



Ministério da Saúde
Instituto Nacional de Câncer
Coordenação de Ensino/Área de Ensino Técnico
Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio
Curso de Educação Profissional Técnica de
Nível Médio Especialização Técnica em
Radioterapia



LUCIANA MARA FREITAS VIEIRA

**RADIOTERAPIA BIDIMENSIONAL NO BRASIL: RELEVÂNCIA E
JUSTIFICATIVAS DO SEU USO NA ERA DA ALTA TECNOLOGIA**

Rio de Janeiro

2026

LUCIANA MARA FREITAS VIEIRA

Radioterapia bidimensional no brasil: relevância e justificativas do
seu uso na era da alta tecnologia

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Nacional de Câncer
em convênio com a Escola Politécnica de
Saúde Joaquim Venâncio como requisito
parcial para a aprovação no Curso de
Educação Profissional Técnica de Nível
Médio Especialização Técnica em
Radioterapia.

Orientadora: Prof^a M^a Flávia Ventura dos
Passos

Rio de Janeiro

2026

CATALOGAÇÃO NA FONTE
INCA/COENS/SEITEC/NSIB
Elaborado pela bibliotecária Izani Saldanha – CRB7 5372

V658r Vieira, Luciana Mara Freitas.

Radioterapia bidimensional no Brasil: relevância e justificativas do seu uso na era da alta tecnologia / Luciana Mara Freitas Vieira. – 2026.
40 f.: il. color.

Orientadora: Ma. Flávia Ventura dos Passos.

Trabalho de conclusão de curso (Nível Médio) – Instituto Nacional de Câncer, Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio / Fiocruz, Curso de Educação Profissional Técnica de Nível Médio Especialização em Radioterapia, Rio de Janeiro, 2026.

1. Radioterapia. 2. Capacitação profissional. I. Passos, Flávia Ventura dos. II. Instituto Nacional de Câncer (Brasil). III. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio. IV. Título.

CDD 615.8423

LUCIANA MARA FREITAS VIEIRA

Radioterapia bidimensional no brasil: relevância e justificativas do seu uso na
era da alta tecnologia

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Nacional de Câncer
em convênio com a Escola Politécnica de
Saúde Joaquim Venâncio como requisito
parcial para a aprovação no Curso de
Educação Profissional Técnica de Nível
Médio Especialização Técnica em
Radioterapia.

Avaliado em: 24/02/2026.

Banca examinadora:

Prof^a M^a Flávia Ventura dos Passos
Instituto Nacional de Câncer

Prof^a M^a Rosana Francisca da Silva
Instituto Nacional de Câncer

Prof.^a Esp. Cátia de Fátima Benevides
Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio

Rio de Janeiro

2026

Dedico este trabalho aos meus pais — meu Preto Veio e minha Vânia Love — pelo amor, incentivo e constante inspiração; à minha tia Sandra, por me permitir enxergar o mundo com outros olhos; e ao meu namorado Henri, por acreditar em mim e dar o primeiro passo ao realizar minha inscrição neste curso.

A cura está ligada ao tempo e às vezes
também às circunstâncias.

Hipócrates

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à espiritualidade, que me sustentou nos momentos de incerteza e me deu força, serenidade e persistência ao longo de todo o processo de formação.

Agradeço ao Instituto Nacional de Câncer (INCA), instituição de excelência que contribuiu de forma decisiva para minha formação profissional, bem como a todos os profissionais envolvidos no meu processo de aprendizagem, cujo compromisso, conhecimento e dedicação foram fundamentais para a construção deste trabalho e para o meu crescimento técnico e humano.

À minha orientadora, M^a Flávia Ventura dos Passos, expresso minha profunda gratidão pela orientação, disponibilidade, incentivo e confiança ao longo do desenvolvimento deste trabalho, contribuindo de forma essencial para sua realização.

Ao técnico em radioterapia (ex-aluno) Alisson Castro, deixo meu sincero agradecimento por ter me apresentado a essa área tão significativa, mesmo estando em outro estado, na qual é possível perceber de forma quase tangível o verdadeiro sentido da humanização no cuidado em saúde.

Ao técnico em radioterapia e dosimetrista Nelson Júnior, agradeço por ter atuado como mentor em diversos momentos, compartilhando seus conhecimentos, e por me ensinar a confeccionar máscaras radioterápicas personalizadas, tornando possível a realização de um sonho pessoal.

À minha família, agradeço pelo apoio incondicional, compreensão e incentivo constante, que foram fundamentais para que eu pudesse concluir esta etapa tão importante da minha trajetória acadêmica e profissional.

Aos meus melhores amigos, Juliana e Yuri, casal querido que me presenteou com um Salvajoli, agradeço pelo carinho, generosidade, incentivo e amizade de longos anos. Às amigas Carol, Fernanda e Alessandra, deixo meu agradecimento especial por todo o apoio e companheirismo que tornaram essa caminhada mais leve.

Ao meu namorado, Henri, meu sincero agradecimento por oferecer apoio e companheirismo nos momentos mais desafiadores. Sem você, essa realização não seria possível.

À amiga que conquistei ao longo da formação, Cristiane, agradeço por todo o

carinho, parceria e pela ajuda fundamental na busca por materiais que contribuíram diretamente para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Às colegas que conheci no alojamento, deixo meu agradecimento especial por termos construído um elo de amizade que nos tornou emocionalmente mais fortes nos momentos difíceis, transformando desafios em apoio mútuo e acolhimento.

Por fim, agradeço ao técnico em radioterapia (ex-aluno) e professor Alan Silva do curso preparatório Átomus, cuja dedicação e preparo foram essenciais para o processo seletivo que possibilitou meu ingresso no INCA, marcando um passo decisivo na minha trajetória profissional.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Linha temporal da evolução da teleterapia.....	9
Figura 2	Acelerador linear.....	13
Figura 3	Aparelho de cobaltoterapia.....	14
Figura 4	Radiografia de uma programação de campo para o tratamento de cabeça e pescoço com proteção padrão (esq.); e radiografia de uma programação com proteção personalizada (dir.).....	15
Figura 5	Distribuição aleatória dos atendimentos possíveis na escala intermediária no Brasil em 2011.....	24
Figura 6	Distribuição por tipo de máquinas.....	25
Figura 7	Plano de expansão da radioterapia no SUS.....	26
Figura 8	Prefeito de Maricá visita o Centro de Protonterapia, em Madri...	26
Figura 9	Técnicas radioterápicas utilizadas no Brasil.....	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Comparação entre efeitos determinísticos e estocásticos.....	12
Quadro 2	Radioterapia paliativa x radioterapia curativa.....	16
Quadro 3	Comparação entre a radioterapia convencional e técnicas mais avançadas.....	20
Quadro 4	Prazos e Determinações Legais na Oncologia.....	23
Quadro 5	Etapas detalhadas da função do técnico no tratamento radioterápico.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Bidimensional
2D-RT	Radioterapia Bidimensional, Radioterapia Convencional
3D	Tridimensional3d-rt
3D-RT	Radioterapia Tridimensional
3D-CRT	Radioterapia Conformacional
AP-PA	Ântero-posteriores e Pósterio-anteriores
ART	Radioterapia Adaptativa
CBCT	Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico
Co-60	Cobalto, Cobalto-60
Gy	Gray
IA	Inteligência Artificial
IGRT	Radioterapia Guiada por Imagem
IMRT	Radioterapia com Intensidade Modulada
Inca	Instituto Nacional de Câncer
Linac(s)	Aceleradore(s) Lineare(s)
OAR	Órgãos de Risco
PIB	Produto Interno Bruto
RIs	Regiões Intermediárias
RM	Ressonância Magnética
SADT	Serviços de Apoio ao Diagnóstico e Terapia
SBRT	Sociedade Brasileira de Radioterapia, Radioterapia Estereotóxica Corporal
SUS	Sistema Único de Saúde
VMAT	Radioterapia de Arco Volumétrico

RESUMO

VIEIRA, Luciana Mara Freitas. **Radioterapia Bidimensional no Brasil: Relevância e justificativas do seu uso na era da alta tecnologia**. Orientadora: Flávia Ventura dos Passos. 2026. 41 f. Projeto de trabalho de conclusão de curso (Especialização Técnica de Nível Médio em Radioterapia) – Instituto Nacional de Câncer, Rio de Janeiro, 2026.

Introdução: O câncer é uma das principais causas de morte no Brasil, demandando tratamentos eficazes e acessíveis. Apesar dos avanços tecnológicos em radioterapia, como a radioterapia com intensidade modulada e a radioterapia de arco volumétrico, a radioterapia bidimensional ainda é amplamente utilizada no país por ser segura, eficaz e viável em contextos com infraestrutura limitada. Este trabalho investiga os critérios que justificam a manutenção da radioterapia bidimensional nos serviços de saúde brasileiros e destaca a importância do conhecimento técnico e crítico do profissional frente às desigualdades do sistema. A pesquisa também reforça o papel da formação técnica na atuação consciente e ética diante das diversas realidades tecnológicas do país. **Objetivo:** Avaliar os fundamentos que sustentam o uso contínuo da radioterapia bidimensional na prática clínica brasileira, levando em consideração os avanços tecnológicos e a disponibilidade de técnicas de radioterapia mais modernas. **Metodologia:** O trabalho de conclusão de curso será uma revisão narrativa, com abordagem qualitativa: os dados foram coletados através da técnica de *Backward Snowballing*; buscas diretas em sites governamentais brasileiros; livros técnicos da área da radioterapia. **Considerações finais:** As análises indicam que, apesar da expansão da rede de aceleradores lineares no Brasil e do aumento da oferta de radioterapia, a técnica de planejamento bidimensional ainda permanece em uso em alguns serviços. Essa permanência está associada à defasagem tecnológica em determinadas regiões e instituições, bem como ao aumento da demanda decorrente da maior incidência de neoplasias malignas, relacionada ao envelhecimento populacional. Observa-se que, atualmente, a radioterapia bidimensional é empregada predominantemente em situações de emergência, nas quais a necessidade de início rápido do tratamento se sobrepõe à disponibilidade de técnicas mais avançadas. Esse cenário evidencia a necessidade de investimentos em infraestrutura e modernização, além de ressaltar a importância da qualificação contínua dos técnicos em radioterapia, fazendo com que o domínio de técnicas convencionais, como o uso de imagens planares e a confecção artesanal de acessórios, seja tão essencial quanto o manuseio de tecnologias avançadas, garantindo precisão no tratamento e equidade no acesso ao cuidado oncológico.

