

DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DO CÂNCER DE PULMÃO POR TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA COM AUXÍLIO DE IA

Isabelle Barcelos Silva¹
Natália Oliveira Curtes²
Gustavo Vieira Reis³
Lucas Bittencourt Santiago⁴
Marcio José Rosa Requeijo⁵

RESUMO: O câncer de pulmão é um dos mais incidentes e letais no mundo, sendo um desafio significativo quando diagnosticado tarde. A tomografia computadorizada (TC) tem papel importante na detecção precoce, mas seu uso rotineiro exige cautela devido ao custo, à exposição à radiação e à divergência com diretrizes internacionais. A inteligência artificial (IA) surge como ferramenta promissora no aprimoramento da TC, porém sua aplicação deve seguir critérios clínicos e científicos, para melhor aproveitamento e maior segurança. Este artigo trata-se de uma revisão de literatura realizada na base PubMed entre março e abril de 2025, utilizando os descritores “CT”, “AI” e “Lung cancer diagnosis”. Após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 4 artigos foram selecionados para compor a análise final, sendo complementados pelas referências primárias, a fim de investigar o uso da inteligência artificial no diagnóstico do câncer de pulmão. A IA demonstrou grande potencial na detecção precoce, caracterização e estadiamento tumoral, superando limitações da análise humana e aumentando a acurácia diagnóstica. Além disso, permitiu integração de dados clínicos e genéticos, melhorando a predição de risco e desfechos clínicos. Modelos baseados em IA já apresentam alta precisão na diferenciação entre nódulos benignos e malignos, inclusive com geração de imagens PET sintéticas semelhantes às reais. A tecnologia mostra-se promissora, mas ainda requer validação científica adicional e aperfeiçoamento, no que diz respeito aos atributos únicos da capacidade humana. Portanto, esta revisão disserta sobre como a inteligência artificial, integrada à tomografia computadorizada, representa um avanço promissor no diagnóstico precoce do câncer de pulmão, oferecendo maior sensibilidade, especificidade e reprodutibilidade, contribuindo não apenas para a detecção, mas também para a caracterização, estadiamento, monitoramento da doença, e otimização do prognóstico do paciente.

5102

Palavras-chave: Câncer de pulmão. Tomografia computadorizada. Inteligência artificial. Lung cancer. Computed tomography. Artificial intelligence.

1 INTRODUÇÃO

O câncer de pulmão é um dos mais frequentemente diagnosticados e é a principal causa de mortes relacionadas ao câncer em todo o mundo (SUNG H., 2021) e cada vez mais toma

¹Acadêmica de medicina, Faculdade de Minas, campus Belo Horizonte – FAMINAS-BH.

² Acadêmica de medicina, Faculdade de Minas, campus Belo Horizonte – FAMINAS – BH.

³ Acadêmico de medicina, Faculdade de Minas, campus Belo Horizonte – FAMINAS-BH.

⁴ Acadêmico de medicina, Faculdade de Minas, campus Belo Horizonte – FAMINAS-BH.

⁵ Professor orientador, Faculdade de Minas, campus Belo Horizonte – FAMINAS-BH.

maiores proporções epidemiológicas. Isso representa um desafio significativo para os serviços de saúde quando sua detecção é tardia, pois apresenta altas taxas de letalidade. O diagnóstico precoce é fundamental para elevar as chances de um bom prognóstico para os pacientes, e permite a atuação mais rápida com aplicação de tratamentos mais eficazes.

No entanto, é fundamental avaliar os prós e contras do uso rotineiro da tomografia computadorizada (TC) no rastreio do câncer de pulmão, pois, além do fator do custo do exame, - que limita o acesso de toda a população - essa abordagem diverge das diretrizes da British Thoracic Society (BTS). A BTS alega redução da necessidade de imagens de acompanhamento para pacientes com nódulos de < 5 mm de diâmetro ou < 80 mm, além disso, uma redução do período de acompanhamento de 1 ano para nódulos pulmonares sólidos (NPS) (Mets OM, 2016), considerando que tumores agressivos geralmente mostram crescimento nesse intervalo.

Dessa forma, embora a tomografia computadorizada auxiliada por inteligência artificial seja um grande avanço no processo diagnóstico do câncer de pulmão, sua aplicação deverá ser baseada em evidências científicas e diretrizes clínicas. Nesse contexto, a personalização dos protocolos que considerem fatores de risco individuais, otimizaria o uso desse recurso, equilibrando a detecção precoce com a redução de custos e impactos desnecessários sobre os pacientes, como a alta exposição à radiação ionizante.

