

**Técnicas de radioterapia em câncer de próstata: uma análise comparativa em 10 anos de uso**

Radiotherapy techniques in prostate cancer: a comparative analysis over 10 years of use

Técnicas de radioterapia en cáncer de próstata: un análisis comparativo a lo largo de 10 años de uso

Original Recebido em: 02/01/2025

Aceito para publicação em: 26/03/2025

**Emmanuel Pires**

Doutorado em Doutor em Sistemas de Informação

Instituição de formação: Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Endereço: (Rio de Janeiro - Rio de Janeiro, Brasil)

E-mail: [emmanuel.pires@edu.unirio.br](mailto:emmanuel.pires@edu.unirio.br)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1886-8038>

**Antônio Augusto de Freitas Peregrino**

Doutorado em Saúde Coletiva

Instituição de formação: Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Endereço: (Rio de Janeiro - Rio de Janeiro, Brasil)

E-mail: [antonio.peregrino@gmail.com](mailto:antonio.peregrino@gmail.com)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6617-480X>

**Cristiano Bertolossi Marta**

Doutorado em Enfermagem

Instituição de formação: Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Endereço: (Rio de Janeiro - Rio de Janeiro, Brasil)

E-mail: [Cristianobertol2014@gmail.com](mailto:Cristianobertol2014@gmail.com)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0635-7970>

**Sérgio de Oliveira Monteiro**

Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente

Instituição de formação: Escola Nacional de Saúde Pública

Endereço: (Rio de Janeiro - Rio de Janeiro, Brasil)

E-mail: [smonteiro@inca.gov.br](mailto:smonteiro@inca.gov.br)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3324-0727>

**Roberto Carlos Lyra da Silva**

Doutorado em Enfermagem

Instituição de formação: Universidade Federal do Rio de Janeiro

Endereço: (Rio de Janeiro - Rio de Janeiro, Brasil)

E-mail: [roberto.c.silva@unirio.br](mailto:roberto.c.silva@unirio.br)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9416-9525>

## RESUMO

**Objetivo:** comparar as técnicas de planejamento de Radioterapia Conformacional Tridimensional (3D-CRT), Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT) e a Arcoterapia Volumétrica Modulada (VMAT) utilizadas para o tratamento para o câncer de próstata em homens, independentemente da idade ou estágio da doença. **Método:** é uma revisão sistemática rápida. Utilizou-se as bases MEDLINE/PubMed (via NLM) e EMBASE, considerando publicações entre 2013-2023, utilizando a estratégia PICOS para elaboração das questões-chave. **Resultados:** os resultados indicaram que a IMRT supera a 3D-CRT em qualidade de vida, sobrevida global, controle local e toxicidade. Baseados em 8 estudos elencados nas bases com 1.726 pacientes, a IMRT mostrou-se mais efetiva que a 3D-CRT. Quando comparada a VMAT com a IMRT, o estudo indicou que a VMAT é mais eficiente na redução da dose para órgãos adjacentes. **Conclusão:** os estudos sugerem que a IMRT é mais efetiva do que a 3D-CRT, enquanto a VMAT é mais efetiva que a IMRT.

**Descritores:** Radioterapia conformacional; 3D-CRT; Radioterapia de intensidade modulada; IMRT; Arcoterapia volumétrica de intensidade modulada.

## ABSTRACT

**Objective:** to compare the planning techniques of Three-Dimensional Conformational Radiotherapy (3D-CRT), Intensity Modulated Radiotherapy (IMRT) and Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT) used for the treatment of prostate cancer in men, regardless of age or stage of illness. **Method:** it is a rapid systematic review. The MEDLINE/PubMed (via NLM) and EMBASE databases were used, considering publications between 2013-2023, using the PICOS strategy to elaborate the key questions. **Results:** the results indicated that IMRT outperforms 3D-CRT in quality of life, overall survival, local control and toxicity. Based on 8 studies listed in the databases with 1,726 patients, IMRT proved to be more effective than 3D-CRT. When comparing VMAT with IMRT, the study indicated that VMAT is more efficient in reducing dose to adjacent organs. **Conclusion:** studies suggest that IMRT is more effective than 3D-CRT, while VMAT is more effective than IMRT.

**Descriptors:** Radiotherapy, Intensity-modulated; 3D-CRT; Intensity modulated Volumetric archotherapy; IMRT; Intensity modulated volumetric archotherapy.

## RESUMEN

**Objetivo:** comparar las técnicas de planificación de Radioterapia Conformacional Tridimensional (3D-CRT), Radioterapia de Intensidad Modulada (IMRT) y Arcoterapia Volumétrica Modulada (VMAT) utilizadas para el tratamiento del cáncer de próstata en hombres, independientemente de la edad o estadio de la enfermedad. **Método:** es una revisión sistemática rápida. Se utilizaron las bases de datos MEDLINE/PubMed (vía NLM) y EMBASE, considerando publicaciones entre 2013-2023, utilizándose la estrategia PICOS para elaborar las preguntas clave. **Resultados:** los resultados indicaron que la IMRT supera a la 3D-CRT en calidad de vida, supervivencia general, control local y toxicidad. Según 8 estudios enumerados en las bases de datos con 1.726 pacientes, la IMRT demostró ser más eficaz que la 3D-CRT. Al comparar VMAT con IMRT, el estudio indicó que VMAT es más eficiente para reducir la dosis a los órganos adyacentes. **Conclusión:** los estudios sugieren que la IMRT es más efectiva que la 3D-CRT, mientras que VMAT es más efectiva que la IMRT.

**Descritores:** Radioterapia de intensidad modulada; 3D-CRT; Radioterapia de intensidad modulada; IMRT; Arcoterapia volumétrica de Intensidad modulada.

## INTRODUÇÃO

O câncer se configura como um problema de saúde pública de proporções alarmantes, tanto no cenário global quanto no Brasil.

Em escala mundial, o câncer representa uma das principais causas de morte prematura em 134 dos 183 países do mundo, sendo responsável por uma em cada seis mortes globais.<sup>1</sup> De acordo com as projeções do *Global Cancer Observatory* (Globocan), desenvolvidas pela Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), afiliada à Organização Mundial da Saúde (OMS), estima-se que até 2025 haverá 20,3 milhões de novos casos de câncer em todo o mundo, com 11,3 milhões de pessoas sucumbindo à doença.<sup>2</sup> Essas estimativas abrangem todos os tipos de câncer, com exceção do câncer de pele não melanoma.

