O PAPEL DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE BAIXA DOSE NO DIAGNÓSTICO PRECOCE DO CÂNCER DE PULMÃO

Alanys Oliveira Silva Novaes[1], Carlos Eduardo Pires de Campos[2]

[1]Graduanda do Curso de Biomedicina da Universidade Santa Cecília (UNISANTA).
[2] Coordenador e Docente da Universidade Santa Cecília (UNISANTA).
UNISANTA, Universidade Santa Cecília – Rua Oswaldo Cruz, 277, Boqueirão, Santos – SP, CEP 11045-907.
Email: alanys.novaes@outlook.com

Resumo:

O câncer de pulmão permanece entre as principais causas de mortalidade por neoplasias no mundo, estando frequentemente associado ao diagnóstico tardio decorrente da ausência de sintomas em fases iniciais. Nesse contexto, a tomografia computadorizada de baixa dose (TCBD) destaca-se como método eficaz para o rastreamento e a detecção precoce da doença, contribuindo para a redução da mortalidade. O presente estudo teve como objetivo discutir, por meio de revisão bibliográfica, o papel da TCBD no diagnóstico precoce do câncer de pulmão, abordando aspectos epidemiológicos, fatores de risco, parâmetros técnicos do exame, principais achados tomográficos, limitações e perspectivas futuras. A utilização de protocolos de baixa dose permite a identificação de nódulos pulmonares em estágios iniciais, ampliando as chances de sobrevida dos pacientes. Contudo, há desafios relacionados a resultados falso-positivos e falso-negativos, sobrediagnóstico, exposição cumulativa à radiação, impactos psicológicos e custos financeiros. Perspectivas futuras apontam para a integração da inteligência artificial, biópsias líquidas e biomarcadores moleculares como estratégias promissoras para aprimorar a acurácia diagnóstica e viabilizar abordagens personalizadas. Conclui-se que a TCBD representa ferramenta fundamental no rastreamento do câncer de pulmão, embora sua aplicação deva considerar benefícios, limitações e possíveis avanços tecnológicos futuros.

Palavras-chave: câncer de pulmão; tomografia computadorizada de baixa dose; diagnóstico precoce; rastreamento.

THE ROLE OF LOW-DOSE COMPUTED TOMOGRAPHY IN THE EARLY DIAGNOSIS OF LUNG CANCER

Abstract:

Lung cancer remains among the leading causes of cancer mortality worldwide, frequently associated with late diagnosis due to the absence of symptoms in early stages. In this context, low-dose computed tomography (LDCT) stands out as an

effective method for screening and early detection of the disease, contributing to a reduction in mortality. This study aimed to discuss, through a literature review, the role of LDCT in the early diagnosis of lung cancer, addressing epidemiological aspects, risk factors, technical parameters of the examination, main tomographic findings, limitations, and future perspectives. The use of low-dose protocols allows the identification of pulmonary nodules in early stages, increasing the chances of patient survival. However, there are challenges related to false-positive and false-negative results, overdiagnosis, cumulative radiation exposure, psychological impacts, and financial costs. Future perspectives point to the integration of artificial intelligence, liquid biopsies, and molecular biomarkers as promising strategies to improve diagnostic accuracy and enable personalized approaches. It is concluded that LDCT represents a fundamental tool in lung cancer screening, although its application must consider its benefits, limitations, and possible future technological advancements.

Keywords: *Lung cancer; low-dose computed tomography; early diagnosis; screening.*

1. INTRODUÇÃO

O câncer de pulmão é uma neoplasia maligna considerada uma das principais causas de mortalidade em todo o mundo. A doença corresponde a 12,4% de todos os novos casos de câncer diagnosticados globalmente. Em 2022, o câncer de pulmão apresentou elevada incidência, com cerca de 2,5 milhões de novos casos e aproximadamente 1,8 milhão de óbitos, representando 18,7% de todas as mortes por câncer)[1], segundo dados da Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC).

