



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 em Radioterapia



MAX VINICIUS DE SOUSA VIEIRA

CONE BEAM NA RADIOTERAPIA DE CABEÇA E PESCOÇO: Riscos da imagem
diária

Rio de Janeiro

2026

MAX VINICIUS DE SOUSA VIEIRA

**CONE BEAM NA RADIOTERAPIA DE CABEÇA E PESCOÇO: Riscos da imagem
diária**

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

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

Coorientadora: Prof^a. M^a Maíra Ribeiro dos
Santos

Rio de Janeiro

2026

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

V658c Vieira, Max Vinicius de Sousa.

Cone Beam radioterapia de cabeça e pescoço: riscos da imagem diária / Max Vinicius de Sousa Vieira. – 2026.

27 f.: il. color.

Orientadora: Ma. Flávia Ventura dos Passos.

Coorientadora: Ma. Maira Ribeiro dos Santos.

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. Neoplasias de cabeça e pescoço. 3. Tomografia computadorizada de feixe cônico. I. Passos, Flávia Ventura dos. II. Santos, Maira Ribeiro dos. III. Instituto Nacional de Câncer (Brasil). IV. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio. V. Título.

CDD 615.8423

MAX VINICIUS DE SOUSA VIEIRA

Cone beam na radioterapia de cabeça e pescoço: Riscos da imagem diária

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

Avaliado em: 25/02/2026

Banca examinadora:

Profª Mª Flávia Ventura dos Passos
Instituto Nacional de Câncer

Profª Dra Rachele Grazziotin Reisner
Instituto Nacional de Câncer

Profª Cátia de Fatima Benevides
Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio

Rio de Janeiro

2026

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Odilene e Joel Max, cujos esforços foram imensos para que eu pudesse trilhar um caminho diferente do deles, por meio do constante incentivo ao estudo e à educação, com o objetivo de alcançar uma formação sólida e uma vida mais tranquila. Hoje, sinto orgulho de cada suor derramado por ambos em virtude da minha criação e, mais do que nunca, tenho a certeza de que estou honrando os meus progenitores.

Ao meu círculo de amizades, que o tempo vem mostrando serem raros e verdadeiros. Amigos que ofereceram conselhos valiosos e exerceram uma influência positiva em minha trajetória. Não posso deixar de citar Bruna Sousa, Stelly Zuza, Rogério Moraes, Rafaela Fanelli e Bruno Ítalo, que sempre enxergaram em mim um potencial que, muitas vezes, nem eu mesmo conseguia perceber.

Sou imensamente grato àquelas que foram pontes fundamentais entre mim e o conhecimento: Profa. Fadia, Profa. Izani e demais docentes, que, com maestria, me proporcionaram aprendizados valiosos, os quais levarei comigo por toda a vida.

À minha orientadora, Profa. M.^a Flávia Ventura, e à minha coorientadora, Profa. M.^a Maira Ribeiro, pela calma, atenção, apoio e suporte ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho, minha sincera gratidão.

Aos meus colegas de curso e de alojamento, em especial à chefe gaúcha Eliete Lodi, aos pernambucanos Thiago Sales e Santiago Santana, ao grande Gabriel Vieira, à silenciosa Débora Santos e à sempre gentil Luciana Teixeira, pelo companheirismo e convivência diária.

Por fim, sou muitíssimo grato aos meus preceptores de estágio, que me auxiliaram rotineiramente nos aparelhos e na prática profissional, contribuindo de forma significativa para a minha formação, e dos quais guardo lembranças e carinho especiais.

RESUMO

VIEIRA, Max Vinicius de Sousa. **Cone beam na radioterapia de cabeça e pescoço:** Riscos da Imagem Diária. Orientadores: Flávia Ventura dos Passos e Maíra Ribeiro dos Santos. 2026. 28 f. Trabalho de conclusão de curso Especialização em Radioterapia – Instituto Nacional de Câncer, Rio de Janeiro, 2026.

Introdução: A radioterapia é amplamente utilizada no tratamento de cânceres de cabeça e pescoço, exigindo elevada precisão devido à complexidade anatômica da região e à proximidade de estruturas sensíveis à radiação. O *Cone beam* (tomografia computadorizada com feixe cônico) permite obter imagens tridimensionais do paciente diretamente na sala de tratamento para verificar e corrigir o posicionamento em cada sessão. Entretanto, a realização diária desse exame pode resultar em aumento da dose de radiação acumulada, representando riscos ao longo do tempo. **Objetivo:** Analisar os riscos associados à utilização diária do *cone beam* no controle de qualidade da radioterapia de cabeça e pescoço. **Metodologia:** Foi realizada uma revisão narrativa da literatura com busca na Biblioteca Regional Virtual em Saúde e *National Library of Medicine*, utilizando descritores relacionados à radioterapia, câncer de cabeça e pescoço e tomografia computadorizada com feixe cônico. Foram analisados quatro artigos diretamente relacionados ao tema, além de documentos normativos pertinentes. **Considerações finais:** Os estudos indicam que a tomografia computadorizada com feixe cônico contribui para melhorar o controle de posicionamento e a precisão do tratamento. Porém, sua aplicação diária pode elevar a dose de radiação recebida pelo paciente. Protocolos que realizam a imagem nas primeiras sessões, seguidos de verificações periódicas, mostraram-se eficazes na correção de desvios geométricos com menor exposição desnecessária à radiação. O *Cone beam* é fundamental para o controle de qualidade da radioterapia, porém sua utilização diária deve ser avaliada com base nos princípios da justificação e otimização da proteção radiológica.

Palavras-chave: radioterapia; cone beam; cabeça e pescoço.