Enquanto isso, no Brasil, a situação também é preocupante. O Instituto Nacional do Câncer (INCA) estima que para o triênio 2023-2025 ocorrerão 704 mil novos casos de câncer por ano, sendo que serão 483 mil, excluindo o câncer de pele não melanoma.<sup>3</sup>

Entre os tipos de câncer mais incidentes no Brasil, o câncer de próstata, continua sendo um alerta para os tomadores de decisões públicas, principalmente no âmbito do SUS. No contexto epidemiológico no Brasil e no Sistema Único de Saúde (SUS), de doenças não infecciosas, o câncer é uma das principais causas de morbidade e mortalidade no país e representa um grande desafio para o sistema de saúde. Dados do relatório de 2023 de estimativa de incidência de câncer<sup>3</sup>, fornecido pelo INCA, relata que o número estimado de casos novos de câncer de próstata, para cada ano do triênio 2023-2025, é de 71.730 (30,0%), correspondendo a 67,86 casos novos para cada 100 mil homens. Sem considerar os tumores de pele não melanoma, o câncer de próstata continua sendo um dos mais incidentes no país e em todas as regiões brasileiras, o qual se encontra na segunda posição entre os tipos mais frequentes de câncer.<sup>3</sup>

Neste cenário, a radioterapia torna-se um dos pilares no tratamento multimodal oncológico, isto é, pode estar associado a uma abordagem terapêutica que combina diferentes modalidades de tratamento para o câncer, como: cirurgia, quimioterapia, terapia alvo, imunoterapia e outras formas de tratamento.<sup>4</sup>

Pouco tem se falado e comparado as técnicas de planejamento 3D-CRT, IMRT e VMAT em radioterapia nos últimos 10 (dez) anos. A Sociedade Brasileira de Radioterapia (SBRT) filiada a Associação Médica Brasileira (AMB), em seu parecer no ano de 2013, comparou a técnica 3D-CRT com a técnica IMRT e recomendou a IMRT como a técnica mais adequada em relação à segurança, a toxicidade, à efetividade e ao benefício social, porém nada se falou sobre a VMAT, por se tratar de uma técnica ainda muito incipiente na época no Brasil.<sup>4</sup>

Assim, este estudo tem como objetivo comparar as técnicas de planejamento 3D-CRT,

IMRT e VMAT, as quais são largamente utilizadas pelos profissionais que atuam com radioterapia para o tratamento do câncer, especificamente nos serviços de radioterapia de unidades de alta complexidade do SUS. Para isso, foi realizada uma revisão rápida (*rapid reviews*) utilizando as bases de dados MEDLINE/PubMed e EMBASE, nos últimos 10 anos (2013-2023) com a finalidade de busca de evidências científicas que comprovassem a eficácia, segurança e efetividade dessas técnicas.

## MÉTODO

Trata-se de um estudo cujo método é de uma revisão sistemática rápida, ou do termo inglês, *rapid reviews* com abordagem qualitativa, para comparar as técnicas 3D-CRT, IMRT e VMAT utilizadas no planejamento para o tratamento com radioterapia na área oncológica, utilizando aceleradores lineares, para avaliar os desfechos da sua eficácia, segurança e a efetividade.

### Seleção da população

A população escolhida para o estudo foi a de homens com câncer de próstata (CP), independentemente da idade, tamanho do tumor e estadiamento. Optou-se por esta população para o estudo pelo fato da incidência do câncer de próstata ser considerado o mais incidente na população de homens no Brasil.<sup>3</sup>

### Critérios de inclusão e exclusão

Na obtenção de publicações científicas foram utilizadas as bases de dados da MEDLINE (via PubMed) e a *Excerpta Medica dataBASE* (EMBASE) da editora Elsevier. Foram selecionadas publicações do período compreendido entre 2013-2023 (10 anos), pois a *rapid reviews* permite uma maior flexibilidade nos protocolos utilizados na busca de evidências comparados com o método de revisão sistemática convencional.<sup>1,2</sup>

Para comparar as técnicas 3D-CRT, IMRT e VMAT foi adotado o critério cronológico baseado na criação, na evolução e na utilização destas técnicas de planejamento em radioterapia nos últimos 10 (dez) anos (2013-2023) na área oncológica. Portanto, foi adotada a seguinte sequência de comparação: técnica 3D-CRT *versus* IMRT e em seguida, a técnica IMRT *versus* VMAT. Para apoiar esta investigação, foi utilizado o relatório do Censo de Radioterapia do INCA<sup>5-7</sup> que apontou as técnicas 3D-CRT, IMRT e VMAT como as mais utilizadas pelas unidades de alta-complexidade no segmento oncológico que possuem serviços de radioterapia no SUS.

As publicações a serem selecionadas deveriam apresentar evidências de desfechos orientados aos pacientes, isto é, os benefícios esperados pela intervenção cujas evidências abordassem: a qualidade de vida, taxa de cura, sobrevida global e controle local da doença. Já no caso de desfechos de eventos adversos da tecnologia, as publicações cujas evidências

abordassem: toxicidade aguda ou toxicidade tardia.

Neste estudo os resultados orientados aos pacientes foram considerados como desfechos primários e os eventos adversos da tecnologia considerados desfechos secundários.

### Formulação das questões-chave

No caso das formulações das questões-chave (QCn), na busca por evidências científicas e seus respectivos desfechos, foram utilizados os critérios e objetivos da Diretriz Metodológica para Elaboração de Pareceres Técnico-Científico (PTC)<sup>8-13</sup>, baseadas no acrônimo PICOS. Este acrônimo se deriva das iniciais de: **População**, **Intervenção**, **Comparador**, **Outcome ou Desfechos e Study design** (PICOS), quando há necessidade de se avaliar a tecnologia de saúde quanto a eficácia e segurança, onde<sup>13</sup>:

