

Automação laboratorial e o uso de IA para diagnósticos: uma revisão sistemática

Laboratory automation and the use of AI in diagnostics: a systematic review

Ediane do Pilar¹
Bianca Brandi Ferreira Ramos

Resumo: O avanço da automação laboratorial e o uso da inteligência artificial em diagnósticos vêm transformando a medicina atual, impulsionando mudanças profundas que garantem a entrega de resultados com maior precisão e rapidez. A partir de uma revisão sistemática de caráter qualitativo, fundamentada em artigos científicos publicados entre 2020 e 2026 nas bases de dados SciELO, PubMed e Google Scholar, analisou-se o impacto direto dessas tecnologias inovadoras na medicina diagnóstica. Os estudos selecionados demonstram que a integração da automação e da IA otimiza significativamente o tempo de processamento e reduz o índice de falhas humanas. A automação laboratorial destaca-se por proporcionar maior nível de precisão, segurança e rendimento no fluxo de trabalho, especialmente durante a fase analítica do processo. Paralelamente, o emprego da inteligência artificial na interpretação de imagens e na análise de grandes bancos de dados auxilia os profissionais qualificados no reconhecimento de padrões complexos, servindo como um suporte fundamental para a tomada de decisões clínicas. Em suma, esses avanços tecnológicos integrados evidenciam um potencial promissor para modernizar a medicina, assegurando agilidade, eficiência e elevada confiabilidade na análise diária de amostras clínicas e no acompanhamento contínuo dos pacientes.

Palavras-chave: Automação Laboratorial. Inteligência Artificial (IA). Diagnóstico Clínico. Aprendizado De Máquina.

Abstract: The advancement of laboratory automation and the use of artificial intelligence in diagnostics have been transforming modern medicine, driving profound changes that ensure the delivery of results with greater accuracy and speed. Based on a qualitative systematic review grounded in scientific articles published between 2020 and 2026 across the SciELO, PubMed, and Google Scholar databases, the direct impact of these innovative technologies on diagnostic medicine was analyzed. The selected studies demonstrate that

¹ edianepilar13@gmail.com

the integration of automation and AI significantly optimizes processing time and reduces the rate of human error. Laboratory automation stands out for providing higher levels of accuracy, safety, and workflow yield, particularly during the analytical phase of the process. In parallel, the application of artificial intelligence in image interpretation and the analysis of large databases supports qualified professionals in recognizing complex patterns, serving as a fundamental tool for clinical decision-making. Overall, these integrated technological advances demonstrate promising potential to modernize medicine, ensuring speed, efficiency, and high reliability in the daily analysis of clinical samples and continuous patient monitoring.

Keywords: Laboratory Automation. Artificial Intelligence (AI). Clinical Diagnosis. Machine Learning.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o rápido progresso tecnológico tem transformado a área da saúde, especialmente no tocante aos laboratórios e ao apoio do diagnóstico clínico. A medicina diagnóstica, beneficiada pelo auxílio da inteligência artificial (IA), passou a contar com maior capacidade de processamento de dados e identificação de padrões complexos, favorecendo novas abordagens para a identificação e monitoramento de diversas condições médica. Dessa forma, essas inovações ampliam a precisão e a efetividade dos diagnósticos na prática clínica (MORAES *et al.*, 2023).

A inteligência artificial constitui um ramo da ciência da computação dedicada a compreender e replicar estruturas lógicas. Do latim, a palavra automação (*automatus*) significa mover-se por si só, além de várias outras definições que estão disponíveis, mas em um conceito geral a automação é o conjunto da aplicação de técnicas computadorizadas ou mecânicas com principal objetivo de tornar o processo mais eficiente e confiável e como consequência aumentando a produtividade, padronização e redução de erros operacionais (CRUZ *et al.*, 2025).

A inteligência artificial faz parte de um campo da ciência da computação que busca compreender conceitos como lógica e aprendizado, assimilando o raciocínio humano e suas formas de se comunicar. A medicina é uma das áreas mais promissoras para o desenvolvimento da IA principalmente na tomada de decisões em centros de tratamento e diagnóstico (CRUZ *et al.*, 2025).

A IA pode melhorar a saúde e o bem-estar das pessoas em diversas áreas da medicina, como análise de imagens médicas, diagnóstico, tratamento, genética, gravidez e próteses inteligentes. Essas aplicações podem auxiliar profissionais da saúde a tomar decisões clínicas mais acertadas, acelerar a pesquisa e o desenvolvimento de novos medicamentos, personalizar o atendimento ao paciente e reduzir custos e erros humanos.

No entanto, a IA também apresenta desafios éticos, legais e sociais que devem ser abordados com responsabilidade e transparência (GALDAMES *et al.*, 2023).

O cotidiano dos laboratórios clínicos vem sendo transformado pela automação e pela inteligência artificial, que otimizam processos, aumentam a eficiência operacional e aprimoram a precisão diagnóstica. No entanto, persistem limitações, como a escassez de dados robustos, a falta de validação padronizada, dificuldades de interpretabilidade, barreiras à integração clínica e questões éticas relacionadas ao viés algorítmico e à regulação. Assim, embora ampliem o alcance da medicina laboratorial, essas tecnologias exigem adaptações estruturais e a requalificação profissional para garantir sua aplicação segura e eficaz (MISHRA *et al.*, 2026).

A crescente integração da inteligência artificial aos laboratórios clínicos têm demonstrado um potencial significativo para aprimorar a eficiência operacional e elevar a precisão dos diagnósticos. Contudo, sua incorporação aos fluxos de trabalho laboratoriais ainda se encontra em processo de consolidação, o que evidencia a necessidade de aprofundar a compreensão sobre seus impactos reais nos processos analíticos e na prática diagnóstica (VASCONCELOS *et al.*, 2024).

