

**VII Congresso Internacional
de Ciências da Saúde**

**A IMPORTÂNCIA DA RADIOLOGIA NA DETECÇÃO PRECOCE DO CÂNCER:
AVANÇOS, APLICAÇÕES E DESAFIOS**

***LA IMPORTANCIA DE LA RADIOLOGÍA EN LA DETECCIÓN TEMPRANA DEL
CÁNCER: AVANCES, APLICACIONES Y DESAFÍOS***

***THE IMPORTANCE OF RADIOLOGY IN THE EARLY DETECTION OF CANCER:
ADVANCES, APPLICATIONS, AND CHALLENGES***

Apresentação: Comunicação Oral

Thayssa Camylly Melo do Nascimento¹; Bruna da Silva Rocha²; Maria Clara Catanho Cavalcanti³; Erick Viana da Silva⁴

DOI : <https://doi.org/10.31692/2526-7701.VIIICOINTERPDVS.0036>

RESUMO

O câncer é caracterizado pelo crescimento desordenado de células, capaz de formar tumores malignos que podem se disseminar pelo corpo, sendo atualmente uma das principais causas de morte mundial. A detecção tardia da doença está diretamente associada ao aumento da mortalidade, evidenciando a importância de exames e estratégias capazes de identificar precocemente lesões tumorais, possibilitando intervenções rápidas e aumentando as chances de cura. A radiologia desempenha papel essencial na detecção e monitoramento de diferentes tipos de câncer. Métodos convencionais, como raio-X, mamografia e ultrassonografia, ainda representam a primeira linha de rastreamento em diversos contextos clínicos, embora apresentem limitações de sensibilidade e dependam da experiência do operador. Técnicas avançadas, como tomografia computadorizada e ressonância magnética, oferecem maior resolução e contraste, sendo decisivas no estadiamento e no planejamento cirúrgico. Já o PET-CT integra informações anatômicas e funcionais, auxiliando na identificação de metástases, enquanto a inteligência artificial (IA) desponta como ferramenta promissora para aumentar a precisão diagnóstica. Esta pesquisa objetivou analisar as principais técnicas radiológicas empregadas na detecção precoce de câncer. Para tal foi necessário identificar, descrever e compará-las. Na metodologia temos uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem qualitativa, com revisão narrativa da literatura. A análise demonstrou que a integração entre métodos tradicionais e tecnologias avançadas potencializa a acurácia diagnóstica, contribuindo para o rastreio eficiente de tumores em diferentes estágios da doença. Concluiu-se que o uso combinado dessas técnicas é estratégico para a detecção precoce, o planejamento terapêutico e o acompanhamento de metástases. A revisão evidencia a relevância da radiologia como ferramenta indispensável na prática clínica e na saúde pública, destacando seu impacto positivo na redução da mortalidade e na melhoria das taxas de cura.

Palavras-Chave: câncer; radiologia médica; detecção precoce; diagnóstico; técnicas de imagem.

¹ Tecnolanda em Radiologia, IFPE - Campus Recife, tcmn@discente.ifpe.edu.br

² Tecnolanda em Radiologia, IFPE - Campus Recife, brs@discente.ifpe.edu.br

³ Doutora em Linguística, IFPE - Campus Recife, Claracatanho@recife.ifpe.edu.br

⁴ Doutor em Administração, IFPE - Campus Recife, erick.viana@recife.ifpe.edu.br



RESUMEN

El cáncer se caracteriza por el crecimiento descontrolado de células, capaz de formar tumores malignos que pueden diseminarse por el cuerpo, siendo actualmente una de las principales causas de muerte en el mundo. La detección tardía de la enfermedad está directamente asociada con el aumento de la mortalidad, lo que evidencia la importancia de exámenes y estrategias capaces de identificar precozmente las lesiones tumorales, posibilitando intervenciones rápidas y aumentando las probabilidades de curación. La radiología desempeña un papel esencial en la detección y el monitoreo de diferentes tipos de cáncer. Los métodos convencionales, como la radiografía, la mamografía y la ecografía, todavía representan la primera línea de cribado en diversos contextos clínicos, aunque presentan limitaciones de sensibilidad y dependen de la experiencia del operador. Las técnicas avanzadas, como la tomografía computarizada y la resonancia magnética, ofrecen mayor resolución y contraste, siendo decisivas en el estadiaje y en la planificación quirúrgica. Por su parte, el PET-CT integra información anatómica y funcional, ayudando en la identificación de metástasis, mientras que la inteligencia artificial (IA) se perfila como una herramienta prometedora para aumentar la precisión diagnóstica. Esta investigación tuvo como objetivo analizar las principales técnicas radiológicas empleadas en la detección precoz del cáncer. Para ello fue necesario identificarlas, describirlas y compararlas. La metodología corresponde a una investigación de naturaleza aplicada, con un enfoque cualitativo y revisión narrativa de la literatura. El análisis demostró que la integración entre métodos tradicionales y tecnologías avanzadas potencia la precisión diagnóstica, contribuyendo al cribado eficiente de tumores en diferentes estadios de la enfermedad. Se concluyó que el uso combinado de estas técnicas es estratégico para la detección precoz, la planificación terapéutica y el seguimiento de metástasis. La revisión evidencia la relevancia de la radiología como herramienta indispensable en la práctica clínica y en la salud pública, destacando su impacto positivo en la reducción de la mortalidad y en la mejora de las tasas de curación.

Palabras Clave: câncer; radiologia médica; detecção precoce; diagnóstico; técnicas de imagem.