**P - População:** define a população de interesse para o estudo e sua situação clínica;

**I - Intervenção:** menciona a tecnologia a ser avaliada;

**C - Comparação:** refere-se ao comparador ou ao controle definido.

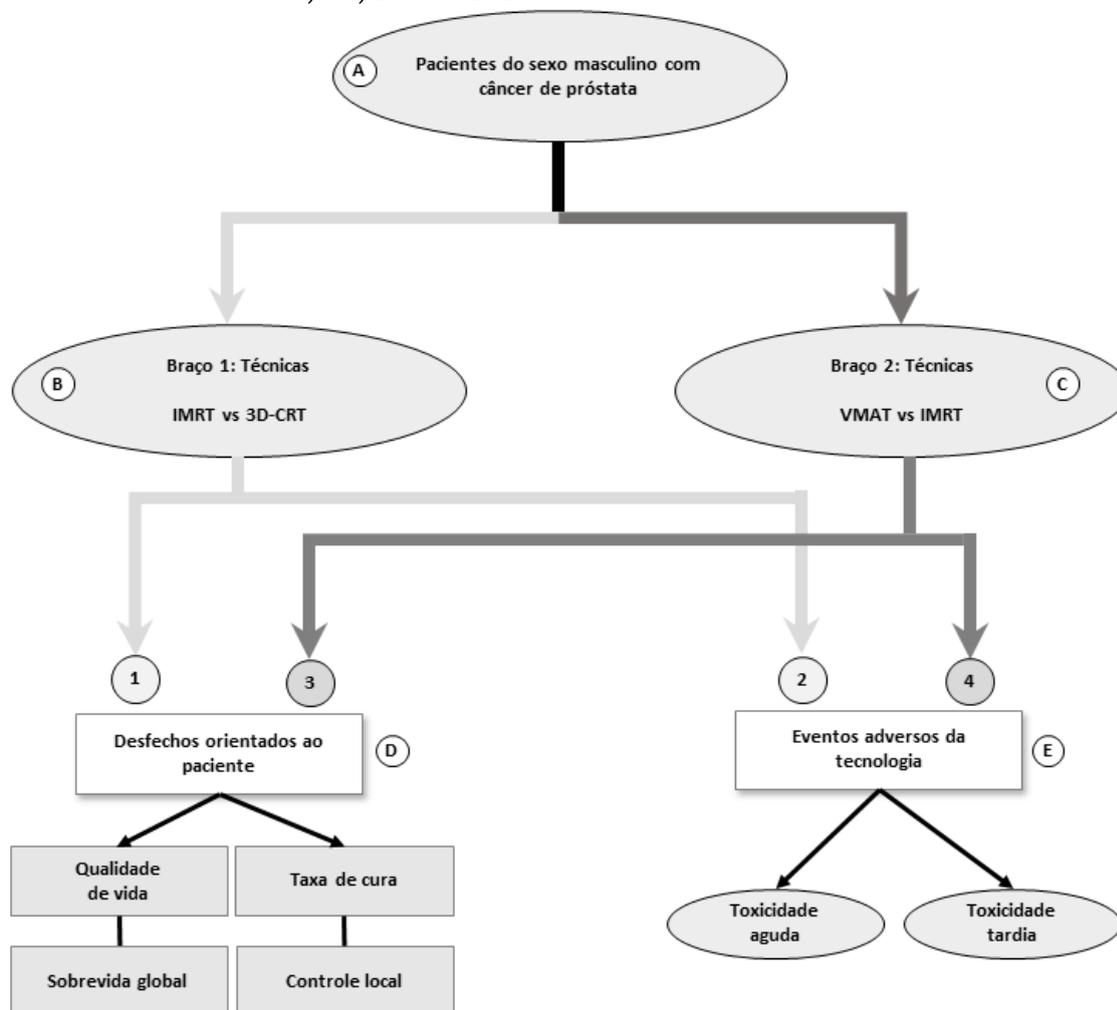
**O - Outcome (desfechos):** os desfechos devem ser subdivididos em primários e secundários.

**S - Study design:** delineamentos de estudos elegíveis.

Outro ponto relevante do estudo, referem-se aos critérios de desfechos orientados ao paciente, assim como, os eventos adversos da tecnologia os quais não foram inseridos nas *strings* de buscas. O objetivo foi tornar as buscas nas bases as mais sensíveis possíveis com a finalidade de retornar o maior número de publicações,<sup>13</sup>

Para que houvesse um melhor entendimento na construção das questões-chave, foi desenvolvida uma estrutura analítica<sup>9</sup> que refletissem (Figura 1): (A) a população de interesse (pacientes que apresentassem câncer próstata no primeiro diagnóstico); (B) - (C) a comparação das intervenções (técnicas de planejamento 3D-CRT, VMAT e IMRT) baseada na evolução na área oncológica; (D) resultados clínicos orientados ao paciente a serem evidenciados na literatura (qualidade de vida, taxa de cura, sobrevida global e controle local), e (E) os eventos (efeitos) adversos da tecnologia (toxicidade aguda ou toxicidade tardia). Esta abordagem está representada na Figura 1 na forma de um fluxograma que busca a clareza e uma organização de uma sequência lógica para a montagem das questões-chave e a busca das evidências nas bases de conhecimento.

**Figura 1** - Estrutura analítica desenvolvida para orientar a elaboração das questões-chave. Fonte: Adaptada do Estudo de Caso - Sistema de Cirurgia Robótica da Diretriz Metodológica de Elaboração de Estudos para Avaliação de Equipamento Médico-Assistenciais do Ministério da Saúde<sup>20</sup>. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2024



No braço 1 da estrutura analítica da Figura 1, foram analisadas as publicações cujos resultados das intervenções estivessem orientados ao paciente, que abordassem à:

- 1) Qualidade de vida relacionada à saúde: avalia o impacto do tratamento na qualidade de vida dos pacientes, considerando os aspectos físicos, psicológicos e sociais;
- 2) Taxa de cura: porcentagem de pacientes que permanecem vivos sem sinais de recorrência da doença após um determinado período, geralmente medido em anos;
- 3) Controle local: taxa de controle local do tumor, que mede a eficácia do tratamento em manter o tumor sob controle na área irradiada;
- 4) Sobrevida global (livre de doença): mede o tempo em que o paciente permanece livre de recorrência da doença.

No caso do braço 2 da estrutura analítica da Figura 1, foram analisadas as publicações cujos resultados da intervenção estivessem orientados a tecnologia, isto é, que abordassem os eventos adversos proporcionados pela tecnologia, como:

- 1) Toxicidade aguda: mede os efeitos colaterais imediatos do tratamento, geralmente durante o período de tratamento ou nas semanas seguintes;
- 2) Toxicidade tardia: avalia os efeitos colaterais que se desenvolvem meses ou anos após o término do tratamento.

No Quadro 1 são apresentadas as questões-chave que foram desenvolvidas no formato do acrônimo PICOS e definidas com base na estrutura analítica. O leitor pode observar que as QCn (onde n=1,2,3 e 4) estão segmentadas pelos braços 1 e 2 e comparam as respectivas técnicas.