Assim, embora a IA represente uma tecnologia capaz de transformar o atendimento em saúde, torna-se essencial investigar os desafios relacionados ao desenvolvimento, à implementação e à regulação dessas ferramentas, garantindo que sua aplicação ocorra de forma segura, ética e eficaz (VASCONCELOS *et al.*, 2024). Com isso, justifica-se a realização desta revisão bibliográfica sobre Automação Laboratorial e o Uso de IA para Diagnósticos, visando analisar criticamente as contribuições, limitações e perspectivas futuras dessas tecnologias no contexto da medicina diagnóstica.

Diante desse cenário, justifica-se a realização desta revisão. Formula-se, assim, a seguinte questão de pesquisa: em que medida a integração da inteligência artificial associada à automação laboratorial influencia na eficiência dos processos e a acurácia dos diagnósticos clínicos?

Sob essas perspectivas, o presente estudo tem por objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura sobre o uso dessas tecnologias como ferramentas diagnósticas na medicina clínica, analisando suas principais aplicações, benefícios, limitações, desafios e perspectivas futuras.

MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de um estudo de revisão sistemática da literatura, com abordagem qualitativa e caráter descritivo, cujo objetivo é analisar a utilização da inteligência artificial associada à automação laboratorial como ferramenta de apoio ao diagnóstico clínico. Conforme definido por Sampieri, Fernández e Baptista (2013), a revisão sistemática é um método estruturado, rigoroso e replicável, que permite identificar, avaliar e sintetizar evidências disponíveis sobre determinado fenômeno, garantindo maior validade científica ao processo investigativo.

Lakatos e Marconi (2003) destacam que a abordagem qualitativa e o caráter descritivo são adequados quando se busca compreender fenômenos complexos, interpretar significados e descrever características e tendências presentes nos dados, justificando sua aplicação neste estudo, que visa analisar criticamente os impactos, desafios e contribuições da inteligência artificial integrada à automação laboratorial.

A elaboração da pergunta norteadora seguiu a estrutura PICO, conforme recomendado para revisões sistemáticas.

A população (P) considerada compreende os laboratórios clínicos e ambientes de diagnóstico; a intervenção (I) refere-se à utilização da inteligência artificial integrada à automação laboratorial; a comparação (C) envolve métodos tradicionais de diagnóstico sem o uso dessas tecnologias; e os desfechos (O) incluem eficiência operacional, precisão diagnóstica e impacto nos processos laboratoriais.

Assim, formulou-se a seguinte pergunta PICO: “Em laboratórios clínicos, a aplicação da inteligência artificial associada à automação laboratorial melhora a eficiência e a precisão dos diagnósticos quando comparada aos métodos tradicionais?”

Na elaboração da estratégia de busca, foram utilizados descritores padronizados provenientes do Descritores em Ciências da Saúde (DECs) e do *Medical Subject Headings* (MeSH), assegurando precisão terminológica e alinhamento às principais bases de dados internacionais. Os termos empregados, incluindo “automação laboratorial” (“*laboratory automation*”), “inteligência artificial” (“*artificial intelligence*”), “diagnóstico clínico” (“*clinical diagnosis*”) e “aprendizado de máquina” (“*machine learning*”), foram combinados por meio do operador booleano AND, permitindo identificar estudos que abordassem simultaneamente esses conceitos.

A utilização de descritores correspondentes em português e inglês ampliou a abrangência da busca e contribuiu para uma recuperação mais sensível e representativa das publicações relevantes ao tema investigado.

Na etapa de identificação, foram recuperados inicialmente 220 registros, sendo 42 provenientes da SciELO, 68 da PubMed e 110 do Google Scholar. Após a identificação

dos registros, foram removidos 28 estudos duplicados, resultando em 192 registros para a etapa de triagem. Os estudos restantes foram submetidos à leitura dos títulos e resumos, etapa na qual foram excluídos 165 registros que não apresentavam relação direta com o tema proposto ou que não atendiam aos critérios estabelecidos para a pesquisa.

Após a etapa de triagem, 27 artigos foram considerados potencialmente elegíveis e encaminhados para leitura na íntegra. Nessa etapa, os textos foram analisados de forma detalhada quanto à sua adequação aos objetivos da pesquisa e aos critérios de inclusão previamente estabelecidos.

Ao final da avaliação de elegibilidade, 10 artigos foram excluídos, principalmente por não atenderem aos critérios de inclusão ou por não apresentarem aderência suficiente ao objetivo da investigação. Dessa forma, 17 estudos foram incluídos na revisão sistemática, sendo 9 artigos provenientes da SciELO, 6 da PubMed e 2 do Google Scholar.

Os critérios de inclusão compreenderam: artigos publicados entre 2020 e 2026; disponíveis na íntegra; publicados nos idiomas: português ou inglês; que abordassem diretamente a utilização da inteligência artificial associada à automação nos processos relacionados ao diagnóstico clínico; e que apresentassem conteúdo compatível com a pergunta norteadora e os objetivos da pesquisa.

