USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO RASTREIO DA RETINOPATIA DIABÉTICA

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DIABETIC RETINOPATHY SCREENING

Eduarda Oliveira Silva Bueno
Camila Santana de Miranda
Fabiana Ramos Garcia
Nannaliz Pinheiro Felício Chaveiro
Nycolle Santos Nassif
José Augusto de Oliveira Botelho

RESUMO

A retinopatia diabética é uma das principais complicações microvasculares do diabetes mellitus e importante causa de cegueira evitável em adultos, tornando o rastreamento precoce essencial para prevenir perdas visuais irreversíveis. Diante da escassez de especialistas, da distribuição desigual dos serviços oftalmológicos, dos custos operacionais elevados e das limitações de acesso aos métodos convencionais de triagem, a inteligência artificial (IA) tem emergido como alternativa promissora para ampliar o acesso ao diagnóstico e otimizar os programas de rastreamento. Este estudo teve como objetivo analisar a aplicação da IA no rastreio da retinopatia diabética, abordando desempenho diagnóstico, aplicabilidade clínica, benefícios, limitações e perspectivas futuras. Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, de caráter descritivo e exploratório, realizada por meio de buscas na base PubMed e em documentos institucionais da Organização Mundial da Saúde, incluindo publicações nacionais e internacionais entre 2018 e 2025. Os resultados demonstraram elevada sensibilidade e especificidade dos algoritmos baseados em aprendizado profundo, com desempenho comparável ao de especialistas na identificação de alterações retinianas. Além disso, observou-se potencial para redução do tempo diagnóstico, padronização das análises e ampliação do rastreamento, inclusive em serviços de atenção primária e regiões com escassez de recursos especializados. Apesar dos avanços observados, persistem desafios relacionados à validação externa dos algoritmos, proteção de dados, regulamentação ética e supervisão médica contínua. Conclui-se que a inteligência artificial apresenta potencial relevante para fortalecer programas de rastreamento da retinopatia diabética, favorecendo a detecção precoce e contribuindo para a redução das complicações visuais associadas ao diabetes.

Palavras-chave: Inteligência artificial. Retinopatia diabética. Rastreamento. Diagnóstico precoce. Saúde pública.

Abstract: Diabetic retinopathy is one of the main microvascular complications of diabetes mellitus and a significant cause of preventable blindness in adults, making early screening essential to prevent irreversible vision loss. Given the shortage of specialists, the unequal distribution of ophthalmologic services, high operational costs, and limited access to conventional screening methods, artificial intelligence (AI) has emerged as a promising alternative to expand diagnostic access and optimize screening programs. This study aimed to analyze the application of AI in diabetic retinopathy screening, addressing diagnostic performance, clinical applicability, benefits, limitations, and future perspectives. This narrative literature review, with a descriptive and exploratory approach, was conducted through searches in the PubMed database and institutional documents from the World Health Organization, including national and international publications published between 2018 and 2025. The findings demonstrated high sensitivity and specificity of deep learning-based algorithms, with diagnostic performance comparable to that of specialists in detecting retinal abnormalities. In addition, AI showed potential to reduce diagnostic time, standardize image analysis, and expand screening coverage, including in primary healthcare settings and regions with limited specialized resources.

Despite these advances, challenges remain regarding external validation of algorithms, data protection, ethical regulation, and the need for continuous medical supervision. It is concluded that artificial intelligence has significant potential to strengthen diabetic retinopathy screening programs, promoting early detection and contributing to the reduction of diabetes-related visual complications.

Keywords: Artificial intelligence. Diabetic retinopathy. Screening. Early diagnosis. Public health

INTRODUÇÃO

O diabetes mellitus representa um dos principais desafios de saúde pública do século XXI, com crescimento progressivo de sua prevalência em escala global. Estima-se que o aumento da expectativa de vida, a urbanização, o sedentarismo e as mudanças nos padrões alimentares tenham contribuído significativamente para a expansão da doença nas últimas décadas. Entre suas complicações crônicas, a retinopatia diabética (RD) destaca-se como uma das principais manifestações microvasculares e uma importante causa de deficiência visual e cegueira evitável em adultos economicamente ativos. Considerando que as alterações retinianas iniciais frequentemente evoluem de forma assintomática, o diagnóstico precoce é reconhecido como uma das estratégias mais eficazes para prevenir a perda visual irreversível e reduzir o impacto socioeconômico associado à doença (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2023).

