimador. Desse modo, a variação média entre o ângulo do gantry definido manualmente e o obtido pelo algoritmo foi de  $0,13 \pm 1,54$  graus. Os pacientes que necessitavam de incidência do feixe na mama contralateral foram desconsiderados, uma vez que o algoritmo evita a entrada do feixe neste OAR (14). Esses resultados são próximos aos obtidos para o Script\_PULMAO, que possui uma abordagem semelhante na escolha dos ângulos.

Utilizando uma abordagem híbrida, com o sistema MIM (MIM Software Inc., Cleveland, OH, EUA) e o Pinnacle, Guo et al. automatizaram o planejamento de IMRT de mama. Os ângulos das tangentes foram obtidos através de um algoritmo em Matlab (MathWorks Inc., Natick, MA, EUA), resultando em uma diferença absoluta média entre o plano automatizado e o plano clínico (manual) de  $3,6 \pm 2,6$  graus (17).

Apesar do Script\_PULMAO considerar a intersecção do pulmão ipsilateral com o PTV, foram observadas algumas diferenças em relação aos ângulos definidos manualmente maiores do que 4 graus. A maior proporção de incidência do feixe na mama contralateral nesses casos sugere que os desvios maiores decorrem da não consideração dessa variável na escolha do campo.

A automatização das incidências dos feixes é uma etapa importante da automatização dos planos. Uma determinação adequada das angulações pode reduzir a quantidade de intervenções manuais necessárias após o resultado do plano automatizado e, conseqüentemente, a carga de trabalho. Considerando os resultados observados na literatura e os obtidos no presente estudo, é relevante a ponderação da incidência dos feixes na mama contralateral para a determinação dos ângulos de gantry.

Outra limitação dessa abordagem é que a determinação das angulações é feita a partir da projeção bidimensional das estruturas na visão do feixe, e não dos seus volumes. Uma implicação disso é que a menor área de intersecção pode não corresponder ao menor volume de pulmão a ser irradiado.

Não obstante, no presente estudo, não foi realizada diretamente avaliação dosimétrica a partir da abordagem utilizada, uma vez que os Scripts desenvolvidos foram baseados em parâmetros puramente geométricos.

A partir de uma abordagem geométrica, Zhao et al. utilizaram um conjunto de métodos de aprendizado supervisionado, chamado máquina de suporte de vetores (SVM, do inglês *Support Vector Machine*), para a determinação dos parâmetros do feixe, como

o ângulo do gantry, o ângulo e o tamanho do colimador. A diferença entre os ângulos do gantry obtidos automaticamente e manualmente foi de  $-0,61 \pm 1,7$  graus (18).

Entretanto, uma das vantagens da utilização das abordagens propostas, em comparação com automatizações baseadas em algoritmos de aprendizagem de máquina, ou seja, dependentes de uma base de dados prévia, é a maior facilidade de adequação às eventuais modificações nos protocolos de planejamento dos tratamentos. Além disso, essas abordagens dependem muito da experiência das pessoas que geraram a base de dados.

A busca pelo desenvolvimento de sistemas de automatização dos parâmetros de planejamento tem aumentado nos últimos anos, uma vez que, além de reduzir a carga de trabalho dos físicos e dosimetristas, contribui para homogeneização dos planejamentos, reduzindo a dependência da experiência do planejador.

## 5. Conclusões

Os resultados obtidos na validação do algoritmo em ESAPI indicam que sua implementação foi bem-sucedida.

As menores diferenças e dispersões dos resultados do Script\_PULMAO, em relação à determinação manual das angulações do gantry, sugerem que esta abordagem é mais adequada geometricamente do que a do Script\_PTV. Além disso, indica a viabilidade do seu uso para a automatização da inserção dos campos tangentes no planejamento de tratamento.

Portanto, o estudo mostrou que as abordagens utilizadas são adequadas para a automatização dos planejamentos de tratamento. Em trabalhos futuros, a automatização da escolha dos ângulos dos campos tangentes para a radioterapia de câncer de mama com o Eclipse Scripting API pode ser utilizada como uma etapa fundamental para a automatização de todo o planejamento. Além disso o ESAPI se apresenta como uma importante ferramenta para implementação de programas de automatização de planejamento.