O tabagismo constitui o principal fator de risco para o desenvolvimento do câncer de pulmão. No Brasil, a Fundação do Câncer aponta que o tabaco é responsável por cerca de 85% dos casos da doença.[2] Outros fatores contribuintes incluem exposições ocupacionais e ambientais, doenças pulmonares crônicas e predisposição hereditária.[3]

A elevada taxa de mortalidade está frequentemente relacionada a descoberta da doença em estágios avançados. Entre os métodos diagnósticos, a Tomografia Computadorizada de Baixa Dose (TCBD) se destaca por possuir alta sensibilidade e oferecer imagens de alta resolução para a detecção da doença. Tal método utiliza fonte de raios X, juntamente com parâmetros técnicos que permitem a redução da exposição à radiação, sem comprometer a qualidade das imagens. Estudos feitos pelo National Lung Screening Trial (NLST) usando rastreio com TCBD demonstraram uma redução de 20% na mortalidade por câncer de pulmão, em comparação com a radiografia de tórax.[4]

Apesar da importância para o diagnóstico precoce e acompanhamento de pacientes em tratamento, a TCBD mesmo com suas vantagens, ainda apresenta alguns desafios quanto à exposição à radiação repetitiva, ocorrência de resultados falso-positivos, custos, sobrediagnóstico, estresse psicológico e ansiedade na espera pelos resultados.

Diante disso, o presente artigo tem como objetivo geral realizar por meio de

revisão bibliográfica, a discussão sobre o papel da tomografia no diagnóstico precoce do câncer de pulmão, destacando sua importância clínica, parâmetros técnicos do exame, os principais achados, reconhecimento de características nodulares, limitações existentes e perspectivas futuras para o aprimoramento dessa ferramenta no contexto de rastreamento oncológico.

2. MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se por uma revisão bibliográfica nas pesquisas referentes ao tema e os dados coletados foram baseados em evidências de artigos científicos e periódicos, usando como base de dados os sites PubMed, Scielo e Science Direct. O período de busca foi realizado entre os anos de 2011 e 2025, utilizando como palavras chaves: tomografia computadorizada de baixa dose, câncer de pulmão, diagnóstico precoce. Para a elaboração deste trabalho, foram considerados artigos científicos relacionados ao tema, que pudessem colaborar com o desenvolvimento dele.

Os critérios de inclusão utilizados para a seleção da amostra foram: artigos de pesquisa e dissertações que abordassem o mesmo tema do estudo com acesso gratuito, texto completo.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. Epidemiologia e fatores de risco do câncer de pulmão

Do ponto de vista epidemiológico, o câncer de pulmão permanece entre as neoplasias mais incidentes e letais no mundo, representando aproximadamente 12,4% dos novos casos de câncer e 18,7% das mortes por neoplasias, segundo a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC)[1]. Considerando o total global para ambos os sexos, trata-se do tipo de câncer mais comum e da principal causa de morte por neoplasia entre os homens. Entre as mulheres, ocupa a segunda posição tanto em incidência quanto em mortalidade.

No Brasil, o câncer de pulmão configura-se como um importante problema de saúde pública. Para o triênio de 2023 a 2025, o Instituto Nacional de Câncer (INCA) estima a ocorrência de aproximadamente 32 mil novos casos da doença, sendo cerca de 18 mil entre homens e 14 mil entre mulheres. Trata-se do terceiro tipo de câncer mais incidente no sexo masculino e do quarto no sexo feminino, com exceção do câncer de pele não melanoma.[5]

Em relação ao perfil populacional acometido, observa-se que a incidência do câncer de pulmão aumenta progressivamente com a idade, a partir dos 40 anos, em ambos os sexos, com maior concentração de casos em indivíduos com 60 anos ou mais, o que reflete a exposição cumulativa a fatores de risco. Quanto à raça/cor da pele, a maioria das regiões brasileiras apresenta maior proporção de casos entre indivíduos negros (pardos e pretos), enquanto, na região Sul, a doença predomina entre pessoas brancas, correspondendo a cerca de 90% dos casos.[6]

O tabagismo constitui o principal fator de risco para o desenvolvimento do câncer de pulmão, estando associado a aproximadamente 85% dos casos no Brasil. O uso do

tabaco envolve a exposição a mais de 7.000 compostos químicos tóxicos, incluindo pelo menos 70 substâncias cancerígenas. Dessa forma, o consumo de charutos, cigarrilhas e outros derivados do tabaco eleva o risco da doença de acordo com a duração e a intensidade da exposição.[7]