Historicamente, o rastreamento da retinopatia diabética baseia-se na avaliação oftalmológica especializada por meio de exame de fundo de olho, retinografia colorida e outros métodos de imagem. Embora esses procedimentos apresentem elevada eficácia diagnóstica, sua implementação em larga escala enfrenta obstáculos importantes, incluindo a escassez de oftalmologistas, a concentração dos serviços especializados em grandes centros urbanos, os custos operacionais elevados e a baixa adesão dos pacientes ao acompanhamento periódico. Como consequência, uma parcela significativa dos indivíduos com diabetes permanece sem rastreamento adequado, favorecendo atrasos diagnósticos e aumento da incidência de complicações visuais potencialmente evitáveis (LEE et al., 2025).

Nesse contexto, os avanços tecnológicos observados nas últimas décadas impulsionaram o desenvolvimento de ferramentas baseadas em inteligência artificial (IA), especialmente aquelas fundamentadas em técnicas de aprendizado profundo (deep learning). Inicialmente aplicadas em áreas experimentais da computação, essas tecnologias passaram a ser incorporadas progressivamente à prática médica, demonstrando elevada capacidade de reconhecer padrões complexos em exames de imagem e fornecer suporte à tomada de decisão clínica. Na oftalmologia, a retinopatia diabética tornou-se uma das principais áreas de aplicação da IA, em razão da ampla disponibilidade de retinografias digitais e da necessidade crescente de estratégias escaláveis para rastreamento populacional (LEE et al., 2025).

A evolução dos algoritmos permitiu o desenvolvimento de sistemas capazes de identificar automaticamente sinais característicos da doença, como microaneurismas, hemorragias, exsudatos e neovascularização. Como resultado, diferentes plataformas passaram a ser avaliadas em estudos clínicos e incorporadas a programas de triagem. Entre os sistemas aprovados pela Food and Drug Administration (FDA), destacam-se o IDx-DR, o EyeArt e o AEYE-DS, softwares médicos desenvolvidos para a detecção automatizada da retinopatia diabética em pacientes adultos com diabetes, representando marcos importantes na consolidação da IA como ferramenta diagnóstica na prática clínica (FDA, 2020; FDA, 2021; FDA, 2022).

Além da elevada acurácia diagnóstica relatada na literatura, a utilização da inteligência artificial apresenta vantagens operacionais relevantes, incluindo redução do tempo de análise das imagens, padronização diagnóstica, ampliação da cobertura dos programas de rastreamento e possibilidade de utilização em serviços de atenção primária e regiões com recursos limitados. Tais características sugerem que a incorporação dessas tecnologias pode contribuir para reduzir desigualdades no acesso ao diagnóstico precoce e otimizar a organização dos serviços oftalmológicos (LEE et al., 2025).

Entretanto, apesar dos resultados promissores, permanecem desafios relacionados à validação externa dos algoritmos, à proteção de dados sensíveis, à regulamentação ética, à análise de custo-efetividade e à necessidade de supervisão médica contínua. Adicionalmente, diferenças populacionais, variações na qualidade das imagens e possíveis vieses presentes nos bancos de dados utilizados para treinamento podem influenciar o desempenho clínico dessas ferramentas, reforçando a necessidade de avaliação crítica e monitoramento permanente de sua aplicação (LEE et al., 2025).