ABSTRACT

VIEIRA, Max Vinicius de Sousa. **Cone beam in head and neck radiotherapy**: risks of daily imaging. Advisors: Flávia Ventura dos Passos and Maíra Ribeiro dos Santos. 2026. 28 f. Course Completion Work of Specialization in Radiotherapy – National Cancer Institute, Rio de Janeiro, 2026.

Introduction: Radiotherapy is widely used in the treatment of head and neck cancers, requiring high precision due to the anatomical complexity of this region and the proximity of radiosensitive structures. Cone Beam Computed Tomography allows three-dimensional images of the patient to be acquired directly in the treatment room, enabling verification and correction of patient positioning at each session. However, daily acquisition of this imaging modality may result in an increased accumulated radiation dose, posing potential long-term risks. **Objective:** To analyze the risks associated with the daily use of cone beam imaging in the quality control of head and neck radiotherapy. **Methodology:** A narrative literature review was conducted using searches in the Virtual Health Library and National Library of Medicine databases, employing descriptors related to radiotherapy, head and neck cancer, and cone beam computed tomography. Four articles directly related to the topic were analyzed, in addition to relevant normative documents. **Final considerations:** The studies indicate that cone beam computed tomography contributes to improved positioning control and treatment accuracy. However, its daily application may increase the radiation dose received by the patient. Protocols that perform imaging during the initial treatment sessions followed by periodic verification have proven effective in correcting geometric deviations while reducing unnecessary radiation exposure. Cone beam imaging is fundamental for radiotherapy quality control; however, its daily use should be evaluated based on the principles of justification and optimization of radiological protection.

Keywords: radiotherapy; cone beam; head and neck.

LISTA DE SIGLAS

AAPM	<i>American Association of Physicists in Medicine</i>
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BVS	Biblioteca Virtual em Saúde
CBCT	<i>Cone Beam Computed Tomography</i>
DeCS	Descritores em Ciências da Saúde
IA	Inteligência Artificial
IGRT	<i>Image Guided Radiotherapy</i>
IMRT	<i>Intensity Modulated Radiotherapy</i>
INCA	Instituto Nacional de Câncer
MeSH	<i>Medical Subject Headings</i>
NLM	<i>National Library of Medicine</i>
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
TC	Tomografia Computadorizada
TG-75	<i>Task Group 75</i>
UADT	Trato Aerodigestivo Superior

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	06
1.1	Objetivo geral.....	07
1.2	Objetivos específicos.....	07
1.3	Metodologia.....	07
2	DESENVOLVIMENTO.....	09
2.1	Câncer de cabeça e pescoço e a radioterapia.....	10
2.2	Importância da precisão e do controle de qualidade.....	11
2.3	Radioterapia conformacional e técnicas modernas.....	12
3	RADIOTERAPIA GUIADA POR IMAGEM (IGRT).....	13
3.1	Modalidades de imagem utilizadas na IGRT.....	13
3.2	Papel da IGRT no controle de posicionamento.....	14
4	CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY NA RADIOTERAPIA.....	16
4.1	Uso do CBCT em tratamentos de cabeça e pescoço.....	17
4.2	Frequência de aquisição do CBCT e implicações práticas.....	18
4.3	Riscos estocásticos associados ao uso do CBCT.....	19
5	RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS E NORMATIVAS.....	20
5.1	Implicações para o controle de qualidade e a prática clínica.....	21
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
	REFERÊNCIAS.....	24

1 INTRODUÇÃO

O câncer é um desafio na saúde pública. Dentre os predominantes, podemos destacar os de cabeça e pescoço, que afetam gravemente a funcionalidade e qualidade de vida dos pacientes. Estimam-se milhares de novos casos anuais de cavidade oral e laringe entre 2023 e 2025. Essa realidade reforça a importância de abordagens terapêuticas que priorizem precisão e segurança no tratamento, como é o caso da radioterapia (Inca, 2022).

A radioterapia é amplamente utilizada no tratamento dos tumores de cabeça e pescoço, atuando na destruição de células cancerígenas e preservando os tecidos saudáveis. Seu sucesso depende da precisão da dose e da fidelidade ao plano de tratamento, exigindo etapas como simulação e controle de qualidade (Salvajoli; Faria; Sampaio, 2013).

Com os avanços tecnológicos na radioterapia, técnicas como a *Image-Guide Radiation Therapy (IGRT)* oferecem maior controle na entrega da dose. O *Cone beam Computed Tomography (CBCT)* amplamente utilizado nesse contexto, adquire imagens tridimensionais na própria sala de tratamento. Segundo o autor, esses recursos reduzem incertezas no posicionamento e permitem correções em tempo real, o que é crucial em regiões como cabeça e pescoço, onde a precisão é fundamental (Salvajoli; Faria; Sampaio, 2013).

Apesar dos benefícios do *CBCT*, os protocolos adotados entre os serviços de radioterapia ainda apresentam variações. Enquanto algumas instituições utilizam a imagem diariamente, outras seguem protocolos menos rigorosos, priorizando as primeiras frações ou sessões semanais (Jain *et al.*, 2023).

No Brasil, a Resolução RDC nº 20/2006 da Anvisa determina que, em tratamentos conformados, deve ser realizada pelo menos uma verificação semanal do campo de radiação diretamente no aparelho, como parte das exigências mínimas de controle de qualidade nos serviços de radioterapia (Brasil, 2006).

Diante disso, este trabalho propõe-se a responder à seguinte pergunta: A realização diária de *CBCT* na radioterapia de cabeça e pescoço representa um risco relevante para o paciente?

1.1 Objetivo geral

Analisar os riscos da utilização diária do *CBCT* no controle de qualidade da radioterapia de cabeça e pescoço, com base na literatura científica e nas recomendações normativas.