ABSTRACT

Cancer is characterized by the uncontrolled growth of cells, capable of forming malignant tumors that can spread throughout the body, currently being one of the leading causes of death worldwide. Late detection of the disease is directly associated with increased mortality, highlighting the importance of exams and strategies capable of identifying tumor lesions at an early stage, enabling rapid interventions and increasing the chances of cure. Radiology plays an essential role in the detection and monitoring of different types of cancer. Conventional methods, such as X-ray, mammography, and ultrasound, still represent the first line of screening in various clinical contexts, although they present sensitivity limitations and depend on operator experience. Advanced techniques, such as computed tomography and magnetic resonance imaging, offer greater resolution and contrast, being decisive in staging and surgical planning. PET-CT integrates anatomical and functional information, assisting in the identification of metastases, while artificial intelligence (AI) emerges as a promising tool to increase diagnostic accuracy. This research aimed to analyze the main radiological techniques used in the early detection of cancer. For this purpose, it was necessary to identify, describe, and compare them. The methodology consists of applied research, with a qualitative approach, and a narrative literature review. The analysis showed that the integration between traditional methods and advanced technologies enhances diagnostic accuracy, contributing to the efficient screening of tumors at different stages of the disease. It was concluded that the combined use of these techniques is strategic for early detection, therapeutic planning, and the monitoring of metastases. The review highlights the relevance of radiology as an indispensable tool in clinical practice and public health, emphasizing its positive impact on reducing mortality and improving cure rates.

Keywords: cancer; medical radiology; early detection; diagnosis; imaging techniques.

INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o câncer é atualmente uma



das principais causas de morte em todo o mundo, sendo responsável por uma em cada seis mortes registradas. Em 2020, aproximadamente 10 milhões de pessoas morreram em decorrência da doença. Os tipos mais comuns incluem câncer de mama, cólon, reto e próstata. O aumento global da incidência está fortemente relacionado a fatores comportamentais e ambientais, como tabagismo, consumo excessivo de álcool, sedentarismo, obesidade e alimentação inadequada. Além disso, infecções virais como o papilomavírus humano (HPV), os vírus das hepatites B e C e o vírus Epstein-Barr estão associados a cerca de 30% dos casos de morte por câncer (De Martel et al., 2020).

O termo "câncer" abrange mais de 100 doenças diferentes, em sua maioria malignas, caracterizadas pelo crescimento descontrolado e pela divisão anormal de células. Essas células podem se concentrar em tecidos específicos ou se disseminar para áreas adjacentes e distantes. A depender da origem celular, os tumores podem ser classificados como carcinomas (originados em tecidos epiteliais, como pele e mucosas) ou sarcomas (originados em tecidos conjuntivos, como ossos, músculos e cartilagens) (INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER, 2022).

Dados globais de 2020 apontam as manifestações mais frequentes da doença, destacando: câncer de mama (2,26 milhões de casos), pulmão (2,21 milhões), cólon e reto (1,93 milhões), próstata (1,41 milhões), pele não melanoma (1,20 milhões) e estômago (1,09 milhões). No mesmo ano, os principais tipos responsáveis por mortes foram os de pulmão (1,80 milhões), cólon e reto (916 mil), fígado (830 mil), estômago (769 mil) e mama (685 mil) (Ferlay et al., 2020; OMS, 2025).

Estima-se que, por meio da eliminação ou redução de fatores de risco e da adoção de estratégias preventivas, entre 30% e 50% dos casos de câncer poderiam ser evitados. Além disso, o diagnóstico precoce e o acesso oportuno a tratamentos eficazes são determinantes para aumentar significativamente as taxas de cura e reduzir a mortalidade (OMS, 2025). Neste contexto, especialmente no que se refere à detecção e diagnóstico, a radiologia desempenha um papel crucial. Técnicas como Mamografia, Radiografia, Tomografia Computadorizada (CT), Ressonância Magnética (RM) e Medicina Nuclear são amplamente empregadas na identificação precoce de tumores, na avaliação da extensão da doença (metástases), na orientação de biópsias, no planejamento terapêutico e no monitoramento da resposta ao tratamento (Barentsz et al., 2006).

O presente trabalho teve como objetivo analisar as principais técnicas radiológicas empregadas na detecção precoce de câncer. Para tal foi necessário identificar, descrever e compará-las.



Considerando a crescente incidência de câncer no mundo e a relação direta entre o diagnóstico precoce e o aumento das chances de cura, torna-se essencial compreender o papel da radiologia nesse processo. As técnicas de imagem representam ferramentas indispensáveis tanto para a detecção inicial quanto para o acompanhamento da evolução da doença, contribuindo significativamente para a efetividade dos tratamentos oncológicos. Assim, este estudo se justifica pela necessidade de aprofundar o conhecimento sobre as aplicações da radiologia no enfrentamento do câncer e seus desafios atuais no contexto da saúde pública.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A detecção precoce do câncer é um dos pilares centrais para reduzir a mortalidade por neoplasias malignas. Diagnósticos realizados em estágios iniciais permitem intervenções terapêuticas menos agressivas e aumentam significativamente as chances de cura (Schiffman et al., 2015). Nesse contexto, a radiologia médica emerge como ferramenta indispensável, com técnicas como mamografia, tomografia computadorizada (TC) de baixa dose e ressonância magnética (RM) sendo amplamente adotadas em programas de rastreamento oncológico (Sardanelli et al., 2024). Avanços recentes nessas modalidades, aliados ao desenvolvimento de métodos complementares como a biópsia líquida e a imagem molecular, têm ampliado a capacidade diagnóstica e contribuído para um estadiamento mais preciso, embora ainda existam desafios relacionados à padronização técnica e ao acesso equitativo (Pulumati et al., 2023).

A evolução da imagem médica transcendeu a simples representação anatômica, incorporando dados funcionais e moleculares que revelam alterações celulares antes mesmo de mudanças morfológicas visíveis, funcionando como uma "biópsia virtual" (Fass, 2008). Modalidades como mamografia, PET-CT e radiômica têm sido decisivas na identificação de tumores em fases assintomáticas (Schiffman et al., 2015). No entanto, a mamografia, embora considerada padrão-ouro para o rastreamento do câncer de mama em mulheres entre 50 e 69 anos, enfrenta críticas. Estudos apontam que "cerca de 50% das mulheres submetidas à mamografia anual durante 10 anos apresentam pelo menos um falso positivo" (Germino et al., 2016), levando a procedimentos desnecessários e ansiedade. Além disso, diretrizes brasileiras destacam limitações metodológicas nos estudos que embasam o rastreamento mamográfico, como a falta de cegamento na avaliação de óbitos (Migowski et al., 2018).