Diante desse cenário, parte-se da hipótese de que a inteligência artificial pode representar uma estratégia eficaz para ampliar a cobertura e a eficiência dos programas de rastreamento da retinopatia diabética, mantendo desempenho diagnóstico comparável ao de especialistas. Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar o uso da inteligência artificial no rastreio da retinopatia diabética, discutindo os principais sistemas atualmente disponíveis, sua aplicabilidade clínica, desempenho diagnóstico, benefícios, limitações e perspectivas futuras para a assistência oftalmológica e a saúde pública.

METODOLOGIA

O presente estudo consiste em uma revisão narrativa da literatura, de caráter descritivo e exploratório, com abordagem qualitativa, desenvolvida com o propósito de analisar o uso da inteligência artificial (IA) no rastreamento da retinopatia diabética, considerando sua aplicabilidade clínica, desempenho diagnóstico, viabilidade operacional, benefícios, limitações e potencial contribuição para a prevenção da cegueira evitável associada ao diabetes mellitus.

A pesquisa bibliográfica foi realizada entre abril e maio de 2026 por meio de consultas à base de dados PubMed e a documentos institucionais da World Health Organization (WHO), selecionados em razão de sua relevância científica e de sua contribuição para a formulação de diretrizes internacionais relacionadas ao rastreamento da retinopatia diabética. A estratégia de busca utilizou os descritores “Diabetic Retinopathy”, “Artificial Intelligence”, “Deep Learning”, “Machine Learning” e “Screening”, combinados pelos operadores booleanos AND e OR, com o objetivo de ampliar a sensibilidade e a abrangência da recuperação dos estudos potencialmente relevantes.

Foram incluídos artigos científicos publicados em língua inglesa, disponíveis na íntegra em meio eletrônico, publicados entre os anos de 2018 e 2025 e que abordassem diretamente a aplicação da inteligência artificial no diagnóstico, rastreamento ou triagem da retinopatia diabética. Também foram incluídos documentos oficiais da Organização Mundial da Saúde relacionados às recomendações e estratégias de rastreamento da doença. Foram excluídas publicações duplicadas, estudos sem relação direta com o tema proposto, trabalhos voltados exclusivamente para outras patologias oftalmológicas e artigos que não apresentavam contribuição metodológica ou científica compatível com os objetivos desta revisão.

Após a etapa de busca, procedeu-se à leitura dos títulos e resumos das publicações identificadas para avaliação inicial de elegibilidade. Em seguida, os estudos selecionados foram submetidos à leitura integral, permitindo a extração sistemática das informações consideradas relevantes para a análise. Foram coletados dados referentes aos métodos empregados, características dos sistemas de inteligência artificial avaliados, desempenho diagnóstico dos algoritmos, sensibilidade, especificidade, aplicabilidade clínica, potencial de implementação em diferentes níveis de atenção à saúde e principais limitações descritas pelos autores.

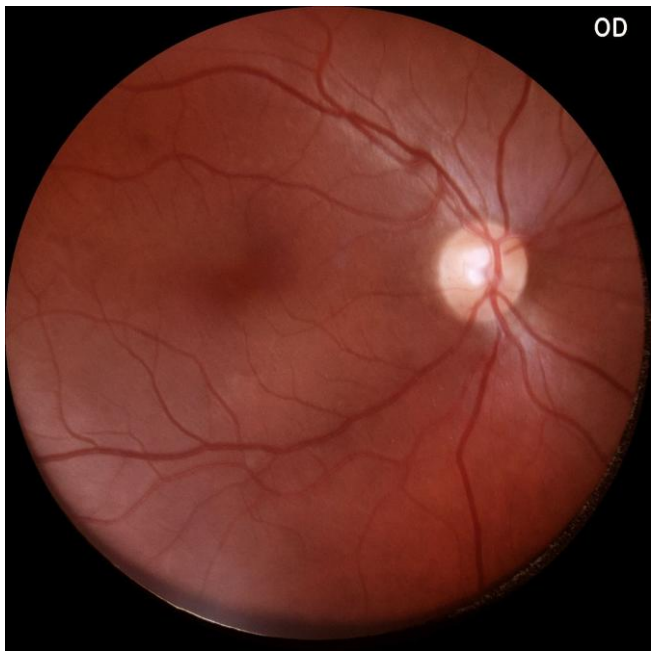
Posteriormente, as informações extraídas foram organizadas e agrupadas em categorias temáticas previamente definidas, contemplando: importância do rastreamento precoce da retinopatia diabética; fundamentos da inteligência artificial aplicada à oftalmologia; desempenho diagnóstico dos sistemas automatizados; aplicabilidade clínica e operacional; utilização em regiões com escassez de especialistas; benefícios para os programas de saúde pública; e desafios éticos, regulatórios e tecnológicos relacionados à implementação dessas ferramentas.

