



Cenário atual e tendências futuras do diagnóstico por imagem

Current scenario and future trends in diagnostic imaging

Escenario actual y tendencias de futuro en diagnóstico por la imagen

Carlos Jefferson Santana de Souza¹, Camila Negrão Monteiro¹, Andrea Cristiane Pinheiro Pereira¹, Anna Paula Garcia Ferreira¹, Maria Alves Belém¹, Márcia de Fátima Silva Barros², Saul Falcão Bemerguy¹, Haila Kelli dos Santos Vieira¹, Aurimery Gomes Chermont³, Creusa Barbosa dos Santos Trindade¹.

RESUMO

Objetivo: Analisar o atual cenário e quais tendências do diagnóstico por imagem. **Métodos:** Trata-se de uma Revisão Integrativa da Literatura tendo como critérios de inclusão a seleção de artigos publicados nos últimos seis anos (2019 – 2024), gratuitos e completos, nos idiomas inglês, português e espanhol, cuja temática central fosse o atual momento do diagnóstico por imagem e as perspectivas tecnológicas. Excluíram-se estudos em que o foco principal fosse patológico; estudos sem revisão por pares; pesquisas com metodologias significativamente falhas ou viés declarado. **Resultados:** Os exames de imagem desempenham funções importantes na prática clínica, sendo cruciais nos diagnósticos elucidativos e diferenciais e no tratamento de patologias em razão do aumento na sensibilidade dos atuais métodos utilizados para a realização destes tipos de exames. Sendo assim, verifica-se que os aparelhos de diagnóstico por imagem são uma das principais áreas que compõe um parque tecnológico de alto custo, havendo a inserção de Inteligência Artificial, integração de sistema e segurança, dando maior qualidade a assistência prestada ao usuário. **Considerações finais:** Constatou-se que este campo está em constante evolução e está caminhando lado a lado com as inovações tecnológicas. Ademais, este trabalho contribua para outros estudos referentes ao tema, impulsionando a pesquisa na área.

Palavras-chave: Diagnóstico por imagem, Tecnologia em saúde, Gestão em saúde.

ABSTRACT

Objective: To analyze the current scenario and trends in imaging diagnosis. **Methods:** This is an Integrative Literature Review with the inclusion criteria of selecting articles published in the last six years (2019-2024), free and complete, in English, Portuguese and Spanish, whose central theme was the current state of imaging diagnosis and technological perspectives. Studies in which the main focus was pathological; studies without peer review; research with significantly flawed methodologies or declared bias were excluded. **Results:** Imaging exams play important roles in clinical practice, being crucial in elucidative and differential diagnoses and in the treatment of pathologies due to the increased sensitivity of the current methods used to perform these types of exams. Therefore, it is clear that imaging diagnosis devices are one of the main areas that make up a high-cost technology park, with the insertion of Artificial Intelligence, system integration and security, providing greater quality to the assistance provided to the user. **Final considerations:** It was found that this field is constantly evolving and is moving hand in hand with technological innovations. Furthermore, this work contributes to other studies related to the subject, boosting research in the area.

Keywords: Imaging diagnosis, Health technology, Health management.

¹ Fundação Santa Casa de Misericórdia do Pará (FSCMPA), Belém – PA.

² Centro Universitário do Pará, Belém – PA.

³ Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém – PA.

RESUMEN

Objetivo: Analizar el escenario actual y las tendencias del diagnóstico por la imagen. **Métodos:** Se trata de una Revisión Integrativa de la Literatura cuyo criterio de inclusión fue la selección de artículos publicados en los últimos seis años (2019 – 2024), gratuitos y completos, en inglés, portugués y español, cuyo tema central fue el momento actual del diagnóstico por imágenes. y perspectivas tecnológicas. Se excluyeron los estudios cuyo enfoque principal fuera patológico; estudios sin revisión por pares; investigaciones con metodologías significativamente defectuosas o sesgos manifiestos. **Resultados:** Los exámenes de imagen juegan un papel importante en la práctica clínica, siendo cruciales en el esclarecimiento y diagnóstico diferencial y en el tratamiento de patologías debido a la mayor sensibilidad de los métodos actuales utilizados para realizar este tipo de exámenes. Por tanto, parece que los dispositivos de diagnóstico por imagen son una de las principales áreas que componen un parque tecnológico de alto coste, con la inclusión de Inteligencia Artificial, integración de sistemas y seguridad, aportando mayor calidad en la asistencia prestada al usuario. **Consideraciones finales:** Se encontró que este campo está en constante evolución y va de la mano de las innovaciones tecnológicas. Además, este trabajo contribuye a otros estudios sobre el tema, impulsando la investigación en el área.

Palabras clave: Diagnóstico por imágenes, Tecnología sanitaria, Gestión sanitaria.

INTRODUÇÃO

A temática relativa a tecnologias e inovação ganhou força em todas as áreas do conhecimento a partir do século XXI, de modo a fazer com que o reconhecimento desta sociedade seja atrelado ao conhecimento e a tecnologia (WEISS MC, 2019). Nessa perspectiva, as novas tecnologias são indicadas como as responsáveis pelas mudanças no sistema produtivo e, conseqüentemente, no processo de mudança na sociedade, sendo estas responsáveis pelo desenvolvimento do contexto social (TOTES HK, et al., 2020). Na área da saúde, o uso de novas tecnologias na área da saúde deve ser frequentemente analisado para que a incorporação de novos materiais, aparelhos seja de forma sustentável e transparente, favorecendo sua disseminação (LIMA SGG, et al., 2019).