Além do tabagismo, as exposições ambientais e ocupacionais constituem fatores de risco relevantes. Aproximadamente 29 agentes carcinogênicos já foram identificados, incluindo a exposição a poeiras, como amianto e sílica, bem como a metais, entre os quais cromo, cádmio, arsênico e berílio. Exposições ocupacionais relacionadas a fabricação de borracha, pavimentação, coberturas, pintura e limpeza de chaminés, também estão associadas a maior risco de desenvolvimento da doença. Ademais, a poluição atmosférica, as emissões de motores a diesel e as radiações são reconhecidas como carcinogênicas pela IARC.[8]

Destaca-se, ainda, que indivíduos com doenças pulmonares pré-existentes, como a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), tuberculose pulmonar e fibrose pulmonar, apresentam maior risco para o desenvolvimento do câncer de pulmão.[9] Fatores genéticos e o histórico familiar desse tipo de câncer também contribuem para maior predisposição ao surgimento da neoplasia.[3]

3.2. Tomografia Computadorizada de Baixa Dose (TCBD)

A tomografia computadorizada de baixa dose (TCBD) tem se consolidado como uma ferramenta eficaz no rastreamento do câncer de pulmão, possibilitando a detecção precoce da doença e contribuindo para a redução da mortalidade. A técnica baseia-se na emissão de raios X, cuja atenuação pelos tecidos do corpo permite a reconstrução de imagens axiais por processamento computadorizado.

Evidências científicas demonstram que a TCBD apresenta maior sensibilidade na identificação de nódulos pulmonares e neoplasias em estágios iniciais quando comparada à radiografia de tórax. Nesse contexto, o National Lung Screening Trial (NLST), conduzido com voluntários fumantes e ex-fumantes, demonstrou que o rastreamento por TCBD resultou em redução de aproximadamente 20% na mortalidade por câncer de pulmão em relação à radiografia convencional.[4]

O desempenho da TCBD está diretamente relacionado à otimização de parâmetros técnicos que permitem reduzir de forma expressiva a dose de radiação, sem comprometer a qualidade diagnóstica. O emprego de tomógrafos computadorizados multidetectores modernos possibilita aquisições rápidas e eficientes, com menor incidência de artefatos de movimento, favorecendo a reprodutibilidade dos exames e o conforto do paciente.[10]

Entre os principais parâmetros técnicos, destaca-se a redução da tensão do tubo, geralmente ajustada entre 80 e 100 kVp, a qual permite explorar o elevado contraste intrínseco do parênquima pulmonar, possibilitando diminuição significativa da dose de radiação sem prejuízo relevante à detecção de nódulos pulmonares. De modo complementar, a redução da corrente do tubo (mA)**,** associada ao controle automático de exposição (AEC), promove a modulação adequada da dose conforme o biotipo do paciente. Ademais, tempos de rotação do pórtico iguais ou inferiores a 0,5 segundos e valores de pitch superiores a 1:1 favorecem aquisições mais rápidas, reduzindo a ocorrência de artefatos respiratórios e a duração da apneia.[10]

Outro aspecto técnico essencial refere-se à espessura de corte, sendo recomendada a reconstrução de imagens com cortes finos, iguais ou inferiores a 1

mm. Essa estratégia reduz o efeito de volume parcial e melhora significativamente a detecção e a caracterização de nódulos pulmonares sólidos, subsólidos e em vidro fosco. [10]

A utilização de protocolos de baixa dose minimiza os riscos associados à exposição cumulativa à radiação, tornando viável a realização de exames periódicos de rastreamento. Paralelamente, a elevada resolução espacial obtida por meio de cortes finos e técnicas avançadas de reconstrução permite a detecção de lesões pulmonares pequenas e assintomáticas**,** frequentemente associadas a estágios iniciais da doença, nos quais as possibilidades de tratamento curativo são significativamente maiores. [10]