A análise dos dados foi realizada de forma descritiva e comparativa, permitindo a síntese crítica das evidências científicas disponíveis sobre a utilização da inteligência artificial como estratégia complementar aos métodos convencionais de rastreamento da retinopatia diabética. Os resultados foram interpretados à luz das recomendações internacionais de saúde pública e das demandas atuais por tecnologias capazes de ampliar o acesso ao diagnóstico precoce, aumentar a eficiência dos programas de triagem e contribuir para a redução das complicações visuais associadas ao diabetes mellitus.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

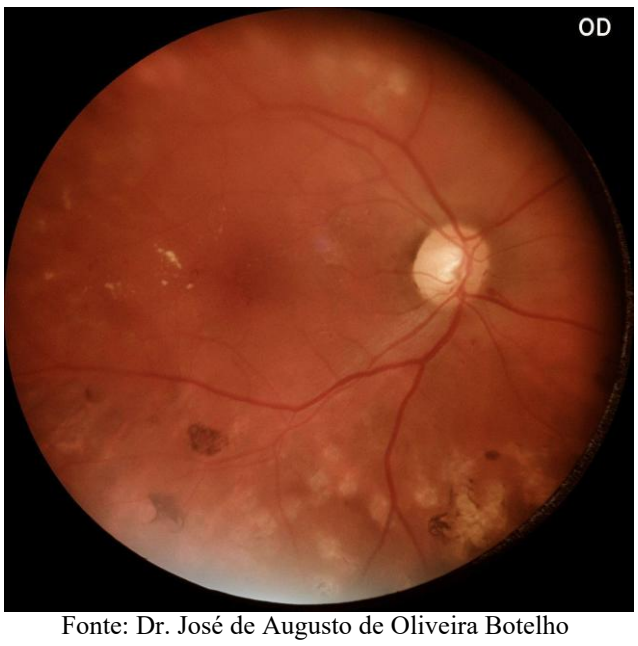
Os resultados desta revisão narrativa demonstram que a inteligência artificial vem assumindo papel cada vez mais relevante no rastreamento da retinopatia diabética, consolidando-se como uma das principais inovações tecnológicas aplicadas à oftalmologia contemporânea. Conforme sintetizado na Tabela 1, os estudos analisados evidenciaram benefícios relacionados ao desempenho diagnóstico, à ampliação do acesso aos serviços especializados, à otimização dos fluxos assistenciais e à viabilidade de implementação em diferentes contextos populacionais. Tais achados adquirem especial relevância diante do crescimento global da prevalência do diabetes mellitus e da necessidade de estratégias capazes de ampliar a cobertura dos programas de rastreamento e prevenir a progressão das complicações visuais associadas à doença.

Figura 1: Retinografia com alterações compatíveis com retinopatia diabética previamente tratada por fotocoagulação a laser pan-retiniana.



Fonte: Dr. José Augusto de Oliveira Botelho

Figura 2: Retinografia sem alterações evidentes



Fonte: Dr. José de Augusto de Oliveira Botelho

As Figuras 1 e 2 ilustram exemplos de retinografias utilizadas na identificação da retinopatia diabética, evidenciando a diferença entre exames com alterações retinianas e imagens sem achados patológicos relevantes. A capacidade de distinguir esses padrões constitui a base do treinamento dos algoritmos de aprendizado profundo, que utilizam grandes bancos de dados para reconhecer automaticamente sinais característicos da doença, como microaneurismas, hemorragias, exsudatos e áreas de neovascularização. Dessa forma, a inteligência artificial possibilita a identificação precoce de pacientes com maior risco de progressão, favorecendo intervenções oportunas e redução das perdas visuais evitáveis.