As tecnologias na saúde vêm se tornando ferramentas essenciais para qualidade do atendimento e segurança diagnóstica. Sistemas computadorizados de auxílio diagnóstico estão sendo desenvolvidos para melhorar o rigor nos resultados de exames que utilizam imagens para diagnóstico e suporte para decisão terapêutica (SANTOS MK, et al., 2019). Na saúde, há uma forte relação entre ciência e tecnologia, sendo as inovações dependentes de conhecimentos científicos principalmente aquelas provenientes das universidades (GONÇALVES BS e DE SANTANA JR, 2023). Dessa forma, no que tange o uso de tecnologias na saúde, vê-se na área de diagnóstico por imagem diversos tipos e tecnologias que auxiliam a medicina. O diagnóstico por imagem é uma área da medicina moderna que utiliza de várias tecnologias para obter imagens do interior do corpo humano com na finalidade de auxiliar na tomada de decisão clínica de forma rápida e eficaz (DA SILVA FAF, et al. 2020).

As técnicas de imagem médica foram desenvolvidas após a descoberta dos raios X, em 1895 pelo físico e engenheiro Wilhelm Röntgen, onde eram usadas para diagnosticar fraturas ósseas e anormalidades; a fluoroscopia foi desenvolvida a parti de um feixe mais poderoso de raios X, hodiernamente, a fluoroscopia é similar a tomografia computadorizada (DE ALMEIDA VERGARA CS, 2024). Na década de 1940, a técnica de tomografia de raio X foi elaborada buscando uma parte determinada de tecido, girando o tufo de foco de raios X na parte selecionada de tecido, atualmente a tomografia é substituída por métodos avançados de imagem com a tomografia computadorizada (CÁCERES OIA, 2021).

Nos últimos trinta anos, verificou-se uma acentuada transformação tecnológica na área de diagnóstico por imagem com várias inovações que tornaram as imagens médicas cada vez mais precisas (MESSIAS NC, 2023). Nessa perspectiva, o setor de equipamentos médicos ganha destaque nas discussões sobre a temática de inserção de tecnologias na saúde, possibilitando mudança nas práticas assistenciais e maior probabilidade de avanço nos diagnósticos e nas intervenções médicas, tornando-os mais precisos (LOBATO RB, 2021). As tecnologias dos equipamentos de diagnóstico por imagem são resultadas de inovações incrementais interdisciplinar, como o progresso na estrutura dos átomos na física foi fundamental

na aplicabilidade da ressonância magnética, bem como os progressos da computação e da matemática foram essenciais na tomografia computadorizada (DA PENHA MOREIRA AJ, 2021). Os exames de diagnóstico por imagem são comumente encontrados nos níveis de média e alta complexidade de atenção a saúde, à exemplo os prontos socorros, onde há necessidade de diagnósticos rápidos (DA SILVA EBA, 2022).

Mundialmente houve um aumento no número de procedimentos de imagem e, por conseguinte, crescimento dos custos em saúde atrelados a avanço na tecnologia, ampliação de acesso, maior demanda por pacientes e melhoria da oferta de serviços de saúde relacionada a recompensa financeira por produção (MOTTA LJ e MONKEN S, 2019). Nos países em desenvolvimento, como o Brasil, os sistemas de saúde defrontam-se com desafios como atender à demanda de padrões de tecnologia comparado aos países desenvolvidos, cujo investimento se deu há 30 anos (PERELMUTER G, 2020). Nos Estados Unidos, desde o final da década de 90, a categoria de diagnóstico por imagem superou os gastos médicos, sendo 31% em serviços médicos e 62% em diagnósticos por imagem, e na Inglaterra houve aumento de 40% de diagnóstico por imagem, tendo a ressonância magnética 220% e tomografias computadorizadas 160% no volume de exames (LIEBEL G, et al., 2021). Segundo a Agência Nacional Suplementar (ANS), em 2017, as solicitações de exames de imagem superaram a médica anual em comparação com países desenvolvidos e, em 2022, ocorreu um crescimento de 26% em relação à 2017, ocasionando em um gasto de 44 bilhões de reais em exames (ANS, 2022).

Nesta perspectiva, observa-se que os exames de diagnóstico por imagem são componentes que fazem parte da prática clínica de forma rotina, apoiando a tomada de decisão médica na melhor ação a ser seguida (SERHAN LA, et al., 2022). O diagnóstico por imagem inclui radiologia que inclui raios X, tomografia computadorizada, endoscopia, ressonância magnética, espectroscopia de ressonância magnética nuclear, tomografia por emissão de prótons, termografia, fotografia médica, mamografia digital, tomografia de emissão de fóton único e tomografia de impedância ultrassônica e elétrica (HUSSAIN S, et al., 2022). As tecnologias de imagem são de extrema importância no auxílio de anormalidades representadas de forma visual contribuindo para que os médicos tenham acesso a condições reais dos pacientes (SILVA MS, 2020). Dessa forma, a evolução tecnológica das últimas décadas exerceu grande impacto na prática médica, sendo o diagnóstico por imagem uma das especialidades que mais possam por modificações relacionada a incorporação das novas tecnologias (DE SOUSA BARRETO, et al., 2023). Diante disso, este trabalho teve como objetivo analisar na literatura qual o atual cenário e quais tendências do diagnóstico por imagem.