**Quadro 1** - Questões-chave (QCn) desenvolvidas baseadas na Estrutura analítica, onde n=1,2,3 e 4. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2024

Braço 1: Técnica IMRT vs. 3D-CRT <span style="float: right;">①   ②</span>	Braço 2: Técnica VMAT vs. IMRT <span style="float: right;">③   ④</span>
<p><b>QC1:</b> Os pacientes com CP que receberam a intervenção com a técnica IMRT, em comparação com 3D-CRT, obtiveram benefícios adicionais significativos relevantes como resultados clínicos orientados ao paciente?</p>	<p><b>QC3:</b> Os pacientes com CP que receberam a intervenção com a técnica VMAT, em comparação com IMRT, obtiveram benefícios adicionais significativos relevantes como resultados clínicos orientados ao paciente?</p>
<p><b>QC2:</b> Os pacientes com CP que receberam a intervenção com a técnica IMRT foram identificados com menos eventos adversos em comparação com 3D-CRT?</p>	<p><b>QC4:</b> Os pacientes com CP que receberam a intervenção com a técnica VMAT foram identificados com menos eventos adversos em comparação com IMRT?</p>

Fonte: Elaboração própria

No Quadro 2 a seguir é apresentado o acrônimo PICOS que sintetiza os critérios de busca nas bases de dados. A coluna “*study design*” e a linha “forma de publicação” definem os critérios de inclusão e exclusão (protocolo) que foram utilizados nas bases para este trabalho. Em *study design* foram elencadas publicações de: revisão sistemática (com ou sem meta-análise), ensaios clínicos randomizados, estudos de coorte, estudos prospectivos e relatórios de avaliação de tecnologia em saúde. No caso para as formas de publicações, obedeceu aos seguintes critérios: estudos na língua inglês, estudos do mesmo autor e assunto (foram considerados os mais recentes e aqueles que apresentaram a maior qualidade de resultados) e publicações do período compreendido entre 2013-2023.

**Quadro 2** - Acrônimo PICOS com os critérios de inclusão e exclusão. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2024

(P)opulação	(I)ntervenção	(C)omparação	(O)utcome ou Desfechos	(S)Study design
Pacientes com câncer de próstata (CP)	IMRT	3D-CRT	Resultados orientados ao paciente (primário): qualidade de vida, taxa de cura, sobrevida global e controle local	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revisão sistemática (com ou sem meta-análise)</li> <li>▪ Ensaios clínicos randomizados</li> <li>▪ Estudos de coorte</li> <li>▪ Estudos prospectivo</li> <li>▪ Relatórios de Avaliação de Tecnologia em Saúde</li> </ul>
	IMRT	3D-CRT	Eventos adversos (secundário): toxicidade aguda, toxicidade tardia	
	VMAT	IMRT	Resultados orientados ao paciente (primário): qualidade de vida, taxa de cura, sobrevida global e controle local	
	VMAT	IMRT	Eventos adversos (secundário): toxicidade aguda, toxicidade tardia	
Forma de Publicações	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estudos na língua: inglesa</li> <li>▪ Estudos do mesmo autor e assunto serão considerados os mais recentes e aquele que apresentar a maior qualidade de resultados.</li> <li>▪ Publicações do período compreendido entre 2013-2023</li> </ul>			

Fonte: Elaboração própria

### Busca de evidências nas bases de dados

Para a busca na base de dados MEDLINE/Pubmed, foi utilizado a terminologia MeSH (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/>) por meio dos descritores e seus respectivos sinônimos. Além disso, foram considerados os campos dos artigos, article title (ti) e abstract (ab), que apresentassem os termos definidos para buscas nas bases que compreendessem as intervenções e comparações das letras I e C do acrônimo PICOS.

Para a busca na base de dados EMBASE (Elsevier®), foi utilizado a terminologia Embase Subject Headings (Emtree), com o termo de indexação /de por meio dos descritores e seus respectivos sinônimos. Também, foram consideradas as buscas nas bases de dados pelos campos dos artigos *article title* (ti), *abstract* (ab) e *author keywords* (kw). As buscas por estes

campos tiveram como objetivo obter os artigos que atendessem as intervenções e comparações das letras iniciais I e C do acrônimo PICOS.

Os descritores e seus respectivos sinônimos foram: Medical Subject Headings (MeSH) com termos alternativos: *prostatic neoplasms, radiotherapy, conformal radiotherapy, Intensity-modulated radiation therapy, volumetric modulated arc therapy.*

**Quadro 3** - Descritores e termos utilizados na busca de evidências nas bases de dados. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2024

BASE DE DADOS	Descritores	Termos	Metadados
MEDLINE (via Pubmed)	<i>Medical Subject Headings (MeSH)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>prostatic neoplasms</i></li> <li>▪ <i>radiotherapy, conformal</i></li> <li>▪ <i>radiotherapy, Intensity-modulated</i></li> </ul>	<i>title (ti) e abstract (ab)</i>
EMBASE (Elsevier)	<i>EMBASE Subject Headings (Emtree)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>prostate tumor</i></li> <li>▪ <i>conformal radiotherapy</i></li> <li>▪ <i>intensity modulated radiation therapy.</i></li> <li>▪ <i>volumetric modulated arc therapy</i></li> </ul>	<i>title (ti), abstract (ab) e author keywords (kw)</i>