## Referências

1. Inca.gov.br [página da Internet]. Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Câncer. [citado/acesso 2022 Mar 1]. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/controle-do-cancer-de-mama/dados-e-numeros/incidencia>.
2. Inca.gov.br [página da Internet]. Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Câncer. [citado/acesso 2022 Mar 1]. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/controle-do-cancer-de-mama/dados-e-numeros/mortalidade>.
3. Early Breast Cancer Trialists' Collaborative Group (EBCTCG), Darby S, McGale P, Correa C, Taylor C, Arriagada R, Clarke M et al. Effect of radiotherapy after breast-conserving surgery on 10-year recurrence and 15-year breast cancer death: meta-

- analysis of individual patient data for 10,801 women in 17 randomised trials. *Lancet*. 2011;378(9804):1707-1716.
4. Fisher B, Jeong JH, Anderson S, Bryant J, Fisher ER, Wolmark N. Twenty-five-year follow-up of a randomized trial comparing radical mastectomy, total mastectomy, and total mastectomy followed by irradiation. *N Engl J Med*. 2002;347(8):567-575.
  5. Yang JF, Lee MS, Lin CS, et al. Long-Term Breast Cancer Patient Outcomes After Adjuvant Radiotherapy Using Intensity-Modulated Radiotherapy or Conventional Tangential Radiotherapy. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(11):e3113.
  6. Levi F, Randimbison L, Te VC, La Vecchia C. Cancer risk after radiotherapy for breast cancer. *Br J Cancer*. 2006;95(3):390-392.
  7. Duma MN, Herr AC, Borm KJ, Trott KR, Molls M, Oechsner M, et al. Tangential Field Radiotherapy for Breast Cancer-The Dose to the Heart and Heart Subvolumes: What Structures Must Be Contoured in Future Clinical Trials?. *Front Oncol*. 2017;7:130.
  8. Correa CR, Das IJ, Litt HI, et al. Association between tangential beam treatment parameters and cardiac abnormalities after definitive radiation treatment for left-sided breast cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2008;72(2):508-516.
  9. Aznar MC, Duane FK, Darby SC, Wang Z, Taylor CW. Exposure of the lungs in breast cancer radiotherapy: A systematic review of lung doses published 2010-2015. *Radiother Oncol*. 2018;126(1):148-154.
  10. Krengli M, Sacco M, Loi G, Masini L, Ferrante D, Gambaro G, et al. Pulmonary changes after radiotherapy for conservative treatment of breast cancer: a prospective study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2008;70(5):1460-1467.
  11. Lorigan P, Califano R, Faivre-Finn C, Howell A, Thatcher N. Lung cancer after treatment for breast cancer. *Lancet Oncol*. 2010;11(12):1184-1192.
  12. Gillies S, et al. Shapely: manipulation and analysis of geometric objects [homepage on the Internet]. 2007. Available from: "<https://github.com/Toblerity/Shapely>"
  13. Lin TC, Lin CY, Li KC, Ji JH, Liang JA, Shiau AC, et al. Automated Hypofractionated IMRT treatment planning for early-stage breast Cancer. *Radiat Oncol*. 2020;15(1):67.
  14. Purdie TG, Dinniwell RE, Letourneau D, Hill C, Sharpe MB. Automated planning of tangential breast intensity-modulated radiotherapy using heuristic optimization. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2011;81(2):575-583.
  15. Bakx N, Bluemink H, Hagelaar E, et al. Reduction of heart and lung normal tissue complication probability using automatic beam angle optimization and more generic optimization objectives for breast radiotherapy. *Phys Imaging Radiat Oncol*. 2021;18:48-50.
  16. Mizuno N, Yamauchi R, Kawamori J, et al. Evaluation of a new commercial automated planning software for tangential breast intensity-modulated radiation therapy. *Radiol Phys Technol*. 2019;12(3):249-259.
  17. Guo B, Shah C, Xia P. Automated planning of whole breast irradiation using hybrid IMRT improves efficiency and quality. *J Appl Clin Med Phys*. 2019;20(12):87-96.
  18. Zhao X, Kong D, Jozsef G, et al. Automated beam placement for breast radiotherapy using a support vector machine based algorithm. *Med Phys*. 2012;39(5):2536-2543.

## Contato:

Giulianne Rivelli Rodrigues Zaratim  
 Centro de Oncologia e Física Aplicada à Radioterapia  
 - CONFIAR Radioterapia  
 Avenida T-5 esquina com Rua Camilo Flamaron -  
 Serrinha, Goiânia - GO,  
 CEP: 74835-010  
 E-mail: [giulianne.rivelli@grupoconfiar.com.br](mailto:giulianne.rivelli@grupoconfiar.com.br)