Tabela 1 – Principais evidências sobre o uso da inteligência artificial no rastreio da retinopatia diabética

Categoria	Principais achados	Impacto Clínico	Estudos
Desempenho diagnóstico	Elevada sensibilidade e especificidade para identificação da retinopatia diabética, com desempenho semelhante ao rastreamento convencional realizado por especialistas.	Favorece a detecção precoce da doença e o encaminhamento oportuno para avaliação oftalmológica especializada.	Abràmoff et al. (2018); Alqahtani et al. (2025); Tahir et al. (2025); Khan et al. (2025).
Aplicabilidade clínica	Integração dos sistemas de IA em serviços de atenção primária, teleoftalmologia e programas de rastreamento populacional.	Amplia o acesso ao diagnóstico e otimiza o fluxo assistencial.	Weng et al. (2024); Hassan et al. (2024); Shah et al. (2024).
Aplicação em populações diversas	Resultados satisfatórios em populações multiétnicas e em regiões com limitação de recursos humanos e infraestrutura especializada.	Demonstra potencial de utilização em diferentes cenários epidemiológicos e socioeconômicos.	Ting et al. (2017); Bellemo et al. (2019).
Implementação no Brasil	Utilização de smartphones e adaptação de sistemas de IA para a realidade dos serviços brasileiros.	Favorece a ampliação do rastreamento em áreas remotas e com escassez de especialistas.	Oliveira et al. (2024); Dos Reis et al. (2024); Malerbi e Melo (2022).
Benefícios operacionais	Redução do tempo de análise das retinografias, aumento da produtividade e padronização diagnóstica.	Melhora a eficiência dos programas de triagem e reduz a variabilidade entre observadores.	Cheung et al. (2019); Yao et al. (2024).
Sistemas aprovados e regulamentação	Desenvolvimento e aprovação de sistemas autônomos para rastreamento da retinopatia diabética, incluindo IDx-DR, EyeArt e AEYE-DS.	Confere maior segurança para incorporação dessas tecnologias na prática clínica e em programas de saúde pública.	FDA (2020); FDA (2021); FDA (2022).
Limitações	Necessidade de validação externa, infraestrutura adequada, proteção de dados, regulamentação ética e supervisão médica contínua.	Exige monitoramento constante para garantir segurança, equidade e confiabilidade diagnóstica.	Kabunga et al. (2025); Yang et al. (2025).

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em Abràmoff et al. (2018), Ting et al. (2017), Bellemo et al. (2019), Cheung et al. (2019), Malerbi e Melo (2022), Weng et al. (2024), Oliveira et al. (2024), Hassan et al. (2024), Shah et al. (2024), Yao et al. (2024), Alqahtani et al. (2025), Tahir et al. (2025), Kabunga et al. (2025) e Yang et al. (2025).

Os estudos incluídos nesta revisão demonstram que a inteligência artificial vem se consolidando como uma das mais relevantes inovações

tecnológicas aplicadas à oftalmologia contemporânea. O crescente interesse científico pelo tema acompanha o aumento global da prevalência do diabetes mellitus, cuja expansão representa importante desafio para os sistemas de saúde devido às complicações microvasculares associadas, especialmente aquelas relacionadas à deficiência visual e à cegueira evitável.

As evidências analisadas indicam que os algoritmos baseados em aprendizado profundo apresentam desempenho comparável ao de especialistas na identificação da retinopatia diabética. Revisões sistemáticas e metanálises recentes demonstraram elevados índices de sensibilidade e especificidade, reforçando a confiabilidade dessas ferramentas como estratégia complementar aos métodos convencionais de rastreamento (ALQAHTANI et al., 2025; TAHIR et al., 2025). Tais resultados possuem grande relevância clínica, uma vez que a detecção precoce das alterações retinianas está diretamente relacionada à redução do risco de perda visual irreversível.