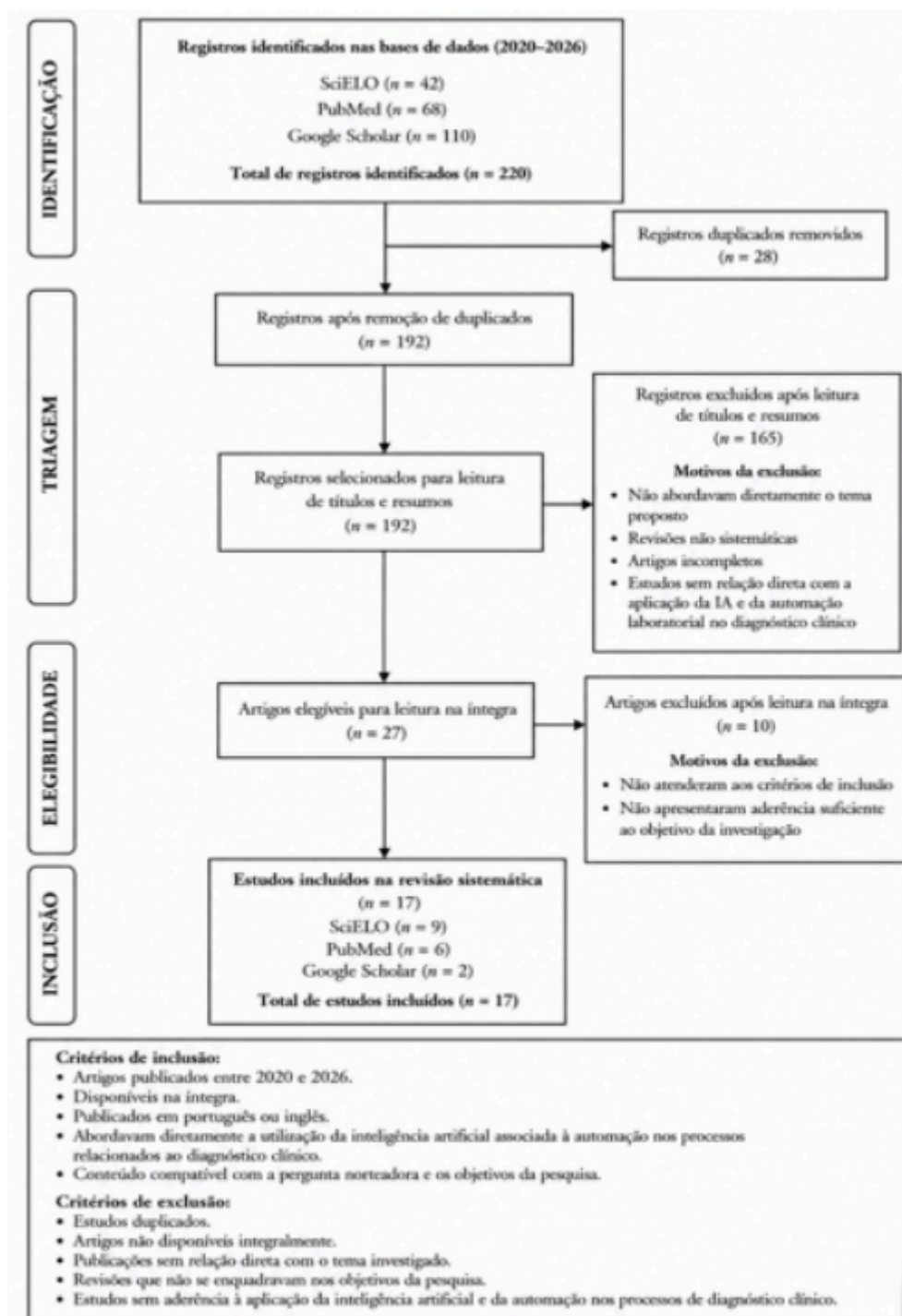


Figura 1 - Esquema de busca e seleção de artigos

Fonte: Elaboração própria, 2026, adaptado de Page *et al.* (2021).

Foram estabelecidos como critérios de exclusão: estudos duplicados; artigos não disponíveis integralmente; publicações que não apresentassem relação direta com o tema investigado; revisões que não se enquadrarem nos objetivos da pesquisa; e estudos cujo conteúdo não apresentasse aderência à aplicação da inteligência artificial e da automação nos processos de diagnóstico clínico. A aplicação desses critérios permitiu reduzir

progressivamente o conjunto inicial de estudos até a composição da amostra final de 17 artigos.

O processo de seleção dos estudos foi organizado em etapas sucessivas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão, conforme apresentado no fluxograma de seleção dos estudos. Essa organização possibilitou demonstrar de forma transparente o percurso realizado desde a recuperação inicial das publicações até a definição da amostra final utilizada na revisão.

Após a seleção, os 17 artigos incluídos foram organizados em uma tabela para sistematização das informações relevantes. Foram extraídos dos estudos dados relacionados às características das publicações, à aplicação da inteligência artificial e da automação laboratorial, aos métodos empregados, às principais contribuições identificadas e aos resultados relacionados ao diagnóstico clínico. A organização desses dados possibilitou a comparação dos estudos e a identificação de aspectos recorrentes na literatura.

A revisão dos estudos ocorreu em etapas, iniciando-se pela leitura de títulos e resumos, seguida da análise completa dos artigos potencialmente relevantes. Após essa triagem, os estudos selecionados foram organizados e submetidos a uma leitura crítica e analítica, permitindo a extração das principais informações e evidências científicas. A análise dos dados foi realizada por meio de uma abordagem qualitativa, com ênfase na interpretação crítica dos achados. Para garantir maior rigor metodológico, aplicou-se a técnica de Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2011), que possibilitou a categorização temática, a identificação de padrões, tendências, desafios e contribuições da inteligência artificial integrada à automação laboratorial no contexto dos serviços e processos em saúde. Os resultados foram organizados de forma temática, favorecendo uma compreensão aprofundada e sistematizada dos dados.

Por se tratar de uma pesquisa baseada em dados secundários, disponíveis em bases públicas, não houve necessidade de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa, conforme as diretrizes vigentes. Ainda assim, foram respeitados os princípios éticos relacionados à integridade científica e à correta citação das fontes utilizadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base em uma revisão sistemática, fundamentada na análise de dados secundários provenientes dos 17 estudos selecionados, publicados entre 2020 e 2026, foi possível identificar os principais impactos da automação laboratorial associada à

inteligência artificial no contexto do diagnóstico clínico (Tabela 1). Os resultados evidenciaram a crescente incorporação dessas tecnologias nos laboratórios, com repercussões na organização dos processos e na execução das atividades técnicas.