MÉTODOS

Este estudo trata-se de uma Revisão Integrativa da Literatura (RIL) para catalogar produções acerca do cenário atual e principais tendências do diagnóstico por imagem. Esta RIL adotou as etapas propostas por Júnior RNCC, et al. (2023) que são: 1 – Elaboração da pergunta de pesquisa; 2 – Busca na literatura; 3 – Coleta de dados; 4 – Análise crítica dos trabalhos incluídos; 5 – Discussão dos resultados encontrados; e 6 – Exposição da revisão integrativa. Para a elaboração da pergunta norteadora, utilizou-se o acrônimo que leva em consideração a população, conceito e contexto do item a ser pesquisado, identificando os pontos-chave (DE OLIVEIRA R, et al., 2023). Assim, definiu-se a seguinte estrutura: P: Diagnóstico por imagem, C – Tendências futuras, C – cenário atual, tendo, por conseguinte, a seguinte pergunta norteadora: Quais evidências na literatura científica sobre o cenário atual e tendências futuras na área do diagnóstico por imagem?

A pesquisa na literatura se deu através da seleção descritores a partir dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCs), sendo considerado os termos: diagnóstico por imagem, tecnologia em saúde e gestão em saúde, nos idiomas português, inglês e espanhol, cruzados pelos operadores booleanos AND e OR. A busca se deu através da estratégia: diagnóstico por imagem AND tecnologia em saúde AND gestão em saúde) OR (imaging diagnosis AND health technology AND health management) OR (diagnóstico por imágenes AND tecnología sanitaria AND gestión sanitaria. Como critérios de inclusão adotaram-se a seleção de artigos publicados nos últimos seis anos (2019 – 2024), gratuitos e completos, nos idiomas

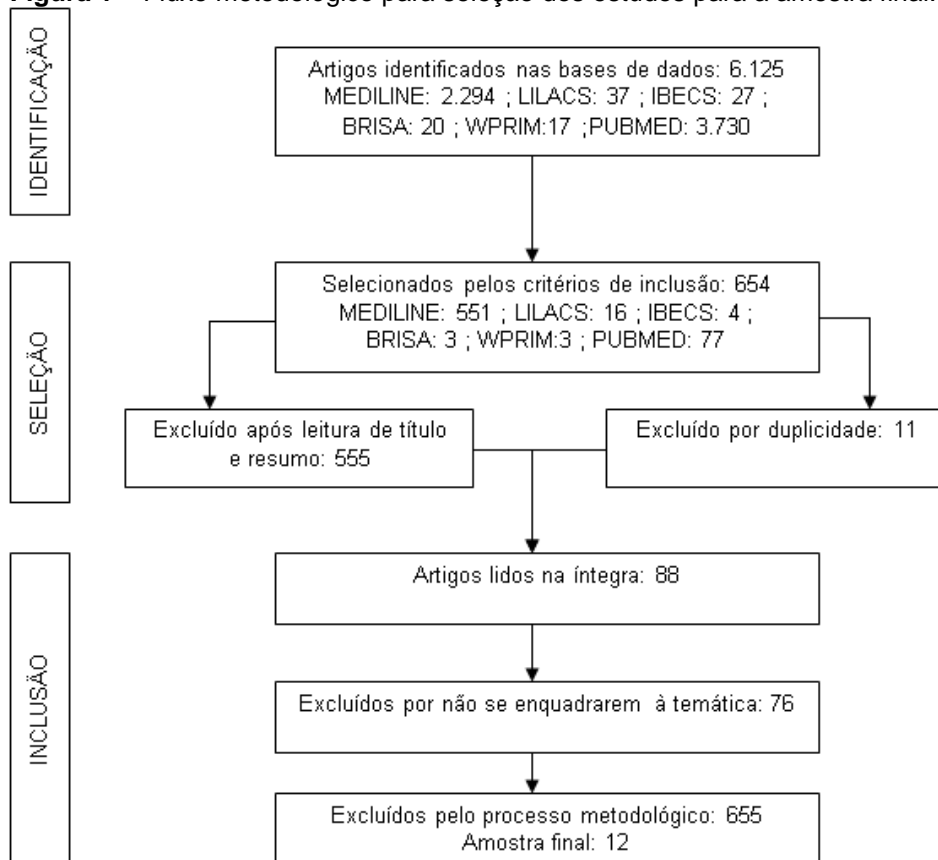
inglês, português e espanhol, cuja temática central fosse o atual momento do diagnóstico por imagem e as perspectivas tecnológicas.

