



Aplicação da inteligência artificial no diagnóstico e prevenção da retinopatia diabética: desafios e perspectivas futuras

Application of artificial intelligence in the diagnosis and prevention of diabetic retinopathy: challenges and future perspectives

Aplicación de la inteligencia artificial en el diagnóstico y prevención de la retinopatía diabética: desafíos y perspectivas futuras

Jhenyfer Coutinho da Silva¹, Andressa Karkow Crivellaro², Paulo Cesar Ribeiro Junior³, Letícia Amorim Borges⁴, Mariana Arruda da Silva⁵, Anna Palméria Santilhana de Souza Morais França⁶, Karoline Aguiar Martins⁷, Luiza Pelissari⁸, Ana Clara Poubel Moser⁹, Elisa Marques Franco¹⁰.

RESUMO

Objetivo: Revisar a literatura sobre o uso de tecnologias inteligentes, especialmente a inteligência artificial (IA), no diagnóstico da retinopatia diabética. **Métodos:** O estudo foi conduzido conforme a estratégia PVO, abordando pacientes com retinopatia diabética e avaliando a IA como ferramenta diagnóstica. As buscas foram realizadas na base de dados PubMed Central (PMC) com os termos "Artificial Intelligence" e "diabetic retinopathy". Foram incluídos artigos em inglês e português, publicados entre 2020 e 2024. Após aplicação dos critérios de seleção, 14 artigos compuseram a análise final. **Resultados:** A IA mostrou desempenho comparável a especialistas humanos na detecção da retinopatia diabética, utilizando técnicas como aprendizado profundo e redes neurais convolucionais. As principais vantagens incluem alta precisão, eficiência diagnóstica e potencial para expandir o acesso aos cuidados oftalmológicos. Contudo, limitações como custo, necessidade de treinamento e variabilidade na qualidade das imagens ainda representam desafios. **Considerações finais:** A IA tem potencial significativo para aprimorar a triagem da retinopatia diabética, mas sua implementação requer superar obstáculos relacionados à infraestrutura e treinamento. Estudos futuros são necessários para adaptar essa tecnologia a diferentes contextos clínicos.

Palavras-chave: Inteligência artificial, Retinopatia diabética, Diagnóstico, Aprendizado profundo, Triagem.

ABSTRACT

Objective: To review the literature on the use of intelligent technologies, particularly artificial intelligence (AI), in the diagnosis of diabetic retinopathy. **Methods:** The study was conducted following the PVO strategy,

¹ Universidade Federal de Roraima (UFRR), Boa Vista – RR.

² Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Chapecó – SC.

³ Faculdade de Medicina de Jundiaí (FMJ), Jundiaí – SP.

⁴ Centro Universitário de Jaguariúna (UNIFAJ), Jaguariúna – SP.

⁵ Centro Universitário de Várzea Grande (UNIVAG), Várzea Grande – MT.

⁶ Faculdade de Minas BH (FAMINAS), Belo Horizonte – MG.

⁷ Universidade Católica de Pelotas (UCPel), Pelotas – RS.

⁸ Universidade Paranaense (UNIPAR), Cascavel – PR.

⁹ Faculdade de Medicina de Cachoeiro (Multivix), Cachoeiro de Itapemirim – ES.

¹⁰ Hospital Bom Samaritano. Belo Horizonte – MG.

focusing on patients with diabetic retinopathy and evaluating AI as a diagnostic tool. Searches were carried out in the PubMed Central (PMC) database using the terms "Artificial Intelligence" and "diabetic retinopathy." Articles in English and Portuguese, published between 2020 and 2024, were included. After applying the selection criteria, 14 articles were included in the final analysis. **Results:** AI demonstrated performance comparable to that of human specialists in detecting diabetic retinopathy, using techniques such as deep learning and convolutional neural networks. The main advantages include high accuracy, diagnostic efficiency, and potential to expand access to ophthalmic care. However, limitations such as cost, the need for training, and variability in image quality still pose challenges. **Final considerations:** AI has significant potential to improve the screening of diabetic retinopathy, but its implementation requires overcoming obstacles related to infrastructure and training. Future studies are necessary to adapt this technology to different clinical contexts.

Keywords: Artificial intelligence, Diabetic retinopathy, Diagnosis, Deep learning, Screening.