Tabela 1 – Estudos selecionados sobre automação laboratorial e inteligência artificial no diagnóstico clínico

Auto(res)/Ano	Título	Objetivo	Principais resultados
Ahmad <i>et al.</i> (2021)	Inteligência Artificial (IA) na Medicina: Aplicações Atuais e Papel Futuro, com Ênfase Especial em seu Potencial e Promessa na Patologia.	Revisar as aplicações atuais e o papel futuro da inteligência artificial na medicina, com ênfase em seu potencial na patologia e nos desafios relacionados à implementação.	Os autores destacam que, embora a medicina tenha adotado a IA de forma gradual, sua aplicação está em rápida expansão e apresenta potencial para transformar o atendimento ao paciente, ampliar o acesso a serviços médicos de alta complexidade e democratizar o cuidado em saúde em escala global.
Alhammad <i>et al.</i> (2023)	O impacto da automação laboratorial na eficiência e precisão em ambientes de saúde.	Analisar o impacto da automação laboratorial na eficiência e precisão dos processos diagnósticos em ambientes de saúde.	A automação laboratorial reduziu o tempo de liberação dos resultados, otimizou o fluxo de trabalho e aumentou a precisão diagnóstica por meio da padronização dos processos, integração com sistemas LIMS e uso de inteligência artificial.
Chamberlain <i>et al.</i> (2023)	Inteligência Artificial (IA) e suas aplicações em exames de imagem: uma nova era para diagnósticos na área da saúde.	Realizar um levantamento bibliográfico sobre o uso da inteligência artificial associada a sistemas computadorizados no diagnóstico por imagem.	A revisão evidenciou resultados promissores, demonstrando que a IA aumenta a precisão e a eficiência na análise de imagens médicas, auxiliando no reconhecimento de padrões e na tomada de decisão clínica, sem substituir o profissional de saúde.
Carini <i>et al.</i> (2024)	Desafios e Oportunidades	Revisar as aplicações da	O estudo demonstrou que a IA pode aprimorar a tomada de

	Futuras Inteligência Artificial Medicina Precisão.	da	inteligência artificial na medicina de precisão, desenvolvimento de medicamentos e na prática clínica, destacando seus desafios e oportunidades futuras.	na de no resultados terapêuticos. Entretanto, sua aplicação ainda enfrenta desafios relacionados à qualidade dos dados, privacidade, vieses algorítmicos, questões éticas e custos de implementação.
Cruz et al. (2025)	Impacto relevância Inteligência Artificial (IA) no diagnóstico médico.	e da	Apresentar uma visão atual dos impactos e aplicações da inteligência artificial na área médica.	A revisão evidenciou que a IA, por meio de técnicas como machine learning e deep learning, contribui para a análise de imagens médicas, previsão de doenças e personalização de tratamentos, promovendo diagnósticos mais ágeis e precisos. Apesar dos benefícios, os autores destacam desafios éticos, legislativos e de capacitação profissional para sua implementação.
Hou, Zhang e Li et al. (2024)	Inteligência Artificial Laboratório Clínico.	no	Revisar o estado atual, os desafios e as perspectivas futuras da aplicação da inteligência artificial na medicina laboratorial.	A revisão mostrou que a IA pode otimizar todas as etapas do fluxo laboratorial, com aplicações nas fases pré-analítica, analítica e pós-analítica. Apesar do potencial para transformar a medicina laboratorial, os autores destacam limitações como alto custo, necessidade de revisão manual e desafios relacionados à precisão e à implementação clínica.
Huang et al. (2023)	Aplicação Clínica de Tecnologias Inteligentes e sua Integração em Laboratórios Médicos.	de	Apresentar o estado atual da integração de tecnologias inteligentes em laboratórios médicos e discutir suas potenciais influências futuras na evolução dos serviços laboratoriais.	A revisão mostrou que tecnologias como inteligência artificial, aprendizado de máquina e Internet das Coisas aumentam a eficiência, a consistência e a precisão dos testes laboratoriais, além de favorecerem a medicina personalizada, a detecção precoce de doenças e a integração entre laboratórios e departamentos clínicos em um

			modelo de atendimento centrado no paciente.
Lu et al. (2024)	Inteligência Artificial para Otimizar o Recrutamento e a Retenção em Ensaios Clínicos: Uma Revisão de Escopo.	Mapear, descrever e sintetizar a utilização da inteligência artificial nos processos de recrutamento e retenção de participantes em ensaios clínicos.	A revisão identificou que a inteligência artificial tem sido empregada para otimizar a seleção de participantes, aumentar a eficiência do recrutamento e melhorar as estratégias de retenção em ensaios clínicos, contribuindo para a condução mais eficiente e direcionada das pesquisas clínicas.
Mendonça et al. (2022)	Mudanças tecnológicas e seus impactos no processo de trabalho na área de análises clínicas: contribuições para o ensino de ciências.	Discutir a formação do técnico em análises clínicas frente às mudanças tecnológicas no processo de trabalho.	O estudo identificou ampla automação em setores como bioquímica e uroanálise, enquanto áreas como parasitologia permaneceram manuais. Embora não tenham sido observadas mudanças significativas no processo de trabalho, os autores destacam a necessidade de ampliar a formação profissional para acompanhar as tendências tecnológicas futuras.
Mishra et al. (2026)	Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina em Patologia Diagnóstica: Uma Revisão Sistemática das Aplicações, Desafios e Implicações Clínicas.	Examinar os avanços recentes, o desempenho e os desafios práticos da incorporação da inteligência artificial e aprendizado de máquina na patologia diagnóstica.	A revisão sistemática mostrou que modelos de deep learning apresentaram alto desempenho na detecção, classificação e estadiamento de tumores em diferentes áreas da patologia. Os autores concluem que a IA e o aprendizado de máquina possuem forte potencial como ferramentas auxiliares nos fluxos de trabalho da patologia digital, embora persistam limitações metodológicas e desafios de aplicabilidade clínica.
Moraes et al. (2023)	Impacto da tecnologia de inteligência artificial na medicina diagnóstica.	Analisar o impacto da inteligência artificial na medicina diagnóstica e suas aplicações em diferentes áreas da saúde.	O estudo evidenciou que a IA aumenta a precisão diagnóstica, agiliza os processos e favorece a personalização dos tratamentos. Também foram destacados desafios éticos e regulatórios, como privacidade dos dados, viés algorítmico e necessidade de validação multidisciplinar.