Fonte: Elaboração própria

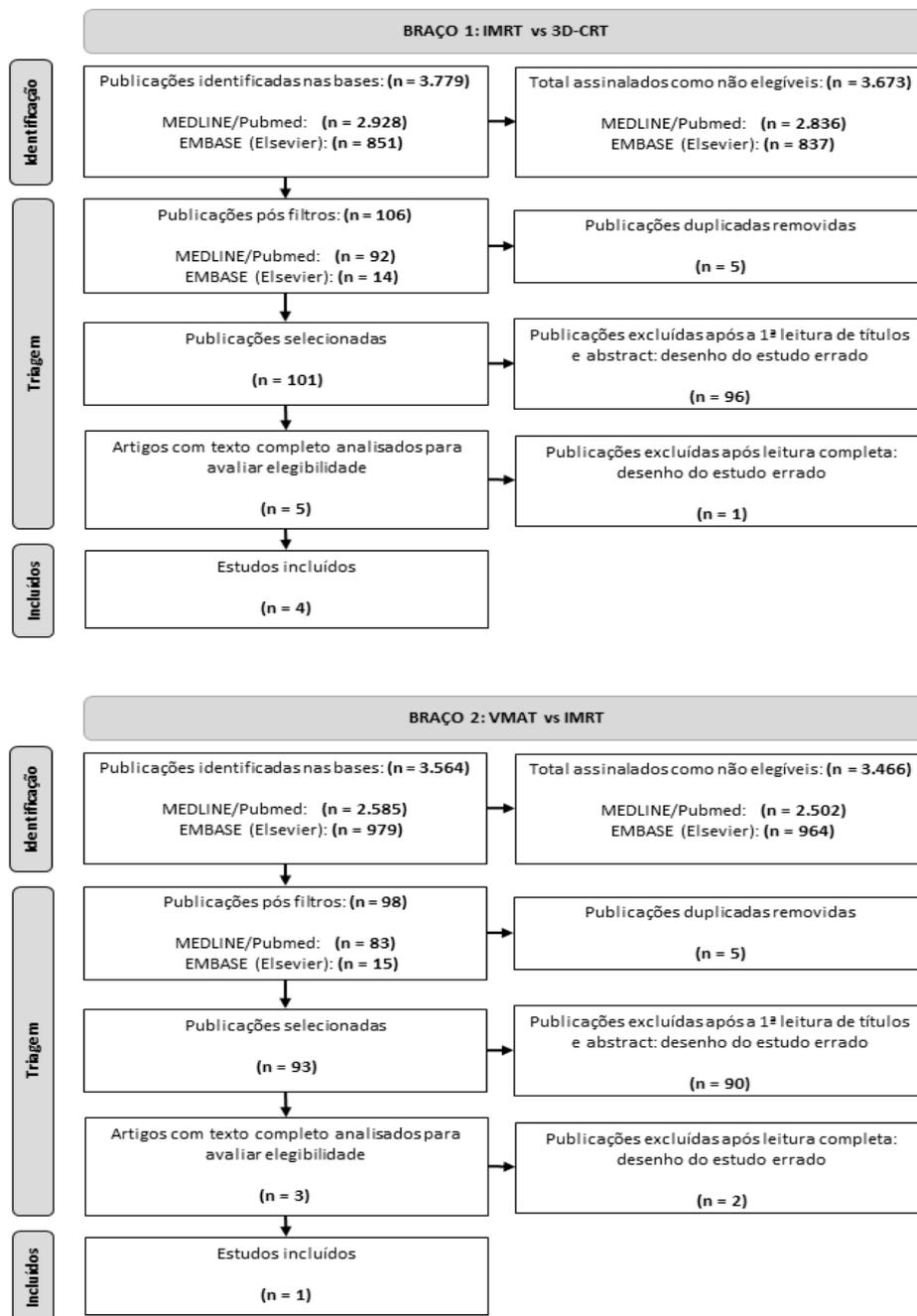
## RESULTADOS

No processo de pesquisa as bases de dados MEDLINE/Pubmed e EMBASE foram selecionadas publicações de revisões sistemáticas e estudos de ensaios clínicos randomizados fase III, no período compreendido entre os anos 2013-2023. As publicações foram avaliadas conforme os critérios estabelecidos em protocolo definido para este estudo. Cada braço (1 e 2) do estudo comportou a avaliação das técnicas utilizadas em radioterapias IMRT vs. 3D-CRT e VMAT vs. IM<sup>3</sup>RT para a população de homens com câncer de próstata.

Este trabalho adotou em parte o *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA statement methodology)*<sup>14</sup>, utilizando os artefatos do diagrama PRISMA. O diagrama PRISMA foi elaborado para cada um dos braços da estrutura analítica os quais demonstram os fluxos de como foram selecionados os estudos nas bases da MEDLINE/Pubmed e EMBASE. A Figura 2, ilustra o fluxo do processo das etapas de seleção dos artigos através do diagrama PRISMA, que representa o braço 1 (IMRT vs. 3D-CRT) da estrutura analítica para a pesquisa as bases. Inicialmente, foram selecionados um total de 3.779 publicações em cada uma das bases, que após a aplicação dos filtros (protocolo), 106 publicações foram retornadas. Utilizando a ferramenta Rayyan (<https://www.rayyan.ai/>), para triagem de títulos e resumos, e posteriormente, a ferramenta *Mendeley Desktop* para as exclusões de artigos duplicados (n = 5) e gerenciamento das referências. Assim, ficaram elegíveis cinco artigos para leitura detalhada e por fim, quatro foram incluídos, tendo sido

excluído um por não atender ao protocolo estabelecido.

**Figura 2** - Resultado do fluxograma PRISMA para o braço 2 da estrutura analítica que compara as técnicas VMAT vs. IMRT. Fonte: Diagrama PRISMA.<sup>14</sup> Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2024



Na sequência da Figura 2 ilustra o diagrama PRISMA<sup>14</sup> que traz o fluxograma com as informações ao longo das diferentes fases do processo de revisão sistemática pertinente ao braço 2 (VMAT vs. IMRT) da estrutura analítica. Neste braço, foram encontradas inicialmente 3.564 publicações e que após os filtros nas bases de dado, resultou em 98 publicações para triagem. Após a leitura dos títulos e *abstracts*, 96 publicações foram excluídas por não atenderem ao protocolo de pesquisa, ficando cinco publicações para leitura do texto por

completo. Por fim, excluída uma publicação, por não atender ao protocolo de pesquisa, e selecionados quatro estudos.

Para aumentar o poder das evidências, foi realizada uma nova pesquisa na base de dados Cochrane Library para obtenção de novas publicações, seguindo o mesmo protocolo estabelecido para as bases da MEDLINE/Pubmed e EMBASE. Na base da Cochrane Library foram encontrados inicialmente 48 publicações para câncer de próstata, entretanto, após avaliação criteriosa, nenhuma foi selecionada para leitura. O processo de pesquisa à base de dados da Cochrane Library ocorreu em janeiro de 2024.

### **Análises comparativas das técnicas**

Os tipos de publicações avaliadas neste trabalho destacam a técnica conformada IMRT como a melhor opção a ser utilizada no tratamento de câncer de próstata para homens comparada com a técnica 3D-CRT. Foram selecionados 4 artigos, totalizando 1.726 pacientes. Destacam-se os desfechos observados nos estudos como: qualidade de vida; sobrevida global; controle local e toxicidade aguda e tardia. A Figura 3 apresenta um resumo da publicação encontrada nas bases de dados EMBASE (Elsevier), e sugere a técnica VMAT como a melhor opção em termos de efetividade quando comparada a IMRT.

