

Artigo científico

Inteligência artificial no rastreamento da retinopatia diabética: uma revisão da literatura

Artificial intelligence in the screening of diabetic retinopathy: a literature review

Inteligencia artificial en el cribado de la retinopatía diabética: una revisión de la literatura

Marcela Curvello Beltrão¹, Felipe da Silva Carnauba², Vaniely Oliveira Ferreira³, Gabriel Cardoso Silva⁴ e Rodolfo de Abreu Carolino⁵

¹Médica pelo Centro Universitário de Maceió – UNIMA-Afya. ORCID: 0000-0002-9913-6316. E-mail: marcela-beltrao@hotmail.com;

²Acadêmico pelo Curso de Medicina no Centro Universitário Santa Maria. ORCID: 0009-0000-3247-5017. E-mail: effelipecarnauba@hotmail.com;

³Acadêmica pelo Curso de Medicina no Centro Universitário Santa Maria. ORCID: 0000-0002-3423-6885. E-mail: vanielyvip@hotmail.com;

⁴Médico pela Universidade Nove de Julho. ORCID: 0009-0001-4142-9773. E-mail: gabrielmendonca@outlook.com.br;

⁵Docente do curso de medicina pelo Centro Universitário Santa Maria. ORCID: 0000-0002-7962-024X. E-mail: rodolfoorg@yahoo.com.br.

RESUMO: A retinopatia diabética (RD) é uma das principais causas de perda visual em pacientes diabéticos, sendo a detecção precoce essencial para prevenção de complicações. A Literatura busca entender se sistemas baseados em inteligência artificial (IA) podem demonstrar alto desempenho na triagem da RD. A revisão integrativa foi realizada no mês de fevereiro de 2024, utilizando bases de dados eletrônicas: Scientific Electronic Library Online (SciELO), com os seguintes descritores em ciências da saúde (DeCs), como "inteligência artificial", "retinopatia diabética" e "rastreamento" combinados entre si pelo operador booleano AND. Foram também utilizados mecanismos de busca no PUBMED, utilizando os termos mesh: "Artificial Intelligence" AND "diabetic retinopathy" (em inglês). Sistemas baseados em inteligência artificial (IA) têm demonstrado alto desempenho na triagem da RD, com elevada sensibilidade e especificidade, mesmo utilizando dispositivos portáteis de baixo custo. Estudos indicam que a IA pode reduzir a carga sobre profissionais de oftalmologia, otimizar o fluxo de triagem e permitir encaminhamentos mais rápidos para tratamento especializado. Apesar das limitações relacionadas à qualidade das imagens, tamanho amostral e necessidade de validação multicêntrica, a IA apresenta-se como uma ferramenta promissora para programas de rastreamento em larga escala. Apesar das limitações, como variabilidade na qualidade das imagens e necessidade de validação em diferentes populações, a IA representa uma ferramenta promissora para programas de saúde pública. Avanços futuros devem focar na padronização, ampliação de amostras e integração clínica segura.

Palavras-chave: Inteligência artificial; retinopatia diabética; rastreamento.

ABSTRACT: Diabetic retinopathy (DR) is a leading cause of vision loss among diabetic patients, and early detection is essential to prevent complications. Current literature investigates whether artificial intelligence (AI)-based systems can achieve high performance in DR screening. An integrative review was conducted in February 2024 using electronic databases including Scientific Electronic Library Online (SciELO) and PubMed. In SciELO, searches were performed using Health Sciences Descriptors (DeCS) such as "inteligência artificial," "retinopatia diabética," and "rastreamento," combined with the Boolean operator AND. PubMed searches utilized MeSH terms: "Artificial Intelligence" AND "diabetic retinopathy." AI-based systems have demonstrated high accuracy in DR screening, achieving elevated sensitivity and specificity, including when using low-cost portable devices. Studies indicate that AI can reduce the workload on ophthalmology professionals, optimize screening workflows, and enable faster referrals for specialized treatment. Despite limitations related to image quality, sample size, and the need for multicenter validation, AI emerges as a promising tool for large-scale screening programs. Although challenges such as variability in image quality and the requirement for validation across diverse populations remain, AI represents a promising strategy for public health screening programs. Future developments should focus on standardization, larger sample sizes, and safe clinical integration.

Keywords: artificial intelligence; diabetic retinopathy; screening.