Palavras-chave: radioterapia convencional; emergência oncológica; infraestrutura; capacitação.

ABSTRACT

VIEIRA, Luciana Mara Freitas. **Two-Dimensional Radiotherapy in Brazil: Relevance and justifications for its use in the era of high technology**. Advisor: Flávia Ventura dos Passos. 2026. 41 pages. Final project for the Technical Specialization in Radiotherapy – National Cancer Institute, Rio de Janeiro, 2026.

Introduction: Cancer is one of the leading causes of death in Brazil, requiring effective and accessible treatments. Despite technological advancements in radiotherapy, such as intensity-modulated radiotherapy and volumetric modulated arc therapy, two-dimensional radiotherapy is still widely used in the country due to its safety, effectiveness, and feasibility in settings with limited infrastructure. This study investigates the criteria that justify the continued use of two-dimensional radiotherapy in Brazilian healthcare services and highlights the importance of technical and critical knowledge among professionals in the face of systemic inequalities. The research also emphasizes the role of technical education in fostering ethical and conscious practice amid the country's diverse technological realities. **Objective:** To assess the foundations that support the continued use of two-dimensional radiotherapy in Brazilian clinical practice, considering technological advancements and the availability of more modern radiotherapy techniques. **Methodology:** The course conclusion paper will consist of a narrative review with a qualitative approach. Data were collected using the backward snowballing technique, through direct searches on Brazilian governmental websites, and from technical textbooks in the field of radiotherapy. **Final Considerations:** The analyses indicate that, despite the expansion of the network of linear accelerators in Brazil and the increased availability of radiotherapy, two-dimensional planning techniques are still used in some services. This persistence is associated with technological lag in certain regions and institutions, as well as with increased demand resulting from the higher incidence of malignant neoplasms related to population aging. It is observed that, currently, two-dimensional radiotherapy is predominantly employed in emergency situations, in which the need for rapid initiation of treatment outweighs the availability of more advanced techniques. This scenario highlights the need for investments in infrastructure and modernization, as well as emphasizing the importance of continuous qualification of radiotherapy technicians, making the mastery of conventional techniques – such as the use of planar imaging, and the manual fabrication of accessories – as essential as the handling of advanced technologies, ensuring treatment accuracy and equity in access to oncological care.

Keywords: 2D-RT; Cancer-related emergency; infrastructure; technical training .

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
1.1	Objetivo geral.....	9
1.2	Objetivos específicos.....	10
1.3	Metodologia.....	10
2	DESENVOLVIMENTO.....	11
2.1	Fundamentos teóricos da radioterapia.....	11
2.2	Tipos de radiação utilizados em radioterapia.....	13
2.3	Radioterapia bidimensional.....	14
2.3.1	<i>Aplicações clínicas.....</i>	15
2.3.1.1	<i>Emergências hematológicas.....</i>	16
2.3.1.2	<i>Emergências neurológicas.....</i>	17
2.3.1.3	<i>Emergências cardiovasculares.....</i>	17
2.3.1.4	<i>Emergências álgicas.....</i>	17
2.3.2	<i>Vantagens e limitações.....</i>	18
2.4	Radioterapia tridimensional e sua evolução.....	19
2.5	Comparação entre a radioterapia convencional e a tridimensional....	20
2.6	Evolução histórica e institucional da radioterapia no Brasil.....	21
2.7	Desafios e garantias do fluxo radio-oncológico no Brasil.....	22
2.7.1	<i>Disponibilidade tecnológica.....</i>	24
2.8	Justificativas para a permanência da radioterapia bidimensional no Brasil.....	27
2.9	O papel do técnico em radioterapia frente às desigualdades tecnológicas no Brasil.....	27
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
	REFERÊNCIAS.....	32

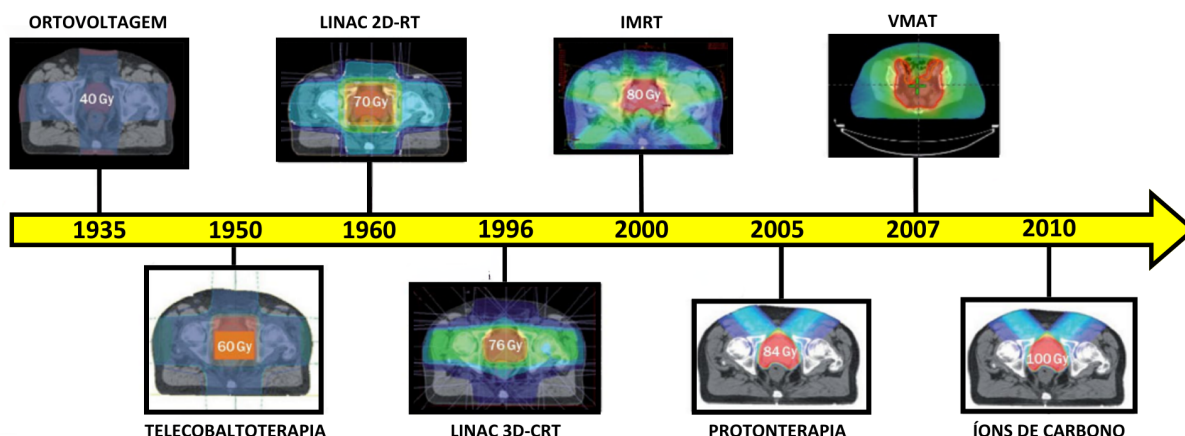
1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto Nacional de Câncer (Inca, 2020), o câncer, que tem suas raízes no termo grego *karkínos*, é, hoje em dia, um nome genérico para mais de 100 doenças. Todas elas têm algo em comum: o crescimento descontrolado de células, que podem invadir tecidos e órgãos vizinhos. Conforme apontado pelo Inca (2007), a partir de meados do século XX, à medida que o conhecimento sobre a doença e as possibilidades de tratamento avançavam, tornava-se cada vez mais evidente a sua complexidade, as múltiplas formas de manifestação e os limites da medicina em controlá-la.

O uso dos raios X no tratamento de displasias e cânceres teve início em 1902, mas foi somente em 1905, com as pesquisas de Jean Bergonié e Louis Tribondeau, que se passou a entender melhor a radiobiologia relacionada ao processo (Inca, 2007). Nesse contexto, apesar de ter observado uma maior sensibilidade das células cancerígenas à radiação, a radioterapia ainda apresentava riscos significativos, uma vez que o controle da dose era limitado, podendo ocasionar queimaduras ou até o desenvolvimento de neoplasias (Inca, 2007; 2010). Todavia, a partir da década de 1910, com o avanço dos tubos de raios catódicos e de geradores mais potentes, os tratamentos radioterápicos passaram a ser aplicados de maneira mais segura e precisa nos tumores (Inca, 2007).

Atualmente, apesar de vivermos uma era altamente tecnológica, onde tem-se Radioterapia Conformacional (3D-CRT), Radioterapia com Intensidade Modulada (IMRT), Radioterapia de Arco Volumétrico (VMAT), Radioterapia Guiada por Imagem (IGRT), entre outras - segundo a Sociedade Brasileira de Radioterapia (SBRT, 2024b), a modalidade radioterápica bidimensional (2D-RT), uma tecnologia já ultrapassada, é utilizada em muitos serviços de saúde por ser eficaz e segura (Figura 1). Essa técnica que baseia-se em referências anatômicas vistas em imagens planas deve ser gerida pelo profissional que deve possuir conhecimento técnico, atender às tolerâncias físicas permitidas e dispor de conhecimento da anatomia radiográfica, bem como participar na inserção de novos tratamentos (Inca, 2010; SBRT; FDC, 2019).

Figura 1 - Linha temporal da evolução da teleterapia



Fonte: Adaptado de Burger, 2021.

Com relação à formação do profissional técnico em radioterapia, é importante entender por qual motivo, apesar da alta tecnologia, a 2D-RT está presente no país. Essa percepção não só contribui para a formação profissional, mas também instiga uma visão crítica das múltiplas realidades vivenciadas nos serviços de saúde - sejam eles público, privado ou filantrópico - especialmente sob restrições de infraestrutura, investimento e qualificação, como mostra o relatório do projeto RT2030 da SBRT em conjunto com a FDC (2019).

É nessa perspectiva que este trabalho apresenta a seguinte questão orientadora: **quais são os critérios que justificam a manutenção da radioterapia bidimensional no Brasil, enquanto existem tecnologias radioterápicas mais avançadas?**

A importância deste estudo é entender a relevância da técnica da 2D-RT na prática diária dos diversos serviços de radioterapia brasileiros, para contribuir com o conhecimento do técnico acerca da sua utilidade clínica e limites, e entender seu papel em um sistema de saúde caracterizado por distintas desigualdades estruturais.

1.1 Objetivo geral

Analisar os princípios que justificam a permanência do uso da 2D-RT na prática clínica brasileira, considerando os avanços tecnológicos e a disponibilidade de técnicas radioterápicas mais modernas.