RESUMEN

Objetivo: Revisar la literatura sobre el uso de tecnologías inteligentes, especialmente la inteligencia artificial (IA), en el diagnóstico de la retinopatía diabética. **Métodos:** El estudio se llevó a cabo siguiendo la estrategia PVO, centrado en pacientes con retinopatía diabética y evaluando la IA como herramienta diagnóstica. Las búsquedas se realizaron en la base de datos PubMed Central (PMC) utilizando los términos "Artificial Intelligence" y "diabetic retinopathy". Se incluyeron artículos en inglés y portugués, publicados entre 2020 y 2024. Tras aplicar los criterios de selección, 14 artículos conformaron el análisis final. **Resultados:** La IA mostró un desempeño comparable al de los especialistas humanos en la detección de la retinopatía diabética, utilizando técnicas como el aprendizaje profundo y las redes neuronales convolucionales. Las principales ventajas incluyen alta precisión, eficiencia diagnóstica y potencial para ampliar el acceso a los cuidados oftalmológicos. Sin embargo, limitaciones como el costo, la necesidad de capacitación y la variabilidad en la calidad de las imágenes siguen representando desafíos. **Consideraciones finales:** La IA tiene un potencial significativo para mejorar la detección de la retinopatía diabética, pero su implementación requiere superar obstáculos relacionados con la infraestructura y la capacitación. Se necesitan estudios futuros para adaptar esta tecnología a diferentes contextos clínicos.

Palabras clave: Inteligencia artificial, Retinopatía diabética, Diagnóstico, Aprendizaje profundo, Detección.

INTRODUÇÃO

O diabetes mellitus é um grave problema de saúde pública mundial, afetando aproximadamente 485 milhões de indivíduos entre 20 e 79 anos em 2021 (KONG M e SONG S, 2024). Uma das principais complicações dessa doença é a retinopatia diabética, uma das maiores causas de cegueira evitável no mundo. Um dos grandes desafios dessa condição é o fato de ser assintomática até que progrida para estágios avançados, levando à perda parcial ou total da visão (RAMAN R, et al., 2021). Diante disso, o diagnóstico precoce e o rastreamento eficaz tornam-se imperativos para evitar desfechos visuais graves. Neste contexto, o uso de tecnologias emergentes, como a inteligência artificial (IA), aparece como uma alternativa promissora para aprimorar a detecção precoce da retinopatia diabética, aumentando a acurácia diagnóstica.

Atualmente, o diagnóstico de retinopatia diabética é realizado por meio do exame de fundo de olho e da ecografia carotídea, esta última utilizada para o diagnóstico precoce de arteriosclerose (CHUN JW e KIM HS, 2023). No entanto, existem várias dificuldades que impactam a eficácia do rastreamento anual, como a ausência de sintomas nos estágios iniciais da doença. Essa falta de sintomas leva muitos pacientes a acreditarem que não há necessidade de exames regulares, o que reduz a adesão às recomendações médicas. Além disso, muitos pacientes relutam em realizar a dilatação pupilar, necessária para o exame de fundo de olho, ou acreditam que a manutenção de níveis normais de glicose é suficiente para evitar complicações (KONG M e SONG S, 2024).

Apesar dos avanços significativos que a IA tem proporcionado na prática médica, sua aplicação em larga escala ainda enfrenta desafios consideráveis, especialmente em países em desenvolvimento. O custo elevado da tecnologia pode sobrecarregar sistemas de saúde já pressionados (GRZYBOWSKI A, et al., 2019). Além disso, há limitações no desenvolvimento de algoritmos de IA adequados (CHUN JW e KIM HS, 2023) e

uma escassez de profissionais capacitados, como oftalmologistas, em muitas regiões de baixa renda (CLELAN CR, et al., 2023).

O machine learning (aprendizado de máquina), uma técnica avançada de IA, vem mostrando resultados promissores em diversas áreas, incluindo o reconhecimento de imagem, fala e processamento de linguagem natural (MALERBI FK, et al., 2022). No campo da oftalmologia, o deep learning (aprendizado profundo) tem sido cada vez mais utilizado para analisar imagens de fundo de olho e classificar automaticamente os estágios da retinopatia diabética (RAMAN R, et al., 2021). Algoritmos que utilizam Redes Neurais Convolucionais (CNNs) são especialmente eficazes na identificação de lesões características, como microaneurismas e hemorragias retinianas, que são sinais precoces da retinopatia diabética (HUANG X, et al., 2022).