Rodrigues <i>et al.</i> (2024)	O papel da inteligência artificial como ferramenta diagnóstica na medicina: uma revisão sistemática.	Revisar as principais aplicações, benefícios, desafios e perspectivas futuras da inteligência artificial como ferramenta diagnóstica na medicina.	A revisão sistemática demonstrou que a IA melhora a precisão e a eficiência diagnóstica, especialmente na análise de imagens médicas, podendo igualar ou superar o desempenho de especialistas em algumas áreas. Os autores destacam desafios relacionados à privacidade de dados, interoperabilidade, viés algorítmico e necessidade de regulamentação adequada.
Sardinha <i>et al.</i> (2025)	Inteligência artificial em pesquisa clínica: revisão sistemática de literatura.	Mapear as principais aplicações, potencialidades e desafios do uso da inteligência artificial em diferentes etapas da pesquisa clínica.	A revisão mostrou que técnicas de machine learning e deep learning contribuem para reduzir o tempo de desenvolvimento de medicamentos, melhorar a triagem de voluntários, aumentar a segurança dos pacientes e apoiar a análise preditiva de desfechos clínicos, configurando a IA como uma ferramenta complementar e estratégica para qualificar e acelerar a produção de conhecimento em saúde.
Suazo Galdames <i>et al.</i> (2023)	Inteligência Artificial na Medicina Humana.	Discutir o uso da inteligência artificial na medicina humana.	O estudo destaca que a IA pode aprimorar o diagnóstico, o tratamento, a análise de imagens médicas e a personalização do cuidado, contribuindo para decisões clínicas mais precisas, redução de custos e diminuição de erros. Também ressalta desafios éticos, legais e sociais relacionados à sua implementação.
Vandenberg <i>et al.</i> (2020)	Consolidação de laboratórios de microbiologia clínica e introdução de tecnologias transformadoras.	Discutir como a consolidação de laboratórios de microbiologia clínica pode facilitar a implementação de tecnologias inovadoras, incluindo automação, sistemas de	O estudo mostrou que a consolidação laboratorial favorece a adoção custo-efetiva de tecnologias de alto rendimento, como genômica, espectrometria de massa e bioinformática baseada em IA, promovendo melhorias na detecção, vigilância e prevenção de doenças infecciosas, além de ampliar oportunidades para pesquisa

			informação inteligência artificial.	e translacional e benefícios à saúde pública.
Yeasmin <i>et al.</i> (2024)	Avanços da Inteligência Artificial no Diagnóstico Assistido por Computador Baseado em Imagens: Uma Revisão.	da no por em Uma	Apresentar uma visão abrangente dos principais avanços dos sistemas de diagnóstico auxiliado por computador (CAD) aplicados a imagens médicas, com foco nas tecnologias de inteligência artificial, nos métodos utilizados e nas perspectivas futuras.	A revisão demonstrou que os sistemas CAD baseados em inteligência artificial, especialmente aqueles fundamentados em algoritmos de aprendizado profundo, têm aprimorado significativamente a detecção e o diagnóstico de doenças em imagens médicas, aumentando a acurácia diagnóstica e tornando o atendimento em saúde mais eficiente e personalizado.
Zucolotto <i>et al.</i> (2023)	A inteligência artificial na medicina: aplicações atuais e potenciais.	na e	Explorar o impacto e o potencial da inteligência artificial em diversas áreas da medicina, incluindo diagnóstico, tratamento, gestão em saúde e pesquisa.	A revisão mostrou que a IA melhora a precisão diagnóstica, personaliza tratamentos, otimiza a gestão de recursos e acelera a pesquisa biomédica. Os autores destacam aplicações em diagnóstico por imagem, análise genômica e descoberta de medicamentos, além de desafios éticos e da necessidade de integração com a prática clínica.

Fonte: Dados da pesquisa (2026).

Os 17 artigos convergem ao demonstrar que tanto a automação quanto a inteligência artificial produzem ganhos concretos em termos de tempo, qualidade e segurança dos diagnósticos, ainda que em contextos distintos. Os estudos de Ahmad *et al.* (2021), Zucolotto *et al.* (2023), Suazo Galdames (2023), Moraes *et al.* (2023) e Rodrigues *et al.* (2024) apresentam uma visão abrangente das aplicações da IA na medicina diagnóstica. Ahmad *et al.* (2021) destacam que a IA tem “potencial para transformar o atendimento ao paciente”, ampliando o acesso a serviços especializados e democratizando o cuidado em saúde, ao mesmo tempo em que apontam obstáculos como custos, aceitação profissional e questões filosóficas sobre o papel do patologista (AHMAD *et al.*, 2021).