1.2 Objetivos específicos

- Comparar a técnica de 2D-RT com as atuais abordagens de 3D-RT;
- Analisar as condições que justificam a utilização da 2D-RT no tratamento de diferentes tipos de câncer;
- Entender a relevância do técnico em radioterapia em dominar a tecnologia bidimensional (2D), e não somente as mais modernas.

1.3 Metodologia

A metodologia adotada para este estudo consiste em uma revisão narrativa, com abordagem qualitativa, onde o processo de coleta e seleção de dados foi estruturado visando a obtenção de fontes com alto rigor técnico e fidedignidade.

Para a fundamentação teórica acerca da radioterapia convencional (2D-RT), foi aplicada a técnica de *Backward Snowballing* (encadeamento retrospectivo de referências). Este procedimento consistiu na análise das listas de referências dos artigos inicialmente selecionados, seguida pela busca sucessiva das fontes originais neles citadas. Essa estratégia permitiu localizar estudos pioneiros e obras clássicas que sustentam os conceitos do planejamento 2D, suprimindo a baixa indexação dessas tecnologias consolidadas em buscadores automatizados contemporâneos. Dessa forma, foi possível integrar artigos científicos e livros técnicos fundamentais para a área.

Para enriquecer as referências, foram realizadas buscas diretas em sites governamentais brasileiros e livros técnicos da área da radioterapia.

A pesquisa foi conduzida entre maio de 2025 e janeiro de 2026, sem a definição de um marco temporal específico, o que possibilitou a inclusão de publicações tanto antigas quanto recentes. Essa flexibilidade temporal é essencial, uma vez que o estudo abrange uma tecnologia que, embora tenha sido desenvolvida há mais de meio século, segue sendo amplamente utilizada.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Fundamentos teóricos da radioterapia

A entrega da radiação na radioterapia externa (teleterapia) provém de duas fontes principais: linacs e radioisótopos (Cobalto-60) (Inca 2010).

Os linacs, de acordo com o Inca (2010) utilizam micro-ondas para acelerar elétrons dentro de um tubo de vácuo. Quando esses elétrons colidem com um alvo metálico de alto número atômico (geralmente tungstênio), ocorre uma desaceleração súbita, liberando fótons de raios X por meio do processo físico conhecido como *Bremsstrahlung* (radiação de frenamento) ou atingem uma folha espalhadora, produzindo feixes de elétrons (Bushong, 2010; Inca, 2010).

Do ponto de vista físico, a radiação ionizante é definida como aquela que possui energia suficiente para liberar elétrons de estruturas atômicas, transformando átomos neutros em íons. No contexto terapêutico, sabe-se que a capacidade das radiações ionizantes de induzir danos biológicos em tecidos vivos tem a finalidade principal de destruir ou incapacitar a replicação de células tumorais (Inca, 2001; SBRT; FDC, 2019). Essa energia atinge o tecido alvo, causando alterações moleculares no material genético que induzem a célula à morte ou à perda definitiva de sua integridade replicativa (Inca, 2020; SBRT; FDC, 2019). Essas lesões interrompem a integridade replicativa, levando a célula à morte ou à perda definitiva de sua capacidade de divisão (Inca, 2001; Farfos; Peruzzo, 2019; SBRT; FDC, 2019).

Os danos resultantes da interação da radiação com os tecidos são classificados em duas categorias fundamentais: efeitos determinísticos e efeitos estocásticos (Quadro 1).

Quadro 1 - Comparação entre efeitos determinísticos e estocásticos

Característica	Efeitos Determinísticos	Efeitos Estocásticos
Limiar de dose	Ocorrem apenas acima de um limiar de dose específico	Não possuem limiar de dose estabelecido
Relação com a dose	A severidade aumenta proporcionalmente à dose recebida	A probabilidade de ocorrência aumenta com a dose
Severidade do efeito	Dependente da dose	Independente da dose
Manifestação clínica	Geralmente imediata ou em curto prazo após a exposição	Pode manifestar-se tardiamente
Exemplos	Eritema cutâneo, catarata actínica, redução da contagem de células sanguíneas	Câncer secundário e desordens hereditárias

Fonte: Bushong, 2010; Inca, 2001; Peres, 2025.

A aplicação clínica da radiação deve equilibrar a dose necessária para o controle tumoral com a tolerância dos tecidos sãos adjacentes (Inca, 2010). Certas estruturas anatômicas, como as gônadas, a medula óssea e o cristalino, são classificadas como altamente radiosensíveis e exigem proteção rigorosa durante o planejamento (Inca, 2010).

Para gerenciar esses riscos, a prática radioterápica utiliza o conceito de órgãos de risco (OAR) (Inca, 2010). A radioterapia, atualmente, busca, através de técnicas como IMRT e 3D-RT, "esculpir" a dose no volume tumoral, respeitando limites de tolerância específicos (*constraints*) para garantir a preservação funcional do paciente (SBRT; FDC, 2019; Tocantins, 2024).

2.2 Tipos de radiação utilizados em radioterapia

Os principais feixes utilizados na prática contemporânea são os fótons (raios X e gama), elétrons e prótons e íons de carbono. A radiação por fótons é a mais amplamente empregada na teleterapia e pode ser produzida através de raios X de alta energia ou de raios gama (Bushong, 2010).

Os raios X altamente energéticos são gerados em linacs (Figura 2) por meio do processo de *Bremsstrahlung*, onde micro-ondas aceleram elétrons em tubos de vácuo até que colidam com um alvo metálico de alto número atômico, convertendo a energia cinética em raios X (Bushong, 2010). Esses feixes possuem alto poder de penetração, sendo ideais para tumores localizados em estruturas profundas (Inca, 2010).

Figura 2 - Acelerador linear



Fonte: Inca, 2010.

Entretanto, os raios gama são emitidos espontaneamente por radioisótopos durante o seu decaimento radioativo. O Co-60 é o isótopo mais comum na teleterapia convencional (Figura 3), liberando fótons com energias de 1,17 MeV e 1,33 MeV e, embora as unidades de cobalto exijam menos manutenção que os aceleradores, a intensidade da fonte decai gradualmente (taxa de 1,1% ao mês), exigindo a troca da fonte periodicamente para evitar tempos de exposição

excessivamente longos (SBRT; FDC, 2019).

Figura 3 - Aparelho de cobaltoterapia



Fonte: Inca, 2010.

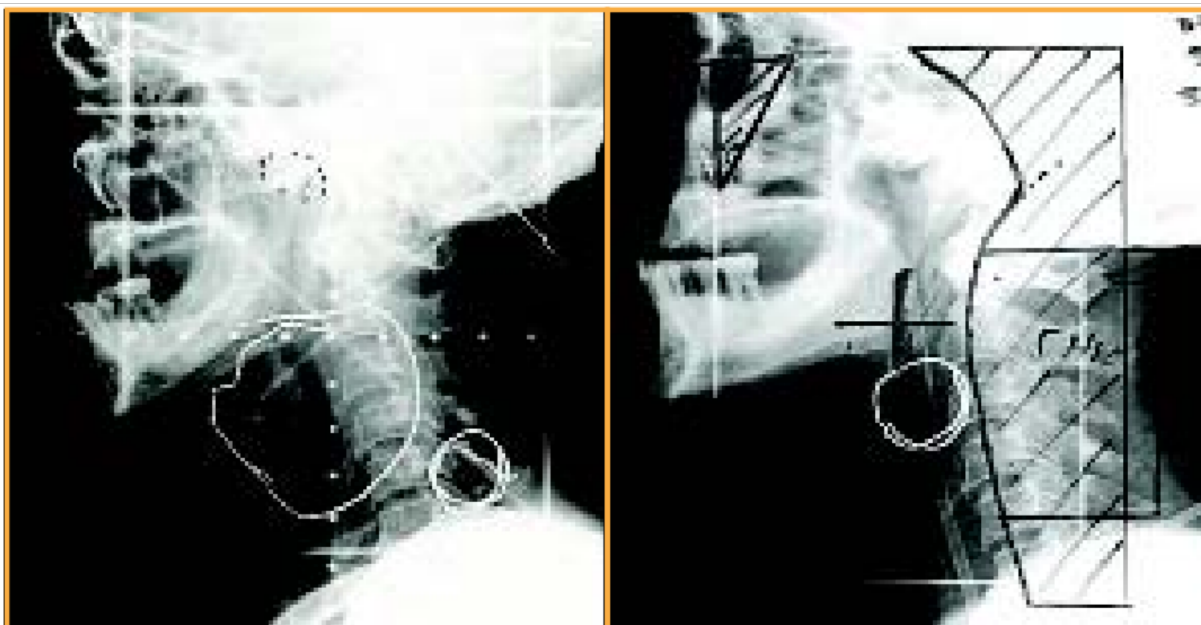
Os feixes de elétrons são obtidos em aceleradores lineares através da retirada do alvo de tungstênio, esses feixes depositam a dose de forma superficial, geralmente entre a pele e uma profundidade de 5 cm, com uma queda abrupta de dose após esse limite. São indicados para o tratamento de lesões superficiais, protegendo estruturas radiosensíveis localizadas logo abaixo do alvo, como a medula espinhal (Inca, 2010; SBRT; FDC, 2019).

Diferente da radiação convencional, segundo com Pivetta (2014), os prótons e íons de carbono apresentam o pico de Bragg, liberando o máximo de energia no ponto de parada exato (dentro do tumor) e preservando quase integralmente os tecidos atravessados.

2.3 Radioterapia bidimensional

A 2D-RT, de acordo com Figueiredo *et al* (2013), utiliza imagens planares para o planejamento do tratamento, baseando-se principalmente em referências anatômicas ósseas para a definição do volume-alvo e das estruturas de risco (Figura 4). Essa técnica, que não permite a análise 3D da distribuição de dose, nem exige necessariamente planejamento computadorizado, vem sendo progressivamente substituída por métodos fundamentados em imagens tomográficas (Figueiredo *et al*, 2013).