5103

2 OBJETIVOS

Este estudo tem por objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura sobre o uso da inteligência artificial na análise de tomografias computadorizadas para o diagnóstico e o prognóstico do câncer de pulmão.

3 METODOLOGIA

O estudo atual, trata-se de uma revisão integrativa da literatura, fundamentada na estratégia PICO, que tem como objetivo identificar evidências científicas sobre o uso da inteligência artificial, aplicada à tomografia computadorizada (TC) no diagnóstico e no prognóstico do câncer de pulmão, caracterizando a seguinte questão central do trabalho : "Qual é a eficácia da inteligência artificial aplicada à tomografia computadorizada no diagnóstico e no prognóstico do câncer de pulmão em comparação com métodos convencionais de análise?" A ideia da questão norteadora teve como princípio os desafios atuais enfrentados no diagnóstico precoce e na caracterização precisa dos nódulos pulmonares, conforme discutido na literatura recente. Assim, a população (P) compreende pacientes com suspeita ou diagnóstico confirmado

de câncer de pulmão que são submetidos a exames de TC. A intervenção (I) investigada refere-se à aplicação de ferramentas de inteligência artificial na análise dos resultados de exame, com algoritmos de segmentação automática e integração de dados clínico-radiológicos. A comparação (C), se dá em relação aos métodos convencionais de avaliação das imagens, cuja interpretação pode ser limitada pela subjetividade e interpretação humana. O desfecho (O) tem como intenção a melhora na sensibilidade e especificidade diagnóstica, a eficácia na detecção precoce de lesões malignas e a contribuição da IA para detecção precoce e melhores desfechos clínicos.

A busca foi realizada na base de dados PubMed, entre os dias 13 de março e 01 de abril de 2025, utilizando os descritores em língua inglesa: “CT” AND “AI” AND “Lung cancer diagnosis”. A partir dessa estratégia, foram identificados 931 artigos. Os critérios de inclusão adotados foram: estudos do tipo ensaio clínico ou com controle randomizado, publicados entre os anos de 2020 e 2025, que abordassem o uso de inteligência artificial associada à tomografia computadorizada no contexto do câncer de pulmão. Após a leitura dos títulos e resumos, 14 artigos foram inicialmente selecionados. Desses, 9 foram excluídos por não se adequarem aos objetivos da revisão e 1 foi eliminado por ter sido retratado em decorrência de dados imprecisos. Ao final da triagem, 4 artigos preencheram todos os critérios e foram incluídos na análise final, 5104 compondo a base para a síntese crítica dos achados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados 931 artigos com os descritores “CT” AND “AI” AND “Lung cancer diagnosis, sendo que, ao aplicar os critérios de inclusão e de exclusão, 14 foram selecionados. Essa seleção foi feita considerando a base de dados PUBMED, leitura do título, leitura do resumo e, por fim, leitura na íntegra. Dos 14 artigos inicialmente selecionados, 9 foram excluídos pelo título e 1 devido a retratação por dados imprecisos, restando 4 artigos para serem utilizados para a discussão e a elaboração dessa revisão. A descrição mais detalhada do processo está apresentada na figura 1. Ademais, os artigos BI, W. L. *et al.*, 2019; SUNG, H. *et al.*, 2021; CASTELLINO, R. A., 2005; LIANG, M. *et al.* 2016; PARMAR, C. *et al.*, 2015; SAIED, M. *et al.* 2023; WAHAB SAIT, A. R. 2023; VENKADESH, K. V. *et al.* 2021; THE NATIONAL LUNG SCREENING TRIAL RESEARCH TEAM. 2011; BOUAMRANE, A. b, 2024 foram adicionados. Embora haja artigos manualmente selecionados cujas datas de publicação não estão

dentro do período estipulado, seu uso se justifica pois são referências primárias dos artigos selecionados.