### **Resumo da análise**

A discussão desta seção foi dividida por tópicos referentes a cada um dos braços da estrutura analítica da Figura 1. Conforme mencionado anteriormente, a estrutura analítica foi desenvolvida para a orientar a construção das questões-chave possuindo os seguintes componentes principais: a) a coorte de pacientes com câncer de próstata; b) os dois braços com a finalidade de comparar as técnicas de radioterapia (IMRT vs. 3D-CRT e VMAT vs. IMRT) suportadas pela tecnologia, no caso os LINACs; d) os possíveis desfechos, orientados ao paciente (qualidade de vida, taxa de cura, sobrevida global e controle local); e) os eventos adversos (toxicidades agudas e tardias) apresentados pelos pacientes pela utilização da tecnologia, no decorrer do tratamento. Portanto, os resumos das publicações com a avaliação das técnicas com os desfechos encontrados seguem a estrutura analítica dos braços 1 e 2, conforme são abordados na Figura 3.

**Figura 3** - Resumo da análise das publicações do Braço 1 - IMRT vs. 3D-CRT e Braço 2 - VMAT vs. IMRT Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2024

Item	Análise técnica
1	Os autores <sup>15</sup> realizaram uma revisão sistemática da literatura com metanálise, com 32 publicações selecionadas de 575, para avaliar os dados de toxicidade aguda e tardia da radiação detectados em estudos de fracionamento convencional (CV), hipofracionado (HIPO) e hipofracionado extremo (eHYPO), com base em diferentes técnicas utilizadas. ao se comparar a toxicidade da radiação em pacientes com câncer de próstata localizado submetidos à radioterapia CV, HYPO ou eHYPO, verificou-se que a técnica IMRT é mais vantajosa que a técnica 3D-

	<p>CRT, utilizando HYPO ou CV. Apesar do estudo ter apontado um perfil de toxicidade mais favorável como efeitos colaterais gastrointestinais agudos dos esquemas de radioterapia convencionais em comparação aos hipofracionados, o autor diz que há a necessidade de realizar estudos prospectivos randomizados para melhor entender a real incidência de toxicidade retal e urinária em pacientes recebendo radioterapia para tratamento localizado câncer de próstata.</p>
2	<p>Os autores<sup>16</sup> avaliaram 215 pacientes que receberam 70 Gy em 25 frações (a 2,8 Gy por fração) e concluíram que a técnica IMRT reduziu a entrega de doses significativas de radiação para a bexiga e reto usando um volume alvo semelhante. Neste sentido, essa vantagem dosimétrica resultou em uma taxa mais baixa de toxicidade aguda/tardia <math>\geq 2</math> gastrointestinal (GI) e geniturinária (GU) para IMRT em comparação com 3D-CRT. Os pacientes no braço 3D-CRT tiveram uma taxa de 24% de toxicidade GI aguda de grau <math>\geq 2</math> em comparação com uma taxa de 7% para pacientes no braço IMRT (<math>p=0,001</math>). As diferenças na incidência combinada de toxicidade aguda GI/GU foram significativas (3D-CRT, 28%; IMRT, 11%). As toxicidades agudas observadas de grau <math>\geq 3</math> desenvolveram-se 3 meses após o fim da RT. Os efeitos colaterais agudos mais comuns evidenciados foram disúrias, polaciúria, retenção urinária, diarreia e proctite. A toxicidade GU tardia máxima para grau <math>\geq 2</math> durante todo o acompanhamento foi de 3,7% no grupo IMRT vs. 12,3% no grupo 3D-CRT (<math>p=0,023</math>). Não houve toxicidade GI grau 3, 4 ou 5. A toxicidade GI tardia máxima de grau <math>\geq 2</math> durante todo o acompanhamento foi de 6,4% no grupo IMRT versus 21,7% no grupo 3D-CRT (<math>p=0,001</math>). Portanto, a redução dosimétrica dos órgãos de risco (OARs) se traduz num benefício clínico, sendo que a técnica IMRT resultou em menor incidência de toxicidade aguda/tardia de grau <math>\geq 2</math> GI e GU em comparação com 3D-CRT, mantendo a qualidade de vida, principalmente nos primeiros 3 anos após o tratamento, além do controle bioquímico (BC) para o câncer de próstata que alcançou uma diferença significativa entre as técnicas. Assim, os autores defendem que a IMRT deve ser utilizada para esquemas com alta dose biológica efetiva para melhorar o índice terapêutico.</p>
3	<p>Os autores<sup>17</sup> randomizaram 763 para comparar altas doses (79,2 Gy em 44 frações vs 70,2 Gy em 39 frações) de 3D-CRT/IMRT em três funções críticas para pacientes com câncer de próstata: bexiga, intestino e função erétil, usando autorrelato de sintomas. A comparação entre as altas doses para as técnicas busca evidenciar se levará a uma melhora na sobrevida global em pacientes tratados para câncer de próstata de risco intermediário. Por meio de uma análise robusta entre as técnicas 3D-CRT e IMRT demonstrou nenhuma diferença nas funções intestinais, vesicais ou sexuais relatadas pelo paciente para doses semelhantes entregues à próstata e vesículas seminais proximais com IMRT em comparação com 3D-CRT administrado na próstata e nas vesículas seminais proximais ou apenas na próstata, apesar das reduções significativas na dose e volume para estruturas normais usando IMRT. Os achados do estudo não mostraram diferenças significativas entre 3D-CRT e IMRT para toxicidade aguda ou tardia.</p>
4	<p>Os autores<sup>18</sup> realizaram um estudo com 748 pacientes com câncer de próstata avançado em um ensaio clínico multicêntrico, prospectivo, randomizado e controlado que avaliou a toxicidade da radioterapia conformada em 3D-CRT vs IMRT. O estudo indicou que a IMRT está associada a uma redução significativa na toxicidade gastrointestinal e geniturinária aguda de grau 2 ou superior, além de uma redução na toxicidade gastrointestinal tardia de grau 2 ou superior. Entretanto, o estudo não encontrou diferenças significativas entre 3D-CRT e IMRT em relação à toxicidade tardia de grau 2 ou superior do trato urinário. Eles</p>