Excluíram-se estudos em que o foco principal fosse patológico; estudos sem revisão por pares; pesquisas com metodologias significativamente falhas ou viés declarado. As bases de extração dos dados foram a MEDILINE, IBECs, LILACS, BRISA e WPRIM, via Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e PubMed. No que se refere a coleta de dados, as informações incluídas tiveram sua revisão por revisores independentes, sendo os conflitos decididos por consenso ou por revisão de terceiro revisor. Em relação a síntese e triagem dos estudos, utilizou-se o software Rayyan para auxiliar na organização, inclusão e seleção dos artigos para a leitura na íntegra (YU F, et al., 2022). Para a análise dos artigos que compuseram a amostra final, foi realizada tabulação destes de acordo com os critérios definidos e objetivo desta RIL. A posteriori, prosseguiu-se a reunião dos resultados, análise, síntese e discussão dos achados na literatura.

RESULTADOS

A pesquisa nas bases de dados totalizou 6.125 artigos. Isto posto, para a seleção dos artigos da amostra final, a triagem se deu em três etapas (figura 1): identificação, seleção e inclusão. Na etapa de identificação, filtraram-se 656 artigos, sendo 551 (84,3%) da MEDILINE, 16 (2,4%) LILACS, 4 (0,6%) IBECs, 3 (0,5%) WPRIM e 77 (11,8%) no PUBMED. Em seguida, sucedeu-se com a leitura dos títulos e resumos, descartando 555 por não se adequarem à temática e 11 por duplicidade. Nesta perspectiva, para a leitura na íntegra, restaram 88 artigos, sendo escolhidos 11 trabalhos para a amostra final desta revisão. O processo metodológico excluiu 655 artigos por não corresponderem à temática, por duplicidade ou por não responderem à pergunta problema que deu origem a este estudo.

Figura 1 – Fluxo metodológico para seleção dos estudos para a amostra final.



Fonte: Souza CJSD, et al., 2024.

Para o resultado desta revisão, foram selecionados 11 artigos, sendo 4 (36%) artigos encontrados na MEDLINE, 5 (46%) na PUBMED e 2 (18%) na LILACS. No que tange ao país de origem, verifica-se prevalência de 25% dos estudos realizados nos Estados Unidos, com três artigos, 33,3% no Reino Unido, e 54,54% dos estudos realizados no Brasil, Holanda, Suíça, Índia, Califórnia e China, ficando cada país com um estudo, prevalecendo a língua inglesa como idioma de origem dos artigos. Ademais, notou-se que os estudos foram realizados em países com economias desenvolvidas ou em desenvolvimento, demonstrando que a temática do diagnóstico por imagem está em constante avanço, com inserção de novas técnicas. Os artigos foram ordenados no **Quadro 1** de acordo com autor/ano, objetivo, conclusão e publicação.

DISCUSSÃO

Esta revisão buscou detectar os principais estudos sobre o panorama atual do diagnóstico por imagem e as principais perspectivas para o avanço desta especialidade médica, como esperado de uma atualização que se mostrou oportuna do desenvolvimento do presente estudo. A priori, verifica-se que, em relação a amostra inicial de artigos selecionados, a amostra final configura um pequeno percentual de pesquisas que discutem a inquietação deste estudo. Contudo, os estudos catalogados ressaltam a importância de estudos futuros sobre a temática, uma vez que quanto maior o número de estudo a respeito da temática, maior serão os avanços na área. Os exames de imagem desempenham funções importantes na prática clínica, sendo cruciais nos diagnósticos elucidativos e diferenciais e no tratamento de patologias em razão do aumento na sensibilidade dos atuais métodos utilizados para a realização destes tipos de exames (MORAIS YB e RABELO SL, 2022).

Com os passar dos anos, a ciência buscou introduzir inovações na área de diagnóstico por imagem, principalmente para a segurança dos pacientes que se submetiam a estes exames, visando reduzir os riscos aos pacientes inerentes ao processo, por exemplo, o tempo de exposição a radiação (DO ROSÁRIO DJ, et al., 2024). No estudo de Boot IW, et al. (2024), os autores buscaram comparar e discutir os custos, diferenças e benefícios para a saúde na utilização da tomografia computadorizada coronária em relação a outro método de diagnóstico padrão para dor torácica, considerando a avaliação necessária a todo método diagnóstico ao término da pesquisa. O estudo revelou que o diagnóstico realizado através da tomografia computadorizada pode levar à imediata a redução de gastos, além de aumentar a probabilidade de diagnósticos corretos.

Isto posto, o artigo trata de uma nova forma de diagnóstico para doenças coronarianas, contudo, este estudo foi realizado na Holanda, país desenvolvido, comparando-se ao Brasil, sabe-se que a tomografia é um método mais sofisticado e que exige maior custo-efetividade no sistema de saúde, especificamente no sistema público. Osterwalder J, et al. (2023), apontam em seu estudo o uso do ultrassom de medicina de emergência (EMUS) e o ultrassom no local de atendimento (PoCUS). Segundo os autores, os dois métodos são de ultrassonografia diagnóstica realizada beira-leito ou onde quer que o paciente esteja, sendo uma ferramenta fundamental para os casos de emergência. Ainda, os autores apontam que o PoCUS é frequentemente utilizado para auxílio clínico, servindo como guia para ações futuras, bem como também é indicado como uma indicação superior a abordagens tradicionais, uma vez que a velocidade e a mobilidade são grandes vantagens.