A inteligência artificial tem um enorme potencial para melhorar os serviços de saúde, principalmente em países de baixa e média renda (GRZYBOWSKI A, et al., 2023). Em Singapura, por exemplo, um programa de rastreamento de retinopatia diabética com suporte de IA alcançou uma precisão notável, com 90% de sensibilidade e especificidade, além de oferecer respostas mais rápidas nos resultados dos rastreamentos (LARSEN TJ, et al., 2024). Na Índia, programas de triagem de retinopatia diabética via telemedicina estão proporcionando importantes benefícios clínicos, facilitando o acesso ao diagnóstico precoce (RAMAN R, et al., 2021). Essas iniciativas demonstram uma tendência crescente no uso de imagens médicas e tecnologias de análise baseadas em IA para detectar complicações do diabetes (PAWAR B, et al., 2021).

O objetivo deste estudo foi avaliando a aplicação de tecnologias inteligentes, com ênfase na inteligência artificial, no diagnóstico da retinopatia diabética. Esta revisão pretende examinar a eficácia e a precisão dessas ferramentas tecnológicas, além de seu potencial para aprimorar os métodos de rastreamento e manejo da retinopatia diabética.

MÉTODOS

Esta revisão integrativa foi desenvolvida seguindo os critérios da estratégia PVO, que inclui População ou Problema, Variáveis e Desfecho. Neste contexto, a população estudada compreendeu pacientes com retinopatia diabética, sendo a variável principal a aplicação de IA no diagnóstico da doença. O desfecho buscado foi a avaliação da acurácia e da eficácia dessas tecnologias no rastreamento e manejo da retinopatia diabética. A partir dessa definição, formulou-se a seguinte pergunta norteadora: "Como as tecnologias inteligentes, incluindo a inteligência artificial, estão sendo aplicadas no diagnóstico da retinopatia diabética e quais são seus impactos na acurácia e na eficiência do rastreamento dessa doença?"

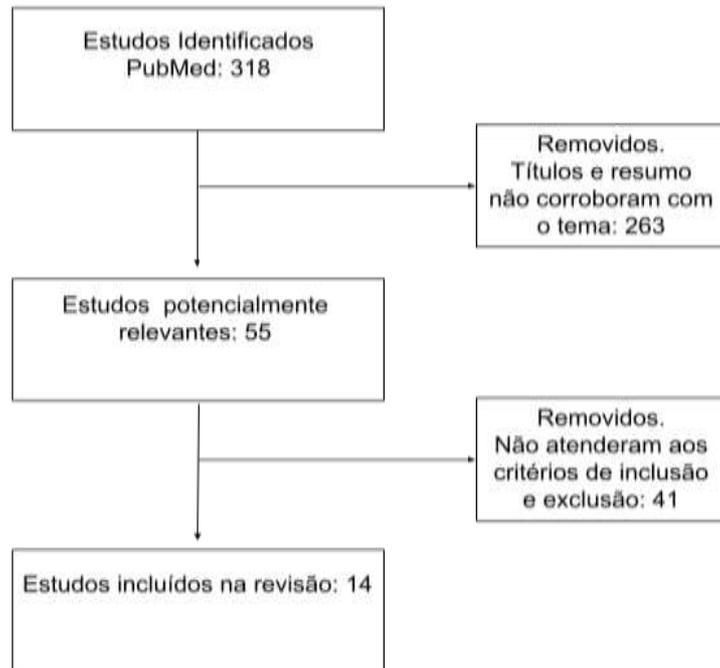
Para responder a essa pergunta, foram realizadas buscas bibliográficas abrangentes na base de dados PubMed Central (PMC). As estratégias de busca envolveram uma combinação estruturada de termos específicos, incluindo "Artificial Intelligence" e "diabetic retinopathy," e utilizaram operadores booleanos (AND, OR e NOT) para refinar os resultados. A estratégia adotada foi a seguinte: (("Artificial Intelligence") AND ("diagnosis"[MeSH Terms] OR "diagnosis" OR "diagnose")) AND ("diabetic retinopathy"[MeSH Terms])). Essa abordagem possibilitou uma busca precisa e direcionada, resultando inicialmente em 318 artigos.