A elevada precisão observada nos sistemas atuais pode ser explicada pela evolução das técnicas de deep learning e pelo desenvolvimento de redes neurais convolucionais capazes de processar grandes volumes de imagens e reconhecer padrões complexos. Esses modelos conseguem identificar alterações discretas, como microaneurismas iniciais, hemorragias puntiformes, exsudatos duros e áreas de neovascularização, aumentando a capacidade de detecção dos estágios iniciais da doença e favorecendo intervenções precoces.

A comparação entre os sistemas de inteligência artificial e os métodos convencionais de rastreamento demonstra que ambas as abordagens apresentam características complementares. Embora a avaliação realizada por oftalmologistas permaneça como padrão de referência para confirmação diagnóstica e definição terapêutica, os sistemas automatizados destacam-se pela rapidez de processamento, padronização dos resultados e capacidade de atuação em larga escala. Dessa forma, a inteligência artificial deve ser compreendida como ferramenta complementar à avaliação médica especializada, contribuindo para otimização dos fluxos assistenciais e melhor utilização dos recursos disponíveis.

Outro aspecto relevante refere-se à implementação de sistemas autônomos em ambientes de atenção primária. Estudos demonstraram que plataformas aprovadas por órgãos regulatórios internacionais, como IDx-DR, EyeArt e AEYE-DS, apresentam desempenho satisfatório mesmo sem interpretação inicial por especialistas. Esse avanço favorece a descentralização do rastreamento e amplia a disponibilidade de triagem em localidades com escassez de oftalmologistas.

Além do desempenho clínico favorável observado nos estudos analisados, foram identificados benefícios operacionais expressivos. Entre eles destacam-se a redução do tempo necessário para análise das retinografias, a diminuição da variabilidade entre observadores, a maior padronização diagnóstica e o aumento da produtividade assistencial. Tais características assumem especial importância em sistemas de saúde que enfrentam elevada demanda e recursos humanos limitados.

Sob a perspectiva populacional, observou-se potencial relevante para redução das desigualdades relacionadas ao acesso aos serviços especializados. Estudos realizados em populações multiétnicas e em regiões com infraestrutura limitada demonstraram desempenho satisfatório dos algoritmos mesmo em cenários de escassez de recursos humanos e tecnológicos (BELLEMO et al., 2019; TING et al., 2017). Esses resultados sugerem que a utilização de conjuntos de treinamento mais diversificados favorece maior capacidade de generalização e amplia a aplicabilidade dos sistemas.

No contexto brasileiro, a incorporação dessas tecnologias apresenta relevância estratégica em virtude das desigualdades regionais relacionadas à distribuição de especialistas e à oferta de serviços oftalmológicos. Estudos nacionais demonstraram resultados promissores envolvendo o uso de smartphones associados à inteligência artificial para análise de imagens retinianas, evidenciando uma alternativa potencialmente viável para fortalecimento das estratégias de detecção precoce em áreas remotas e populações vulneráveis.

Sob a perspectiva da saúde pública, a implementação da inteligência artificial pode gerar impactos que ultrapassam o âmbito estritamente clínico. A ampliação dos programas de rastreamento favorece a identificação precoce dos indivíduos em risco, reduzindo a incidência de cegueira evitável e preservando a capacidade funcional dos pacientes. Além disso, a prevenção das complicações visuais avançadas pode contribuir para redução dos custos relacionados a tratamentos complexos, reabilitação, afastamentos laborais e perda da produtividade.

Apesar dos avanços observados, a literatura evidencia limitações que ainda representam desafios para a implementação ampla dessas tecnologias. Muitos algoritmos permanecem dependentes de conjuntos específicos de treinamento, o que pode comprometer seu desempenho quando aplicados em populações distintas daquelas utilizadas durante seu desenvolvimento. Diferenças relacionadas à etnia, qualidade das imagens, equipamentos utilizados e características epidemiológicas locais podem influenciar a precisão diagnóstica.

