Imagem Guiada em Radioterapia
Dose, Qualidade de Imagem e Segurança do Doente

Magda Cruz Ramos[1], Ana Cravo Sá[2], António Lagem Abrantes [3]

[1] Faculdade de Medicina e Ciências Biomédicas (FMCB); Escola Superior de Saúde, Universidade do Algarve ; [2] TBIO RISE-Health, Escola Superior de Saúde - Universidade Técnica do Porto e IPFN; Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa; [3] Escola Superior de Saúde - Universidade do Algarve; Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais (CICS.NOVA-UÉvora)

Magda Ramos (Doutoranda em Investigação Clínica e Medicina Translacional, FMCB)· mrcruz@ualg.pt

Introdução

O cancro constitui uma das principais causas de morte prematura a nível mundial (Bray et al., 2024), estimando-se que 50–60% dos doentes oncológicos necessitem de radioterapia (Atun et al., 2015). A radioterapia guiada por imagem (IGRT), nomeadamente através da tomografia computorizada de feixe cónico (CBCT), permite verificar o posicionamento do doente e apoiar estratégias de adaptação do tratamento. Contudo, as aquisições repetidas acrescentam exposição à radiação nos órgãos de risco. A otimização dos protocolos deve, por isso, conciliar a redução da dose com a qualidade de imagem necessária à atividade assistencial. (Martin, 2022; Wilson *et al*., 2025) (Figura 1).



Figura 1. Objetivos e considerações para a otimização de protocolos de IGRT (adaptado de Wilson *et al*., 2025).

Objectivo

Analisar as doses absorvidas nos pulmões, coração e medula espinhal em CBCT torácico e identificar estratégias de redução da exposição, discutindo, quando reportadas, as suas implicações na qualidade de imagem e na adequação clínica. Neste contexto, coloca-se a seguinte questão: *Quais as doses absorvidas nos OAR em CBCT torácico e como reduzi-las sem comprometer a qualidade de imagem?*

Metodologia

TIPO DE ESTUDO
Revisão narrativa estruturada da literatura.

FONTES E PERÍODO DE PESQUISA
MEDLINE (PubMed), Web of Science Core Collection e Scopus (Elsevier).
Publicações entre 2016 e a 2026 (Janeiro).

CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE
- **Inclusão:** Estudos com estimativas de dose absorvida nos órgãos de risco (OAR) em CBCT torácico, obtidas experimentalmente, *in vivo* ou por cálculo dosimétrico.
- **Exclusão:** Estudos sem estimativas de dose nos OAR, realizados fora da região torácica ou exclusivamente centrados na qualidade de imagem ou em indicadores dosimétricos indiretos.

GESTÃO E SELEÇÃO DOS ESTUDOS
- Seleção dos estudos: Triagem por título e resumo, seguida de avaliação da elegibilidade segundo critérios de inclusão e exclusão previamente definidos.
- Processo realizado com o apoio da plataforma *Rayyan* – Plataforma de Revisão Sistemática.

EXTRAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS
- Extração dos dados: Recolha das características dos estudos, metodologias dosimétricas, doses absorvidas nos OAR, parâmetros de aquisição e estratégias de otimização.
- Análise dos estudos: Síntese e comparação da evidência sobre dose, qualidade de imagem e estratégias de redução da exposição.

Foram incluídos 11 artigos (Figura 2), publicados entre 2016 e 2025, com maior frequência de publicação em 2018 (n=3; 27,3%).

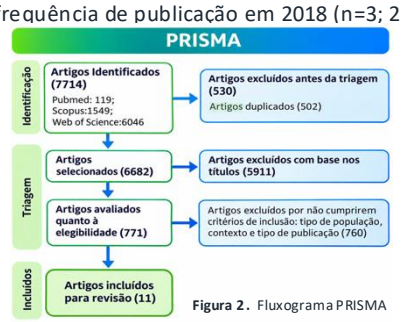


Figura 2. Fluxograma PRISMA

Resultados e Discussão

Os estudos analisados (n = 11) recorreram predominantemente a simulações Monte Carlo, complementadas por medições experimentais com TLD e MOSFET e abordagens computacionais aplicadas a dados clínicos.