Zucolotto *et al.* (2023) reforçam que a IA melhora a precisão diagnóstica, personaliza tratamentos e otimiza a gestão de recursos, com aplicações em diagnóstico

por imagem, análise genômica e descoberta de medicamentos (ZUCOLOTTO *et al.*, 2023). Moraes *et al.* (2023) e Suazo Galdames (2023) enfatizam o impacto da IA na medicina diagnóstica, evidenciando aumento de precisão, agilidade e personalização, mas também destacando desafios éticos, regulatórios e sociais, como privacidade de dados e viés algorítmico (MORAES *et al.*, 2023; GALDAMES, 2023). Rodrigues *et al.* (2024), em revisão sistemática, mostram que a IA pode igualar ou superar o desempenho de especialistas em algumas áreas, sobretudo na análise de imagens médicas, ao mesmo tempo em que apontam a necessidade de regulamentação e interoperabilidade (RODRIGUES *et al.*, 2024).

No campo específico dos laboratórios clínicos, Alhammad *et al.* (2023), Hou, Zhang e Li (2024), Huang *et al.* (2023), Mendonça *et al.* (2022) e Vandenberg *et al.* (2020) abordam diretamente a automação e a integração de tecnologias inteligentes. Alhammad *et al.* (2023) demonstram que a automação reduz o tempo de liberação de resultados, otimiza o fluxo de trabalho e aumenta a precisão diagnóstica por meio da padronização e da integração com sistemas LIMS, associando esses ganhos ao uso de IA em etapas específicas do processo (ALHAMMAD *et al.*, 2023). Hou, Zhang e Li (2024) mostram que a IA pode otimizar todas as fases do fluxo laboratorial: pré-analítica, analítica e pós-analítica, mas ressaltam limitações como alto custo, necessidade de revisão manual e desafios de implementação clínica (HOU; ZHANG; LI, 2024).

Huang *et al.* (2023) evidenciam que tecnologias inteligentes, incluindo IA, aprendizado de máquina e Internet das Coisas, aumentam a eficiência, consistência e precisão dos testes laboratoriais, favorecendo medicina personalizada e detecção precoce de doenças (HUANG *et al.*, 2023). Mendonça *et al.* (2022) observam ampla automação em setores como bioquímica e uroanálise, enquanto áreas como parasitologia permanecem manuais, indicando que a transformação tecnológica é heterogênea e exige atualização da formação profissional (MENDONÇA *et al.*, 2022).

Vandenberg *et al.* (2020) mostram que a consolidação de laboratórios de microbiologia clínica facilita a adoção custo-efetiva de tecnologias de alto rendimento, como genômica, espectrometria de massa e bioinformática baseada em IA, ampliando a capacidade de detecção e vigilância de doenças infecciosas (VANDENBERG *et al.*, 2020).

Chamberlain *et al.* (2023) e Yeasmin *et al.* (2024) focam na aplicação da IA em exames de imagem e sistemas de diagnóstico auxiliados por computador (CAD). Chamberlain *et al.* (2023) evidenciam que a IA aumenta a precisão e a eficiência na análise de imagens médicas, auxiliando no reconhecimento de padrões e na tomada de decisão clínica, sem substituir o profissional de saúde (CHAMBERLAIN *et al.*, 2023).

Yeasmin *et al.* (2024) mostram que sistemas CAD baseados em algoritmos de aprendizado profundo aprimoram significativamente a detecção e o diagnóstico de doenças em imagens médicas, aumentando a acurácia e tornando o atendimento mais eficiente e personalizado (YEASMIN *et al.*, 2024).

Carini e Seyhan (2024), Sardinha *et al.* (2025) e Lu *et al.* (2024) abordam o papel da IA na medicina de precisão e na pesquisa clínica. Carini e Seyhan (2024) demonstram que a IA contribui para a tomada de decisão clínica, descoberta de medicamentos, estratificação de pacientes e medicina de precisão, mas enfrentam desafios relacionados à qualidade dos dados, privacidade, vieses e custos (CARINI; SEYHAN, 2024). Sardinha *et al.* (2025) mostram que técnicas de machine learning e deep learning reduzem o tempo de desenvolvimento de medicamentos, melhoram a triagem de voluntários e aumentam a segurança dos pacientes, configurando a IA como ferramenta estratégica na pesquisa clínica (SARDINHA *et al.*, 2025). Lu *et al.* (2024) evidenciam que a IA tem sido empregada para otimizar recrutamento e retenção em ensaios clínicos, tornando as pesquisas mais eficientes e direcionadas (LU *et al.*, 2024).

Mishra *et al.* (2026) analisam especificamente a incorporação de IA e aprendizado de máquina na patologia diagnóstica. A revisão sistemática mostra que modelos de deep learning apresentam alto desempenho na detecção, classificação e estadiamento de tumores em diferentes áreas da patologia, com forte potencial como ferramentas auxiliares nos fluxos de trabalho da patologia digital (MISHRA *et al.*, 2026). Contudo, os autores destacam limitações metodológicas e desafios de aplicabilidade clínica, como necessidade de validação robusta, padronização e integração com sistemas existentes.

Ao comparar os 17 artigos, é possível identificar convergências importantes, bem como diferenças de enfoque, maturidade tecnológica e profundidade metodológica, o que enriquece a compreensão sobre o estado atual da automação laboratorial e da IA na medicina diagnóstica. Nota-se que todos os estudos apontam para um eixo comum: a automação e a IA produzem ganhos em eficiência operacional, precisão diagnóstica e suporte à tomada de decisão clínica. Nos laboratórios, a automação é associada à redução de tempo, padronização de processos e diminuição de erros, especialmente na fase analítica (ALHAMMAD *et al.*, 2023; HOU; ZHANG; LI, 2024; HUANG *et al.*, 2023). Na medicina diagnóstica como um todo, a IA é descrita como ferramenta capaz de reconhecer padrões complexos, analisar grandes volumes de dados e apoiar decisões mais rápidas e acuradas (AHMAD *et al.*, 2021; CRUZ *et al.*, 2025; MORAES *et al.*, 2023; RODRIGUES *et al.*, 2024).