Diante dessas limitações, técnicas como biópsia líquida e imagem molecular ganham destaque, com marcadores como [68Ga]-PSMA e [18F]-FES alcançando sensibilidades superiores a 90% (Malik et al., 2024). A integração entre imagem médica e genômica, por exemplo, abre caminho para a medicina de precisão, permitindo diagnósticos personalizados (Cho et al., 2017). A radiômica, combinada com aprendizado de máquina, transforma exames convencionais em ferramentas decisórias avançadas, superando em alguns casos a acurácia de radiologistas experientes (Wei, 2021).

Apesar dos avanços, persistem desafios críticos. A padronização de equipamentos e a validação externa de algoritmos são essenciais para garantir a confiabilidade de tecnologias como a inteligência artificial (Yin et al., 2022). Além disso, a desigualdade no acesso a exames de imagem e a escassez de profissionais capacitados limitam a eficácia das estratégias de detecção precoce, especialmente em países em desenvolvimento (Zeng et al., 2020). Essas barreiras estruturais, somadas ao alto custo de implementação de tecnologias avançadas e à ausência de padronização em algumas modalidades, representam obstáculos relevantes para que os avanços no diagnóstico do câncer se traduzam em benefícios populacionais amplos (Pulumati et al., 2023). Diretrizes internacionais ainda falham em equilibrar riscos e benefícios de forma transparente: apenas 37% das 68 diretrizes analisadas mencionavam explicitamente essa relação (Zeng et al., 2020).

Diante disso, torna-se fundamental compreender como cada técnica de imagem atua, suas aplicações específicas e suas contribuições para o diagnóstico precoce. A seguir, serão apresentados os principais métodos radiológicos utilizados nesse contexto.

RAIO-X CONVENCIONAL

Sendo considerada uma das técnicas por imagem mais acessíveis, a radiografia convencional não apresenta muitos requisitos ou limitações que possam tornar o exame impróprio ou obsoleto. Essa técnica demonstra algumas vantagens, como o uso de doses baixas de radiação, que não comprometem a qualidade da imagem. A radiografia se mostra muito útil quando utilizada para obter imagens de tumores na mama, pois permite que as diferenças entre gordura, tumor e calcificações sejam facilmente identificadas, devido ao bom contraste entre essas estruturas. Além disso, a radiografia convencional possibilita a visualização de tumores do trato gastrointestinal, graças ao uso de agentes contrastantes entéricos.



Entretanto, o Raio-X (RX) apresenta algumas desvantagens relacionadas à projeção da imagem, uma vez que estruturas como ossos e tecidos moles são projetadas apenas em um plano. Além disso, o contraste entre tecidos moles é muito baixo, o que dificulta a visualização de várias estruturas presentes nessas regiões. Dessa forma, seu uso é contraindicado especialmente para visualizar casos de metástases, onde as estruturas não podem ser bem observadas. O uso da radiografia nesses casos só seria eficaz se o tumor conseguisse absorver, ou atenuar, os feixes de RX de forma mais significativa que os tecidos adjacentes. Dessa maneira, seu uso para esse fim não é realmente recomendado (Barentsz et al., 2006).

MAMOGRAFIA

Atualmente, a mamografia é considerada um dos exames mais confiáveis para a detecção precoce de alterações nas mamas, mesmo antes que o próprio paciente — geralmente por meio do autoexame — ou o médico consiga percebê-las (Stein et al., 2009). Por meio do exame mamográfico, é possível identificar anormalidades — como tumores, por exemplo — nos tecidos mamários até mesmo dois anos antes de se tornarem palpáveis, tornando-se, assim, um exame considerado de rotina para mulheres acima dos 50 anos.

Entretanto, alguns sinais precoces de câncer podem ser “camuflados” em pacientes com tecido mamário mais firme ou mamas volumosas, pois esses tecidos, considerados mais densos ou espessos, têm a capacidade de ocultar nódulos iniciais. Nesses casos, recomenda-se o uso da mamografia digital ou, ainda, exames complementares como Ultrassonografia, ressonância magnética e tomografia, que podem fornecer resultados mais confiáveis (Chala & Barros, 2007)

TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA (TC)

Similar a um Raio-X Convencional, a produção de imagem por TC utiliza a absorção de um feixe de RX pelos tecidos do corpo. No entanto, na TC, os feixes de RX são colimados em um feixe estreito, que atravessa uma fina camada do paciente.

Além disso, a TC apresenta resolução de contraste muito maiores que as do raio-x convencional, pois os feixes gerados são absorvidos por detectores capazes de diferenciar sutilezas na densidade dos tecidos, permitindo a detecção de anormalidades de forma mais eficiente. Sua modalidade de imagem em cortes transversais também contribui para uma melhor qualidade, possibilitando a diferenciação clara de estruturas sobrepostas. A importância da TC na detecção precoce do câncer se dá, principalmente, pelo fato de ser uma



ferramenta rápida, que leva apenas alguns minutos para ser operada e não apresenta incômodos significativos aos pacientes. Entre suas vantagens estão o bom contraste entre tecidos moles e a possibilidade de administração de agentes contrastantes, o que melhora a visualização de diversas estruturas e vasos sanguíneos, além de permitir a diferenciação do trato gastrointestinal em relação a outras regiões.

Como a obtenção de dados é feita de maneira rápida, órgãos inteiros podem ser facilmente visualizados — como o fígado e os pulmões — permitindo que seus tecidos sejam analisados em detalhe. Isso facilita a identificação de tumores e outras anormalidades, ao compará-los com os tecidos circundantes. De forma resumida, a TC apresenta vantagens como o bom contraste entre tecidos e a facilidade de comparação, por ser baseada em valores atenuantes. Dessa forma, a TC é amplamente utilizada em diagnósticos iniciais, no rastreamento de metástases e no acompanhamento de tumores. Suas imagens tridimensionais servem como guia para cirurgias.

Por fim, devido à sua capacidade de medir tumores em até três dimensões e à sua ampla disponibilidade, a TC é muito utilizada em programas de rastreamento de câncer, como, por exemplo, o de pulmão (Silva, 2024 & Barentsz et al., 2006).

RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

A ressonância magnética é amplamente utilizada na medicina como um pilar dos diagnósticos por imagem, devido à sua capacidade detalhada de apresentar estruturas internas do corpo. Seu uso também proporciona informações sobre a composição dos tecidos, permite identificar diversas lesões e até mesmo mensurar volumes de órgãos. Trata-se de uma ferramenta versátil, capaz de detectar uma ampla variedade de doenças, como o câncer de mama e até mesmo o Alzheimer (Leal et al., 2003; Santana & Borges, 2015; Costa et al., 2016).