3.3. Achados tomográficos e caracterização de nódulos pulmonares

O ACR (American College of Radiology) criou o Sistema de Relatório e Dados de Triagem de Tomografia Computadorizada de Pulmão (Lung-RADS) em 2014 para padronizar os relatórios de TCBD e o manejo de nódulos pulmonares detectados para rastreamento de câncer de pulmão. Este sistema também facilita o monitoramento de resultados, fornece orientações consistentes e recomendações de tratamento. [11]

A versão mais recente do Lung-RADS, foi publicada em novembro de 2022, e elaborada pelo Comitê Lung-RADS do ACR, composto por 15 especialistas das áreas de radiologia diagnóstica, cirurgia torácica e pneumologia. Esse comitê conduziu uma revisão abrangente da literatura científica, a partir da qual foram propostas atualizações fundamentadas em evidências, incorporando novos critérios para a avaliação dos achados.[10] Tais atualizações foram apresentadas na Figura 1, com base nos critérios descritos pela versão atual do ACR.[12]

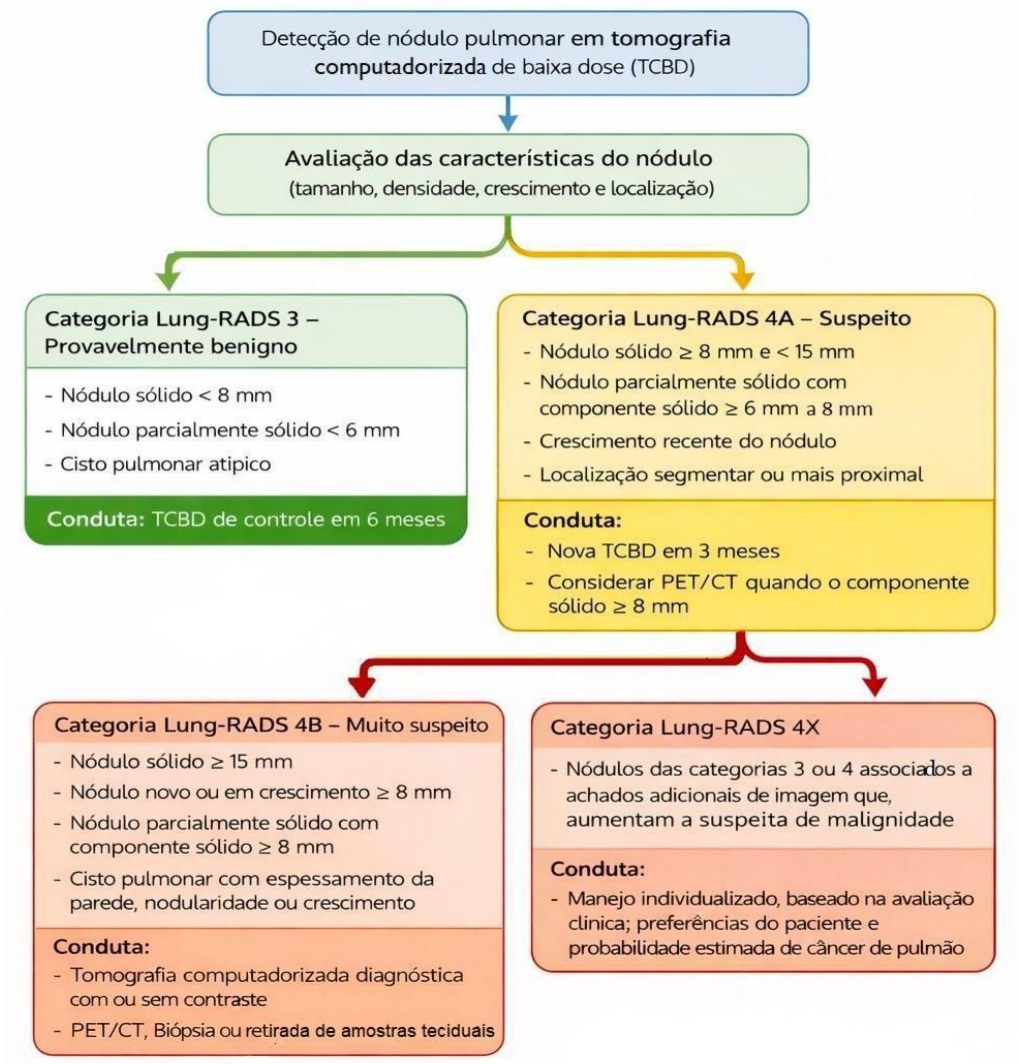


Figura 1 - Fluxograma da classificação e manejo dos nódulos pulmonares detectados no rastreamento do câncer de pulmão por TCBD, de acordo com o Lung-RADS v2022.
Fonte: Elaboração própria com base em American College of Radiology (2022).