1.2 Objetivos específicos

- Descrever os efeitos da imagem diária por *CBCT* e os riscos estocásticos associados.
- Verificar as recomendações técnicas e normativas sobre o uso do *CBCT* no contexto do controle de qualidade.

1.3 Metodologia

Neste trabalho foi realizada uma revisão narrativa, descritiva. Foram utilizadas plataformas como Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), e *National Library of Medicine* (NLM) via *PubMed*, através dos vocabulários dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e do *National Library of Medicine* (MeSH) e termos livres.

A pesquisa dos artigos foi feita no período de maio até julho de 2025, onde foram usados descritores autorizados da língua portuguesa e inglesa: Radioterapia, Câncer de cabeça e pescoço e Cone Beam. Condizente com o quadro abaixo:

Quadro
1:

Mapeamento dos Descritores
"Radioterapia " OR "Radiotherapy" OR "Radioterapia Localizada" OR "Tratamento por Radiação" OR "Tratamentos por Radiação"
"Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico" OR "Cone-Beam Computed Tomography" OR "TC Volumétrica" OR "TC Volumétrico" OR "TC de Feixe Cônico" OR "Tomografia Computadorizada Volumétrica"
"Neoplasias de Cabeça e Pescoço" OR "Head and Neck Neoplasms" OR "Câncer da Cabeça" OR "Câncer de Cabeça e Pescoço" OR "Câncer do Pescoço" OR "Neoplasia UADT" OR "Neoplasia de Cabeça" OR "Neoplasia de Cabeça e Pescoço" OR "Neoplasia do Pescoço" OR "Neoplasia do Trato Aerodigestivo Superior" OR "Neoplasia do Trato Aerodigestório Superior" OR "Neoplasias do Pescoço" OR "Neoplasias do Trato Aerodigestório Superior"

Mapeamento de conceitos - Rio de Janeiro, 2026.

Fonte: O autor, 2026.

Nessa pesquisa foram encontrados 47 artigos na *PubMed* e 44 na BVS, dos quais foram exportados para a plataforma *Rayyan* onde através da leitura dos títulos e resumos, foram excluídos os artigos que não tinham relação com a pesquisa, através desse filtro chegou-se a um resultado de 4 artigos.

Foram considerados elegíveis para este estudo artigos científicos originais e revisões que abordassem a dose de radiação proveniente do uso *CBCT* no contexto da radioterapia, bem como estudos relacionados aos efeitos biológicos da radiação de imagem. Também foram incluídos livros de referência na área de radioterapia, documentos normativos e técnicos sobre proteção radiológica em radioterapia e publicações que tratassem de protocolos de verificação de posicionamento em radioterapia de cabeça e pescoço. Priorizou-se a inclusão de trabalhos publicados preferencialmente nos últimos dez anos, nos idiomas inglês e português.

Foram excluídos estudos que abordassem exclusivamente outras modalidades de imagem que não o *CBCT*, artigos focados apenas em regiões anatômicas sem aplicabilidade para cabeça e pescoço, e estudos puramente diagnósticos fora do contexto da radioterapia.

2 DESENVOLVIMENTO

Diante da variedade de protocolos relacionados ao uso do *CBC* na radioterapia de cabeça e pescoço, surge a necessidade de discutir qual frequência de imagem garante maior segurança ao paciente sem gerar efeitos indesejados no tratamento. Embora a imagem diária aumente o controle sobre o posicionamento, estudos demonstram que essa prática pode elevar significativamente a dose acumulada, com valores que, ao longo do tratamento, se aproximam de uma fração terapêutica. Alaei e Spezi (2015) alertam que essa exposição adicional pode aumentar o risco de efeitos estocásticos, como o desenvolvimento de neoplasias secundárias, além de elevar a dose em órgãos fora do campo de tratamento.

No entanto, o uso diário do *CBC* ainda é um tema de debate. Em um estudo prospectivo com 100 pacientes oncológicos, foi demonstrado que a realização de *CBC* apenas nas três primeiras frações, seguida de imagens semanais, foi suficiente para detectar e corrigir desvios de posicionamento relevantes, isso permitiu a redução de margens de segurança sem comprometer a eficácia do tratamento, sugerindo que protocolos menos frequentes podem ser eficazes e seguros em muitos casos (Jain *et al.*, 2023).

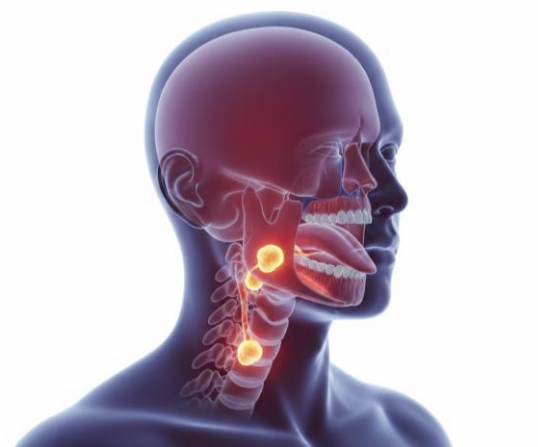
No contexto regulatório brasileiro, a resolução RDC nº 20/2006 da Anvisa estabelece que deve haver ao menos uma verificação semanal com imagem obtida diretamente no aparelho de tratamento para protocolos conformados. Essa diretriz serve como um parâmetro mínimo de controle a obrigatoriedade normativa, o que exige uma avaliação criteriosa sobre a justificativa clínica e o risco-benefício de sua adoção rotineira (Brasil, 2006).