Além das limitações relacionadas ao desempenho e à generalização dos modelos, persistem desafios éticos e regulatórios relacionados à proteção de dados, privacidade das informações médicas, responsabilidade diagnóstica e transparência algorítmica. A dificuldade de compreensão dos mecanismos internos utilizados pelos algoritmos, frequentemente descrita como efeito “black box”, constitui uma das principais preocupações atuais.

Diante desse cenário, torna-se necessária a realização de estudos multicêntricos envolvendo populações mais diversas, desenvolvimento de bases multicêntricas representativas e análises robustas de custo-efetividade. No âmbito acadêmico, essas iniciativas poderão fortalecer a produção científica relacionada à saúde digital e à oftalmologia. Sob a perspectiva biopsicossocial, a ampliação do diagnóstico precoce possui potencial para preservar a autonomia funcional, melhorar a qualidade de vida dos indivíduos com diabetes e reduzir o impacto social associado às deficiências visuais evitáveis.

De forma geral, as evidências analisadas indicam que a inteligência artificial possui potencial para transformar significativamente os programas de rastreamento da retinopatia diabética. Entretanto, sua incorporação efetiva à prática clínica deverá ocorrer de maneira gradual, acompanhada por validação científica contínua, supervisão médica adequada e políticas públicas capazes de garantir segurança, equidade e acesso ampliado aos benefícios proporcionados por essas tecnologias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão narrativa permitiu analisar o uso da inteligência artificial no rastreamento da retinopatia diabética e evidenciou seu potencial como ferramenta complementar aos métodos convencionais de triagem oftalmológica. Os estudos avaliados demonstraram que os sistemas baseados em aprendizado profundo apresentam desempenho diagnóstico elevado, com capacidade de identificar precocemente alterações retinianas associadas à doença e resultados comparáveis aos obtidos por especialistas.

Os achados também indicaram que a incorporação dessas tecnologias pode contribuir para a otimização dos programas de rastreamento, favorecendo a padronização das análises, a ampliação da cobertura diagnóstica e a utilização de estratégias de triagem em diferentes níveis de atenção à saúde. Além disso, verificou-se potencial para aplicação em regiões com limitações de infraestrutura e escassez de profissionais especializados, aspecto particularmente relevante para países que enfrentam desigualdades no acesso aos serviços oftalmológicos.

Entretanto, a implementação ampla da inteligência artificial ainda depende da superação de desafios relacionados à validação externa dos algoritmos, à proteção de dados, à regulamentação ética e à avaliação de sua efetividade em diferentes contextos populacionais. Nesse sentido, torna-se fundamental o desenvolvimento de estudos multicêntricos e políticas públicas que favoreçam a incorporação segura e equitativa dessas tecnologias aos sistemas de saúde.

Conclui-se que a inteligência artificial representa uma estratégia promissora para o fortalecimento do rastreamento da retinopatia diabética, podendo contribuir para o diagnóstico precoce, prevenção da cegueira evitável e melhoria dos indicadores de saúde ocular. Contudo, sua utilização deve ocorrer de forma integrada à prática clínica, respaldada por evidências científicas robustas e por mecanismos que garantam segurança, qualidade assistencial e equidade no acesso aos benefícios tecnológicos.

REFERÊNCIAS

ABRÀMOFF, M. D. et al. Pivotal trial of an autonomous AI-based diagnostic system for detection of diabetic retinopathy in primary care offices. NPJ Digital Medicine, v. 1, p. 39, 2018. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31304320/. Acesso em: 3 abr. 2026.

ALQAHTANI, A. S. et al. The efficacy of artificial intelligence in diabetic retinopathy screening: a systematic review and meta-analysis. International Journal of Retina and Vitreous, v. 11, n. 1, p. 48, 2025. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40264218/. Acesso em: 3 abr. 2026.