3.4. Desafios e limitações

As limitações associadas ao rastreamento do câncer de pulmão por tomografia computadorizada de baixa dose incluem diversos aspectos clínicos, psicológicos e econômicos. Entre eles, destacam-se os resultados falso-positivos, que podem levar à realização de exames adicionais e procedimentos invasivos desnecessários, aumento de custos e prejuízo à qualidade de vida em decorrência de ansiedade e sofrimento psicológico durante a investigação diagnóstica.[13]

Por outro lado, resultados falso-negativos podem atrasar ou impedir o diagnóstico e o tratamento, uma vez que alguns tumores de crescimento rápido ou localizados em áreas de difícil visualização podem não ser detectados, além da possibilidade de desenvolvimento de cânceres intervalares agressivos entre exames anuais, frequentemente diagnosticados em estágios avançados e associados a alta mortalidade.[13]

Outras limitações incluem o sobrediagnóstico de doenças indolentes, resultados indeterminados que demandam investigação complementar, exposição cumulativa à radiação decorrente de exames repetidos, complicações físicas relacionadas ao processo diagnóstico, identificação de achados incidentais e impacto emocional negativo decorrente dos resultados. Ademais, os custos financeiros do rastreamento representam desafio adicional em contextos de recursos limitados em saúde.[13]

3.5. Perspectivas futuras

As perspectivas futuras para estratégias multimodais no diagnóstico precoce do câncer de pulmão envolvem a integração da inteligência artificial (IA) a novos métodos emergentes de triagem, como biópsias líquidas e compostos orgânicos voláteis, além do desenvolvimento de modelos avançados que combinem dados de imagem, perfis genéticos e informações clínicas para viabilizar a triagem personalizada com estratificação de risco. Essas abordagens têm potencial para aumentar a acurácia e a rapidez diagnóstica, diferenciar nódulos benignos de malignos e orientar terapias individualizadas.[13]

Adicionalmente, a IA poderá reduzir a exposição à radiação em exames de tomografia computadorizada de baixa dose por meio de técnicas aprimoradas de reconstrução de imagem, atuar como suporte à decisão clínica de radiologistas em sistemas de detecção assistida, segmentar e caracterizar automaticamente nódulos suspeitos e viabilizar modelos de “biópsia virtual” baseados em radiômica para classificação de subtipos tumorais com elevada precisão.[13]

A integração de múltiplas modalidades de imagem com dados clínicos, genômicos e outros biomarcadores permitirá avaliação diagnóstica mais abrangente, além de possibilitar a predição de resposta terapêutica, prognóstico e risco de recorrência.[13]

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tomografia computadorizada de baixa dose consolidou-se como estratégia relevante para o rastreamento e a detecção precoce do câncer de pulmão, possibilitando a identificação de lesões em estágios iniciais e contribuindo para a redução da mortalidade associada à doença. A elevada sensibilidade do método, aliada ao aprimoramento de parâmetros técnicos que reduzem a exposição à radiação sem comprometer a qualidade diagnóstica, reforça sua importância no contexto da saúde pública e da prática clínica.

Entretanto, a aplicação da TCBD apresenta limitações significativas, incluindo resultados falso-positivos e falso-negativos, sobrediagnóstico, exposição cumulativa à radiação, impactos psicológicos e custos financeiros, fatores que exigem avaliação criteriosa na implementação de programas de rastreamento. Além disso, a identificação de câncer de pulmão em não fumantes e em grupos populacionais específicos evidencia a necessidade de abordagens diagnósticas complementares e estratégias de estratificação de risco mais precisas.