O câncer de pulmão é um dos tipos de câncer mais frequentemente diagnosticados e o principal tipo de neoplasia relacionada a mortes ao redor do mundo, uma vez que estima-se que, em 2020, foram diagnosticados 2,2 milhões de casos e 1,79 milhões de mortes (SUNG, H *et al*, 2020). Nesse contexto, pode-se atribuir tal mortalidade ao estágio avançado de evolução da doença ao diagnóstico. Dessa forma, evidencia-se o quanto relevante é estabelecer protocolos, diretrizes e modelos visando fazer o diagnóstico precoce e intervir nessa realidade perniciosa, haja visto que pessoas cujos cânceres foram precocemente detectados tiveram maior taxa de sobrevida. Visando atingir esse objetivo, a inteligência artificial (IA) pode desempenhar uma função de extrema relevância ao auxiliar no diagnóstico precoce e na caracterização do tumor de forma a permitir maior assertividade na diferenciação entre nódulos benignos e malignos, o que pode alterar positivamente o desfecho do paciente (BI, W. L. *et al*, 2019).

Diante desse cenário, a IA, devido à sua capacidade destacada em reconhecer padrões complexos em imagens, oferece a oportunidade de alterar a realidade atual, na qual há muitos parâmetros qualitativos e subjetivos na interpretação das imagens, permitindo uma análise quantitativa e de fácil reprodução. Além disso, ela pode contribuir, adicionalmente, ao permitir a agregação de múltiplas bases de dados em um sistema integrado de diagnóstico, abrangendo desde imagens radiográficas até a genômica e os registros progressos de saúde. Adicionalmente, possibilita a detecção de informações advindas de exames de imagem indetectáveis aos humanos e, consequentemente, complementa a decisão clínica (BI, W. L. *et al*, 2019).

5105

Desse modo, a IA tem grande utilidade no diagnóstico, uma vez que ferramentas de detecção baseadas em inteligência artificial podem ser utilizadas para reduzir descuidos na análise e até mesmo omissões (CASTELLINO, R. A. 2005), inclusive já há diagnóstico assistido por computadores, auxiliando na identificação de cânceres de pulmão que, inicialmente, não haviam sido identificados em triagem por dose baixa de Tomografia computadorizada (TC) (LIANG, M. *et al*, 2016). Há ainda benefício na caracterização, que se refere à definição da extensão da anormalidade celular e da categorização dos tumores em grupos pré-definidos conforme o curso esperado e as estratégias de tratamento, pois, na prática clínica, eles são manualmente classificados, o que, além de consumir tempo, tem o potencial de negligenciar processos cancerosos subclínicos, levando à ocorrência de vieses relacionados à análise humana. Outrossim, imagens de TC processada utilizando algoritmos de permitem à máquina aprender

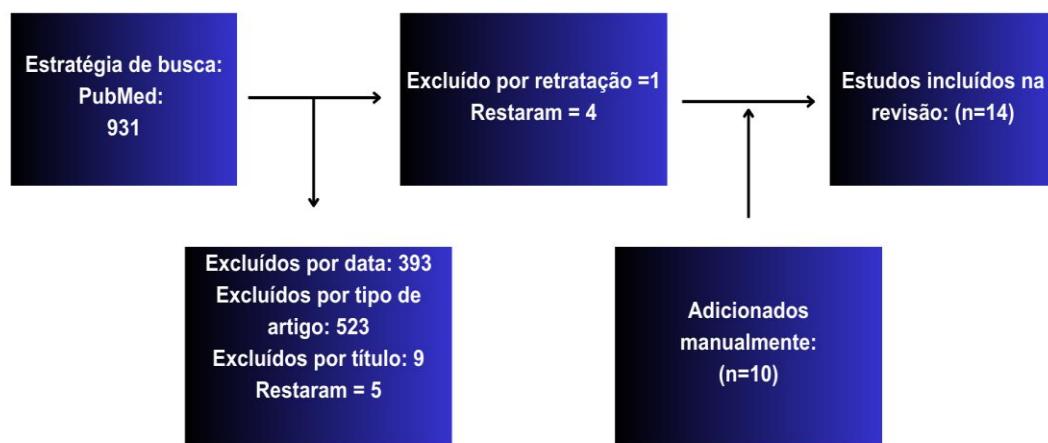
(deep learning machine) auxiliam a extrair o máximo dos scanners de TC, permitindo uma melhor classificação do tumor (BOUAMRANE, A. *et al*, 2024b). Nesse prisma, Saied, M. *et al* (2023) desenvolveu uma abordagem utilizando inteligência artificial para classificar nódulos pulmonares com 90,39% de acurácia, 90,32% de sensibilidade e 93,65% de especificidade, por sua vez, Wahab Sait, A. R. *et al* (2023) apresentou um modelo para a detecção do câncer de pulmão que também utiliza essa tecnologia que atingiu 98,6% de acurácia com requisitos computacionais reduzidos. O estudo NELSON-POP, por sua vez, desenvolveu um algoritmo baseado em inteligência artificial para estimar a malignidade dos nódulos pulmonares usando uma grande base de dados fornecida pelo National Lung Screening Trial (NLST) que superou o modelo PanCan e performou de maneira similar a radiologistas torácicos (THE NATIONAL LUNG SCREENING TRIAL RESEARCH TEAM, 2011 e VENKADESH, 2021). Nesse sentido, a IA tem capacidade de aumentar a eficiência, a reproduzibilidade, a sensibilidade, a especificidade e auxiliar de maneira relevante no estadiamento. Ademais, com o uso dessa tecnologia, há ganho na forma de acompanhar os tumores ao longo do tempo, seja a sua história natural ou seja em resposta ao tratamento realizado. Isso se dá porque os métodos atuais de monitoramento estão limitados a métricas pré-definidas que generalizam a complexa morfologia e a singularidade do tumor. O monitoramento baseado em IA, por sua vez, é capaz de obter um grande número de características distintas através de imagens ao longo do tempo que vão além das que são mensuráveis por seres humanos (BI, W. L. *et al*, 2019).