Figura 4 - Radiografia de uma programação de campo para o tratamento de cabeça e pescoço com proteção padrão (esq.); e radiografia de uma programação com proteção personalizada (dir.)



Fonte: Inca, 2010.

Todavia, apesar de ser um método mais antigo, o planejamento 2D permanece relevante, especialmente em regiões com acesso limitado a tecnologias avançadas, demonstrando-se uma opção segura e eficaz que contribuiu historicamente para a cura de inúmeros pacientes oncológicos (SBRT, 2024b).

2.3.1 Aplicações clínicas

A escolha terapêutica ainda depende, em muitos casos, de práticas locais específicas e da disponibilidade de especialistas, mais do que evidências científicas (Figueiredo *et al.*, 2013; Pollock *et al.*, 2006; Salvajoli; Souhami; Faria, 2013).

A radioterapia é utilizada para o alívio de sintomas como dor, sangramento e compressão medular, sendo geralmente realizada com doses totais menores (Quadro 2) e em menor tempo para reduzir efeitos colaterais. Em casos selecionados, com doença mínima ou de progressão lenta, pode ser indicado um tratamento mais prolongado, com dose total mais elevada (Pollock *et al.*, 2006).

Quadro 2 - Radioterapia paliativa x radioterapia curativa

	Fim Paliativo	Fim Curativo
Objetivo da Terapia	Redução de parte da doença	Erradicação de toda a doença
Fim Clínico	Controle dos sintomas	Cura
Duração do tratamento	De 1 dia a 2 semanas	De 4 a 7 semanas
Dose Total	8 a 30 Gy	Maior que 30 Gy
Tamanho da Fração	Grande (3-10 Gy) para reduzir a duração total do tratamento	Pequeno (2,5 Gy ou menos) para reduzir os efeitos tardios
Volume Tratado	Apenas a doença sintomática visível	Todos os tumores e áreas de potencial disseminação microscópico

Fonte: Pollock *et al.*, 2006.

2.3.1.1 Emergências hematológicas

Em pacientes com sangramento ativo que não se encontram em fase terminal da doença, é fundamental considerar estratégias voltadas ao controle do sangramento, utilizando as abordagens terapêuticas oncológicas convencionais direcionadas ao sítio acometido (Figueiredo *et al.*, 2013). Nesse contexto, a radioterapia constitui uma modalidade frequentemente empregada.

A hematúria representa um achado clínico recorrente em indivíduos com carcinoma avançado de bexiga ou de próstata, sendo a radioterapia, segundo Figueiredo *et al.* (2013), uma alternativa terapêutica relevante para o controle do sangramento nesses casos.

Por fim, os sangramentos do trato gastrointestinal requerem manejo em ambiente hospitalar, com a realização de exames diagnósticos apropriados e a adoção de intervenções terapêuticas específicas, entre as quais se inclui a radioterapia (Figueiredo *et al.*, 2013; Salvajoli; Souhami; Faria, 2013).

2.3.1.2 *Emergências neurológicas*

A síndrome da compressão medular é uma emergência oncológica frequente, associada a metástases vertebrais, principalmente de cânceres de mama, pulmão e próstata, seguidos por linfoma não Hodgkin, câncer renal e mieloma múltiplo, sendo a radioterapia, conforme relata Figueiredo *et al.* (2013), o tratamento mais utilizado na compressão medular, sem diferenças significativas entre os esquemas quanto a doses e fracionamento, embora regimes com doses menores possam reduzir efeitos adversos e favorecer o controle da dor.

As metástases cerebrais têm se tornado cada vez mais comuns na prática oncológica, e de acordo com (Figueiredo *et al.*, 2013; Pollock 2006), são frequentemente decorrentes de tumores primários de pulmão, mama e melanoma, apresentando-se na maioria das vezes de forma múltipla e associadas a doença avançada e incurável.

2.3.1.3 *Emergências cardiovasculares*

A veia cava superior é responsável pela drenagem venosa de cabeça e pescoço, membros superiores e extremidade superior do tórax. A sua parede fina e localização cercada por estruturas rígidas dentro do tórax, tornam esta estrutura especialmente suscetível à compressão tumoral (Figueiredo *et al.*, 2013; Pollock 2006).

Os tumores primários de pulmão são a causa mais frequente, seguidos, com menor frequência, por linfoma, câncer de mama e tumores germinativos, sendo necessário descartar causas não oncológicas, como trombose de cateter ou marca-passo, sarcoidose, bócio retroesternal e infecções. E vale acrescentar que o uso de quimioterapia e radioterapia frequentemente é empregado nas neoplasias malignas com intuito curativo ou paliativo, dentre outras opções de tratamento (Figueiredo *et al.*, 2013).

2.3.1.4 *Emergências álgicas*

A radioterapia antálgica é uma modalidade crucial para o controle de sintomas, com foco especial no tratamento de metástases ósseas e tumores

avançados, visando a melhoria da qualidade de vida (Inca, 2013). No contexto da palição, costuma-se utilizar doses menores e menos sessões, adaptando-se às necessidades do paciente (Pollock *et al.*, 2006; Salvajoli; Souhami; Faria, 2013).

2.3.2 Vantagens e limitações

As vantagens da tecnologia 2D estão majoritariamente relacionadas à sua simplicidade operacional e rapidez de execução. Em serviços com alta demanda e recursos limitados, o planejamento 2D demanda menos tempo do radio-oncologista e do físico médico em comparação ao detalhamento exigido pela 3D-RT conformada (Carvalho, 2009).

Outro ponto relevante é a sua aplicação em tratamentos paliativos, nos quais o objetivo principal é o controle de sintomas e a agilidade no início da terapia, podendo as vantagens do 3D parecerem menos significativas nessas situações específicas (Carvalho, 2009; SBRT; FDC, 2019). Além disso, a técnica baseia-se em arranjos de campos práticos, como os paralelos opostos ântero-posteriores e pósterio-anteriores (AP-PA), que facilitam o fluxo operacional (Carvalho, 2009; Lee, 2014).

De acordo com a SBRT e FDC (2019), as limitações da tecnologia 2D são profundas e impactam diretamente na segurança e eficácia do tratamento. A principal fragilidade reside na imprecisão do mapeamento anatômico, que historicamente era realizado por elementos de anatomia topográfica ou radiografias simples, resultando em uma definição rudimentar dos volumes-alvo. Essa imprecisão exige a utilização de margens de segurança generosas, o que invariavelmente leva à irradiação desnecessária de tecidos sadios adjacentes, aumentando o risco de toxicidade.

Estudos comparativos demonstram que o planejamento 2D falha em preservar órgãos de risco sensíveis; na radioterapia pulmonar, por exemplo, o uso da técnica 3D permite uma preservação cerca de 15% superior dos volumes pulmonares em relação ao 2D (Carvalho, 2009).

Outra limitação crítica, segundo Lee (2014), é a incapacidade de visualizar alterações geométricas nos órgãos internos após procedimentos cirúrgicos. No câncer gástrico pós-operatório, os órgãos podem sofrer deslocamentos significativos; o planejamento 2D baseado apenas em informações pré-operatórias

ou referências ósseas pode expor órgãos como os rins e a medula espinhal a doses de radiação acima dos limites de tolerância. Além disso, o planejamento 2D convencional muitas vezes utiliza cálculos manuais que não consideram correções de heterogeneidade dos tecidos, o que compromete a acurácia da dose efetivamente entregue ao tumor.

2.4 Radioterapia tridimensional e sua evolução

O desenvolvimento da RT-3D, consolidado na década de 1990, representou um marco ao integrar imagens de tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM) ao processo de planejamento (Burger, 2021; SBRT, 2024a, 2024b). Essa evolução permitiu que os feixes de radiação fossem moldados conforme a geometria volumétrica exata do tumor, otimizando a dose no alvo e reduzindo a exposição dos órgãos de risco (OAR).

A partir desse paradigma 3D, ainda segundo Burger (2021) e a SBRT (2024), surgiram técnicas ainda mais sofisticadas, como a radioterapia de intensidade modulada (IMRT) e a arcoterapia volumétrica modulada (VMAT), que possibilitam o ajuste da intensidade da dose em diferentes pontos do volume-alvo, sendo a VMAT notável por realizar essa entrega em arcos contínuos, reduzindo o tempo de tratamento.

A precisão do tratamento 3D foi elevada a novos patamares com a radioterapia guiada por imagem (IGRT), que utiliza, com base na SBRT (2016), dispositivos de imagem integrados ao acelerador, como a tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), para verificar a posição do tumor imediatamente antes da aplicação. Essa tecnologia é o alicerce para a radioterapia estereotáxica corporal (SBRT) e a radiocirurgia (SRS), que entregam doses ablativas em poucas frações com margens milimétricas (SBRT, 2024a; 2024b).

O estágio mais contemporâneo dessa evolução é a radioterapia adaptativa (ART), que propõe o reajuste dinâmico do plano terapêutico com base em alterações anatômicas ou biológicas detectadas durante o curso do tratamento (Travancinha e Fernandez, 2023), e, atualmente, segundo Pivetta (2014) a fronteira tecnológica expande-se para além dos fótons com a hadronterapia, utilizando feixes de prótons e íons de carbono.