Amplamente conhecida por sua sensibilidade e segurança, a ressonância magnética utiliza radiação não ionizante, fazendo uso de campos magnéticos e ondas de radiofrequência, que induzem e detectam sinais dos diferentes tecidos corporais, os quais são convertidos em imagens em escala de cinza. O exame é realizado com o paciente posicionado dentro do ímã circular do scanner de ressonância magnética, onde ocorrem diversos processos físicos até a formação da imagem (Barentsz et al., 2006). Atualmente, existem scanners de ressonância magnética mais modernos, que são mais rápidos e abertos em comparação com os modelos anteriores. Isso proporciona maior conforto para pacientes claustrofóbicos ou com limitações físicas (Martins et al., 2020; Arruda et al., 2004; Loredó, 2021).



Dessa forma, por sua segurança e versatilidade, a ressonância magnética se mostra uma ferramenta extremamente relevante, especialmente para o diagnóstico, acompanhamento e tratamento do câncer. No entanto, apesar de suas vantagens, alguns pontos negativos devem ser considerados. Entre eles, destacam-se o alto custo do exame, a variabilidade na especificidade (Santana & Borges, 2015) e o tempo prolongado necessário para sua realização, que é maior do que o da tomografia computadorizada. O tempo dentro do ímã pode ser um desafio para pacientes com limitações físicas, claustrofobia ou para o público pediátrico.

Outras desvantagens podem estar relacionadas à técnica utilizada ou às diferenças entre operadores e fabricantes do aparelho, o que pode alterar o sinal dos tecidos na imagem final — e, por consequência, do próprio tumor. Assim, a ressonância magnética normalmente não é considerada uma primeira opção para o diagnóstico inicial de tumores, com exceção dos tumores cerebrais e musculoesqueléticos. Para tumores torácicos e abdominais, a TC costuma ser realizada primeiro, enquanto a RM é utilizada para responder questões específicas, como a identificação de invasão uterina em câncer endometrial e cervical, ou o estadiamento do câncer de próstata (Barentsz et al., 2006).

ULTRASSONOGRAFIA

A ultrassonografia, amplamente utilizada em diversos exames médicos, faz uso de um transdutor de ultrassom, que emite ondas sonoras de alta frequência. Essas ondas são refletidas pelos tecidos e, em seguida, recebidas novamente pelo transdutor. A partir dessas reflexões, são obtidas informações sobre a separação dos planos teciduais e suas diferenças, por meio da impedância acústica das estruturas. A diferenciação das imagens ocorre da seguinte forma: estruturas que contêm fluido — como cistos — não retornam sinal, sendo visualizadas em preto; já estruturas calcificadas — como os cálculos — retornam sinal forte e aparecem brancas na imagem. Dessa forma, a ultrassonografia apresenta uma série de vantagens: possui bom contraste entre tecidos moles, é de fácil aplicação, não utiliza radiação ionizante, oferece imagens em tempo real e permite a orientação precisa para procedimentos como biópsias.

No entanto, algumas desvantagens estão presentes. A qualidade do exame depende fortemente da experiência do operador, e a constituição física do paciente pode interferir nos resultados — especialmente em indivíduos obesos. Embora as estruturas superficiais de tecidos moles possam ser bem visualizadas, é necessário que o profissional tenha boa experiência para diferenciar tumores de tecidos moles em relação às estruturas adjacentes.



Além disso, a presença de gases intestinais pode comprometer o desempenho do exame, tornando impossível a visualização adequada de tumores localizados atrás de alças intestinais dilatadas por gás.

Sendo assim, a ultrassonografia é comumente utilizada na área oncológica para o diagnóstico de tumores ginecológicos, metástases hepáticas, avaliação dos rins, entre outras aplicações (Barentsz et al., 2006).

MEDICINA NUCLEAR (PET-CT, cintilografia)

O PET/CT, também conhecido como PET/Scan, refere-se a uma modalidade de exame por imagem que combina recursos da medicina nuclear e da radiologia, com a finalidade de fornecer diagnósticos mais precisos. Dessa forma, torna-se possível a sobreposição das imagens metabólicas fornecidas pela medicina nuclear com as imagens anatômicas da radiologia. Assim, estruturas como ossos, cérebro, pulmão, fígado e outros órgãos podem ser analisadas metabolicamente (Yokoyama; Tsuchiya; Tateishi, 2021; Hochhegger et al., 2015; Rodrigues, 2015; Camargo, 2005).

No contexto oncológico, a principal indicação do PET/CT é para a detecção de tumores e suas metástases. O exame é realizado após a administração intravenosa de um radiofármaco, que se acumula na área do corpo a ser examinada. Essa região pode ser observada por meio da emissão de raios gama, que são captados por um detector de radiação conectado a um computador, responsável por formar as imagens (Camargo, 2005).

Quando o paciente recebe glicose marcada com um composto radioativo, também por via intravenosa, esse composto se espalha por todo o organismo. No entanto, os tecidos tumorais, devido ao metabolismo acelerado, concentram uma maior quantidade da substância (Pinéo, 2010). Como vantagem, o PET/CT permite a análise da atividade metabólica de lesões tumorais em todo o corpo. A tomografia, acoplada ao contador de cintilações, coleta as imagens que aparecem como manchas ou áreas de brilho intenso nas regiões onde há presença de lesões tumorais (Camargo, 2005).

Dessa forma, o PET/CT é considerado um exame altamente útil na detecção de metástases que não são visíveis em outros métodos de imagem. Além disso, auxilia no diagnóstico diferencial de tumores, podendo contribuir para a distinção entre lesões benignas e malignas (Kubota et al., 2001; Pinéo, 2010; Soares et al., 2010; Camargo, 2005).