RESUMEN: La retinopatía diabética (RD) es una de las principales causas de pérdida visual en pacientes con diabetes, y la detección precoz es esencial para la prevención de complicaciones. La literatura busca comprender si los sistemas basados en inteligencia artificial (IA) pueden demostrar un alto desempeño en la detección y el cribado de la RD. La revisión integradora se realizó en febrero de 2024, utilizando bases de datos electrónicas como la Scientific Electronic Library Online (SciELO), con los siguientes Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS): "inteligencia artificial", "retinopatía diabética" y "cribado", combinados entre sí mediante el operador booleano AND. Asimismo, se utilizaron mecanismos de búsqueda



en PubMed con los términos MeSH: “Artificial Intelligence” AND “diabetic retinopathy” (en inglés). Los sistemas basados en inteligencia artificial han demostrado un alto desempeño en el cribado de la RD, con elevada sensibilidad y especificidad, incluso cuando se utilizan dispositivos portátiles de bajo costo. Los estudios indican que la IA puede reducir la carga de trabajo de los profesionales de oftalmología, optimizar el flujo de cribado y permitir derivaciones más rápidas para el tratamiento especializado. A pesar de las limitaciones relacionadas con la calidad de las imágenes, el tamaño muestral y la necesidad de validación multicéntrica, la IA se presenta como una herramienta prometedora para programas de cribado a gran escala. Aunque persisten desafíos como la variabilidad en la calidad de las imágenes y la necesidad de validación en diferentes poblaciones, la IA representa una herramienta prometedora para los programas de salud pública. Los avances futuros deben centrarse en la estandarización, la ampliación de las muestras y la integración clínica segura.

Palabras clave: Inteligencia artificial; retinopatía diabética; cribado.

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O conceito de inteligência artificial (IA), que foi introduzido em 1956 por John McCarthy, refere-se ao desenvolvimento de sistemas computacionais capazes de executar tarefas que, tradicionalmente, requerem habilidades cognitivas humanas. Esses sistemas operam por meio de algoritmos capazes de analisar grandes volumes de dados, identificar padrões e realizar inferências, simulando processos de raciocínio e tomada de decisão (Jiang et al., 2017).

De modo semelhante ao aprendizado humano, os modelos de IA dependem da exposição a extensos conjuntos de dados para o reconhecimento de características relevantes associadas a condições clínicas específicas, permitindo sua aplicação em contextos diagnósticos e preditivos (Jiang et al., 2017).

No âmbito das ciências da saúde, a integração de estratégias baseadas em inteligência artificial tem se mostrado particularmente relevante no manejo e rastreamento da retinopatia diabética (RD). Essa condição representa a complicação microvascular mais característica do diabetes mellitus, acometendo tanto pacientes com DM tipo 1 quanto com DM tipo 2. Evidências epidemiológicas indicam que a grande maioria dos indivíduos com DM1 desenvolve algum grau de retinopatia após aproximadamente 15 anos de evolução da doença, sendo frequente a progressão para formas proliferativas, associadas a maior risco de perda visual (Klein et al., 1994).

A aplicação da IA surge como uma ferramenta promissora para apoiar estratégias de detecção precoce e monitoramento da RD, com potencial impacto na redução da

morbidade visual associada à doença. Isto tudo amplia o rastreio, uma vez que detecção precoce da RD por meio de programas de rastreio é fundamental para prevenir a progressão para estágios avançados que podem levar à perda visual irreversível, visto que o diagnóstico clínico tardio está associado a piores desfechos visuais (Lestari et al., 2023).

Nesse contexto atual, com a explosão da IA, especialmente através de algoritmos de aprendizado profundo e aprendizado de máquina, tem demonstrado alto potencial para apoiar ferramentas automatizadas de triagem por meio da análise de imagens de fundo de olho, oferecendo resultados comparáveis aos métodos tradicionais em precisão diagnóstica (Lestari et al., 2023).

A relevância do uso da IA no rastreio da RD está diretamente relacionada à crescente demanda por serviços oftalmológicos frente ao aumento global da prevalência de diabetes, o que impõe uma sobrecarga aos sistemas de saúde e escassez de especialistas em muitas regiões geográficas. Estudos sistemáticos indicam que algoritmos de IA podem alcançar sensibilidade e especificidade elevadas, frequentemente superiores aos métodos manuais ou capazes de igualá-los, especialmente na detecção de retinopatia diabética referenciável — uma condição que requer avaliação especializada adicional (Tahir et al., 2025).