Levando em consideração os dados apresentados, destaca-se a importância do controle de qualidade como etapa essencial no tratamento. A execução adequada das imagens e a compreensão das doses cumulativas são fundamentais para garantir a segurança do paciente. Ao se compreender os impactos do uso frequente do *CBC*, torna-se possível tomar decisões mais embasadas nos princípios da justificação e da otimização, fundamentais na radioterapia (Salvajoli; Faria; Sampaio, 2013).

2.1 Câncer de cabeça e pescoço e a radioterapia

Os cânceres de cabeça e pescoço correspondem a um conjunto de neoplasias malignas que acometem estruturas do trato aerodigestivo superior, incluindo cavidade oral, faringe, laringe, cavidade nasal, seios paranasais e glândulas salivares. Essas neoplasias apresentam elevada relevância em saúde pública, tanto pela incidência quanto pelo impacto funcional associado ao comprometimento de atividades essenciais, como fala, mastigação, deglutição e respiração (Inca, 2022) de acordo com ilustração da figura 1:

Figura 1 - Ilustração do sítio anatômico de cabeça e pescoço



Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio de IA (Gemini), 2026.

De acordo com dados institucionais, os tumores de cabeça e pescoço figuram entre os mais frequentes no Brasil, com estimativas expressivas de novos casos anuais, conforme mostra a figura 2, e especialmente para cânceres de cavidade oral e laringe. Além da carga epidemiológica, esses tumores estão associados a significativo impacto na qualidade de vida dos pacientes, em função das sequelas funcionais e estéticas decorrentes tanto da doença quanto do tratamento (Inca, 2022).

Figura 2 - Distribuição proporcional dos dez tipos de câncer estimados para 2023-2025

Localização Primária	Casos	%	Homens	Mulheres	Localização Primária	Casos	%
Próstata	71.730	30,0%			Mama feminina	73.610	30,1%
Cólon e reto	21.970	9,2%			Cólon e reto	23.660	9,7%
Traqueia, brônquio e pulmão	18.020	7,5%			Colo do útero	17.010	7,0%
Estômago	13.340	5,6%			Traqueia, brônquio e pulmão	14.540	6,0%
Cavidade oral	10.900	4,6%			Glândula tireoide	14.160	5,8%
Esôfago	8.200	3,4%			Estômago	8.140	3,3%
Bexiga	7.870	3,3%			Corpo do útero	7.840	3,2%
Laringe	6.570	2,7%			Ovário	7.310	3,0%
Linfoma não Hodgkin	6.420	2,7%			Pâncreas	5.690	2,3%
Fígado	6.390	2,7%			Linfoma não Hodgkin	5.620	2,3%

Fonte: Inca, 2022.

No manejo terapêutico dessas neoplasias, a radioterapia configura-se como uma das principais modalidades de tratamento, podendo ser utilizada de forma exclusiva ou associada a outras abordagens, como cirurgia e quimioterapia. Seu objetivo consiste na erradicação ou no controle local e regional do tumor por meio da aplicação de radiação ionizante, respeitando os limites de tolerância dos tecidos sadios adjacentes (Inca, 2022).

A indicação da radioterapia nos cânceres de cabeça e pescoço depende de fatores como o estadiamento da doença, a localização do tumor e as condições clínicas do paciente. Em muitos casos, essa modalidade terapêutica é empregada com intenção curativa, exigindo rigor na execução do tratamento para minimizar efeitos adversos e preservar, sempre que possível, as funções comprometidas pela neoplasia (Inca, 2022).

2.2 Importância da precisão e do controle de qualidade

A precisão na radioterapia é um fator determinante para o sucesso do tratamento, especialmente em regiões anatomicamente complexas como cabeça e pescoço. A entrega adequada da dose planejada depende da reprodutibilidade do posicionamento do paciente ao longo das frações, uma vez que desvios mínimos podem impactar significativamente a distribuição da dose no volume alvo e nos órgãos de risco (Salvajoli; Faria; Sampaio, 2013).

O controle de qualidade em radioterapia compreende um conjunto de procedimentos técnicos e operacionais destinados a garantir o correto funcionamento dos equipamentos, sistemas de planejamento e métodos de entrega da dose. Esses procedimentos visam assegurar que a dose prescrita seja administrada de forma

precisa e segura, reduzindo riscos associados a falhas técnicas e operacionais (Brasil, 2006).

Na radioterapia de cabeça e pescoço, o controle de qualidade assume papel ainda mais relevante, uma vez que erros geométricos de pequena magnitude podem resultar em consequências clínicas significativas. Dessa forma, a adoção de rotinas sistemáticas de verificação e monitoramento contribui para a segurança do paciente e para a confiabilidade do tratamento radioterápico (Brasil, 2006).

2.3 Radioterapia conformacional e técnicas modernas

A radioterapia conformacional representou um avanço importante na prática clínica ao permitir a adaptação da distribuição da dose ao formato do volume tumoral, reduzindo a irradiação de tecidos sadios adjacentes. Baseada no uso de imagens tridimensionais para o planejamento e na conformação geométrica dos campos de tratamento, essa abordagem foi ampliada com a evolução tecnológica por meio de técnicas modernas, como a radioterapia de intensidade modulada (IMRT), que possibilitou a modulação da intensidade do feixe dentro de cada campo. Esse avanço favoreceu maior precisão na entrega da dose, melhor cobertura do volume alvo e maior preservação dos órgãos de risco, aspecto particularmente relevante em tratamentos de cabeça e pescoço, nos quais múltiplas estruturas radiosensíveis encontram-se em estreita proximidade ao tumor (Salvajoli; Faria; Sampaio, 2013).