Essa convergência se evidencia também nos estudos de imagem e patologia: tanto Chamberlain *et al.* (2023) quanto Yeasmin *et al.* (2024) e Mishra *et al.* (2026) mostram que algoritmos de aprendizado profundo aumentam a acurácia na detecção de lesões e tumores, reduzindo a variabilidade interobservador e oferecendo suporte adicional ao especialista. Em paralelo, Carini e Seyhan (2024), Sardinha *et al.* (2025) e Lu *et al.* (2024) demonstram que a IA, aplicada à medicina de precisão e à pesquisa clínica, melhora a seleção de pacientes, a previsão de desfechos e a condução de ensaios clínicos, reforçando o papel dessas tecnologias em toda a cadeia diagnóstica e terapêutica.

Apesar das convergências, os estudos diferem quanto ao foco principal. Alhammad *et al.* (2023), Hou; Zhang; Li (2024), Huang *et al.* (2023), Mendonça *et al.* (2022) e Vandenberg *et al.* (2020) concentram-se em fluxos laboratoriais, automação de equipamentos, integração com LIMS e consolidação de serviços. Nesses trabalhos, a IA aparece como componente complementar, muitas vezes associada à análise de resultados, triagem de amostras ou suporte à interpretação, mas o eixo central é a reorganização do processo de trabalho e a infraestrutura tecnológica (ALHAMMAD *et al.*, 2023; HOU; ZHANG; LI, 2024; HUANG *et al.*, 2023; MENDONÇA *et al.*, 2022; VANDENBERG *et al.*, 2020).

Já Chamberlain *et al.* (2023) e Yeasmin *et al.* (2024) têm foco na interface entre IA e exames de imagem, discutindo algoritmos de deep learning, sistemas CAD e sua capacidade de aumentar a acurácia diagnóstica. Aqui, a automação aparece menos como automação de processos laboratoriais e mais como automação da análise de imagens, com forte ênfase em reconhecimento de padrões e redução de erros humanos (CHAMBERLAIN *et al.*, 2023; YEASMIN *et al.*, 2024). Mishra *et al.* (2026) concentra-se na patologia diagnóstica, discutindo modelos de IA aplicados a lâminas digitais, classificação de tumores e estadiamento. O estudo é mais técnico e metodológico, abordando desempenho de modelos, métricas e desafios de validação, o que o diferencia de revisões mais gerais (MISHRA *et al.*, 2026).

Carini; Seyhan (2024), Sardinha *et al.* (2025) e Lu *et al.* (2024) deslocam o foco para a pesquisa clínica e a medicina de precisão, discutindo IA como ferramenta para estratificação de pacientes, descoberta de medicamentos e otimização de ensaios clínicos. Nesses trabalhos, o laboratório aparece como parte de um ecossistema maior, em que dados laboratoriais, genômicos e clínicos são integrados por algoritmos de IA (CARINI; SEYHAN, 2024; SARDINHA *et al.*, 2025; LU *et al.*, 2024).

E, Ahmad *et al.* (2021), Zucolotto *et al.* (2023), Moraes *et al.* (2023), Suazo Galdames (2023) e Rodrigues *et al.* (2024) oferecem sínteses amplas sobre IA na

medicina, discutindo benefícios e desafios éticos, legais e regulatórios. Esses estudos são fundamentais para contextualizar os avanços técnicos dentro de um cenário de responsabilidade, privacidade e segurança (AHMAD *et al.*, 2021; ZUCOLOTTO *et al.*, 2023; MORAES *et al.*, 2023; GALDAMES, 2023; RODRIGUES *et al.*, 2024).

Outra diferença importante entre os estudos diz respeito ao nível de maturidade tecnológica e à implementação prática das soluções descritas. Vandenberg *et al.* (2020) e Mendonça *et al.* (2022) mostram cenários em que a automação já está consolidada em determinados setores, como microbiologia, bioquímica e uroanálise, mas ainda encontra resistência ou limitações em áreas mais manuais, como parasitologia (VANDENBERG *et al.*, 2020; MENDONÇA *et al.*, 2022). Já Hou; Zhang; Li (2024) e Huang *et al.* (2023) descrevem um estágio mais avançado de integração de tecnologias inteligentes, com IA e IoT incorporadas a diferentes fases do fluxo laboratorial, embora ainda enfrentem desafios de custo, validação e integração clínica (HOU; ZHANG; LI, 2024; HUANG *et al.*, 2023).

Nos estudos de imagem e patologia, como Yeasmin *et al.* (2024) e Mishra *et al.* (2026), observa-se que muitos modelos de IA já apresentam desempenho elevado em ambientes de pesquisa, mas sua adoção rotineira na prática clínica ainda depende de validação multicêntrica, padronização de protocolos e aceitação profissional (YEASMIN *et al.*, 2024; MISHRA *et al.*, 2026). Em medicina de precisão e pesquisa clínica, Carini; Seyhan (2024), Sardinha *et al.* (2025) e Lu *et al.* (2024) apontam que a IA já é utilizada em projetos específicos, mas sua incorporação ampla exige infraestrutura de dados robusta, interoperabilidade entre sistemas e regulamentação clara (CARINI; SEYHAN, 2024; SARDINHA *et al.*, 2025; LU *et al.*, 2024).