Além da acurácia diagnóstica, a implementação de tecnologias baseadas em IA no rastreio de RD tem implicações importantes para a eficiência e escalabilidade dos programas de saúde ocular. Revisões da literatura mostram que, quando empregadas de forma adequada, essas ferramentas podem analisar grandes volumes de imagens de retina em curtos períodos de tempo, favorecendo o rastreio



em larga escala e potencialmente antecipando o encaminhamento de pacientes com risco de perda visual (Tadesse et al., 2025).

Essas capacidades tornam a IA uma ferramenta promissora, não apenas para ampliar o acesso ao rastreamento em populações distantes ou com poucos recursos, mas também para otimizar o fluxo de trabalho clínico e reduzir a carga sobre oftalmologistas. Apesar dos avanços, ainda persistem desafios relacionados à variabilidade na qualidade das imagens, a necessidade de validação em diferentes populações e a integração harmoniosa dessas tecnologias nos fluxos clínicos existentes, o que reforça a necessidade de pesquisas contínuas e rigorosas (Thair et al., 2025; Tadesse et al., 2025).

Diante do potencial de sequelas visuais permanentes, discute-se a necessidade de abordar estudos sobre a RD como forma localizar informações que tenham maior impacto clínico na prevenção e tratamento. Nesse contexto, levando em consideração às características de rápida progressão do quadro clínico e o risco significativo à saúde ocular, o objetivo deste estudo é o uso da IA como forma de rastreamento para RD.

2 METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de revisão da literatura. Os dados se deram focando em informações atualizadas sobre o tema proposto, diante da pergunta norteadora: a IA pode ser importante no rastreamento da RD? Para tal, foram selecionados estudos que estivessem em consonância com este estudo, desde o título e/ou resumo.

A revisão integrativa foi realizada utilizando bases de dados eletrônicas: Scientific Electronic Library Online (SciELO), com os seguintes descritores em ciências da saúde (DeCs), como "inteligência artificial", "retinopatia diabética" e "rastreamento" combinados entre si pelo operador booleano AND. Além disso, foram também utilizados mecanismos de busca no PUBMED, utilizando os termos mesh: "'Artificial Intelligence" AND "diabetic retinopathy" (em inglês), buscando por artigos publicados no período compreendido entre 2020 a 2025.

Dentre os critérios de inclusão, foram selecionados estudos que envolvessem seres humanos, com maior força na pirâmide de evidência, e estudos relacionados ao tema. Os resultados foram avaliados de forma qualitativa e os dados foram agrupados de forma sistematizada para serem expostos na forma de texto corrido.

Foram excluídos projetos em andamento, estudos com conflitos de interesse e estudos pilotos, estudos laboratoriais e estudos com cobaias (animais) e documentos acadêmicos que apresentassem no resumo distanciamento do tema pesquisado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento de sistemas de triagem baseados IA) tem se mostrado promissor como ferramenta diagnóstica na detecção precoce da RD. Os resultados indicaram que os algoritmos apresentaram alta sensibilidade na maioria dos estudos, com desempenho consistente em ambos os tipos de exame. A especificidade da triagem por IA foi geralmente comparável à dos métodos manuais, evidenciando sua capacidade de identificar corretamente indivíduos sem a doença. Além disso, a maioria dos estudos apresentou baixo risco de viés, reforçando a robustez metodológica e a confiabilidade dos achados (Tahir et al., 2025)

Apesar do desempenho promissor, observou-se heterogeneidade significativa entre os estudos, decorrente de diferenças em protocolos fotográficos, número de campos de imagem, uso ou não de midríase e padrões de referência diagnóstica. Essas variações podem impactar o desempenho da IA limitando a generalização dos resultados. A variabilidade também foi atribuída a fatores como qualidade do conjunto de dados e condições de treinamento dos algoritmos (Thair et al., 2025).

Em uma metanálise abrangente, Wang et al. (2020) mediram o desempenho de redes neurais artificiais na detecção da retinopatia diabética, reunindo dados provenientes de 24 estudos que totalizaram 235.235 indivíduos. A análise quantitativa demonstrou elevada capacidade diagnóstica dos modelos baseados em



inteligência artificial, com sensibilidade de 91,9% para identificação de casos de RD e especificidade de 91,3% na exclusão de indivíduos sem a doença. Esses resultados reforçam o potencial da IA como ferramenta eficaz no rastreamento automatizado da retinopatia diabética.