2.5 Comparação entre a radioterapia convencional e a tridimensional

Abaixo, o Quadro 3 sintetiza a evolução das principais técnicas de radioterapia, destacando suas bases tecnológicas, características de planejamento e os respectivos impactos clínicos, conforme as fontes consultadas:

Quadro 3 - Comparação entre a radioterapia convencional e técnicas mais avançadas

Técnica	Base de Planejamento / Imagem	Características Principais	Impacto Clínico e Vantagens
Convencional (2D)	Radiografias simples (imagens bidimensionais) (SBRT, 2024b).	Delimitação baseada majoritariamente em anatomia óssea; feixes de radiação quadrados ou retangulares (Travancinha e Fernandez, 2023; SBRT, 2024b).	Menor precisão; doses elevadas em tecidos sadios adjacentes e risco de queimaduras cutâneas (Burger, 2021; SBRT, 2024a).
Conformacional (3DCRT)	Tomografia Computadorizada (TC) e Ressonância Magnética (RM) (SBRT, 2024a, 2024b).	Mapeamento volumétrico; feixes moldados conforme a geometria exata do tumor (Travancinha e Fernandez, 2023; SBRT, 2024b).	Melhor cobertura do alvo e preservação significativa de órgãos de risco (OAR) (Burger, 2021; SBRT, 2024b).
IMRT / VMAT	Imagens tridimensionais de alta resolução (SBRT, 2024b).	Modulação da intensidade do feixe e entrega em arcos contínuos (VMAT) ao redor do paciente (SBRT, 2024b).	Permite o escalonamento da dose no tumor com proteção superior de tecidos moles (ex: alças intestinais) (Burger, 2021; SBRT, 2024b).
Guiada por Imagem (IGRT)	Imagens in-room (CBCT, CT on rails, RM-Linac) (Travancinha e Fernandez, 2023; SBRT, 2016).	Verificação da posição do tumor imediatamente antes ou durante a aplicação da dose (SBRT, 2016).	Redução de margens de segurança e correção de erros de posicionamento milimétricos (SBRT, 2016).
Adaptativa (ART)	Avaliação dinâmica (dosimétrica e geométrica) (Travancinha e Fernandez, 2023).	Reajuste do plano terapêutico durante o curso do tratamento para acompanhar mudanças anatômicas (Travancinha e Fernandez, 2023).	Personalização extrema; compensa a redução do volume tumoral ou perda de peso do paciente (Travancinha e

Hadronterapia (Prótons / Íons de Carbono)	Aceleradores de partículas (Cíclotron / Síncrotron) (Pivetta, 2014).	Utilização do Pico de Bragg; liberação máxima de energia no ponto de parada da partícula (Pivetta, 2014).	Fernandez, 2023; SBRT, 2016). Dano quase nulo aos tecidos atravessados; alta eficácia biológica contra tumores radorresistentes (Pivetta, 2014).
--	--	---	---

Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

Vale ressaltar que:

- A transição do modelo 2D para o 3D e, posteriormente, para o IMRT/VMAT, exigiu um incremento substancial no controle de qualidade e no treinamento especializado das equipes de física médica e radioterapia (Burger, 2021).
- Novas modalidades como o Pulsar propõem o uso de fracionamentos adaptativos com intervalos alargados (≥ 7 dias), visando potencializar a resposta imunológica sistêmica (Travancinha e Fernandez, 2023).
- A integração da inteligência artificial (IA) e da radiômica permite hoje a extração de assinaturas biológicas das imagens de planejamento, auxiliando na predição de toxicidades e na personalização da dose (Travancinha e Fernandez, 2023).

2.6 Evolução histórica e institucional da radioterapia no Brasil

A trajetória da radioterapia no Brasil, de acordo com o Inca (2007), iniciou-se de forma restrita no começo do século XX, impulsionada pela descoberta dos raios X e do rádio. Instituições pioneiras como o Instituto do Radium de Belo Horizonte (1922) e o Instituto de Câncer Dr. Arnaldo em São Paulo (1929) foram fundamentais para a introdução das primeiras técnicas de teleterapia e braquiterapia no país.

A partir da década de 1940, ainda conforme o Inca (2007), com a criação do Serviço Nacional de Câncer, o Estado brasileiro passou a coordenar e normatizar as ações de controle da doença, buscando integrar a iniciativa privada filantrópica ao suporte público federal. Atualmente, segundo o relatório do projeto RT2030 (SBRT; FDC, 2019), o Sistema Único de Saúde (SUS) é o principal responsável pela assistência oncológica, atendendo a cerca de 77,6% da população brasileira que

depende exclusivamente do setor público.

2.7 Desafios e garantias do fluxo radio-oncológico no Brasil

No Brasil, conforme relata a Agência Senado (Brasil, 2018b), o câncer representa a segunda maior causa de mortalidade, sendo responsável por cerca de 15% dos óbitos anuais, com projeções de se tornar a primeira até o ano de 2030 segundo o Inca (2020) e a SBRT em conjunto com a FDC (2019), o que demanda políticas públicas eficazes de rastreamento e assistência.

Historicamente, a percepção da doença no território nacional transitou de uma "tragédia individual" e incurável para o status de objeto de políticas públicas estruturadas, processo este que teve como marco a criação do Centro de Cancerologia do Distrito Federal em 1937, embrião do atual INCA (Inca, 2007).

Nesse panorama, a radioterapia estabeleceu-se como um dos pilares fundamentais do tratamento oncológico, sendo indicada para aproximadamente 52% dos pacientes em sua fase inicial e para outros 20% em cursos subsequentes de tratamento (SBRT; FDC, 2019; Servir, 2024).

Para garantir a agilidade no cuidado, a lei 13.896/19 (Brasil, 2019) assegura que exames para confirmação diagnóstica no SUS sejam realizados em até 30 dias em casos de suspeita. Uma vez confirmado o diagnóstico, a lei 12.732/12 (Brasil, 2025b) determina que o primeiro tratamento deve ser iniciado em no máximo 60 dias e, como ferramenta de fiscalização, a lei 13.685/18 (Brasil, 2018a; 2018b) obriga a notificação compulsória de casos pelas redes pública e privada, visando identificar gargalos no sistema.

Percebe-se no Quadro 4 que as três leis supracitadas que estruturam o fluxo de atendimento oncológico no Brasil estabelecem prazos e obrigações para garantir a agilidade desde a suspeita inicial até o tratamento efetivo. Enquanto uma foca na confirmação do diagnóstico, as outras tratam do início da terapia e do monitoramento dos dados pelo sistema de saúde.

Quadro 4 - Prazos e Determinações Legais na Oncologia

Lei	Determinação (em dias)	Objetivo e Aplicação
Lei 13.896/2019	30 dias	Prazo máximo para a realização de exames diagnósticos no SUS quando a principal hipótese médica for câncer.
Lei 12.732/2012	60 dias	Prazo máximo para o início do primeiro tratamento (cirurgia ou medicação) após a confirmação diagnóstica em laudo.
Lei 13.685/2018	Notificação Compulsória	Obrigatoriedade de serviços públicos e privados informarem todos os casos de câncer às autoridades para identificar gargalos no sistema.

Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

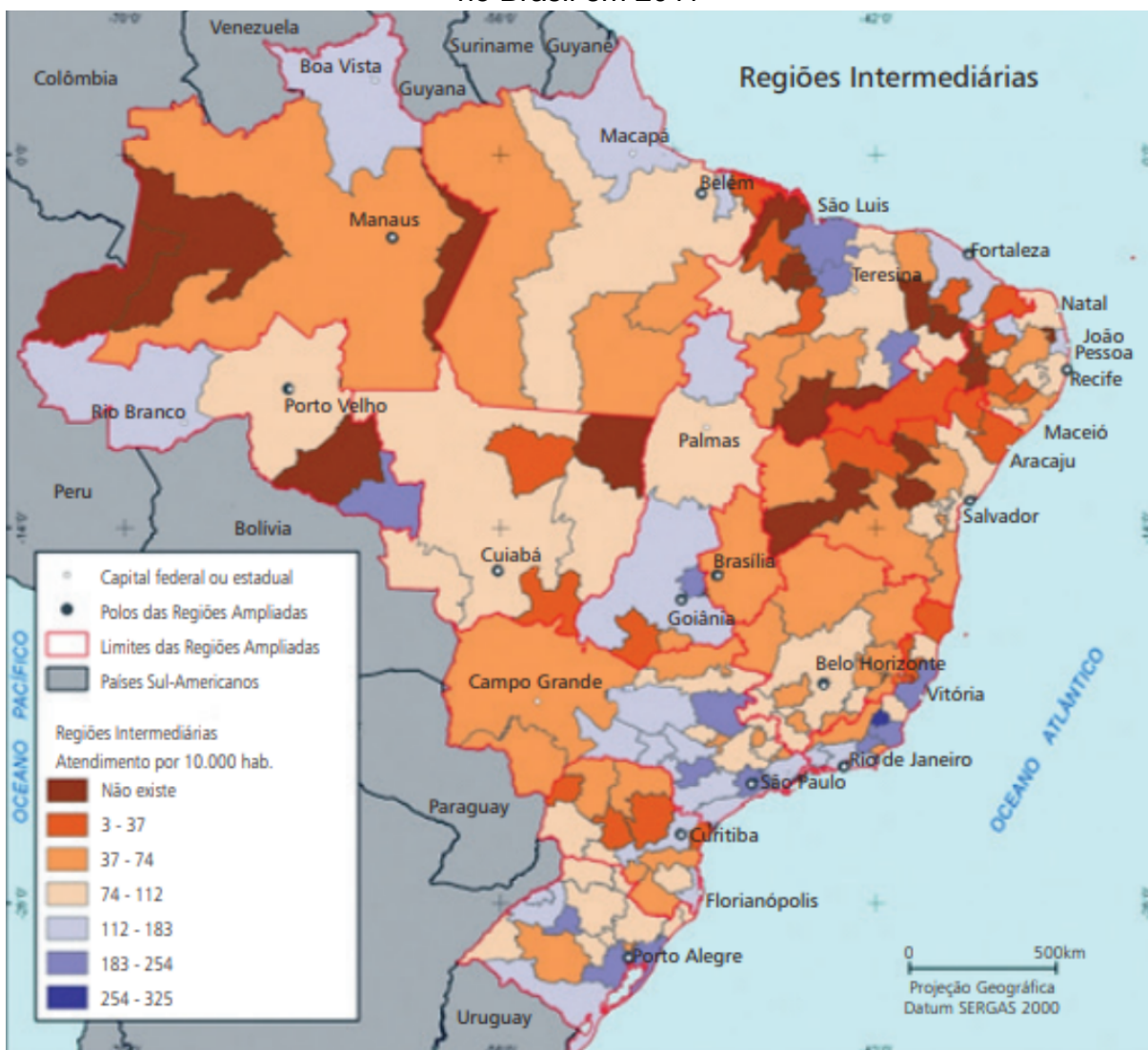
Contudo, a efetividade dessas normas enfrenta obstáculos práticos, visto que quase um terço dos pacientes não recebe tratamento de forma oportuna e ágil, sofrendo com uma espera média de 51 dias apenas para a primeira consulta com um especialista (Pulido; Aleixo; Sogame, 2023).