A seleção dos estudos seguiu critérios de inclusão e exclusão rigorosos. Foram incluídos artigos nos idiomas inglês e português, publicados entre 2020 e 2024, que abordavam de forma direta o uso da IA no diagnóstico da retinopatia diabética. Tipos específicos de estudos, como revisões e meta-análises, foram priorizados para obter uma visão abrangente das pesquisas existentes.

Adicionalmente, somente artigos disponibilizados na íntegra foram considerados. Por outro lado, os critérios de exclusão envolveram a remoção de artigos duplicados, trabalhos disponíveis apenas em formato de resumo e estudos que não tratavam diretamente do tema central desta revisão. Além disso, excluíram-se aqueles que não atenderam aos critérios previamente estabelecidos, como estudos que não abordavam a aplicação da IA no diagnóstico da retinopatia diabética. Após a triagem e aplicação dos critérios de seleção, 14 artigos foram considerados relevantes para a elaboração do presente estudo. Esses artigos forneceram

uma ampla gama de informações, incluindo análises sobre a eficácia de algoritmos de aprendizado profundo, redes neurais convolucionais e outros métodos de inteligência artificial no contexto do diagnóstico da retinopatia diabética.

Figura 1 - Fluxograma de seleção dos estudos incluídos na revisão integrativa.



Fonte: Silva JC, et al., 2025.

RESULTADOS

Após a aplicação da estratégia de pesquisa, foi encontrado um total de 318 artigos. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 55 artigos foram selecionados, sendo que 41 artigos foram removidos devido à duplicação na seleção. Dessa forma, 14 artigos foram incluídos para análise completa, conforme apresentado na **Figura 1**. Os resultados estão apresentados no **Quadro 1** e descritos de forma detalhada.

Quadro 1 - Síntese dos achados sobre o uso de tecnologia artificial para diagnóstico de retinopatia diabética.

N	Local de publicação	Autores (Ano)	Principais achados
1	Frontiers in Public Health	SHENG B, et al. (2022)	Destacou os conceitos fundamentais da Inteligência Artificial e sua aplicação na retinopatia diabética, evidenciando que o sistema teve desempenho comparável ao de especialistas humanos.
2	Frontiers in Endocrinology	WANG Z, et al. (2023)	Uso do software MetaDiSc e STATA 14.0 para calcular a sensibilidade combinada, especificidade, razão de verossimilhança positiva e de vários tipos de DR, concluindo a necessidade de mais estudos.
4	Elsevier	QUELLEC G, et al. (2021)	Estudo quantitativo. Descreveu um algoritmo (eXplanatory) que atinge o mesmo nível de desempenho da IA de caixa preta, classificando a gravidade da retinopatia diabética através de imagem ou frases.

N	Local de publicação	Autores (Ano)	Principais achados
5	Journal of Diabetes Science and Technology	MALERBI FK, et al. (2022)	Estudo retrospectivo. Avaliou a precisão diagnóstica do algoritmo DL e o desempenho de câmeras retinianas portáteis na detecção de DR em uma população grande e heterogênea de diabetes tipo 2, atingindo uma boa precisão.
6	Ophthalmic Research	GRZYBOWSKI A, et al.(2020)	Estudo retrospectivo - comparativo. Comparação de dois softwares automatizados de avaliação de imagem da retinopatia diabética, concluindo que ambos alcançaram precisão satisfatória.
7	Elsevier	XIE Q, et al. (2020)	Estudo experimental. Avaliou um novo método quantitativo para a triagem e avaliação da retinopatia diabética, apresentando uma precisão superior aos resultados obtidos pela interpretação manual.
9	Indian Journal of Ophthalmology	SHAH P, et al. (2020)	Estudo retrospectivo que validou o algoritmo da Inteligência Artificial como ferramenta eficaz para triagem de retinopatia diabética.
10	Health Informatics Journal	HELD LA, et al. (2022)	Estudo qualitativo que considerou como inovadora a pesquisa para uso e exploração da Inteligência Artificial para triagem de retinopatia diabética nos cuidados primários.
11	Current Eye Research	WANG X, et al. (2020)	Estudo retrospectivo que apontou a Inteligência Artificial como tecnologia com grande potencial para melhora de eficiência de rastreamento e diagnóstico precoce de retinopatia diabética.
12	Eye	DOGAN ME, et al. (2024)	Estudo clínico prospectivo que reforça o potencial de uso de tecnologias inteligentes em programas de triagem de retinopatia diabética, uma vez que possuem alta acurácia.
13	Ophthalmologica	RÊGO S, et al. (2021)	Estudo observacional transversal que confirmou a Inteligência Artificial como uma boa combinação entre sensibilidade e especificidade para triagem eficaz de retinopatia diabética.
14	Arvo Journals	BLAIR JPM, et al. (2023)	Estudo retrospectivo que atestou a capacidade do algoritmo inteligente de detectar retinopatia diabética, com precisão comparável a especialistas humanos, caracterizando-a como solução promissora para triagem remota.