Seguindo essa linha de pensamento, a utilização dessa tecnologia na triagem de câncer de pulmão é benéfica, haja vista que ela pode auxiliar na identificação precoce e na diferenciação entre nódulos cancerosos e não cancerosos, o que reduz falsos positivos, permitindo a uma predição mais quantitativa do risco e da incidência desse tipo de neoplasia, fornecendo, portanto, suporte robusto para a definição das melhores diretrizes (BI, W. L. *et al*, 2019). Isso ocorre, pois a IA consegue quantificar características radiográficas sobre o fenótipo do tumor de maneira automática, sendo essas informações de suma importância para o prognóstico do câncer de pulmão, estando, inclusive, associadas à metástases distantes do adenocarcinoma pulmonar (PARMAR, C. *et al*, 2015).

Por fim, além dos impactos positivos no diagnóstico precoce, na criação de modelos computacionais bastante eficazes em detectar, classificar e prever o prognóstico, a inteligência artificial pode, também, ser utilizada para gerar imagens de PET (Positron Emission Tomography) a partir da TC convencional de pulmão para melhorar o diagnóstico e trazer

novas perspectivas prognósticas. Esse processo intermodal permite a criação de imagens PET tão fidedignas que radiologistas torácicos experientes não conseguiram diferenciá-las de imagens PET convencionais, além disso, várias outras métricas foram avaliadas, como a atividade do tumor, sendo que a PET sintética apresentou indicadores de câncer de maneira tão consistente quanto a original (WANG, T.; YANG, X, 2024). Dessa forma, foi evidenciado que as imagens convertidas pela inteligência artificial complementam a TC para diagnóstico de câncer pulmonar a partir de nódulos indeterminados e na identificação de pacientes em alto risco de desenvolvimento desse tipo de neoplasia. Além disso, apresenta acurácia similar à PET real no estadiamento do câncer e atinge significância estatística para predição de sobrevida a essa doença na maioria dos casos (WANG, T.; YANG, X, 2024). Embora sejam necessárias mais pesquisas acerca desse tema, os modelos propostos indicam um avanço e benefícios promissores.

Figura 1 : Estratégia de busca



5107

Fonte: Silva, Isabelle Barcellos, *et al*, 2025

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos achados desta revisão, torna-se evidente que a incorporação da inteligência artificial (IA) no diagnóstico do câncer de pulmão representa uma revolução promissora no campo da medicina diagnóstica, particularmente quando integrada à tomografia

computadorizada (TC). A elevada taxa de mortalidade associada ao diagnóstico tardio dessa neoplasia reforça a necessidade de estratégias mais eficientes e precoces para sua detecção. Nesse sentido, a IA surge como uma ferramenta poderosa ao oferecer maior sensibilidade, especificidade e reproduzibilidade na análise de imagens médicas, permitindo uma avaliação mais precisa dos nódulos pulmonares e contribuindo para a redução de falsos positivos e omissões.