AVANÇOS TECNOLÓGICOS (IA)



A inteligência artificial (IA) tem se consolidado como uma ferramenta promissora na oncologia, especialmente na detecção precoce de tumores. De acordo com Barioni et al. (2024), a aplicação de plataformas de deep learning e redes neurais convolucionais possibilita identificar padrões invisíveis ao olho humano em exames radiológicos e histopatológicos, ampliando a precisão diagnóstica e permitindo previsões mais assertivas sobre o prognóstico. Os autores destacam que “a integração da análise de imagens com dados transcriptômicos e clínicos, utilizando IA, é crucial para o avanço da medicina personalizada” (Barioni et al., 2024, p. 2). Estudos sistematizados por Houssami et al. (2019) mostram que algoritmos de IA aplicados à mamografia não apenas igualam, mas em alguns casos superam a performance de radiologistas experientes na detecção de câncer de mama, especialmente em mamas densas — condição que reduz a sensibilidade dos métodos convencionais. A revisão conduzida por Rentiya et al. (2024) confirma que a atuação conjunta entre IA e julgamento clínico humano é a abordagem mais eficaz, pois a “combinação de insights automatizados e experiência médica melhora significativamente a acurácia diagnóstica” (p. 5).

Além do câncer de mama, a IA tem sido explorada para outros tipos de neoplasias. Hashim et al. (2025) realizaram uma meta-análise que apontou desempenho superior da IA em comparação a radiologistas na detecção de câncer de mama em estágio inicial, reforçando seu potencial como tecnologia complementar aos métodos tradicionais. No campo dos biomarcadores, Barioni et al. (2024) ressaltam que a IA facilita a análise simultânea de marcadores genéticos, moleculares, proteicos e de imagem, possibilitando a identificação de tumores em fases assintomáticas e auxiliando no desenvolvimento de estratégias preventivas personalizadas.

Apesar dos avanços, persistem desafios. Entre eles estão a necessidade de padronização técnica, validação externa dos algoritmos e questões éticas e de privacidade de dados (Barioni et al., 2024). Portanto, a implementação plena da IA na prática clínica demanda não apenas inovação tecnológica, mas também diretrizes regulatórias e treinamento especializado.

METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de natureza aplicada, abordagem qualitativa e de caráter exploratório, com a metodologia baseada em revisão bibliográfica narrativa. Para a coleta de dados, foram consultadas fontes acadêmicas confiáveis, tais como artigos científicos, publicações de organizações internacionais, documentos técnicos, e



materiais disponibilizados por instituições como o Instituto Nacional de Câncer (INCA) e a International Agency for Research on Cancer (IARC). A busca foi realizada em bases de dados eletrônicas, incluindo SciELO, PubMed e Google Acadêmico, utilizando os descritores: “radiologia”, “diagnóstico precoce”, “câncer”, “métodos de imagem”, “mamografia”, “tomografia computadorizada”, “ressonância magnética” e “medicina nuclear”. Foram incluídas publicações dos últimos 24 anos, preferencialmente em português, inglês e espanhol, que abordassem direta ou indiretamente o papel da radiologia no diagnóstico oncológico. Após a leitura exploratória e seletiva, os materiais foram analisados com base em critérios de relevância para os objetivos propostos, atualidade, qualidade metodológica e aplicabilidade prática. Ao final foram selecionados 43 artigos de um total inicial de 71 artigos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

MÉTODOS CONVENCIONAIS DE DETECÇÃO (RAIO-X, MAMOGRAFIA E ULTRASSONOGRAFIA)

Os métodos convencionais de imagem ainda desempenham papel central na detecção precoce do câncer, sobretudo em programas de rastreamento populacional. Entre eles, a mamografia continua sendo considerada o exame de primeira escolha em larga escala. Uma revisão de 28 estudos sistemáticos apontou que a sensibilidade da mamografia varia de forma significativa, sendo mais alta em mulheres acima de 50 anos e mais baixa em mamas densas, o que compromete sua eficácia em populações mais jovens (Shi et al., 2025). Nesse sentido, “a especificidade permanece consistente, mas a sensibilidade sofre grande influência da densidade mamária” (Shi et al., 2025, p. 3).

No contexto brasileiro, a mamografia é amplamente utilizada como principal ferramenta de rastreamento, podendo reduzir a mortalidade em até 40% (Pace & Ayanian, 2014, apud Correia et al., 2023). Ainda assim, em casos de mamas densas, a literatura recomenda exames complementares, como ultrassonografia ou ressonância magnética (Correia et al., 2023). A ultrassonografia apresenta boa acurácia na diferenciação entre nódulos sólidos e císticos e é útil em gestantes e mulheres jovens por não utilizar radiação



ionizante (Youk et al., 2016, apud Correia et al., 2023). No entanto, sua eficácia depende da experiência do operador, o que compromete a padronização dos resultados. O raio-X convencional permanece restrito a situações específicas, como a avaliação inicial de calcificações ou alterações em estruturas torácicas e gastrointestinais, mas apresenta baixo contraste para tecidos moles, não sendo indicado para rastreamento de tumores iniciais (Silverman et al., 2007).

De forma crítica, os estudos mostram que, embora amplamente acessíveis, os métodos convencionais enfrentam limitações importantes, em especial a redução da sensibilidade em grupos específicos, a dependência do operador e a ocorrência de falsos positivos. Assim, reforça-se a necessidade de integração com exames mais avançados, ampliando a acurácia diagnóstica e reduzindo incertezas.

MÉTODOS AVANÇADOS ANATÔMICOS (TC E RM)

Entre os métodos anatômicos, a tomografia computadorizada (TC) e a ressonância magnética (RM) oferecem maior contraste e resolução, superando limitações dos exames convencionais. A TC se destaca pela capacidade de diferenciar tecidos moles e pela possibilidade de reconstrução tridimensional, o que favorece a detecção de alterações sutis e auxilia no estadiamento tumoral (Correia et al., 2023). Já a ressonância magnética das mamas tem se mostrado de grande valor em oncologia, sobretudo em pacientes com mamas densas ou alto risco genético. Marques et al. (2011) ressaltam que a RM apresenta “sensibilidade elevada na detecção de tumores, especialmente em pacientes com mamas densas e em situações clínicas específicas” (p. 364). Além de seu papel no diagnóstico, a técnica é essencial no planejamento cirúrgico, na avaliação da extensão tumoral e na análise da resposta terapêutica.