Fonte: Silva JC, et al., 2025.

DISCUSSÃO

Na triagem da retinopatia diabética na oftalmologia, diversas técnicas de IA têm sido aplicadas para aprimorar o diagnóstico e a detecção precoce da doença. De acordo com Kong M e Song S (2024), destacam-se o aprendizado de máquina, *machine learning* (ML) e, especialmente, o aprendizado profundo, *deep learning* (DL), que utiliza redes neurais convolucionais, *convolutional neural networks* (CNNs) para analisar automaticamente imagens retinianas e identificar lesões características, como microaneurismas e hemorragias. Além disso, abordagens como o aprendizado federado permitem treinar modelos mantendo a privacidade dos pacientes, enquanto modelos de linguagem de grande escala estão sendo explorados para apoiar a triagem e o aconselhamento em casos de retinopatia diabética.

Outra aplicação promissora da IA é a *Explanatory AI* (XAI), exemplificada pelo sistema ExplAIIn, que combina classificação de imagem em nível de pixel e de imagem. Essa tecnologia permite que médicos compreendam melhor as decisões da IA, destacando as regiões da imagem associadas ao diagnóstico (QUELLEC G, et al., 2021). O ExplAIIn não apenas auxilia no diagnóstico da retinopatia diabética, mas também fornece explicações claras sobre como as decisões são tomadas, aumentando a confiança tanto de clínicos quanto de pacientes. Essa abordagem, ao permitir a detecção de lesões e sinais precoces da retinopatia, pode evitar a progressão da doença para estágios mais avançados e, conseqüentemente, prevenir a cegueira.

As vantagens do uso da IA no diagnóstico precoce da retinopatia diabética são notáveis, especialmente em sistemas baseados em aprendizado profundo e redes neurais convolucionais, que frequentemente alcançam alta precisão e sensibilidade, comparáveis ou superiores às dos especialistas humanos na detecção da doença (KONG M e SONG S, 2024). A IA possibilita a detecção automatizada e ágil de grandes volumes de imagens retinianas, identificando lesões características, como microaneurismas e hemorragias, de forma eficiente. Isso agiliza o processo de triagem e facilita a identificação de alterações sutis e precoces na retina, permitindo intervenções mais rápidas e eficazes, prevenindo complicações graves.

De acordo com Malerbi FK, et al. (2022), a implementação de sistemas de IA tem o potencial de ampliar o acesso aos cuidados oftalmológicos, especialmente em áreas com escassez de especialistas. A IA torna a triagem mais acessível e frequente, além de contribuir para a redução de custos ao diminuir a necessidade de exames manuais. Isso permite o redirecionamento de recursos médicos para casos mais complexos, aumentando a custo-efetividade do processo. A padronização do diagnóstico promovida pela IA minimiza a variabilidade entre diferentes examinadores, assegurando que os pacientes recebam diagnósticos precisos, independentemente de onde sejam atendidos. Essas vantagens ressaltam o potencial significativo da IA em melhorar a detecção precoce da retinopatia diabética, contribuindo para melhores desfechos clínicos e otimização dos recursos de saúde.