2.7.1 Disponibilidade tecnológica

No contexto da radioterapia, a persistência da modalidade 2D não é apenas uma escolha clínica, mas um reflexo da alta demanda e das lacunas na rede de Serviços de Apoio ao Diagnóstico e Terapia (SADT), especificamente no que tange à oferta de aparelhos de TC e RM (Brasil, 2017; SBRT; FDC, 2019).

A TC, essencial para o planejamento 3D, apresenta uma distribuição deficiente de modo geral. Dados apontam que existiam pelo menos 18 regiões intermediárias (RIs) no país em 2011, demonstrado na Figura 5, que sequer possuíam SADT de TC, e estavam concentradas principalmente nas regiões norte e nordeste. A precariedade obriga pacientes graves a percorrerem grandes distâncias para acessar o diagnóstico básico (Brasil, 2017).

Figura 5 - Distribuição aleatória dos atendimentos possíveis na escala intermediária no Brasil em 2011



Fonte: Adaptado de Brasil, 2017.

Ainda segundo Brasil (2017), a situação da RM é ainda mais crítica, uma vez que aproximadamente 30% das RIs, no mesmo ano, não possuíam equipamentos de ressonância, o que representa mais que o dobro do déficit encontrado para tomógrafos.

Dados do censo RT2030 (SBRT; FDC, 2019), conforme a Figura 6, indicaram a existência de 409 equipamentos de teleterapia em operação no final de 2019, predominantemente aceleradores lineares (97,6%). A distribuição dessas máquinas revela uma concentração nos estados com maior produto interno bruto (PIB) e densidade populacional, evidenciando que o acesso à tecnologia é influenciado por fatores econômicos. Por exemplo, enquanto a média nacional de ocupação é de 565 pacientes por máquina ao ano, a região norte apresenta um índice significativamente

inferior (471), reflexo de dificuldades logísticas e de diagnóstico (Brasil, 2017; SBRT; FDC, 2019).

Ademais, a SBRT juntamente com a FDC (2019) detectou que a defasagem tecnológica na radioterapia é agravada pela obsolescência dos equipamentos - a obsolescência técnica ocorre após 15 anos de fabricação, quando o equipamento deixa de acompanhar os avanços tecnológicos, enquanto a obsolescência operacional se refere à interrupção do suporte e fornecimento de peças pelos fabricantes -, caracterizando o fim de sua vida útil, especialmente no sistema público de saúde. A quantidade de equipamentos de cobaltoterapia aparece pequena no censo, representando apenas 2,4% do total das máquinas no Brasil.

Figura 6 - Distribuição por tipo de máquinas

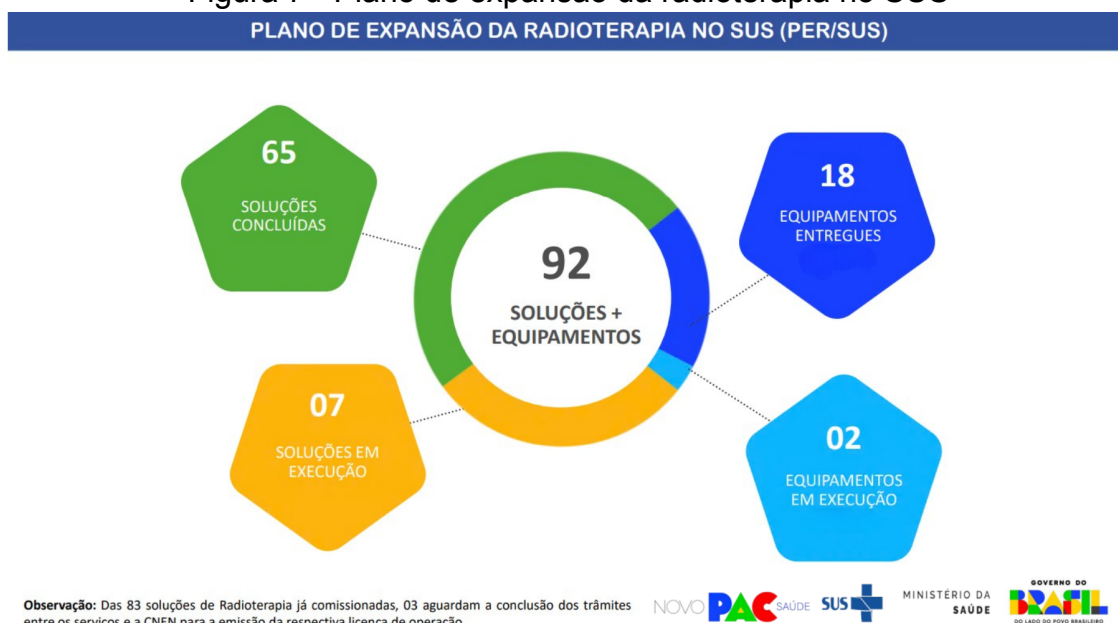
Regiões	Máquinas	Acelerador com elétrons	Acelerador só fótons	Cobalto
Centro-Oeste	27	18	9	0
Nordeste	64	43	17	4
Norte	22	14	7	1
Sudeste* (MG, RJ, ES)	90	66	23	1
Grande São Paulo	63	37	26	0
São Paulo interior	64	26	37	1
Sul	79	50	26	3
Total Brasil	409	254 (62%)	145 (36%)	10 (2%)

* A região Sudeste exclui os serviços do estado de São Paulo.

Fonte: SBRT; FDC, 2019.

O programa Agora Tem Especialistas, lançado pelo Ministério da Saúde em 2025, tem como objetivo diminuir as filas de espera do SUS para consultas, exames e cirurgias, com foco nos atendimentos de média e alta complexidade. O programa conta com o Componente Radioterapia, responsável por organizar e normatizar o acesso dos pacientes do SUS aos procedimentos de radioterapia (Brasil, 2025a). De acordo com Brasil (2025a), sua base legal apoia-se em portarias anteriores voltadas à assistência oncológica, sendo integrado ao novo programa para promover a equidade no acesso ao tratamento oncológico entre as diferentes regiões, ao mesmo tempo em que investe na qualificação dos serviços e na modernização tecnológica (Figura 7).

Figura 7 - Plano de expansão da radioterapia no SUS

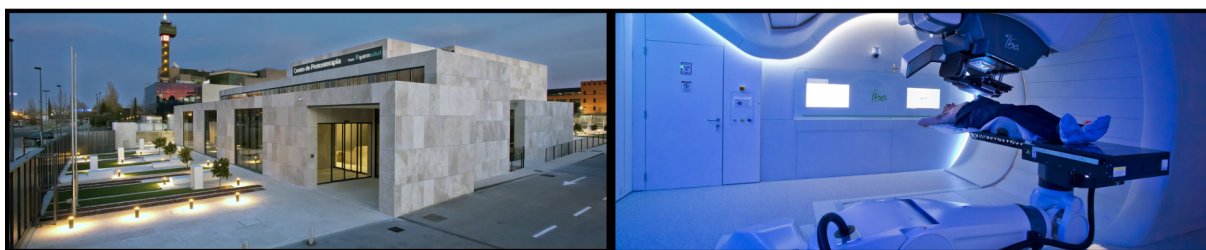


Fonte: Adaptado de Brasil, 2025a.

Além disso, observa-se uma desigualdade na incorporação de técnicas avançadas, como IMRT, IGRT e SBRT, que estão mais presentes nos serviços privados do que nos serviços exclusivos do SUS (SBRT; FDC, 2019).

No horizonte de novas fronteiras, projetos como o Centro de Protonterapia em Maricá (Figura 8), no Rio de Janeiro, buscam introduzir a protonterapia, considerada uma das técnicas mais precisas e com menos efeitos colaterais, especialmente para casos pediátricos, embora ainda não haja centros operacionais dessa modalidade na América Latina (Maricá, 2025).

Figura 8 - Prefeito de Maricá visita o Centro de Protonterapia, em Madri



Fonte: Adaptada de Maricá, 2025.

2.8 Justificativas para a permanência da radioterapia bidimensional no Brasil

Embora o planejamento 3D e as técnicas de modulação do feixe sejam o padrão-ouro atual por permitirem maior proteção de tecidos sadios, a técnica 2D ainda persiste no cenário brasileiro por razões clínicas e sistêmicas (Carvalho *et al.*, 2009; SBRT; FDC, 2019).

Clinicamente, a 2D-RT mantém seu papel definido sobretudo em cuidados paliativos ou em casos de prognóstico reservado, nos quais o objetivo primordial é o alívio de sintomas como dor (radioterapia antiálgica) ou sangramentos (radioterapia anti-hemorrágica) (Carvalho *et al.*, 2009; Tocantins, 2024). Além disso, situações curativas específicas, como em pacientes muito magras com tumores de mama ou em lesões cutâneas superficiais tratadas com elétrons, podem ser conduzidas via 2D em determinados contextos institucionais (Tocantins, 2024).