A incorporação dessas técnicas modernas implicou maior complexidade no planejamento e na execução do tratamento, tornando a precisão geométrica e a reprodutibilidade do posicionamento do paciente fatores essenciais para a qualidade do tratamento radioterápico. A elevada sensibilidade a erros reforçou a necessidade de integração entre planejamento, execução e verificação, consolidando a precisão como elemento central da radioterapia contemporânea (Peres, 2025).

3 RADIOTERAPIA GUIADA POR IMAGEM (IGRT)

A radioterapia guiada por imagem (*IGRT*) corresponde ao conjunto de técnicas que utilizam métodos de imagem para verificar e, quando necessário, corrigir o posicionamento do paciente imediatamente antes ou durante a aplicação da dose terapêutica. Seu principal objetivo é garantir maior precisão geométrica na entrega da dose planejada, reduzindo incertezas relacionadas a erros de posicionamento e variações anatômicas ao longo do tratamento (Salvajoli; Faria; Sampaio, 2013).

Ainda segundo os autores Salvajoli; Faria; Sampaio, (2013), a aplicação da *IGRT* tornou-se particularmente relevante com a disseminação das técnicas conformacionais, uma vez que essas abordagens apresentam alta sensibilidade a desvios geométricos. Sob essa perspectiva, a utilização de imagens no ambiente de tratamento permite maior reprodutibilidade entre o planejamento e a execução, contribuindo para a segurança e a eficácia da radioterapia moderna.

3.1 Modalidades de imagem utilizadas na *IGRT*

A radioterapia guiada por imagem foi realizada por meio de diferentes modalidades de aquisição, incluindo imagens planares bidimensionais e imagens tridimensionais volumétricas. Essas modalidades diferiram quanto ao princípio físico de formação da imagem, à capacidade de visualização anatômica e à dose associada à aquisição, sendo sua escolha dependente do sítio anatômico tratado e do objetivo clínico da verificação geométrica (Peres, 2025).

As imagens planares, obtidas por sistemas de quilovoltagem ou megavoltagem acoplados ao acelerador linear, conforme na figura 3, permitiram a avaliação bidimensional do posicionamento do paciente, sendo adequadas para a identificação de estruturas ósseas e alinhamentos gerais. Entretanto, em regiões de elevada complexidade anatômica, como cabeça e pescoço, as imagens tridimensionais mostraram-se mais eficazes por possibilitarem a visualização volumétrica das estruturas e uma correção geométrica mais precisa (Peres, 2025 ; Srinivasan; Mohammadi; Shepherd, 2014).

Figura 3 - Acelerador linear com dispositivos de *IGRT*



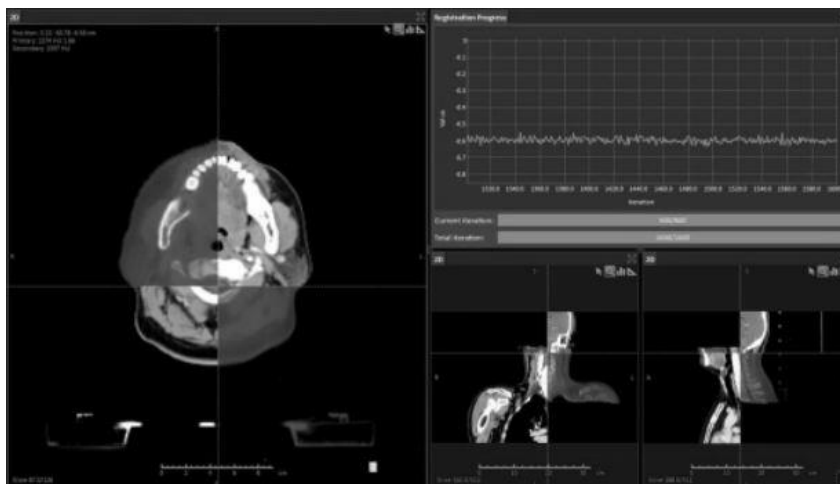
Fonte: Srinivasan; Mohammadi; Shepherd, 2014.

A tomografia computadorizada com feixe cônico de quilovoltagem consolidou-se como a principal modalidade tridimensional empregada na *IGRT*, especialmente em tratamentos de cabeça e pescoço. Estudos clínicos demonstraram que o uso do *CBCCT* permitiu maior reprodutibilidade do posicionamento e melhor correção de desvios interfractionais, sendo amplamente adotado na prática clínica em função da complexidade anatômica da região e da necessidade de elevada precisão geométrica (Srinivasan; Mohammadi; Shepherd, 2014; Jain *et al.*, 2023).

3.2 Papel da *IGRT* no controle de posicionamento

A tomografia computadorizada com feixe cônico assumiu papel central na radioterapia guiada por imagem ao permitir a aquisição volumétrica da anatomia do paciente no próprio ambiente de tratamento. Essa modalidade possibilitou a comparação direta entre a anatomia apresentada no momento da irradiação e a imagem de referência do planejamento, favorecendo a correção tridimensional de desvios geométricos com maior precisão quando comparada às técnicas bidimensionais (Peres, 2025) como demonstra a figura 4:

Figura 4 - Sistema de fusão de imagem



Fonte: Peres, 2025.

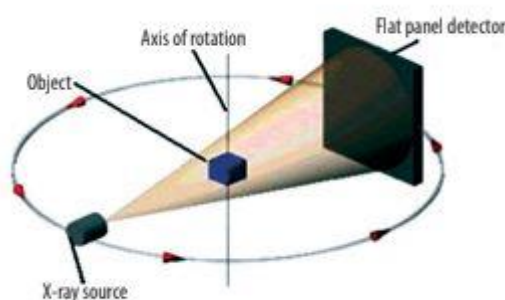
O *CBCT* destacou-se por sua capacidade de visualização volumétrica das estruturas ósseas e, em determinados protocolos, de tecidos moles, o que ampliou sua aplicabilidade em regiões anatomicamente complexas. Estudos demonstraram que o uso do *CBCT* acoplado ao acelerador linear contribuiu para a melhoria da reprodutibilidade do posicionamento e para a redução de erros entre as frações, especialmente em tratamentos de cabeça e pescoço (Srinivasan; Mohammadi; Shepherd, 2014).