Além disso, o uso de algoritmos baseados em deep learning melhora a precisão, eficiência e consistência dos diagnósticos, reduzindo a sobrecarga de trabalho dos especialistas. A alta sensibilidade dos sistemas de IA também diminui o risco de perder casos críticos de RD, enquanto a portabilidade das câmeras e a possibilidade de trabalhar offline permitem que essas tecnologias sejam utilizadas em cenários remotos e durante eventos de triagem em massa. Isso traz custo-efetividade e sustentabilidade para programas de saúde pública (QUELLEC G, et al., 2021), tornando a IA uma ferramenta valiosa para o rastreamento e manejo da retinopatia diabética em larga escala.

De acordo com Sheng B, et al. (2022), a aplicação da IA tem um papel fundamental na classificação e avaliação da gravidade da retinopatia diabética, aumentando significativamente a eficiência e precisão no diagnóstico. A IA permite que o processo diagnóstico seja realizado de forma mais rápida e com menor margem de erro, o que pode ser essencial para evitar a progressão da doença e, conseqüentemente, a perda de visão. Além disso, a integração da IA ao sistema de saúde pode trazer benefícios econômicos e logísticos, ao otimizar o fluxo de trabalho e reduzir a necessidade de intervenções manuais, permitindo que os recursos médicos sejam alocados de maneira mais eficaz, especialmente em áreas com escassez de especialistas.

Entretanto, Held LA, et al. (2022) ressaltam que, apesar dos avanços promissores, há barreiras significativas que influenciam a aplicabilidade da IA no cotidiano clínico. Um dos principais desafios é o custo financeiro associado à implementação efetiva dessa tecnologia. A aquisição de equipamentos avançados e a adaptação das infraestruturas hospitalares podem exigir investimentos elevados, o que pode ser proibitivo, principalmente em países em desenvolvimento. Além disso, o nível de experiência dos profissionais em relação às tecnologias digitais também é uma questão crucial. Muitos profissionais de saúde ainda não estão familiarizados com as ferramentas baseadas em IA, o que requer treinamento contínuo e atualização tecnológica para que possam utilizar essas tecnologias de maneira eficiente.

Outro ponto de destaque é o impasse quanto à qualidade das imagens utilizadas para o diagnóstico. A IA depende de imagens retinianas de alta qualidade para funcionar de forma eficaz, mas em muitos contextos, especialmente em áreas remotas ou com menos recursos, pode ser difícil garantir essa qualidade de imagem. Held LA, et al. (2022) também apontam para a necessidade de considerar o bem-estar do paciente, uma vez que o uso de IA pode ampliar o alcance dos programas de triagem, proporcionando acesso a diagnósticos a

uma população maior em comparação com o sistema tradicional, onde o paciente precisa consultar diretamente um especialista. No entanto, o uso de tecnologia pode gerar desconforto ou dúvidas entre os pacientes, exigindo uma adaptação gradual e educação em saúde para garantir sua aceitação e confiança no novo sistema.

De acordo com Grzybowski A, et al. (2020), existem inúmeros desafios na implementação da IA, especialmente em regiões com recursos limitados. Um dos principais obstáculos é o custo elevado para a implantação de sistemas de IA, já que mesmo programas semi-automatizados demandam investimentos significativos em equipamentos de alta tecnologia e em treinamento especializado para a equipe. Além disso, muitos dos sistemas de IA atuais ainda necessitam de um nível de verificação humana, ou seja, classificadores humanos treinados para supervisionar e garantir a acurácia dos diagnósticos. Isso se deve à baixa especificidade de alguns desses sistemas, que podem gerar um número considerável de falsos positivos ou negativos, comprometendo a confiança nos resultados.

Xie Q, et al. (2020) complementa essa análise, ressaltando que, quando determinadas imagens não são excluídas da triagem, as ferramentas de IA tendem a classificar uma proporção maior de imagens como não classificáveis em comparação aos avaliadores humanos. Isso pode impactar negativamente a eficácia dos sistemas de IA em ambientes clínicos reais, onde imagens de qualidade inferior ou com ruídos não podem ser facilmente descartadas, uma vez que representam dados essenciais para o diagnóstico. Essa limitação torna os sistemas de IA menos eficazes quando se trata de triagens em massa, especialmente em regiões onde a qualidade das imagens obtidas pode ser comprometida pela falta de equipamentos adequados.