Os achados apresentados por Wang et al. (2020) também indicam que o desempenho diagnóstico das redes neurais pode superar aquele observado na prática clínica convencional, incluindo a avaliação realizada por médicos oftalmologistas. Tal superioridade é atribuída à capacidade dos algoritmos de identificar padrões sutis em imagens retinianas, frequentemente imperceptíveis à análise humana, o que contribui para maior consistência e reprodutibilidade nos resultados obtidos.

Outro aspecto relevante destacado pelos autores refere-se à relação entre qualidade da imagem e acurácia diagnóstica. Contrariando evidências previamente estabelecidas em estudos focados na detecção de microaneurismas, a metanálise demonstrou que não há uma correlação linear absoluta entre esses fatores. A partir de determinado limiar de qualidade, melhorias adicionais nas imagens não se traduzem em ganhos significativos na detecção de lesões retinianas (Islam et al., 2020).

Adicionalmente, os autores observaram que existe um volume mínimo de dados necessário para o treinamento adequado dos algoritmos de IA; entretanto, após atingido esse patamar, a expansão do banco de dados não resulta em incrementos proporcionais na acurácia ou no desempenho dos modelos (Islam et al., 2020). Essa constatação possui implicações práticas relevantes, especialmente considerando os custos elevados e o tempo demandado tanto para a aquisição de imagens de alta qualidade quanto para a construção de grandes bases de dados.

Tais conclusões assumem particular importância no contexto da implementação de programas de rastreamento em saúde pública, nos quais a viabilidade econômica, a escalabilidade e a eficiência operacional são fatores determinantes. A utilização de sistemas baseados em IA, capazes de manter alta performance diagnóstica mesmo com limitações operacionais, reforça seu potencial como

estratégia sustentável para a triagem em larga escala da retinopatia diabética (Islam et al., 2020).

Nos estudos de Joseph et al. (2024) foram incluídos 34 estudos que utilizaram algoritmos de inteligência artificial para o diagnóstico da RD a partir de imagens de fundo de olho em cenários do mundo real. A avaliação da qualidade metodológica revelou baixo risco de viés e baixa preocupação com aplicabilidade. Entre as imagens avaliáveis, a acurácia geral combinada foi de 81%, com sensibilidade de 94% (IC 95%: 92,0-96,0), especificidade de 89% (IC 95%: 85,0-92,0) e razão de chances diagnóstica (DOR) de 128 (IC 95%: 80-204). Esses achados indicam que a IA apresenta desempenho aceitável para triagem de RD em comparação com avaliadores humanos.

Análises de subgrupos mostraram que, quando imagens de qualidade aceitável foram obtidas, fundoscopias não midriáticas apresentaram DOR de 143 (IC 95%: 82-251) e imagens com dois campos obtiveram DOR de 161 (IC 95%: 74-347). A meta-regressão identificou associação significativa entre DOR e variáveis como renda do país e tipo de câmera de fundo de olho. Esses resultados sugerem que a implementação de sistemas de IA pode apoiar oftalmologistas, reduzir a carga de trabalho e aumentar a precisão no diagnóstico da retinopatia diabética (Joseph et al., 2025).

Estudos demonstram que algoritmos de machine learning podem apresentar desempenho robusto na detecção de diferentes categorias de retinopatia diabética (RD), com sensibilidade variando de 0,93 a 0,97 e especificidade de 0,90 a 0,98 (Wu et al., 2021).

Entretanto, grande parte dessas pesquisas depende de equipamentos caros, como câmeras de alta resolução para obtenção das imagens retinianas. Rajalakshmi et al. (2018), utilizando IA (EyeArt) associada a imagens capturadas por smartphones acoplados à lâmpada de fenda, observaram sensibilidade de 95,8% e especificidade de 80,2% na detecção de RD.

Oliveira et al. (2024) desenvolveram uma alternativa de baixo custo e sem equipamentos adicionais, apresentando boa eficácia e concordância com o diagnóstico

oftalmológico. Os autores desenvolveram um protótipo portátil, leve e de fácil manuseio, com custo aproximado de US\$1.000, incluindo smartphone, lente de 20D e estrutura impressa em 3D. O software de IA instalado processa as imagens, aumentando a eficiência na triagem de pacientes com RD e gerando relatórios e recomendações de encaminhamento em poucos minutos.

No estudo acima, pacientes que necessitam de acompanhamento adicional podem ser rapidamente direcionados, reduzindo custos e tempo de espera. Limitações observadas incluem dificuldade de obtenção de imagens em pacientes com pupilas pequenas ou opacidade de catarata e impossibilidade de diagnóstico diferencial para lesões por outras doenças, ressaltando a necessidade de validações futuras em amostras maiores.