1. Doses absorvidas nos órgãos de risco durante aquisições de CBCT torácico

A. Dose absorvida por aquisição (mGy)

Estudo	Modalidade	Pulmões	Coração	Medula espinhal
Rampado et al. (2016)	4D-CBCT / F0 / F1	7,9–21,5	10,2–23,3	3,3–16,2
Marchant & Joshi (2017)	3D-CBCT	4,85–6,76	NR	NR
Abuhaimed et al. (2018)	kV-CBCT (OBI)	7,89–11,29	10,36–14,32	3,16–4,50
Nakamura et al. (2018)	3D/4D-CBCT	≈17–31	≈14–35	≈2–4
Özseven & Dirican (2021)	kV-CBCT	17,83 ± 0,08	22,94 ± 0,10	NR
Altergot et al. (2024)	kV-CBCT	0,35–5,40	0,57–8,80	NR
Wu et al. (2025)	4D-CBCT	5,6–9,5	5,6–9,7	10,3–17,6*

B. Dose absorvida normalizada (mGy/100 mAs)

Estudo	Modalidade	Pulmões	Coração	Medula espinhal
Abuhaimed & Martin (2018)	kV-CBCT	3,54–10,22	4,96–12,88	1,14–6,15
Abuhaimed et al. (2024)	kV-CBCT	2,2–2,4	2,8–2,9	NR

Valores de dose média absorvida normalizada, obtidos através de simulações Monte Carlo.

C. Outras métricas dosimétricas

Estudo	Estrutura / métrica	Resultado
Sun et al. (2017)	Dose média à superfície mamária	20,02 → 11,65 mGy (–41,8%) com filtro bowtie
Duan et al. (2021)	Dose média acumulada no pulmão ipsilateral	21,9 mGy em cinco frações de SBRT

Os resultados desta secção não são diretamente comparáveis com as doses médias por aquisição apresentadas na secção A.

Nota: * Dose máxima na medula espinhal. Os restantes valores correspondem a doses médias ou estimativas centrais, com exceção de Nakamura et al., cujos valores são medianas aproximadas extraídas graficamente. Em Altergot et al., os resultados são médias de medições pontuais.

Quadro 1. Doses absorvidas nos pulmões, coração e medula espinhal durante aquisições de CBCT torácico, segundo os estudos analisados.

A heterogeneidade dos protocolos de aquisição, equipamentos e metodologias dosimétricas condiciona a variabilidade das doses nos OAR (Quadro 1) e limita a comparação entre estudos, reforçando a necessidade de avaliar a dose cumulativa das aquisições de CBCT. Segundo AAPM TG-180 (Ding *et al*., 2018) recomenda-se considerar a dose de imagem no planeamento quando esta possa exceder 5% da dose terapêutica prescrita ao alvo, não constituindo este critério um limite de dose para os OAR.

2. Estratégias de otimização dos protocolos de CBCT torácico: qualidade de imagem e segurança do doente

As principais estratégias de otimização dos protocolos de CBCT e os respetivos resultados dosimétricos encontram-se sintetizados na Figura 3.Nakamura *et al*. (2018), através de simulações Monte Carlo, identificaram doses médias absorvidas nos tecidos moles inferiores a 33 mGy no 3D-CBCT e a 74 mGy no 4D-CBCT. Por sua vez, Thengumpallil *et al*. (2016) reportaram um índice de dose ponderado (CBDI_w) aproximadamente 27% inferior no 4D-CBCT e um indicador de qualidade de imagem (NEQ) cerca de 50% superior em condições de movimento respiratório. Estes resultados reforçam a importância de otimizar a dose de imagem, preservando a qualidade necessária à precisão do posicionamento e à segurança do doente.

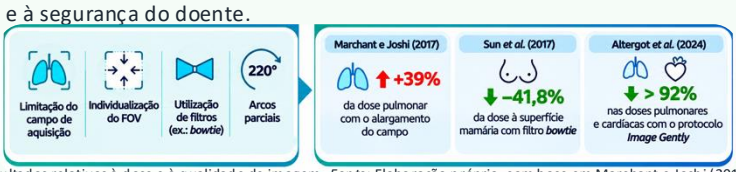


Figura 3. Principais resultados relativos à dose e à qualidade de imagem. *Fonte:* Elaboração própria, com base em Marchant e Joshi (2017), Sun et al. (2017) e Altergot et al. (2024).

Conclusão

Os estudos analisados evidenciam ampla variabilidade nas doses absorvidas pelos órgãos de risco em CBCT torácico, condicionada pelos protocolos, equipamentos e métodos dosimétricos. A heterogeneidade das unidades e métricas limita a comparação direta entre estudos. A otimização deve ser orientada pela tarefa clínica e sustentada na avaliação conjunta da dose e da qualidade de imagem, considerando a frequência das aquisições e a exposição cumulativa.

Referências bibliográficas