	destacam que a IMRT reduziu significativamente os volumes de bexiga e reto que receberam altas doses de radiação, e que isso se traduziu em uma diminuição da toxicidade aguda e tardia do trato gastrointestinal (GI) e geniturinário (GU). Neste sentido, se conclui que a IMRT pode ser uma opção de tratamento segura e eficaz para pacientes com câncer de próstata avançado, mas são necessários mais estudos para avaliar os desfechos a longo prazo.
	<b>Braço 2: VMAT vs. IMRT</b>
<b>Item</b>	<b>Análise técnica</b>
1	OS autores <sup>19</sup> realizaram uma revisão sistemática utilizando meta-análise de estudos observacionais. O estudo teve o objetivo de identificar quais das técnicas entre IMRT e VMAT é a preferida para o tratamento de câncer de próstata. Outro item do estudo foi comparar os volumes irradiados de reto e bexiga em diversas doses de radiação (40 Gy, 50 Gy, 60 Gy, 70 Gy), utilizados na preservação de órgãos em risco (OAR) (reto e bexiga) e a eficiência do tratamento (IMRT ou VMAT). Por conseguinte, fornece algumas orientações para a escolha da técnica a ser utilizada no tratamento do câncer de próstata. Foram avaliados os estudos nas bases de dados da PubMed, EMBASE e Cochrane Library até dezembro de 2015. Utilizou-se o gráfico de funil, software estatístico Stata, com $p < 0.05$ , para avaliar o viés de publicação. Dez estudos foram considerados, com um total de 110 planos IMRT e VMAT. Os órgãos saudáveis adjacentes durante o planejamento e a administração do tratamento de radioterapia avaliados (porcentagem média de volumes irradiados de OAR) foram o reto, bexiga. Os resultados apontaram que a técnica VMAT protege o reto melhor que o IMRT e melhora a eficiência da entrega da dose.

Fonte: Elaboração própria.

## DISCUSSÃO

Nas investigações realizadas por meio da pesquisa às bases de dados, para o câncer de próstata, a técnica IMRT apresentou uma melhor distribuição de dose de radioterapia com maior precisão no planejamento do volume alvo (PTV), ocasionando menor toxicidade ao paciente em relação à técnica 3D-CRT. Este fato, é apontado nas pesquisas<sup>15-18</sup> que investigaram a eficácia e toxicidade de diferentes técnicas de radioterapia no tratamento de câncer de próstata. Alguns pesquisadores<sup>15</sup> concluíram que a IMRT é mais vantajosa, especialmente em esquemas hipofracionados. Por outro lado, outros autores<sup>16</sup> observaram menor toxicidade gastrointestinal e geniturinária com IMRT, mantendo a qualidade de vida e controle bioquímico superiores nos primeiros 3 anos pós-tratamento. Os autores da pesquisa<sup>17</sup> não encontraram diferenças significativas em toxicidade aguda ou tardia entre as técnicas, ressaltando a necessidade de estudos adicionais para avaliar estes desfechos (toxicidades). Entretanto, a pesquisa<sup>19</sup> indicou que a IMRT reduz significativamente a toxicidade gastrointestinal e geniturinária aguda, bem como a toxicidade gastrointestinal tardia, em comparação com a 3D-CRT em câncer de próstata avançado.

No caso de comparação entre as técnicas VAMT vs. IMRT, a VMAT se mostrou mais eficiente nas distribuições de doses, nos efeitos orientados ao paciente e nos efeitos adversos

da tecnologia. Poucas foram as publicações que abordaram os desfechos relacionados a qualidade de vida, a sobrevida global, taxa de cura e controle local da doença.

Entre os efeitos adversos da tecnologia (efeitos colaterais) mais comuns observados nas publicações avaliadas foi em relação a homens que recebem radiação externa para câncer de próstata, ocasionando a cistite aguda (inflamação na bexiga).<sup>20</sup> Como o reto a bexiga fica extremamente próxima ao PVT, que são considerados os órgãos mais importantes em risco que devem ser protegidos durante o tratamento do câncer de próstata.<sup>19</sup> A técnica IMRT tem sido sugerida para reduzir estes efeitos colaterais <sup>20</sup> em relação à técnica conformada 3D-CRT em vários tipos de tumores sólidos.

## CONCLUSÃO

Os resultados evidenciaram que a técnica de planejamento VMAT quando comparada a IMRT, apresenta maior eficácia e efetividade, provocando menos efeitos adversos. No caso, a IMRT quando é comparada a 3D-CRT, apresenta maior eficácia e efetividade, provocando menos efeitos adversos no processo de utilização da tecnologia. Não foram encontradas evidências nos trabalhos analisados sobre a segurança na utilização das técnicas quando comparadas.

Um fato a ser considerado foram as poucas evidências encontradas nas publicações comparando as técnicas entre si, como caso para pacientes com câncer de próstata nos últimos 10 anos (2013-2023). Portanto, respondendo as questões-chave elaboradas para este trabalho, pode-se concluir que: QC1, técnica IMRT vs. 3D-CRT, resultados clínicos orientados ao paciente: A técnica IMRT quando comparada 3D-CRT, mantém uma melhor qualidade de vida, para o paciente principalmente nos primeiros 3 anos após o tratamento. Não foram evidenciados desfechos relacionados a sobrevida global, taxa de cura e controle local da doença entre as técnicas comparadas.

Na QC2, a técnica IMRT vs. 3D-CRT, eventos adversos: A técnica IMRT apresentou uma melhor distribuição de dose de RT com maior precisão no planejamento do volume alvo (PTV), ocasionando menor toxicidade ao paciente em relação à técnica 3D-CRT.

A QC3, a técnica VMAT vs. IMRT, resultados clínicos orientados ao paciente: Não foram evidenciadas publicações que comparassem as técnicas VMAT e IMRT e que abordassem desfechos relacionados a qualidade de vida, a sobrevida global, taxa de cura e controle local da doença.

A QC4, a técnica VMAT vs. IMRT, eventos adversos: No caso de comparação entre as técnicas VMAT e IMRT, conclui-se que a VMAT se mostrou mais eficiente nas distribuições de doses ocasionando maior proteção dos órgãos saudáveis adjacentes como o reto e a bexiga durante o tratamento. Assim, a técnica VMAT protege o reto melhor que o IMRT e melhora a

eficiência da entrega das doses.

Portanto, os estudos sugerem que a IMRT é uma técnica mais efetiva quando comparada a 3D-CRT e VMAT é mais efetiva quando comparada a IMRT.