Nesta perspectiva, com relação ao PoCUs, o estudo de Nathanson R, et al. (2023) mostra a usabilidade do ultrassom no local de atendimento na atenção primária, nos Estados Unidos. A pesquisa mostra que o déficit de treinamento, equipamento e infraestrutura são barreiras identificadas no uso do PoCUS. Sendo assim, percebe-se que a difusão deste método de diagnóstico ainda se restringe ao ambiente hospitalar, contudo, percebe-se que a falta de treinamento, de bons equipamentos e infraestrutura são variáveis em comum no que tange a dificuldade do uso do PoCUS. Por outra perspectiva, Conlon TW, et al. (2022) ressalta o risco do uso do PoCUS por profissionais que não são radiologistas, sendo a falta de supervisão um fator que contribuiria de forma negativa no uso da tecnologia. Contudo, o estudo conclui que o uso do PoCUs aumentará na prática clínica, porém seu uso representa baixo risco, assim como as demais tecnologias usadas para o diagnóstico por imagens não são isentas de riscos.

Quadro 01 – Relação de artigos que compuseram a amostra final.

Nº	Autoria / ano de publicação	Objetivo	Conclusão	Periódico
01	Boot IWA, et al. (2024)	O objetivo desta Avaliação de Tecnologia em Saúde (HTA) em estágio inicial foi avaliar a diferença nos custos de saúde e os efeitos da reserva de fluxo fracionada derivada da tomografia computadorizada coronária (ffrct) em comparação com diagnósticos padrão em pacientes com dor torácica estável na Holanda.	Os achados de HTA em estágio inicial sugerem que o ffrct pode reduzir os gastos totais com saúde, a probabilidade de diagnósticos incorretos e os principais eventos cardiovasculares adversos em comparação aos diagnósticos atuais para pacientes com dor torácica estável no ambiente de saúde holandês ao longo de um ano. Estudos futuros de custo-efetividade devem determinar um preço baseado em valor para o ffrct e quantificar o valor econômico do impacto terapêutico antecipado.	Plos One
02	Osterwalder J, et al., (2023)	Neste manuscrito, nós, como especialistas em EMUS e pocus, nos concentraremos nas definições de EMUS e pocus, bem como nos conceitos atuais e em evolução de EMUS.	A ultrassonografia de emergência é a aplicação do pocus à beira do leito pelo médico assistente para auxiliar nas soluções de tantos problemas sensíveis ao tempo quanto possível em encontros de avaliação e gerenciamento de pacientes de emergência.	Medicina (Kaunas)
03	Sridharan B E LIM HG (2023)	Esta revisão visa discutir os avanços clínicos do PAI usando nanopartículas como agentes de contraste exógenos para teranóstica do câncer com ênfase no PAI do sistema linfático para diagnóstico, progressão do câncer, metástase, ressecção de tumor guiada por PAI e, finalmente, administração de medicamentos guiada por PAI	O futuro do PAI depende muito da melhoria dos desafios que atualmente não estão sendo abordados. Pesquisas e otimizações constantes definitivamente farão com que as modalidades de imagem baseadas em PA sejam rotineiramente usadas nas clínicas. Um dos principais avanços necessários para os sistemas PAI é a identificação de um sistema computacional adequado e avançado para análise de imagens. Isso ajudará imensamente os clínicos, pois os métodos atualmente disponíveis para algoritmos de reconstrução de imagens e algoritmos de não mistura espectral são muito complexos e demorados	J Nanobiotechnology
04	Oh KE, et al., (2023)	Realizar uma revisão sistemática e meta-análise da precisão diagnóstica da radiômica na diferenciação de lesões mamárias malignas e benignas usando modalidades de imagem existentes (MMG, USS, TC e RNM)	Em diferentes modalidades de imagem, a radiômica exibiu uma precisão diagnóstica robusta na diferenciação de lesões mamárias benignas e malignas. Os resultados ressaltam o potencial da avaliação radiômica como uma ferramenta diagnóstica alternativa ou adjuvante minimamente invasiva para câncer de mama. Esses são dados pioneiros que relatam uma nova abordagem diagnóstica que é pouco estudada e subnotificada	Cureus
05	Nathanson R, et al. (2023)	Neste estudo avaliamos o uso atual, as barreiras ao uso, o gerenciamento do programa e as necessidades de treinamento para o POCUS na atenção primária.	O uso atual de POCUS em cuidados primários é baixo, apesar do crescimento recente do treinamento de POCUS em programas de residência em Medicina Interna. Investimentos em treinamento de POCUS e infraestrutura de programa são necessários para expandir o uso de POCUS em cuidados primários e garantir supervisão adequada dos estagiários.	The American Journal of Medicine
06	Barnes H, et al. (2023)	O objetivo desta revisão é descrever as lacunas clínicas e de pesquisa no diagnóstico e prognóstico de DPI, e como o aprendizado de máquina pode ser aplicado à pesquisa de biomarcadores de imagem para fechar essas lacunas.	Avanços no processamento e análise de imagens fornecem mais oportunidades para usar o aprendizado de máquina que incorpora análise de imagem baseada em aprendizado profundo e radiômica. Colaboração e consistência são necessárias para desenvolver algoritmos ideais, e biomarcadores radiológicos candidatos devem ser validados em relação a preditores apropriados de resultados de doenças.	Lancet Digit Health