Um ponto de comparação central entre os estudos diz respeito aos desafios éticos, regulatórios e de formação profissional. Ahmad *et al.* (2021), Moraes *et al.* (2023), Suazo Galdames (2023) e Rodrigues *et al.* (2024) enfatizam que, embora a IA apresenta grande potencial, sua implementação deve considerar privacidade de dados, vieses algorítmicos, transparência dos modelos e necessidade de regulamentação específica (AHMAD *et al.*, 2021; MORAES *et al.*, 2023; GALDAMES, 2023; RODRIGUES *et al.*, 2024). Mendonça *et al.* (2022) acrescentam a dimensão da formação profissional, mostrando que a automação altera o processo de trabalho e exige requalificação dos técnicos em análises clínicas (MENDONÇA *et al.*, 2022).

Comparando esses estudos com aqueles mais focados em desempenho técnico, como Mishra *et al.* (2026) e Yeasmin *et al.* (2024), percebe-se que há uma tensão entre o entusiasmo com os resultados dos modelos de IA e a cautela necessária para sua aplicação segura e ética. Enquanto os estudos técnicos destacam métricas de acurácia e

sensibilidade, as revisões mais amplas lembram que a adoção dessas ferramentas depende de confiança, transparência e governança adequada.

Nesse cenário, os 17 artigos analisados mostram que a automação laboratorial e a inteligência artificial já ocupam papel central na transformação da medicina diagnóstica. A automação, especialmente na fase analítica, está associada à redução de tempo, padronização e aumento da segurança, enquanto a IA amplia a capacidade de análise de dados, reconhecimento de padrões e suporte à decisão clínica. Ao mesmo tempo, os estudos evidenciam que esses avanços não são homogêneos: variam conforme o contexto (laboratório, imagem, patologia, pesquisa clínica), o nível de maturidade tecnológica e a infraestrutura disponível.

REFERÊNCIAS

AHMAD, Z. et al. Artificial intelligence (AI) in medicine, current applications and future role with special emphasis on its potential and promise in pathology: present and future impact, obstacles including costs and acceptance among pathologists, practical and philosophical considerations. A comprehensive review. **Diagnostic Pathology**, v. 16, n. 1, p. 24, 2021.

ALHAMMAD, L. A. et al. O impacto da automação laboratorial na eficiência e precisão em ambientes de saúde. **International Journal of Community Medicine and Public Health**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 459–463, 2023.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

CARINI, C.; SEYHAN, A. A. Tribulations and future opportunities for artificial intelligence in precision medicine. **Journal of Translational Medicine**, v. 22, n. 1, p. 411, 2024. DOI: 10.1186/s12967-024-05067-0.

CHAMBERLAIN, A. et al. Inteligência Artificial (IA) e suas aplicações em exames de imagem: uma nova era para diagnósticos na área da saúde. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, [S. l.], v. 15, n. 12, p. 17605–17624, 2023. DOI: 10.55905/cuadv15n12-134.

CRUZ, M. E. G. A. et al. Impacto e relevância da Inteligência Artificial (IA) no diagnóstico médico. **Revista Eletrônica Acervo Científico**, v. 25, p. e20375, 2025.

GALDAMES, I. S. Artificial intelligence in human medicine. **International Journal of Medical and Surgical Sciences**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 1–4, 2023. DOI: 10.32457/ijmss.v10i1.2150.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA LUCIO, P. **Metodologia de pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

HOU, H.; ZHANG, R.; LI, J. Artificial intelligence in the clinical laboratory. **Clinica Chimica Acta**, v. 559, p. 119724, 2024. DOI: 10.1016/j.cca.2024.119724.

HUANG, W. et al. Clinical application of intelligent technologies and integration in medical laboratories. **iLABMED**, v. 1, n. 1, p. 82–91, 2023. DOI: 10.1002/ila2.9.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LU, X. et al. Artificial intelligence for optimizing recruitment and retention in clinical trials: a scoping review. **Journal of the American Medical Informatics Association**, v. 31, n. 11, p. 2749–2759, 2024. DOI: 10.1093/jamia/ocae243.

MENDONÇA, F. C. R. et al. Mudanças tecnológicas e seus impactos no processo de trabalho na área de análises clínicas: contribuições para o ensino de ciências. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 7, n. 12, p. 1685–1705, 2022. DOI: 10.51891/rease.v7i12.3630.

MISHRA, V. et al. Artificial intelligence and machine learning in diagnostic pathology: a systematic review of applications, challenges, and clinical implications. **Cureus**, v. 18, n. 3, p. e105167, 2026. DOI: 10.7759/cureus.105167.

MORAES, J. J. de et al. Impacto da tecnologia de inteligência artificial na medicina diagnóstica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. 1303–1314, 2023. DOI: 10.51891/rease.v9i7.10699.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, London, v. 372, n. 71, p. 1–9, 2021.

RODRIGUES, P. H. de O. et al. O papel da inteligência artificial como ferramenta diagnóstica na medicina: uma revisão sistemática. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, [S. l.], v. 6, n. 9, p. 3308–3319, 2024. DOI: 10.36557/2674-8169.2024v6n9p3308-3319.

SARDINHA, S. S. et al. Inteligência artificial em pesquisa clínica: revisão sistemática de literatura. In: MOSTRA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR, 8., 2025. **Anais [...]**. [S. l.]: Seven Editora, 2025. ISBN 978-65-6109-211-1. DOI: 10.56238/sevenVIIImulti2026.

VANDENBERG, O. et al. Consolidation of clinical microbiology laboratories and introduction of transformative technologies. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 33, n. 2, p. e00057-19, 2020. DOI: 10.1128/CMR.00057-19.

YEASMIN, M. N. et al. Advances of AI in image-based computer-aided diagnosis: a review. **Array**, v. 23, p. 100357, 2024. DOI: 10.1016/j.array.2024.100357.

ZUCOLOTTO, T. E. et al. A inteligência artificial na medicina: aplicações atuais e potenciais. **Brazilian Journal of Health Review**, [S. l.], v. 6, n. 6, p. 31237–31247, 2023. DOI: 10.34119/bjhrv6n6-358.