Na prática clínica, a adoção do *CBCT* na *IGRT* mostrou-se particularmente relevante em pacientes com câncer de cabeça e pescoço, em razão da elevada variabilidade anatômica ao longo do tratamento. Evidências clínicas indicaram que a utilização sistemática dessa modalidade de imagem permitiu maior controle geométrico do tratamento, favorecendo a manutenção da conformidade da dose planejada e a segurança na execução das frações radioterápicas (Jain *et al.*, 2023).

4 CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY NA RADIOTERAPIA

A tomografia computadorizada com feixe cônico de quilovoltagem consiste em uma modalidade de imagem tridimensional integrada ao acelerador linear, conforme ilustrado na figura 5, na qual um tubo de raios X e um detector plano realizam movimento de rotação ao redor do paciente. Essa configuração permite a aquisição volumétrica da anatomia em um único arco de rotação, possibilitando a reconstrução tridimensional das estruturas diretamente no ambiente de tratamento radioterápico (Peres, 2025).

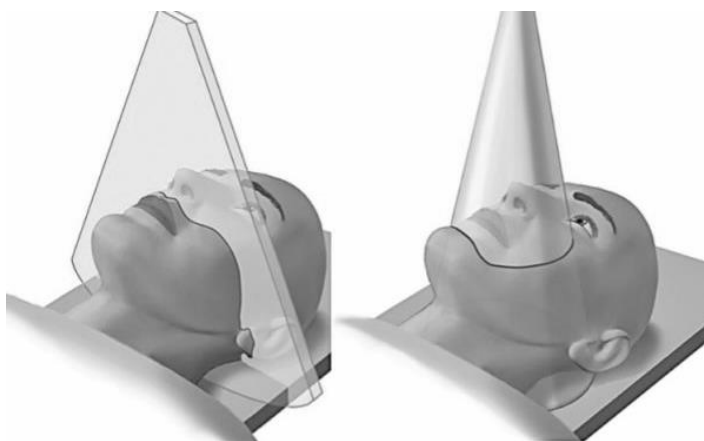
Figura 5 - Ilustração geométrica do *CBCT*



Fonte: Srinivasan; Mohammadi; Shepherd, 2014.

Peres, (2025) diferencia a CBCT da TC convencional, pelo uso de um feixe cônico e de detectores planos, tal como a figura 6 ilustra, essa particularidade em características próprias de resolução espacial, contraste e espalhamento. Embora apresente menor qualidade de imagem quando comparado à tomografia diagnóstica, o *CBCT* oferece resolução suficiente para a identificação de estruturas ósseas e, em protocolos específicos, de tecidos moles, atendendo às demandas do controle geométrico em radioterapia.

Figura 6 - *Fan beam* e *cone beam*



Fonte: Peres, 2025.

A integração do *CBCT* aos aceleradores lineares possibilitou sua ampla utilização na radioterapia guiada por imagem, especialmente em tratamentos que exigem elevada precisão geométrica. Estudos técnicos demonstraram que essa modalidade de imagem permite correções tridimensionais do posicionamento do paciente, contribuindo para a redução de erros interfractionais e para a maior reprodutibilidade do tratamento, sobretudo em regiões anatomicamente complexas (Srinivasan; Mohammadi; Shepherd, 2014).

4.1 Uso do *CBCT* em tratamentos de cabeça e pescoço

Em tratamentos radioterápicos de cabeça e pescoço, o *CBCT* assume papel relevante devido à complexidade anatômica da região e à proximidade entre o volume tumoral e órgãos críticos. A aquisição de imagens tridimensionais permite a avaliação mais precisa do alinhamento do paciente, favorecendo a correção de desvios que poderiam comprometer a distribuição da dose planejada (Jain *et al.*, 2023).

Além da verificação do posicionamento, Jain (2023) discorre que o *CBCT* possibilita a identificação de alterações anatômicas ao longo do tratamento, como perda ponderal e mudanças no contorno das estruturas irradiadas. Em tumores de cabeça e pescoço, essas modificações podem ocorrer de forma significativa durante

o curso do tratamento, justificando a utilização da imagem como ferramenta de acompanhamento da geometria do paciente.

4.2 Frequência de aquisição do CBCT e implicações práticas

A incorporação do CBCT à rotina da radioterapia guiada por imagem levou, em muitos serviços, à adoção da aquisição diária de imagens, especialmente em tratamentos considerados complexos. Essa prática baseia-se na premissa de que a verificação frequente do posicionamento aumenta a segurança e reduz incertezas geométricas ao longo do tratamento (Salvajoli; Faria; Sampaio, 2013).

Entretanto, de acordo com Jain *et al.*, (2023) as evidências clínicas indicam que a realização diária do CBCT nem sempre é indispensável para garantir a precisão do tratamento. Estudos prospectivos demonstram que a aquisição de imagens nas primeiras frações, seguida de verificações periódicas, como semanais, pode ser suficiente para detectar e corrigir erros de posicionamento em pacientes com câncer de cabeça e pescoço, mantendo resultados satisfatórios quanto à precisão geométrica.