07	Conlon TW, et al. (2022)	Este manuscrito busca integrar preocupações, experiências e opiniões da literatura, bem como de nossa diversificada coautoria internacional dentro da estrutura do RAF para avaliar o risco de POCUS pediátrico	Tecnologias para orientar o diagnóstico e o gerenciamento médico apresentam considerações únicas ao avaliar possíveis riscos ao paciente. Frequentemente, o risco se estende além do paciente e impacta os provedores e as instituições nas quais eles praticam. O POCUS é uma tecnologia emergente cada vez mais incorporada ao cuidado de crianças em diversas especialidades clínicas.	Eur Journal Pediatr
08	Qiao L, et al. (2020)	Este artigo propõe um novo esquema de compartilhamento leve para permitir que usuários da Internet acessem de forma rápida e segura as smis de um hospital usando um computador da Internet em qualquer lugar, mas sem depender de uma rede privada virtual ou outra implantação complexa	Esta solução pode servir à medicina da Internet a um baixo custo e pode promover o desenvolvimento diversificado da tecnologia médica móvel. Sob a atual situação epidêmica da COVID-19, esperamos que ela possa desempenhar um papel de baixo custo e alta eficiência no suporte remoto de emergência.	Journal Healthc Eng
09	Panayides AS, et al. (2020)	Este artigo analisa soluções de pesquisa de última geração em todo o espectro da informática de imagens médicas, discute a tradução clínica e fornece direções futuras para o avanço da prática clínica.	Concluindo, abordagens de análise integrativa conduzidas por ramos de pesquisa associados destacados neste estudo prometem revolucionar a informática de imagens como conhecida hoje em todo o continuum da saúde para aplicações de radiologia e patologia digital. Este último é projetado para permitir diagnóstico informado e mais preciso, prognóstico oportuno e planejamento de tratamento eficaz, sustentando a medicina de precisão.	IEEE Journal Biomed Health Inform
10	Setti Da Rocha AS, et al., (2019)	Avaliar as implicações bioéticas decorrentes da iniquidade socioeconômica em relação à distribuição de equipamentos de imagem na saúde pública brasileira.	Apenas dois estados ofereceram ótimas ofertas de equipamentos por imagem na rede do sistema público de saúde e índices de extrema pobreza. Na perspectiva bioética, a maior distribuição de equipamentos de diagnóstico por imagem pode ser vista como uma iniquidade gerada pela gestão pública.	Revista latinoamericana bioética
11	Geethanath S E Vaughan JJT (2019)	Neste artigo, reunimos dados recentes de densidade global de scanners de ressonância magnética e os agrupamos em seis regiões geográficas com base na classificação da OMS	Métodos de ressonância magnética e desenvolvimentos associados que impactam a ressonância magnética acessível, como aumentar/aumentar a conscientização sobre ressonância magnética e a experiência local, incorporar métodos com conhecimento de hardware, imagens quantitativas rápidas e alavancar inovações de campos adjacentes	Journal Magn Reson Imaging

Fonte: Souza CJSD, et al., 2024.

Outro elemento destacado na modalidade de diagnóstico por imagem são os métodos baseados no efeito fotoacústico. Sridharan B e Lim HG (2023) destacam em seu estudo o princípio fotoacústico utilizado em exames como a tomografia fotoacústica, microscopia fotoacústica e a tomografia óptica multiespectral, sendo usada a inteligência artificial para a construção da imagem. De acordo com os autores, as modalidades de exames por imagem baseadas no efeito fotoacústico são promissoras, porém dependem de estudos para melhorias, como a necessidade de um sistema computacional adequado e avançado para a análise das imagens. Outro avanço no campo do diagnóstico por imagem é a radiômica, cujo desenvolvimento se deu através do desenvolvimento da medicina personalizada. De acordo com Oh KE, et al. (2023), com o crescimento, especialmente do câncer de mama, os exames de imagens estão a frente no que tange a orientação médica nos casos de diagnóstico dessa patologia. Desse modo, segundo os autores, o crescimento exponencial permitiu o desenvolvimento da radiômica que utiliza algoritmos para extrair propriedades quantitativas das imagens radiografadas.

A evolução na área do diagnóstico por imagem abarcou também a inteligência artificial (IA). Barnes H, et al. (2023), abordaram a temática acerca do aprendizado de máquina, que é uma classe de IA. Relacionado ao diagnóstico por imagem, os autores descrevem a utilização do aprendizado de máquina para a análise das particularidades das imagens de tomografias computadorizadas para avaliar doença pulmonar. No que se refere ao contexto brasileiro, um estudo selecionado é pesquisa nacional e analisa o cenário acerca dos avanços na área de diagnóstico por imagem. Rezende AML, et al. (2023), analisou a implantação e implementação do Picture Archiving and Communication System (PACS) que é um sistema de armazenamento de dados e imagens radiológicas. No estudo, as funcionalidades de rapidez na busca por pacientes, integração entre sistemas, acessibilidade, reconciliação e segurança dos dados foram aspectos esperados pelos servidores do serviço.