Os artigos analisados demonstram que a IA pode não apenas auxiliar na detecção, mas também na caracterização e estadiamento da doença, além de permitir o monitoramento evolutivo do tumor com base em parâmetros antes inacessíveis à interpretação humana. Tais avanços têm o potencial de impactar positivamente o prognóstico dos pacientes, reduzindo o tempo entre a identificação da lesão e o início do tratamento adequado. Entretanto, a aplicação desses recursos deve ser pautada em diretrizes clínicas atualizadas, considerando não apenas a eficácia diagnóstica, mas também os riscos associados, como a exposição à radiação e os custos envolvidos, especialmente em populações com acesso limitado à saúde, além da falibilidade da interpretação da IA, que deve ser considerada como uma possibilidade.

Ademais, a padronização de protocolos baseados em risco individual, aliada ao desenvolvimento de modelos de inteligência artificial cada vez mais robustos, pode otimizar o uso da TC e tornar o rastreio do câncer de pulmão mais eficiente, acessível e seguro. Embora os resultados sejam promissores, é imprescindível o desenvolvimento de mais estudos clínicos randomizados, com amostras representativas e validação externa dos algoritmos propostos, a fim de assegurar a generalização dos resultados e a confiabilidade dos sistemas baseados em IA. Assim, a convergência entre tecnologia, medicina e políticas públicas se configura como caminho essencial para enfrentar os desafios impostos por essa grave doença, promovendo uma mudança de paradigma na oncologia torácica.

5108

REFERÊNCIAS

- BI, W. L. *et al.* Artificial intelligence in cancer imaging: Clinical challenges and applications. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, v. 69, n. 2, p. 127–157, mar. 2019.
- BOUAMRANE, A.; DERDOUR, M.; ALKSAS, A.; *et al.* Hybrid Deep Learning Approach with Feature Engineering for Enhanced Pulmonary Nodule Diagnosis. *SN Computer Science*, v. 5, n. 7, p. 890, 20 set. 2024. b;

BOUAMRANE, A.; DERDOUR, M.; BENNOUR, A.; *et al.* Toward Robust Lung Cancer Diagnosis: Integrating Multiple CT Datasets, Curriculum Learning, and Explainable AI. *Diagnostics*, v. 15, n. 1, p. 1, 24 dez. 2024. a.

CASTELLINO, R. A. Computer aided detection (CAD): an overview. *Cancer Imaging*, v. 5, n. 1, p. 17–19, 2005.

HUANG, L. *et al.* Development and validation of a preoperative CT-based radiomic nomogram to predict pathology invasiveness in patients with a solitary pulmonary nodule: a machine learning approach, multicenter, diagnostic study. *European Radiology*, v. 32, n. 3, p. 1983–1996, mar. 2022.

LIANG, M. *et al.* Low-Dose CT Screening for Lung Cancer: Computer-aided Detection of Missed Lung Cancers. *Radiology*, v. 281, n. 1, p. 279–288, out. 2016.

PARMAR, C. *et al.* Machine Learning methods for Quantitative Radiomic Biomarkers. *Scientific Reports*, v. 5, n. 1, p. 13087, 17 ago. 2015.

SAIED, M. *et al.* Efficient pulmonary nodules classification using radiomics and different artificial intelligence strategies. *Insights into Imaging*, v. 14, n. 1, p. 91, 18 maio 2023.

SIDORENKO, G. *et al.* Multi-source data approach for personalized outcome prediction in lung cancer screening: update from the NELSON trial. *European Journal of Epidemiology*, v. 38, n. 4, p. 445–454, abr. 2023.

SUNG, H. *et al.* Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, v. 71, n. 3, p. 209–249, maio 2021. 5109

THE 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, 4 ago. 2011.

VENKADESH, K. V. *et al.* Deep Learning for Malignancy Risk Estimation of Pulmonary Nodules Detected at Low-Dose Screening CT. *Radiology*, v. 300, n. 2, p. 438–447, ago. 2021.

WAHAB SAIT, A. R. Lung Cancer Detection Model Using Deep Learning Technique. *Applied Sciences*, v. 13, n. 22, p. 12510, 20 nov. 2023.

WANG, T.; YANG, X. Take CT, get PET free: AI-powered breakthrough in lung cancer diagnosis and prognosis. *Cell Reports Medicine*, v. 5, n. 4, p. 101486, abr. 2024.