A radioterapia guiada por imagem implica a adição de uma dose extra ao paciente decorrente da aquisição das imagens, a qual não deve ser considerada irrelevante. Conforme Peres (2025), a magnitude dessa dose varia conforme a modalidade e os parâmetros de aquisição, podendo se tornar significativa quando a imagem é utilizada de forma repetitiva ao longo do tratamento, o que reforça a necessidade de considerar a dose de imagem como parte integrante do processo radioterápico.

Ainda, dessa forma, a definição da frequência de aquisição do CBCT deve ser baseada em critérios clínicos e técnicos, considerando a complexidade do caso, a estabilidade do posicionamento do paciente e a evolução anatômica ao longo do tratamento (Jain *et al.*, 2023).

4.3 Riscos estocásticos associados ao uso do CBCT

A utilização do *CBCT* na radioterapia guiada por imagem implicou a exposição adicional do paciente à radiação ionizante, caracterizada por doses relativamente baixas por aquisição, porém relevantes quando consideradas de forma cumulativa ao longo do tratamento. Essa exposição adicional ocorre em um contexto no qual o objetivo principal da imagem é a verificação geométrica, e não a finalidade diagnóstica, o que torna necessária a avaliação criteriosa do impacto radiobiológico associado ao seu uso repetitivo (Alaei; Spezi, 2015).

No aspecto radiobiológico Alaei; Spezi (2015) abordam que a exposição repetida à radiação de baixa dose está associada aos chamados riscos estocásticos, nos quais a probabilidade de ocorrência de efeitos tardios como a indução de neoplasias secundárias, aumenta com a dose absorvida, sem a existência de um limiar definido. Em tratamentos de cabeça e pescoço, a repetição frequente do *CBCT* pode resultar em doses acumuladas relevantes em tecidos sadios adjacentes ao volume alvo, o que reforça a importância de considerar esses riscos no contexto do controle de qualidade e da proteção radiológica.

Além da avaliação dosimétrica, evidências experimentais recentes demonstraram que a dose de imagem proveniente do *CBCT* pode produzir efeitos biológicos mensuráveis em nível celular. Estudos conduzidos em modelos de cabeça e pescoço indicaram que a aplicação da dose de *CBCT* previamente à fração terapêutica pode interferir nos mecanismos de reparo de danos ao DNA, sugerindo uma modulação da resposta biológica à radiação. Esses achados ampliam a discussão sobre os riscos estocásticos associados à imagem diária, destacando a necessidade de uso criterioso do *CBCT* na prática clínica (Popotte *et al.*, 2024).

5 RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS E NORMATIVAS

No cenário nacional, a Resolução da Diretoria Colegiada nº 20/2006, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil, 2006), estabelece os requisitos para o funcionamento dos serviços de radioterapia, contemplando aspectos relacionados à segurança do paciente, à proteção radiológica e à implementação de programas de controle de qualidade. Embora a normativa não trate de forma específica da radioterapia guiada por imagem ou do uso do *CBCT*, seus princípios gerais fornecem base regulatória para a análise da exposição adicional à radiação no contexto terapêutico, reforçando a responsabilidade dos serviços na adoção de práticas seguras e racionais.

A RDC nº 20/2006 (Brasil, 2006), enfatiza a necessidade de minimizar riscos desnecessários ao paciente por meio da utilização criteriosa das radiações ionizantes. Nesse sentido, a aquisição de imagens para verificação do posicionamento deve ser compreendida como parte integrante do processo radioterápico, devendo estar alinhada aos princípios de segurança, qualidade e proteção radiológica, especialmente em tratamentos de maior complexidade, como os de cabeça e pescoço.

No âmbito internacional, o relatório do *Task Group 75* da *American Association of Physicists in Medicine* (AAPM, 2007), constitui uma das principais referências técnicas relacionadas à gestão da dose de imagem na radioterapia guiada por imagem. O documento reconhece que a dose proveniente dos procedimentos de imagem, incluindo o *CBCT*, não deve ser considerada irrelevante, sobretudo quando a aquisição ocorre de forma repetitiva ao longo do tratamento radioterápico.

O TG-75 (AAPM, 2007), destaca que, diferentemente da radiologia diagnóstica, a imagem na *IGRT* está inserida em um contexto no qual o paciente já é submetido a doses elevadas de radiação terapêutica. Dessa forma, o documento recomenda que a utilização da imagem seja devidamente justificada e otimizada, considerando o equilíbrio entre o benefício clínico da precisão geométrica e o risco radiobiológico associado à dose acumulada de imagem.

5.1 Implicações para o controle de qualidade e a prática clínica

A incorporação do *Cone Beam Computed Tomography* à rotina da radioterapia guiada por imagem trouxe impactos significativos para o controle de qualidade dos tratamentos, especialmente em sítios anatômicos complexos como cabeça e pescoço. A possibilidade de realizar a verificação tridimensional do posicionamento do paciente contribuiu para maior precisão geométrica e para a redução de incertezas associadas à entrega da dose terapêutica (Salvajoli; Faria; Sampaio, 2013).

Entretanto, a utilização frequente do *CBCT* implica na adição de uma dose de radiação que se soma à dose terapêutica prescrita. Esse aspecto reforça a necessidade de incorporar a dose de imagem como um elemento relevante dentro dos programas de controle de qualidade, sobretudo quando consideradas exposições repetitivas ao longo do tratamento radioterápico (Alaei; Spezi, 2015).

As recomendações do *Task Group 75* reforçam que a definição da frequência de aquisição do *CBCT* não deve ocorrer de forma automática, devendo considerar fatores como o sítio anatômico tratado, a complexidade do planejamento e a estabilidade do posicionamento do paciente. A adoção de estratégias como aquisições nas frações iniciais, seguidas de verificações periódicas, mostrou-se alinhada a uma prática mais racional da *IGRT* (AAPM, 2007; Jain *et al.*, 2023).