Além disso, assim como a pesquisa de Nathanson R, et al. (2023) que identificou algumas barreiras para o uso do PoCUS, o estudo identificou que treinamento e capacitação contínua, bons equipamentos no que tange atualização tecnológica (hardware e software) e integração entre sistemas já existentes são necessários para a implementação do PACS na unidade. Desse modo, percebe-se que os gestores necessitam de um olhar amplo para identificar as barreiras antes da implementação de novas tecnologias nas unidades de diagnóstico por imagem, evitando atraso no fluxo e gaps. Qiao L, et al. (2020), também explora em seu estudo a temática do PACS. O autor descreve um estudo onde profissionais da tecnologia da informação desenvolveram um protótipo para realizar assistência diagnóstica para médicos fora do hospital, bem como possibilita aos gestores maior segurança no que tange a proteção de informações de pacientes, uma vez que eles terão controle de quais profissionais poderão ter acesso ao software.

Por outro lado, apesar de avanços na área, ainda são encontrados entraves no diagnóstico por imagem. Setti da Rocha AS, et al. (2019), trazem as questões éticas que devem ser pensadas no que diz respeito a inserção da IA em imagens médicas, como segurança das informações dos pacientes, sendo necessária a normatização através de diretrizes. Ademais, o estudo aborda a necessidade de alinhamento e adaptação dos profissionais de saúde frente a esses avanços tecnológicos no dia a dia clínico. Outra crescente tendência nos diagnósticos por imagem é a utilização da inteligência artificial. Assim como já apontado no estudo de Barnes H, et al. (2023), Panayides AS, et al. (2020) descreve os avanços tecnológicos com a inserção da IA como auxílio nos diagnósticos por imagem, potencializando os resultados e a tomada de decisão clínica do médico. O autor destaca que as inovações na área de diagnóstico por imagem cada vez mais elevarão o nível de qualidades dos atendimentos, sendo necessários mais estudos para a medicina de precisão.

Geethanath S e Vaughan JR JT. (2019) descrevem os diferentes métodos de imagem por ressonância magnética (RM). O estudo aborda várias opções de RM e suas implicações na clínica, desde os tipos de campos (muito baixo, baixo, alto) até o reconhecimento hardware. A pesquisa destaca a importância da RM nos diagnósticos clínicos, visto que é um exame rico em detalhes do interior do corpo humano. Os estudos analisados demonstram que, com o passar dos anos e com o avanço dos estudos científicos, a área de diagnóstico por imagem obteve uma crescente expansão tecnológica onde há exames de imagens mais

fidedignos e com alto rigor clínico. Sendo assim, verifica-se que os aparelhos e diagnóstico por imagem são uma das principais áreas que compõem um parque tecnológico de alto custo, havendo a inserção de IA, integração de sistema e segurança, dando maior qualidade a assistência prestada ao usuário.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas últimas décadas, a questão de inovação tecnológica na área da saúde está sendo uma temática requerida pelos cientistas, uma vez que as características e suas implicações nos serviços de saúde são de suma importância para uma assistência de qualidade e segura. No campo do diagnóstico por imagem, verifica-se que não é diferente, pelo contrário, percebe-se que esta é uma área pioneira em inovações tecnológicas. Este estudo buscou reunir trabalhos que discutissem a conjuntura atual e tendências futuras do diagnóstico por imagem. Nesse sentido, constatou-se que este campo está em constante evolução e está caminhando lado a lado com as inovações tecnológicas. Ademais, ressalta-se que este trabalho contribua para outros estudos referentes ao tema, impulsionando a pesquisa na área.

REFERÊNCIAS

1. ANS. Mapa assistencial da saúde suplementar. Agência Nacional de Saúde Suplementar, 2022. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.gov.br/ans/pt-br/assuntos/noticias/periodo-eleitoral/ans-atualiza-o-mapa-assistencial-da-saude-suplementar>. Acesso em: 03 ago. 2024.
2. BARNES H et al. Machine learning in radiology: the new frontier in interstitial lung diseases. *The Lancet Digital Health*, 2023; 5(1): 41-50.
3. BOOT IW et al. Early-stage health technology assessment of fractional flow reserve coronary computed tomography versus standard diagnostics in patients with stable chest pain in The Netherlands. *Plos one*, 2024; 19(6): 0305189.
4. CÂRCERES OIA. Síntese e caracterização de nanopartículas de Au modificadas para contraste multifuncional. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Química – Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2021.
5. CONLON TW, et al. Establishing a risk assessment framework for point-of-care ultrasound. *European journal of pediatrics*, 2022; 181(5): 1-9.
6. DA PENHA MOREIRA AJ. A microtomografia de raios X para o estudo da anatomia da microestrutura de órgãos e suas patologias. Tese de Doutorado. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2021.
7. DA SILVA EBA. Contribuição do ensino em radiologia de emergência e trauma às unidades de serviço de pronto atendimento (SPA). *Caderno de Diálogos*, 2022; 3(1): 25-39.
8. DA SILVA FAF et al. Atuação do enfermeiro em centro de diagnóstico por imagem: uma abrangência multidisciplinar. *Revista Temas em Saúde*, 2020; 20(6): 2447-2131.
9. DE ALMEIDA VERGARA CS. O papel fundamental dos tecnólogos e técnicos em Radiologia nas investigações Forenses. *E-Acadêmica*, 2024; 5(1): 0151528-0151528.
10. DE OLIVEIRA R, et al. Habilidades de comunicação clínica na atenção à saúde do idoso: protocolo de revisão de escopo. *Online Brazilian Journal of Nursing*, 2023; 22(1): 85-90.
11. DE SOUSA BARRETO et al. Aplicabilidade da inteligência artificial (IA) na promoção da saúde: desafios e perspectivas. *Revista Multidisciplinar em Saúde*, 2023; 4(3): 101-106.
12. DO ROSÁRIO DJ et al. Inteligência artificial na radiologia. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 2024; 10(5): 2938-2952.
13. GEETHANATH S e VAUGHAN JR JT. Accessible magnetic resonance imaging: A review. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 2019; 49(7): 65-77.
14. GONÇALVES BS e DE SANTANA JR. A influência dos investimentos públicos estaduais em ciência, tecnologia e inovação no desenvolvimento regional: uma análise em painel no período de 2000 a 2012. *P2P E INOVAÇÃO*, 2023; 9(2): 274-292.
15. HUSSAIN S, et al. Aplicações de técnicas modernas de diagnóstico por imagem e fatores de risco no campo médico: uma revisão. *BioMed research international*, 2022; 5(1): 5164970.
16. JÚNIOR RNCC, et al. Revisão integrativa, sistemática e narrativa-aspectos importantes na elaboração de uma revisão de literatura. *Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina*, 2023; 28(1): 11-15.