## REFERÊNCIAS

1. World Health Organization. WHO report on cancer: setting priorities, investing wisely and providing care for all. [Internet]. Die Gynäkologie. 2020 [cited 2024 dec 21]. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/330745>.
2. International Agency for Research on Cancer (IARC). CANCER TOMORROW: A tool that predicts the future cancer incidence and mortality burden worldwide from the current estimates in 2020 up until 2040. [Internet]. 2023 [cited 2024 dec 21]. Available from: <https://gco.iarc.fr/tomorrow/en>
3. BRASIL. Instituto Nacional do Câncer. Estimativa 2023: incidência de câncer no Brasil. 2023 [acesso em 28 de dezembro 2024];167. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/publicacoes/livros/estimativa-2023-incidencia-de-cancer-no-brasil>.
4. Beddok A, Lim R, Thariat J, Shih HA, El Fakhri G. A comprehensive primer on radiation oncology for non-radiation oncologists. Cancers (Basel). [Internet]. 2023 [cited 2024 dec 21];15(20):4906. Available from: <https://www.mdpi.com/2072-6694/15/20/4906/htm>.
5. Sociedade Brasileira de Radioterapia (SBRT). RT 2020-2023. Plano de desenvolvimento da radioterapia para a próxima década [Internet]. 2021 [acesso em 01 de janeiro 2025]. Available from: <https://sbradioterapia.com.br/>.
6. Hanna SA, Gouveia AG, Moraes FY, Rosa AA, Viani GA, Massuda A. Lessons from the Brazilian radiotherapy expansion plan: A project database study. Lancet Reg Heal - Am. [Internet]. 2022 [cited 2024 dec 21];14:100333. Available from: <http://www.thelancet.com/article/S2667193X22001508/fulltext>.
7. Instituto Nacional de Câncer (INCA). Tratamento do câncer: radioterapia [Internet]. 2023 [acesso em 12 de dezembro 2024]. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tratamento/radioterapia>.
8. American Cancer Society. Getting external beam radiation therapy. [Internet]. 2023 [cited 2024 dec 21]. Available from: <https://www.cancer.org/cancer/managing-cancer/treatment-types/radiation/external-beam-radiation-therapy.html>.
9. Sociedade Brasileira de Radioterapia (SBRT). Técnicas de radioterapia [Internet]. 2023 [acesso em 5 de dezembro 2024]. Disponível em: <https://sbradioterapia.com.br/category/tecnicas-radioterapia/>.
10. National Cancer Institute. NCI Dictionary of Cancer Terms. [Internet]. 2024 [cited 2024 dec 21]. Available from: <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms>.

11. CE L, Y W, L A, RY L, KT H, PL H, et al. A prospective phase III trial evaluating patient self-reported pain and cosmesis in accelerated partial breast irradiation utilizing 3-D versus Intensity-Modulated Radiotherapy. *Cancer Med.* [Internet]. 2021 [cited 2024 dec 21];10(20). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34469056/>.
12. Langlois E V, Straus SE, Antony J, King VJ, Tricco AC. Using rapid reviews to strengthen health policy and systems and progress towards universal health coverage. *BMJ Glob Heal.* [Internet]. 2019 [cited 2024 dec 21];4(1):1178. Available from: <http://gh.bmj.com/>.
13. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência Tecnologia e Insumos Estratégicos. Diretrizes Metodológicas: elaboração de pareceres técnico-científicos [Internet]. MS-Brasil; 2021 [acesso em 11 de dezembro 2024]. Available from: [https://www.gov.br/conitec/pt-br/midias/artigos\\_publicacoes/diretrizes/diretrizes\\_metodologicas\\_ptc.pdf](https://www.gov.br/conitec/pt-br/midias/artigos_publicacoes/diretrizes/diretrizes_metodologicas_ptc.pdf).
14. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *PLOS Med.* [Internet]. 2021 [cited 2024 dec 21];18(3):e1003583. Available from: <https://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1003583>.
15. Di Franco R, Borzillo V, Ravo V, Ametrano G, Falivene S, Cammarota F, et al. Rectal/urinary toxicity after hypofractionated vs conventional radiotherapy in low/intermediate risk localized prostate cancer: systematic review and meta-analysis. *Oncotarget.* [Internet]. 2017 [cited 2024 dec 21];8(10):17383-95. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28129649/>.
16. Viani GA, Viana BS, Martin JEC, Rossi BT, Zuliani G, Stefano EJ. Intensity-Modulated Radiotherapy reduces toxicity with similar biochemical control compared with 3-Dimensional Conformal Radiotherapy for prostate cancer: a randomized clinical trial. *Cancer.* [Internet]. 2016 [cited 2024 dec 21];122(13). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27028170/>.
17. Bruner DW, Caça D, Michalski JM, Bosch WR, Galvin JM, Amin M, et al. Preliminary patient-reported outcomes analysis of 3-dimensional radiation therapy versus intensity-modulated radiation therapy on the high-dose arm of the Radiation Therapy Oncology Group (RTOG) 0126 prostate cancer trial. *Cancer.* [Internet]. 2015 [cited 2024 dec 21];121(14). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25847819/>.
18. Michalski JM, Yan Y, Watkins-Bruner D, Bosch WR, Inverno K, Galvin JM, et al. Preliminary toxicity analysis of 3-Dimensional Conformal Radiation Therapy versus Intensity Modulated Radiation Therapy on the high-dose arm of the Radiation Therapy Oncology Group 0126 prostate cancer trial. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* [Internet]. 2013 [cited 2024 dec 21];87(5). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24113055/>.

19. Ren I, Chao S, Lu N, Xu Y, Han F, Liu YP, Dai J. Dosimetric comparison of intensity-modulated radiotherapy and volumetric-modulated arc radiotherapy in patients with prostate cancer: a meta-analysis. *J Appl Clin Med Phys*. [Internet]. 2016 [cited 2024 dec 21];17(6). Available from: <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1120/jacmp.v17i6.6464>.
20. Choi KH, Ahn SJ, Jeong JU, Yu M, Kim JH, Jeong BK, et al. Postoperative radiotherapy with Intensity-Modulated Radiation Therapy versus 3-Dimensional Conformal Radiotherapy in early breast cancer: a randomized clinical trial of KROG 15-03. *Radiother Oncol*. [Internet]. 2021 [cited 2024 dec 21];154. Available from: <https://www.sciencedirect.ez39.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0167814020308185?via%3Dihub>.