Na comparação direta, a RM supera a mamografia e a ultrassonografia em casos de difícil avaliação, como tumores multifocais ou bilaterais. Contudo, seu custo elevado e menor disponibilidade em sistemas públicos limitam sua aplicação ampla. Assim, a literatura reforça que, embora não substituam os métodos convencionais em rastreamento populacional, a TC e a RM representam avanços fundamentais na precisão diagnóstica e no suporte às decisões terapêuticas.

PET-CT



De acordo com Bastos (2024), a PET e a TC, quando utilizadas em conjunto, oferecem integração anatômica e funcional, possibilitando a identificação de alterações tanto estruturais quanto metabólicas. Esse recurso tem se mostrado valioso na detecção de tumores malignos e metástases, permitindo análises morfológicas e funcionais em um mesmo exame.

Para Moreira et al. (2016), o PET-CT é particularmente útil no diagnóstico e estadiamento do câncer de pulmão, pois permite avaliar o nódulo pulmonar solitário, mensurando tanto seu contorno e densidade quanto sua atividade glicolítica. Nesse sentido, complementa os achados de Bastos (2024), ao mostrar que o exame não apenas sobrepõe imagens, mas também fornece informações funcionais cruciais. Entre suas limitações, destaca-se a possibilidade de falsos positivos, comuns em pacientes com doenças inflamatórias ou metabólicas, além do custo elevado e da restrição de acesso em muitos sistemas de saúde. Ainda assim, estudos recentes confirmam sua superioridade em estágios iniciais, inclusive na detecção precoce de metástases (Silva, 2023).

Assim, a literatura reforça que o PET-CT, apesar de não substituir métodos convencionais, exerce papel estratégico na oncologia moderna, agregando precisão ao diagnóstico e ao estadiamento.

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

O avanço da inteligência artificial (IA) também tem impactado diretamente a oncologia. Luthy (2022) mostra que a IA é capaz de auxiliar na análise de diferentes exames de imagem — como radiografias, TC, RM e PET-CT — ao identificar padrões sutis que muitas vezes passam despercebidos a observadores humanos. Na análise histopatológica, Díaz et al. (2021) destacam que a IA consegue detectar células cancerígenas, calcular a porcentagem de área tumoral e reconhecer padrões histológicos em diferentes tipos de câncer, ampliando a precisão diagnóstica. Além disso, os algoritmos apresentam potencial para apoiar decisões clínicas por meio do aprendizado contínuo.

Apesar do potencial promissor, persistem desafios relacionados à padronização dos algoritmos, à validação externa e às questões éticas, como privacidade dos dados e transparência nos resultados. Nesse sentido, a literatura converge em destacar que a IA deve atuar como ferramenta complementar, e não substitutiva, ao julgamento médico.



Quadro 01: Vantagens e limitações dos principais métodos de imagem utilizados na detecção precoce do câncer

Exame de Imagem	Vantagens (autores)	Desvantagens / Limitações (autores)
Raio-X	Método acessível e rápido; útil em triagens iniciais (Schiffman et al., 2015)	Baixa sensibilidade para lesões iniciais; pouca especificidade (Schiffman et al., 2015)
Mamografia	Padrão-ouro no rastreamento do câncer de mama; maior sensibilidade em mulheres 50-69 anos (Migowski et al., 2018; Germino et al., 2016)	Alta taxa de falso-positivos (cerca de 50% em 10 anos) (Germino et al., 2016); menor desempenho em mamas densas (Sardanelli et al., 2024)
Ultrassonografia	Complementar à mamografia; útil em mamas densas (Cho et al., 2017)	Dependência do operador; variação na interpretação (Cho et al., 2017)
Tomografia Computadorizada (TC)	Alta resolução anatômica; fundamental no rastreamento do câncer de pulmão (Silva et al., 2024)	Exposição à radiação; custo mais elevado em rastreamento (Silva et al., 2024)
Ressonância Magnética (RM)	Melhor contraste tecidual; eficaz em tumores complexos (Yin et al., 2022; Sardanelli et al., 2024)	Alto custo; disponibilidade restrita (Yin et al., 2022)
PET/CT	Integra informações anatômicas e funcionais; excelente para estadiamento (Rodrigues, 2015; Soares Jr. et al., 2010)	Custo elevado; acesso limitado em países em desenvolvimento (Rodrigues, 2015; Zeng et al., 2020)
Radiômica e IA	Detecta padrões sutis invisíveis ao olho humano; amplia a acurácia diagnóstica (Wei, 2021; Rentiya et al., 2024; Hashim et al., 2025)	Necessidade de validação externa; risco de vieses e desigualdade de acesso (Pulumati et al., 2023; Zeng et al., 2020)

Fonte: Própria (2025)

CONCLUSÕES

Tendo em vista o objetivo do trabalho de analisar as principais técnicas radiológicas,

concluímos que o objetivo foi alcançado, visto que a revisão permitiu compreender como cada modalidade contribui de forma complementar para a detecção precoce do câncer.

A radiologia desempenha um papel essencial na detecção precoce e no acompanhamento de diferentes tipos de câncer, contribuindo diretamente para o aumento das taxas de cura e redução da mortalidade. Técnicas tradicionais, como raio-X, mamografia e ultrassonografia, continuam sendo fundamentais, sobretudo em programas de rastreamento populacional, ainda que apresentem limitações como a menor sensibilidade em mamas densas e a dependência da experiência do operador. Já os métodos anatômicos avançados, como a tomografia computadorizada e a ressonância magnética, oferecem maior resolução e contraste, tornando-se decisivos no estadiamento, no planejamento cirúrgico e na avaliação da resposta terapêutica.

O PET-CT, por sua capacidade de integrar informações anatômicas e funcionais, constitui uma ferramenta valiosa para o diagnóstico e o estadiamento de lesões malignas, embora seu custo elevado e restrições de acesso impeçam sua ampla utilização. Por outro lado, a inteligência artificial surge como inovação promissora na análise de imagens e lâminas histopatológicas, favorecendo a detecção precoce e a acurácia diagnóstica, mas sua implementação clínica ainda depende de padronização, validação externa e atenção às questões éticas.