Dessa forma, o *CBCT* deve ser compreendido como uma ferramenta essencial para o controle de qualidade da radioterapia moderna, porém sua utilização deve estar inserida em protocolos clínicos bem definidos, baseados em evidências científicas e diretrizes técnicas. A análise criteriosa da frequência da imagem, especialmente em tratamentos de cabeça e pescoço, contribui para uma prática mais segura, eficaz e alinhada aos princípios da proteção radiológica (Alaei; Spezi, 2015; AAPM, 2007).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada ao longo deste trabalho permitiu compreender que o *Cone Beam Computed Tomography* desempenha um papel fundamental no controle de qualidade da radioterapia de cabeça e pescoço, especialmente no que se refere à correção de desvios de posicionamento e à garantia de maior precisão geométrica ao longo do tratamento. Em uma região anatomicamente complexa e repleta de estruturas radiosensíveis, a utilização de ferramentas que auxiliem na reprodutibilidade do posicionamento do paciente mostra-se essencial para a segurança e a eficácia terapêutica.

Contudo, a literatura analisada indica que a adoção indiscriminada da imagem diária por *CBCT* pode resultar em aumento da dose acumulada de radiação recebida pelo paciente. Embora essa dose seja inferior à dose terapêutica, sua repetição ao longo de diversas frações pode contribuir para o aumento do risco de efeitos estocásticos, especialmente em órgãos adjacentes ao volume alvo. Esse aspecto reforça a necessidade de se considerar a dose de imagem como parte integrante do processo radioterápico, e não como uma exposição secundária irrelevante.

Os estudos verificados demonstram que protocolos menos frequentes de aquisição de imagem, como a realização do *CBCT* nas primeiras frações seguidas de verificações periódicas, mostraram-se eficazes na detecção e correção de erros de posicionamento em muitos casos. Essa estratégia possibilita a manutenção da precisão do tratamento ao mesmo tempo em que reduz a exposição desnecessária à radiação, evidenciando que a imagem diária nem sempre é imprescindível para garantir a qualidade do tratamento.

No aspecto normativo, nota-se que as diretrizes nacionais estabelecem parâmetros mínimos de controle de qualidade, enquanto documentos técnicos internacionais reforçam a importância dos princípios da justificação e da otimização no uso da imagem em radioterapia. A falta de recomendações específicas quanto à frequência ideal do *CBCT* mostra a necessidade de avaliação clínica individualizada, levando em consideração o sítio anatômico, a complexidade do tratamento e a estabilidade do posicionamento do paciente.

Dessa forma, conclui-se que o *CBCT* deve ser utilizado como uma ferramenta estratégica no controle de qualidade da radioterapia, e não como um recurso aplicado de forma automática. A decisão sobre sua frequência de uso deve ser pautada em critérios técnicos, clínicos e normativos, buscando sempre o equilíbrio entre os

benefícios da precisão geométrica e os riscos associados à dose acumulada de imagem.

Por fim, este trabalho reforça a importância de uma atuação crítica e consciente dos profissionais envolvidos na radioterapia, especialmente no que se refere à avaliação da real necessidade da imagem diária. A reflexão proposta contribui para o aprimoramento das práticas de controle de qualidade e para a consolidação de uma radioterapia mais segura, eficaz e alinhada aos princípios da proteção radiológica.

REFERÊNCIAS

ALAEI, P; SPEZI, E. Imaging dose from cone beam computed tomography in radiation therapy. **Physics in Medicine & Biology**, Bristol, v. 60, n. 14, p. R393–R420, 2015. DOI: 10.1088/0031-9155/60/14/R393. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4720616/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE. The management of imaging dose during image-guided radiotherapy: report of Task Group 75. **Medical Physics**, College Park, v. 34, n. 10, p. 4041–4063, 2007. Disponível em: <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1118/1.2775667>. Acesso em: 15 nov. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada nº 20, de 2 de fevereiro de 2006. Dispõe sobre o funcionamento de serviços de radioterapia. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 6 fev. 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Estimativa 2023: incidência de câncer no Brasil**. Rio de Janeiro: INCA, 2022. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//estimativa-2023.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2025.

JAIN, S. *et al.*, Applications of linac-mounted kilovoltage cone-beam computed tomography in radiotherapy. **Journal of Applied Clinical Medical Physics**, Hoboken, v. 24, n. 5, e13867, 2023. DOI: 10.1002/acm2.13867. Disponível em: https://journals.lww.com/cancerjournal/fulltext/2023/19030/a_prospective_study_to_assess_and_quantify_the.44.aspx. Acesso em: 11 jun. 2025.

PERES, L. **Princípios físicos e técnicos em radioterapia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Rubio, 2025.

POPOTTE, H. *et al.* Impact of kV cone beam computed tomography dose on DNA repair mechanisms in radiotherapy. **Radiotherapy and Oncology**, Amsterdam, v. 190, p. 109507, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1278321824001197?via%3Dihub>. Acesso em: 15 nov. 2025.

SALVAJOLI, J. V.; FARIA, S. L.; SAMPAIO, C. **Radioterapia em oncologia**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2013.

SRINIVASAN, K.; MOHAMMADI, M.; SHEPHERD, J. Applications of linac-mounted kilovoltage cone-beam computed tomography in modern radiation therapy: a review. **Polish Journal of Radiology**, [S. l.], v. 79, p. 181–193, 2014. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4085117/10.12659/PJR.890745>. Acesso em: 15 nov. 2025. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4085117/>. Acesso em: 15 nov. 2025.

GOOGLE. *Gemini*. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://gemini.google.com/>. Acesso em: 01 jan. 2026.