BELLEMO, V. et al. Artificial intelligence using deep learning to screen for referable and vision-threatening diabetic retinopathy in Africa: a clinical validation study. The Lancet Digital Health, v. 1, n. 1, p. e35-e44, 2019. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33323239/. Acesso em: 3 abr. 2026.

CHEUNG, C. Y.; LEE, G.; TING, D. S. W.; TAN, G.; WONG, T. Y. Artificial intelligence in diabetic eye disease screening. Asia-Pacific Journal of Ophthalmology, v. 8, n. 2, p. 158-164, 2019. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31016915/. Acesso em: 3 abr. 2026.

DOS REIS, M. A. et al. Advancing healthcare with artificial intelligence: diagnostic accuracy of machine learning algorithm in diagnosis of diabetic retinopathy in the Brazilian population. International Journal of Retina and Vitreous, v. 10, 2024. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39210394/. Acesso em: 3 abr. 2026.

HASSAN, A. A. et al. Feasibility and patient experience of a pilot artificial intelligence screening program for diabetic retinopathy in primary care. 2024. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39693600/. Acesso em: 3 abr. 2026.

KABUNGA, R. et al. Artificial intelligence-based diabetic retinopathy screening algorithms: umbrella review of performance, implementation and infrastructure. 2025. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41165895/. Acesso em: 3 abr. 2026.

KHAN, Z. et al. Diagnostic accuracy of IDx-DR for diabetic retinopathy detection. 2025. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39986640/. Acesso em: 3 abr. 2026.

MALERBI, F. K.; MELO, G. B. Feasibility of screening for diabetic retinopathy using artificial intelligence in Brazil. Bulletin of the World Health Organization, Geneva, v. 100, n. 10, p. 643-647, 2022. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9511671/. Acesso em: 3 abr. 2026.

OLIVEIRA, L. E. S. et al. Diagnóstico da retinopatia diabética por inteligência artificial por meio de smartphone. Revista Brasileira de Oftalmologia, Rio de Janeiro, v. 83, 2024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbof/a/gcQkgQV77rsrDm3p8xZGGzK/. Acesso em: 3 abr. 2026.

SHAH, S. A. et al. Use of artificial intelligence-based detection of diabetic retinopathy in the United States, 2019-2023. JAMA Ophthalmology, 2024. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39480408/. Acesso em: 3 abr. 2026.

TAHIR, H. N. et al. Artificial intelligence versus manual screening for diabetic retinopathy: systematic review and meta-analysis. 2025. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40400628/. Acesso em: 3 abr. 2026.

TING, D. S. W. et al. Development and validation of a deep learning system for diabetic retinopathy and related eye diseases using retinal images from multiethnic populations with diabetes. JAMA, v. 318, n. 22, p. 2211-2223, 2017. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29234807/. Acesso em: 3 abr. 2026.

UNITED STATES FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. AEYE-DS and IDx-DR comparative regulatory documentation. Maryland: FDA, 2022. Disponível em: https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf22/K221183.pdf. Acesso em: 3 abr. 2026.

UNITED STATES FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. EyeArt automated diabetic retinopathy detection system. Maryland: FDA, 2020. Disponível em: https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf20/K200667.pdf. Acesso em: 3 abr. 2026.

UNITED STATES FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. IDx-DR device update documentation. Maryland: FDA, 2021. Disponível em: https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf20/K203629.pdf. Acesso em: 3 abr. 2026.

WENG, C. Y. et al. Teleretinal screening for diabetic eye disease. Ophthalmology, v. 131, n. 7, 2024. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38613533/. Acesso em: 3 abr. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Screening programmes for diabetic retinopathy in Europe: a short guide. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2021. Disponível em: https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289055321. Acesso em: 3 abr. 2026.

YANG, Q. et al. Artificial intelligence with retinal imaging in systemic diseases: current applications and future perspectives. 2025. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40052065/. Acesso em: 3 abr. 2026.

YAO, J. et al. Novel artificial intelligence algorithms for diabetic retinopathy and diabetic macular edema: current applications and real-world implementation. Eye, 2024. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38880890/. Acesso em: 3 abr. 2026.