Nesse cenário, avanços tecnológicos, como a incorporação da inteligência artificial, biomarcadores moleculares e biópsias líquidas, despontam como alternativas promissoras para aprimorar a acurácia diagnóstica, reduzir limitações do método e viabilizar modelos de medicina personalizada. Dessa forma, conclui-se que a TCBD desempenha papel central no diagnóstico precoce do câncer de pulmão, sendo fundamental a continuidade de pesquisas e inovações que ampliem sua efetividade, segurança e acessibilidade.

5. REFERÊNCIAS

1. PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION (OPAS). Carga global de câncer aumenta em meio à crescente necessidade de serviços. 2024.Disponível em: https://www.paho.org/pt/noticias/1-2-2024-carga-global-cancer-aumenta-em- crescente-necessidade-servicos. Acesso em: 24 jan. 2026.

2. SANTOS, M. de O.; LIMA, F. C. da S. de; MARTINS, L. F. L.; OLIVEIRA, J. F. P.; ALMEIDA, L. M. de; CANCELA, M. de C. Estimativa de Incidência de Câncer no Brasil, 2023-2025. Revista Brasileira de Cancerologia, v. 69, n. 1, p. e-213700, 2023. DOI: 10.32635/2176-9745.RBC.2023v69n1.3700.

3. INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). Câncer de pulmão. Disponível em: https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tipos/pulmao. Acesso em: 24 jan. 2026.

4. NATIONAL LUNG SCREENING TRIAL RESEARCH TEAM. Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening. New England Journal of Medicine, v. 365, n. 5, p. 395-409, 2011. DOI: 10.1056/NEJMoa1102873.

5. SANTOS, M. de O. et al. Estimativa de incidência de câncer no Brasil, 2023- 2025. Revista Brasileira de Cancerologia, v. 69, n. 1, e-213700, 2023. DOI: 10.32635/2176-9745.RBC.2023v69n1.3700.

6. INSTITUTO DE CÂNCER. Info Oncollect 2024, v.5, 2024. Disponível em: https://www.cancer.org.br/wp-content/uploads/2024/09/info_oncollect_2024_volume5.pdf. Acesso em: 26 jan. 2026.

7. PFIZER BRASIL. Câncer de pulmão. Disponível em: https://www.pfizer.com.br/sua-saude/oncologia/cancer-de-pulmao. Acesso em: 28 jan. 2026.

8. INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). Detecção precoce do câncer. Rio de Janeiro: INCA, [s.d.]. Disponível em: https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/deteccao-precoce-do-cancer_0.pdf. Acesso em: 26 jan. 2026.

9. MSD MANUAL. Carcinoma pulmonar. Disponível em: https://www.msdmanuals.com/pt/profissional/distúrbios-pulmonares/tumores-dos-pulmões/carcinoma-pulmonar. Acesso em: 28 jan. 2026.

10. MCDERMOTT, Shaunagh; KALRA, Mannudeep K. Low-dose computed tomography for lung cancer screening: the protocol and the dose. Seminars in Roentgenology, v. 52, n. 3, p. 132-136, jul. 2017. DOI: 10.1053/j.ro.2017.06.002.

11. CHRISTENSEN, Jared; PROSPER, Ashley Elizabeth; WU, Carol C.; et al. ACR Lung-RADS v2022: assessment categories and management recommendations. Journal of the American College of Radiology, v. 21, n. 3, p. 473-488, 2024. DOI: 10.1016/j.jacr.2023.09.009.

12. AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY COMMITTEE ON LUNG-RADS®. Lung-RADS Assessment Categories 2022. Disponível em: https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/RADS/Lung-RADS/Lung-RADS-2022.pdf. Acesso em: 01 fev. 2026

13. HABBAB, Faisal M.; BÉDARD, Eric L.R.; JOY, Anil A.; ALAM, Zarmina; ABRAHAM, Aswin G.; ROA, Wilson H. Y. Early detection of lung cancer: a review of innovative milestones and techniques. Journal of Clinical Medicine, v. 14, n. 21, p. 7812, 2025. DOI: 10.3390/jcm14217812.