Do ponto de vista da gestão pública, a permanência dessa técnica é justificada pela alta demanda assistencial e pelas limitações de infraestrutura. O planejamento 3D exige um tempo significativamente maior por parte de médicos e físicos para o delineamento detalhado de estruturas e cálculos complexos (Carvalho *et al.*, 2009).

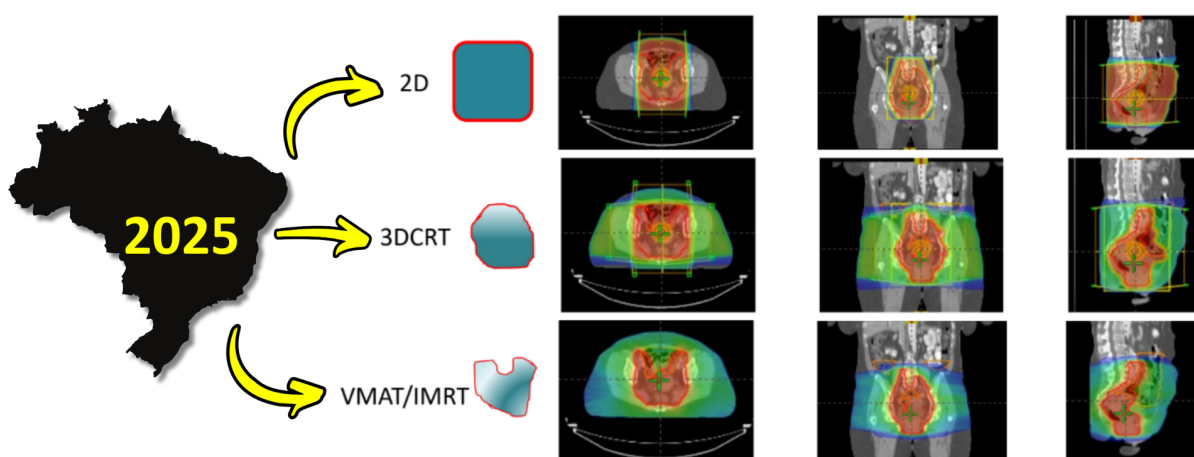
Em serviços com sobrecarga de pacientes e escassez de recursos humanos especializados, a utilização da 2D-RT acaba sendo uma estratégia para evitar a desassistência total e as filas de espera excessivas, que em 2011 apresentavam uma média de 113 dias para o início do tratamento no SUS (Carvalho *et al.*, 2009; SBRT; FDC, 2019). Portanto, segundo a SBRT e FDC (2019), embora a tendência nacional aponte para a substituição de 95% dos planejamentos por modelos 3D na próxima década, a técnica 2D sobrevive como um recurso de transição e suporte paliativo diante das carências do sistema de saúde.

2.9 O papel do técnico em radioterapia frente às desigualdades tecnológicas no Brasil

A atuação do técnico em radioterapia no cenário contemporâneo brasileiro é marcada por uma dualidade tecnológica desafiadora (Figura 9). Embora a oncologia avance para técnicas sofisticadas como a 3D-RT e a IMRT, a radioterapia 2D permanece como uma realidade clínica incontornável em diversas regiões devido a

disparidades socioeconômicas e à escassez de recursos (Burger, 2021; Wang, 2021). Nesse contexto, o profissional não deve apenas se especializar nas novas ferramentas, mas manter um domínio rigoroso das técnicas convencionais para garantir a equidade no acesso ao tratamento oncológico (Burger, 2021; Inca, 2010).

Figura 9 - Técnicas radioterápicas utilizadas no Brasil



Fonte: Adaptado de Burger, 2021.

Segundo a lei 7.394/85 (Brasil, 1985) - que regula o exercício da profissão de técnico em radiologia, e a RDC 20/06 (Brasil, 2006) - que estabelece o regulamento técnico para o funcionamento de serviços de radioterapia, técnico em radioterapia é o profissional legalmente habilitado para operar equipamentos de tratamento sob supervisão, sendo o elo final e crítico na cadeia de segurança do paciente (Quadro 5). Conforme as normativas vigentes, compete a este profissional a execução estrita do planejamento, a observação visual constante do paciente durante a exposição e o zelo pelo correto funcionamento mecânico e eletrônico do maquinário (Brasil, 2006; Inca, 2010).

O domínio anatômico, de acordo com o Inca (2010), constitui o diferencial qualitativo da atuação técnica. Enquanto a radioterapia 3D exige a compreensão da anatomia seccional para interpretação de cortes tomográficos transversais, sagitais e frontais, a técnica 2D fundamenta-se profundamente na anatomia topográfica óssea, onde o técnico deve ser capaz de identificar referências precisas para alinhar o isocentro e posicionar, de forma precisa, acessórios como blocos de proteção manuais de chumbo ou *cerrobend*, e máscaras termoplásticas (Inca, 2010).

Quadro 5 - Etapas detalhadas da função do técnico no tratamento radioterápico

Etapas	Atividades e Descrição Detalhada	Profissionais Envolvidos
Simulação	Procedimento de mapeamento anatômico para suporte do estabelecimento de alvos terapêuticos e identificação de órgãos sadios adjacentes. Pode ser Convencional (uso de radiografias e parâmetros ósseos) ou Virtual (uso de Tomografia Computadorizada - TC para reconstrução 3D) (SBRT; FDC, 2019).	Técnico/Tecnólogo, Dosimetrista e Físico Médico (Inca, 2010; SBRT; FDC, 2019)
Acessórios e Imobilização	Definição da posição do paciente (ex: decúbito dorsal ou ventral) e confecção de imobilizadores como máscaras termoplásticas, rampas de mama (breast boards), berços de gesso ou colchões a vácuo para garantir a reprodutibilidade diária (Inca, 2010).	Técnico ou Tecnólogo em Radioterapia (Inca, 2010; SBRT; FDC, 2019)
Tratamento (Aplicação)	Entrega da dose de radiação conforme o plano aprovado. A primeira aplicação exige obrigatoriamente a presença do médico e do físico para confirmação de parâmetros (SBRT; FDC, 2019). Sessões diárias são administradas seguindo a prescrição (Inca, 2010).	Técnico/Tecnólogo, Médico e Físico (Inca, 2010; SBRT; FDC, 2019)
Verificação de Posicionamento	Realização de exames de imagem na sala de tratamento (como o CBCT, check films ou portal films) para garantir que o campo de irradiação está correto (Inca, 2010; SBRT; FDC, 2019).	Técnico ou Tecnólogo em Radioterapia e Médico (SBRT; FDC, 2019)
• Segurança Cibernética: O processo de tratamento contemporâneo exige políticas de backup e segurança de dados, especialmente com a implementação da LGPD para proteção de prontuários e imagens (SBRT; FDC, 2019); • Humanização: Além da técnica, é dever da equipe (especialmente do técnico, que tem contato diário) oferecer suporte psicológico, orientações claras e estabelecer uma relação de confiança para minimizar o sofrimento (Inca, 2010); • Manutenção: Engenheiros realizam intervenções preventivas e corretivas nas máquinas (aceleradores lineares) para garantir a continuidade e segurança das aplicações (SBRT; FDC, 2019).		

Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

A necessidade do rigor técnico é indispensável para mitigar riscos de erros sistemáticos - que, em técnicas de alta dose, podem resultar em danos severos aos tecidos sadios - e assegurar o cumprimento estrito das normas de proteção radiológica e segurança do paciente preconizadas pela RDC 611/22 (Brasil, 2022),

garantindo que a precisão clínica seja obtida através da reprodução diária, de modo perfeito, das condições estabelecidas na simulação, independentemente da complexidade tecnológica da unidade (Inca, 2010, SBRT; FDC, 2019).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises iniciais indicam que, embora o Brasil tenha expandido progressivamente sua rede de aceleradores lineares e, conseqüentemente, ampliado a oferta de radioterapia no país, ainda se observa a utilização da técnica de planejamento 2D em alguns serviços. Essa permanência está relacionada, principalmente, à defasagem tecnológica presente em determinadas regiões e instituições, além da crescente demanda imposta pelo aumento na incidência de neoplasias malignas — fenômeno diretamente ligado ao envelhecimento populacional. Contudo, evidencia-se que a 2D-RT tem sido utilizada, nos dias atuais, quase exclusivamente em situações de emergências oncológicas, nas quais a agilidade no início do tratamento se sobrepõe à disponibilidade de técnicas mais avançadas.

Conclui-se que essa realidade reforça não apenas a necessidade de investimentos em infraestrutura e modernização dos serviços, mas também destaca a importância da qualificação dos técnicos em radioterapia, já que o domínio de imagens planares e a confecção artesanal de acessórios são tão essenciais quanto o de imagens volumétricas seccionais, fazendo do investimento em educação permanente o único meio de preparar o técnico para operar com segurança em um campo médico de evolução desigual. A capacidade de transitar entre o "paciente virtual" da simulação 3D e o posicionamento baseado em radiografias convencionais assegura que a precisão milimétrica necessária não seja um privilégio de centros de alta tecnologia, mas uma garantia de um tratamento de alta qualidade a todos os pacientes sob os cuidados do profissional.

REFERÊNCIAS

BURGER, Hester. **From 2D to 3DCRT to IMRT/VMAT: The role of education in transitioning to modern radiotherapy techniques**. Cape Town: 2021. Disponível em:

<https://vcdnp.org/wp-content/uploads/2022/06/H-Burger-access-to-technology.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2025.