Apesar dos resultados encorajadores quanto à acurácia diagnóstica, a consolidação dessa tecnologia na prática clínica depende da realização de estudos adicionais com amostras representativas, validação multicêntrica e seguimento longitudinal, a fim de assegurar sua eficácia e segurança em diferentes populações.

Diante dos achados apresentados, observa-se que a inteligência artificial aplicada ao rastreamento da retinopatia diabética representa uma estratégia promissora para a detecção precoce da doença, especialmente em cenários de alta demanda e limitação de recursos especializados (Their et al., 2025). A incorporação da IA em programas de triagem em larga escala pode contribuir para a otimização do fluxo assistencial, a redução da carga sobre os serviços oftalmológicos e a prevenção da perda visual evitável associada à retinopatia diabética.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Literatura mostrou que o uso da IA em programas de triagem em larga escala pode contribuir para a otimização do fluxo assistencial, a redução da carga sobre os serviços oftalmológicos e a prevenção da perda visual evitável associada à retinopatia diabética. No entanto, alguns estudos de validação indicaram risco moderado de viés, principalmente relacionado ao teste índice, padrões de

referência e potenciais relatos seletivos.

Os sistemas baseados em inteligência artificial demonstram alta acurácia e sensibilidade na detecção precoce da retinopatia diabética, mesmo em ambientes com recursos limitados. A implementação desses algoritmos pode otimizar a triagem, reduzir a carga sobre oftalmologistas e permitir encaminhamento mais rápido para tratamento.

Apesar das limitações, como variabilidade na qualidade das imagens e necessidade de validação em diferentes populações, a IA representa uma ferramenta promissora para programas de saúde pública. Avanços futuros devem focar na padronização, ampliação de amostras e integração clínica segura.

REFERÊNCIAS

- ISLAM, M. M. et al. Deep learning algorithms for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs: a systematic review and meta-analysis. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, [s. l.], v. 191, p. 105320, 2020.
- JIANG, F. et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. **Stroke and Vascular Neurology**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 230-243, 2017.
- JOSEPH, S. et al. Diagnostic accuracy of artificial intelligence-based automated diabetic retinopathy screening in real-world settings: a systematic review and meta-analysis. **American Journal of Ophthalmology**, [s. l.], v. 263, p. 214-230, 2024. DOI: 10.1016/j.ajo.2024.02.012.
- KLEIN, R. et al. The Wisconsin epidemiological study of diabetic retinopathy. **Archives of Ophthalmology**, [s. l.], v. 112, p. 1217-1228, 1994.
- LESTARI, Y. D.; JAYANEGARA, A. P. The validity of artificial intelligence (AI) for diabetic retinopathy screening in Asia: a systematic review. **International Journal of Retina**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 104, set. 2023. Disponível em: <https://ijretina.com/index.php/ijretina/article/view/241>. Acesso em: 28 jan. 2026.
- OLIVEIRA, L. E. S. de et al. Diagnóstico da retinopatia diabética por inteligência artificial por meio de smartphone. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, [s. l.], v. 83, e0006, 2024. DOI: 10.37039/1982.8551.20240006.
- RAJALAKSHMI, R. et al. Automated diabetic retinopathy detection in smartphone-based fundus photography using artificial intelligence. **Eye**, Basingstoke, v. 32, n. 6, p. 1138-



1144, 2018.

TADESSE et al. Diagnostic accuracy of AI or DL-enhanced technologies in the diagnosis of diabetic retinopathy: a systematic review. **Journal of Medical Imaging and Interventional Radiology**, [s. l.], 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s44326-025-00083-w>. Acesso em: 28 jan. 2026.

TAHIR, H. N. et al. Artificial intelligence versus manual screening for the detection of diabetic retinopathy: a comparative systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Medicine**, [s. l.], v. 12, p. 1519768, 2025. DOI: 10.3389/fmed.2025.1519768.

WANG, S. et al. Performance of deep neural network-based artificial intelligence method in diabetic retinopathy screening: a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy. **European Journal of Endocrinology**, [s. l.], v. 183, n. 1, p. 41-49, 2020.

WU, J. H. et al. Performance and limitation of machine learning algorithms for diabetic retinopathy screening: meta-analysis. **Journal of Medical Internet Research**, [s. l.], v. 23, n. 7, p. 1-15, 2021.