17. LIEBEL G et al. Análise dos gastos com diagnóstico por imagem no Brasil. *Cadernos Saúde Coletiva*, 2021; 29(2): 453-463.
18. LIMA SGG, et al. O processo de incorporação de tecnologias em saúde no Brasil em uma perspectiva internacional. *Ciencia & saude coletiva*, 2019; 24(1): 1709-1722.
19. LOBATO RB. A saúde como ferramenta de inserção internacional do Brasil na era da saúde global. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Ralações Internacionais. Faculdade de Ciências Econômicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2021.
20. MESSIAS NC. Aplicação da inteligência artificial nos cuidados de saúde primários em Portugal: a perspetiva dos técnicos de radiologia. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Lisboa, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, 2023.
21. MORAIS YB e RABELO SL. A importância dos exames de diagnóstico por imagem no rastreamento precoce do câncer de pulmão. *Tópicos em ciências da saúde: contribuições, desafios e possibilidades*, 2022; 2(1): 40-45.
22. MOTTA LJ e MONKEN S. Evolução dos custos médico-hospitalares de planos privados de assistência à saúde no Brasil. *Revista de Gestão em Sistemas de Saúde*, 2019. 5(2): 2316-3712.
23. NATHANSON R, et al. Current use and barriers to point-of-care ultrasound in primary care: a national survey of VA medical centers. *The American journal of medicine*, 2023; 136(6): 592-595.e2.
24. OH KE et al. Radiomics to Differentiate Malignant and Benign Breast Lesions: A Systematic Review and Diagnostic Test Accuracy Meta-Analysis. *Cureus*, 2023; 15(11): 49015.
25. OSTERWALDER J et al. Ultrassonografia no local de atendimento — história, conceitos clínicos atuais e em evolução na medicina de emergência. *Medicina*, 2023; 59(12): 2179-12951-023-02192-8.
26. PANAYIDES AS et al. AI in medical imaging informatics: current challenges and future directions. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 2020; 24(7): 1837-1857.
27. PERELMUTER G. Futuro presente: o mundo movido à tecnologia. 1 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2020; 32.
28. QIAO L, at al. A lightweight internet sharing scheme for sectional medical images according to existing hospital network facilities and basic information security rules. *Journal of Healthcare Engineering*, 2020; 5(1): 8838390.
29. REZENDE AML, et al. Estudo sobre o uso do Picture Archiving and Communication System (PACS) em um Hospital Universitário da cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2023; sn: 87.
30. SANTOS MK et al. Inteligência artificial, aprendizado de máquina, diagnóstico auxiliado por computador e radiômica: avanços da imagem rumo à medicina de precisão. *Radiologia brasileira*, 2019; 52(4): 387-396, 2019.
31. SERHAN LA et al. The integration of radiology curriculum in undergraduate medical education. *Annals of medicine & surgery*, 2022; 80(5): 104270.
32. SETTI DA ROCHA AS et al. Iniquidade socioeconômica na distribuição de equipamentos de imagem na saúde pública brasileira. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 2019; 19(2): 19-28.
33. SILVA MS. Desenvolvimento de base de dados de imagens, classes e mensuração de úlceras do pé diabético para técnicas de classificação e ferramentas de auxílio a diagnóstico. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em engenharia biomédica. Universidade da Brasília, 2020.
34. SRIDHARAN B e LIM HG. Advances in photoacoustic imaging aided by nano contrast agents: special focus on role of lymphatic system imaging for cancer theranostics. *Journal of Nanobiotechnology*, 2023; 21(1): 437.
35. TOTES HK, et al.,2020. Aplicação de tecnologia na otimização e gestão de processos: Um estudo de caso numa rede varejista. Faculdade Doctum de Juiz de Fora - Instituto Ensinar Brasil, 2020.
36. WEISS MC. Sociedade sensoriada: a sociedade da transformação digital. *Estudos avançados*, 2019; 33(95): 203-214.4.
37. YU F et al. Desempenho, usabilidade e experiência do usuário de rayyan para revisões sistemáticas. *Proceedings of the Association for Information Science and Technology*, 2022; 59(1): 843-844.