Assim, a integração de métodos convencionais, avançados e emergentes evidencia que a radiologia contemporânea deve ser compreendida como um conjunto multimodal de recursos. Essa complementaridade maximiza a precisão diagnóstica e oferece suporte estratégico às decisões terapêuticas. Em suma, o investimento contínuo em tecnologias de imagem, aliado a políticas que ampliem o acesso e à capacitação profissional, é imprescindível para garantir que os avanços da radiologia se convertam em benefícios reais para a saúde pública e para o enfrentamento eficaz do câncer.

REFERÊNCIAS

Arruda, W. O., Bordignon, K. C., Milano, J. B., & Ramina, R.. (2004). Doença de Creutzfeldt-Jakob forma Heidenhain: relato de caso com achados de ressonância magnética e DWI. *Arquivos De Neuro-psiquiatria*, 62(2a), 347–352.



<https://doi.org/10.1590/S0004-282X2004000200029>

Barentsz, J., Takahashi, S., Oyen, W., Mus, R., De Mulder, P., Reznek, R., Oudkerk, M., & Mali, W. (2006). Commonly used imaging techniques for diagnosis and staging. *Journal of clinical oncology*, 24(20), 3234–3244. <https://doi.org/10.1200/JCO.2006.06.5946>

Barioni, C. T. S., Wandresen, R. P. de B., Pereira, L. F., Coimbra, A. F., Kubo, B. B. de A. O., & Cunha, R. C. da .. (2024). Artificial Intelligence for the Identification of Biomarkers in Cancer Prevention and Diagnosis: Advances and Perspectives. *Revista Brasileira De Cancerologia*, 70(2), e–254692. <https://doi.org/10.32635/2176-9745.RBC.2024v70n2.4692>

Bastos, T. S., Brito Neto, R. C., & Pinto, E. V. (2024). Eficácia da tomografia por emissão de pósitrons (PET) combinada com tomografia computadorizada (CT) na detecção precoce do câncer. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 10(11), 5659–5375. <https://doi.org/10.51891/rease.v10i11.17078>

Camargo, E. E.. (2005). Experiência inicial com PET/CT. *Radiologia Brasileira*, 38(1). <https://doi.org/10.1590/S0100-39842005000100001>

Chala, L. F., & Barros, N. de .. (2007). Avaliação das mamas com métodos de imagem. *Radiologia Brasileira*, 40(1), 4–6. <https://doi.org/10.1590/S0100-39842007000100001>

Cho, N., Han, W., Han, B. K., Bae, M. S., Ko, E. S., Nam, S. J., Chae, E. Y., Lee, J. W., Kim, S. H., Kang, B. J., Song, B. J., Kim, E. K., Moon, H. J., Kim, S. I., Kim, S. M., Kang, E., Choi, Y., Kim, H. H., & Moon, W. K. (2017). Breast Cancer Screening With Mammography Plus Ultrasonography or Magnetic Resonance Imaging in Women 50 Years or Younger at Diagnosis and Treated With Breast Conservation Therapy. *JAMA oncology*, 3(11), 1495–1502. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2017.1256>

Costa, F. et al. (2016). Meningioma cervical intramedular: um relato de caso raro. *Arquivos Brasileiros de Neurocirurgia*, 35(1), 82–84. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1571142>

De Martel, C., Georges, D., Bray, F., Ferlay, J., & Clifford, G. M. (2020). Global burden of cancer attributable to infections in 2018: a worldwide incidence analysis. *The Lancet Global health*, 8(2), e180–e190. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(19\)30488-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(19)30488-7)



Díaz, O. et al. (2021). Are artificial intelligence systems useful in breast cancer screening programs? *Radiologia*, 63(3), 236–244.

Fass, L. (2008). Imaging and cancer: a review. *Molecular Oncology*, 2(2), 115-152.
<https://doi.org/10.1016/j.molonc.2008.04.001>

Ferlay, J. et al. (2020). Global Cancer Observatory: Cancer Today. Lyon: IARC. Disponível em: <https://gco.iarc.fr/today>

Germino, J. C., Elmore, J. G., Carlos, R. C., & Lee, C. I. (2016). Imaging-based screening: maximizing benefits and minimizing harms. *Clinical imaging*, 40(2), 339–343.
<https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2015.06.003>

Hashim, H. T., Alhatemi, A. Q. M., Daraghma, M., Ali, H. T., Khan, M. A., Sulaiman, F. A., Ali, Z. H., Sahib, M. A., Al-Obaidi, A. D., & Al-Obaidi, A. (2025). Artificial intelligence versus radiologists in detecting early-stage breast cancer from mammograms: a meta-analysis of paradigm shifts. *Polish journal of radiology*, 90, e1–e8.
<https://doi.org/10.5114/pjr/195520>

Hochegger, B., Alves, G. R. T., Irion, K. L., Fritscher, C. C., Fritscher, L. G., Concatto, N. H., & Marchiori, E.. (2015). PET/CT imaging in lung cancer: indications and findings. *Jornal Brasileiro De Pneumologia*, 41(3), 264–274.
<https://doi.org/10.1590/S1806-37132015000004479>

Houssami, N., Kirkpatrick-Jones, G., Noguchi, N., & Lee, C. I. (2019). Inteligência Artificial (IA) para a detecção precoce do câncer de mama: uma revisão de escopo. *Expert Review of Medical Devices*, 16(5), 351–362. <https://doi.org/10.1080/17434440.2019.1610387>

INCA – Instituto Nacional de Câncer. O que é câncer. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/o-que-e-cancer>. Acesso em: 01 ago. 2025.

Kubota, K. (2001). From tumor biology to clinical Pet: a review of positron emission tomography (PET) in oncology. *Annals of nuclear medicine*, 15(6), 471–486.
<https://doi.org/10.1007/BF02988499>

Leal, F. et al. (2003). Espondilodiscites sépticas: diagnóstico e tratamento. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 61(3B), 829–835. <https://doi.org/10.1590/s0004-282x2003000500023>



Loredo, F. P. de et al. (2021). Comparação entre a tomossíntese e a ressonância magnética da mama para avaliar resposta tumoral após quimioterapia neoadjuvante: relato de caso. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, 6(7), 56–65. <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/saude/quimioterapia-neoadjuvante>

Lüthy, I. (2022). Inteligencia artificial y aprendizaje de máquina en diagnóstico y tratamiento del cáncer. Medicina (B Aires), 82(5), 798-800.