BUSHONG, Stewart Carlyle. **Ciência radiológica para tecnólogos: física, biologia e proteção**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

BRASIL. **Componente Acesso à Radioterapia**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2025a. Disponível em:

<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/saes/agora-tem-especialistas/componente-a-acesso-a-radioterapia>. Acesso em: 19 jan. 2026.

BRASIL. **Distribuição espacial da população e dos serviços de saúde: as regiões de articulação urbana**. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2017.

Disponível em:

<https://arca.fiocruz.br/bitstreams/3627a61b-640c-4ca4-a21f-55eef759cab7/download>. Acesso em: 1 jun. 2025.

BRASIL. **Lei nº 7.394, de 29 de outubro de 1985**. Regula o Exercício da Profissão de Técnico em Radiologia, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1985. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7394.htm. Acesso em: 29 mai. 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.732, de 22 de novembro de 2012**. Dispõe sobre o primeiro tratamento de paciente com neoplasia maligna comprovada e estabelece prazo para seu início. [Texto atualizado]. Brasília, DF: Presidência da República, 2025b.

Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12732.htm. Acesso em: 21 dez. 2025.

BRASIL. **Lei nº 13.685, de 25 de junho de 2018**. Altera a Lei nº 12.732, de 22 de novembro de 2012, para estabelecer a notificação compulsória de agravos à saúde relacionados às neoplasias malignas. Brasília, DF: Presidência da República, 2018a.

Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13685.htm. Acesso em: 21 dez. 2025.

BRASIL. **Lei nº 13.896, de 30 de outubro de 2019**. Altera a Lei nº 12.732, de 22 de novembro de 2012, para que os exames necessários à confirmação do diagnóstico de neoplasia maligna sejam realizados no prazo de 30 (trinta) dias. Brasília, DF: Presidência da República, 2019. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/l13896.htm. Acesso em: 21 dez. 2025.

BRASIL. **Lei obriga notificação de casos de câncer ou malformação congênita**. Brasília, DF: Agência Senado, 26 jun. 2018b. Notícias. Disponível em:

<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2018/06/26/lei-obriga-notificacao-de-casos-de-cancer-ou-malformacao-congenita>. Acesso em: 24 dez. 2025.

BRASIL. **Resolução RDC nº 20, de 2 de fevereiro de 2006**. Dispõe sobre o regulamento técnico para o funcionamento de serviços de radioterapia. Brasília, DF: ANVISA, 2006. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2006/rdc0020_02_02_2006.html. Acesso em: 24 jun. 2025.

BRASIL. **Resolução RDC nº 611, de 9 de março de 2022**. Estabelece os requisitos sanitários básicos para a organização e o funcionamento de serviços de radiologia diagnóstica ou intervencionista. Brasília, DF: ANVISA, 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-611-de-9-de-marco-de-2022-386107075>. Acesso em: 14 mai. 2025

CARVALHO, Heloisa de Andrade *et al.* Comparação entre os volumes pulmonares irradiados com técnica bidimensional e tridimensional conformada na radioterapia de pacientes com tumores de pulmão localmente avançados. **Radiologia Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 303–308, set. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rb/a/9dFqVwFmNhXvSjMwFGg4dYy/?lang=pt>. DOI: 10.1590/S0100-39842009000500009. Acesso em: 17 ago. 2025.

FARFOS, Elaine ; PERUZZO, Jucimar. **PRINCÍPIOS BÁSICOS DE RADIOTERAPIA E SEU USO NO TRATAMENTO DO CÂNCER**. In: Anais da Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão do IFC Campus Concórdia. Concórdia(SC): IFC Campus Concórdia, 2019. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/sepeifcconcordia2019/174386-principios-basicos-de-radioterapia-e-seu-uso-no-tratamento-do-cancer>. Acesso em: 27 out 2025.

FIGUEIREDO, Euridice Maria de Almeida *et al.* **Tratado de Oncologia**. 1ª ed. 1º vol. Rio de Janeiro: Revinter, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER (Brasil). **ABC do câncer: abordagens básicas para o controle do câncer**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Inca, 2020. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/livro-abc-6-edicao-2020.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER (Brasil). **Atualização para técnicos em radioterapia**. Rio de Janeiro: Inca, 2010. Disponível em: https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//atualizacao_para_tecnicos_em_radioterapia.pdf. Acesso em: 24 mai. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER (Brasil). **Curso de atualização para técnicos em radioterapia**. Parte 1. Rio de Janeiro: Inca, 2001. Disponível em: https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//pqrt_curso_atualizacao_tec_rdtrp_p1.pdf. Acesso em: 24 mai. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER (Brasil). **De doença desconhecida a problema de saúde pública: o Inca e o controle do câncer no Brasil**. Rio de Janeiro:

Inca, 2007. Disponível em:
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/doenca_desconhecida_saude_publica.pdf. Acesso em: 3 jun. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER (Brasil). **Manual de bases técnicas da oncologia**: SIA/SUS - Sistema de Informações Ambulatoriais. 15. ed. Brasília, DF: Inca, 2013. Disponível em:
https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document/manual-oncologia-15-edicao-2013_0.pdf. Acesso em: 23 set. 2025.

LEE, Jung Ae *et al.* Dosimetric and Clinical Influence of 3D Versus 2D Planning in Postoperative Radiation Therapy for Gastric Cancer. **Cancer Research and Treatment**: Official Journal of Korean Cancer Association 2015;47(4):727-737. Disponível em: <https://www.e-crt.org/journal/view.php?doi=10.4143/crt.2014.018>. DOI: 10.4143/crt.2014.018. Publicado online em: 2 Dez. 2014. Acesso em: 14 ago. 2025.

MARICÁ. **Maricá pode ser a primeira cidade do Brasil a oferecer técnica avançada de tratamento do câncer**. Prefeitura de Maricá, 17 mar. 2025. Disponível em:
<https://www.marica.rj.gov.br/noticia/marica-pode-ser-a-primeira-cidade-do-brasil-a-oferecer-tecnica-avancada-de-tratamento-do-cancer/>. Acesso em: 10 jan. 2026.

PERES, Leonardo. **Princípios Físicos e Técnicos em Radioterapia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Rubio, 2025.

PIVETTA, Marcos. Prótons e íons na medida certa: Hadronterapia combate tumores de forma mais seletiva e eficaz que a radioterapia convencional. **Revista Pesquisa FAPESP**, São Paulo, n. 223, p. 24-25, set. 2014. Disponível em:
https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2014/09/024-025_cancer-prot%C3%B3n_223.pdf. Acesso em: 5 dez. 2025.

POLLOCK, Raphael E. *et al.* **UICC: Manual de Oncologia Clínica**. 8ª ed. São Paulo: Fundação Oncocentro de São Paulo, 2006.

PULIDO, José Zago; ALEIXO, Sabina Bandeira; SOGAME, Luciana Carrupt Machado. Lei dos 60 Dias: Realidade do Tratamento Tempestivo na Análise de uma Série de Casos de Câncer Colorretal. **Revista Brasileira de Cancerologia**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 4, e-4145, 2023. DOI: 10.32635/2176-9745.RBC.2023v69n4.4145. Disponível em: <https://rbc.inca.gov.br/index.php/revista/article/view/4145/3287>. Acesso em: 2 jan. 2026.

SALVAJOLI, João Victor; SOUHAMI, Luis; FARIA, Sérgio Luiz. **Radioterapia em Oncologia**. 2ª ed. São Paulo: Atheneu, 2013.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE RADIOTERAPIA; FUNDAÇÃO DOM CABRAL. **RT-2030: Plano de desenvolvimento da radioterapia para a próxima década**. São Paulo: SBRT; 2019. Disponível em:
https://sbradioterapia.com.br/wp-content/uploads/2021/08/Relatorio_Projeto_RT2030.pdf. Acesso em: 17 jun. 2025.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE RADIOTERAPIA. **História da radioterapia.**

Disponível em:

<https://sbradioterapia.com.br/pacientes-e-leigos/historia-da-radioterapia/historia-da-radioterapia/>. Publicado em 9 Out. 2024a. Acesso em: 19 jun. 2025.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE RADIOTERAPIA. **Radioterapia guiada por imagem (IGRT).** Publicado em 16 Jan. 2016. Disponível em:

<https://sbradioterapia.com.br/restrito/radioterapia-guiada-por-imagem-igrt/>. Acesso em: 17 jun. 2025.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE RADIOTERAPIA. **Técnicas de radioterapia.**

Disponível em:

<https://sbradioterapia.com.br/pacientes-e-leigos/evolucao-da-radioterapia/tecnicas-de-radioterapia/>. Publicado em 9 Out. 2024b. Acesso em: 19 jun. 2025.

TOCANTINS. Secretaria da Administração. **Manual do Credenciado SERVIR.**

Palmas: SERVIR, 2024. Disponível em:

[https://servir.to.gov.br/pdf/manual_do_credenciado_servir_update_19-11-20241%20\(1\).pdf](https://servir.to.gov.br/pdf/manual_do_credenciado_servir_update_19-11-20241%20(1).pdf). Acesso em: 9 dez. 2025.

TRAVANCINHA, Catarina; FERNANDEZ, Gonçalo. A radioterapia adaptativa na era da medicina personalizada: onde estamos e para onde vamos? **Revista GECP**. v. 20, n. 2, p. 21-34, 2023. Disponível em:

https://www.gecp.pt/revistas_GECP/2023/05RevistaGECP20-2-ARTIGO-REVISAO1.pdf. DOI: 10.32932/gecp.2023.12.046. Acesso em: 27 set. 2025.

WANG, Daniel Wei Liang. **Judicialização da Saúde nos Municípios: como responder e prevenir.** Vol. 1. Brasília: CONASEMS, 2021. Disponível em:

https://www.conasems.org.br/wp-content/uploads/2021/07/Cartilha_1_PROVA-3-1-1.pdf. Acesso em: 11 jun. 2025.