Malik, M. M. U. D., Alqahtani, M. M., Hadadi, I., Kanbayti, I., Alawaji, Z., & Aloufi, B. A. (2024). Molecular Imaging Biomarkers for Early Cancer Detection. Diagnostics, 14(21), 2459. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14212459>

Marques, E. F., Medeiros, M. L. L. de ., Souza, J. A. de ., Mendonça, M. C., Bitencourt, A. G. V., & Chojniak, R.. (2011). Indicações de ressonância magnética das mamas em um centro de referência em oncologia. Radiologia Brasileira, 44(6), 363–366. <https://doi.org/10.1590/S0100-39842011000600007>

Martins, T., Mussi, T. C., & Baroni, R. H. (2020). Medida do volume prostático por ressonância magnética multiparamétrica e ultrassonografia transretal. Einstein (São Paulo), 18, eAO4662. https://doi.org/10.31744/einstein_journal/2020AO4662

Migowski, A., Stein, A. T., Ferreira, C. B. T., Ferreira, D. M. T. P., & Nadanovsky, P.. (2018). Diretrizes para detecção precoce do câncer de mama no Brasil. Cadernos De Saúde Pública, 34(6), e00116317. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00116317>

Moreira, M. et al. (2016). PET/TC em câncer de pulmão: indicações, achados e perspectivas futuras. Pulmão RJ, 25(2), 35-46.

Pinéo, J. T. L. (2010). A importância do PET/CT no diagnóstico precoce do câncer. TCC – Instituto Cimas, São Paulo.

Pulumati, A., Pulumati, A., Dwarakanath, B. S., Verma, A., & Papineni, R. V. L. (2023). Technological advancements in cancer diagnostics: Improvements and limitations. Cancer reports, 6(2), e1764. <https://doi.org/10.1002/cnr2.1764>

Rentiya, Z. S., Mandal, S., Inban, P., Vempalli, H., Dabbara, R., Ali, S., Kaur, K., Adegbite, A., Intsiful, T. A., Jayan, M., Odoma, V. A., & Khan, A. (2024). Revolutionizing



Breast Cancer Detection With Artificial Intelligence (AI) in Radiology and Radiation Oncology: A Systematic Review. *Cureus*, 16(4), e57619.
<https://doi.org/10.7759/cureus.57619>

Rodrigues, A. C. S. (2015). A importância dos estudos dinâmicos em PET-CT para avaliação de doenças oncológicas. Dissertação (Mestrado) – Instituto Politécnico de Coimbra.

Santana, N., & Borges, A. (2015). Exames de imagem no rastreio e diagnóstico do câncer de mama: RM das mamas em face da mamografia. *Psicologia e Saúde em Debate*, 1(1), 19–38.
<https://doi.org/10.22289/2446-922x.v1n1a3>

Sardanelli, F., Magni, V., Rossini, G. et al. (2024). O paradoxo da ressonância magnética para rastreamento do câncer de mama. *Insights Imaging*, 15, 96.
<https://doi.org/10.1186/s13244-024-01653-4>

Schiffman, J. D., Fisher, P. G., & Gibbs, P. (2015). Early detection of cancer: past, present, and future. *ASCO educational book*, 57–65.
https://doi.org/10.14694/EdBook_AM.2015.35.57

Shi, J., Li, J., Gao, Y., Chen, W., Zhao, L., Li, N., Tian, J., & Li, Z. (2025). The screening value of mammography for breast cancer: an overview of 28 systematic reviews with evidence mapping. *Journal of cancer research and clinical oncology*, 151(3), 102.
<https://doi.org/10.1007/s00432-025-06122-z>

Silva, D. A. C., Rosa, L. de A., Requeijo, M. J. R., & Vilaça, M. V. R. (2024). A aplicação da tomografia computadorizada no diagnóstico precoce de câncer de pulmão. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 10(6), 1985–1991.
<https://doi.org/10.51891/rease.v10i6.14226>

Silva, R. F. M. da. (2023). A eficácia da técnica PET/CT na determinação precoce do câncer: uma revisão integrativa da literatura. Disponível em:
http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/1943/1/2023_tcc_rfmsilva.pdf

Soares Junior, J., Fonseca, R. P., Cerci, J. J., Buchpiguel, C. A., Cunha, M. L. da ., Mamed, M., & Almeida, S. A. de .. (2010). Lista de recomendações do Exame PET/CT com 18F-FDG em Oncologia. *Radiologia Brasileira*, 43(4), 255–259.
<https://doi.org/10.1590/S0100-39842010000400010>



Stein, A. T. et al. (2009). Rastreamento do câncer de mama: recomendações baseadas em evidências. Revista da AMRIGS, 53(4), 438–446.

Vista do DETECÇÃO DE CÂNCER DE MAMA: AVANÇOS E DESAFIOS. Disponível em: <https://www.revista.facsur.net.br/index.php/rf/article/view/18/17>. Acesso em: 20 ago. 2025.

Wei, P. (2021). Radiomics, deep learning and early diagnosis in oncology. Emerging topics in life sciences, 5(6), 829–835. <https://doi.org/10.1042/ETLS20210218>

WHO – World Health Organization. Cancer: fact sheet. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cancer>

Yin, Q., Xu, H., Zhong, Y. et al. (2022). Desempenho diagnóstico de ressonância magnética, SPECT e PET na detecção de carcinoma de células renais: revisão sistemática e meta-análise. BMC Cancer, 22, 163. <https://doi.org/10.1186/s12885-022-09239-3>

Yokoyama, K., Tsuchiya, J., & Tateishi, U. (2021). Comparison of [18F]FDG PET/CT and MRI for Treatment Response Assessment in Multiple Myeloma: A Meta-Analysis. Diagnostics, 11(4), 706. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11040706>

Zeng, L., Helsingen, L. M., Kenji Nampo, F., Wang, Y., Yao, L., Siemieniuk, R. A., Bretthauer, M., & Guyatt, G. H. (2020). How do cancer screening guidelines trade off benefits versus harms and burdens of screening? BMJ open, 10(12), e038322. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-038322>