Além desses desafios, Sheng B, et al. (2022) destaca a complexidade das doenças oculares, como a retinopatia diabética (RD), que apresenta variações no tamanho e na forma das lesões, além de limites difusos e baixo contraste com o fundo das imagens retinianas. Esses fatores, somados à heterogeneidade das lesões, dificultam ainda mais a precisão dos sistemas de IA. Outro problema recorrente é a qualidade dos dados, que muitas vezes incluem imagens de baixa resolução, borradas ou com erros, além da insuficiência de dados representativos, que prejudica o treinamento adequado dos algoritmos. Esse cenário resulta em previsões imprecisas dos algoritmos de IA, gerando taxas de diagnósticos incorretos ou não conclusivos. De acordo com Wang Z, et al. (2023), esses erros podem acarretar em problemas de responsabilidade médica, uma vez que os diagnósticos incorretos podem comprometer a saúde do paciente, aumentando a desconfiança na tecnologia e na sua utilização em ambientes clínicos.

Apesar desses desafios, Grzybowski A, et al. (2020) destacam o potencial futuro da IA na prevenção da cegueira associada ao diabetes. A triagem de retinopatia diabética com o uso de IA pode, de fato, se tornar uma ferramenta poderosa para aprimorar a detecção precoce e o tratamento adequado da condição, especialmente em áreas de difícil acesso ou com escassez de profissionais especializados. No entanto, para que essa tecnologia tenha sucesso, é crucial que seja integrada adequadamente aos sistemas de saúde locais. Xie Q, et al. (2020) enfatiza que são necessárias pesquisas contínuas sobre a implementação da IA, com foco em como ela pode ser ajustada para enfrentar os desafios específicos de cada região. Investimentos em infraestrutura adequada e na curadoria de dados de alta qualidade, que reflitam as populações locais, são essenciais para maximizar o impacto positivo da IA no diagnóstico e tratamento da retinopatia diabética.

No estudo de DOĞAN ME, et al. (2024), a ênfase recai sobre a comparação do desempenho de três câmeras não midriáticas combinadas com o software EyeCheckup AI para a detecção de RD. Os resultados mostraram que as três câmeras apresentaram alta sensibilidade e especificidade, variando de 90,48% a 98,82%, dependendo do grau de RD a ser identificado. A Canon CR2 AF, por exemplo, teve sensibilidade e especificidade de 95,65% e 95,92% para RD mais que leve, e o Topcon TRC-NW400 se destacou na detecção de edema macular diabético clinicamente significativo. Esses resultados indicam que câmeras não midriáticas, combinadas com IA, são eficazes para a triagem de RD, fornecendo opções viáveis para diferentes contextos clínicos. No entanto, os autores enfatizam a necessidade de pesquisas adicionais para explorar fatores como custo, usabilidade e aplicabilidade em populações diversas. Rêgo S, et al. (2021) investigaram a eficácia de um software automatizado baseado em uma CNN na detecção de RD. O modelo apresentou uma sensibilidade de 81% e especificidade de 97% em comparação com a avaliação de

oftalmologistas. O valor preditivo positivo (86%) e o valor preditivo negativo (96%) sugerem que o modelo é confiável tanto para identificar RD quanto para descartar casos negativos com segurança. Esses resultados indicam que a IA pode diminuir significativamente a carga dos especialistas nos centros de leitura, permitindo que os oftalmologistas concentrem-se em casos mais complexos. No entanto, a menor sensibilidade comparada à especificidade ressalta a importância de uso complementar à avaliação humana, principalmente em casos mais duvidosos ou complexos.

O estudo de Blair JPM, et al. (2023) apresenta o desenvolvimento e a avaliação do algoritmo LuxIA, uma ferramenta baseada em nuvem que utiliza IA para detectar RD a partir de uma única imagem de fundo. A ferramenta foi testada em três conjuntos de dados (Messidor-2, APTOS e Retinalud), demonstrando alta sensibilidade e especificidade que variaram de 0,821 a 0,995. A integração do algoritmo na plataforma de nuvem Discovery mostrou-se bem-sucedida, o que potencializa o acesso a triagem de RD em diferentes contextos clínicos, sobretudo em regiões com menor disponibilidade de especialistas. O desempenho de nível de especialista do LuxIA confirma o potencial da IA em fornecer uma ferramenta de diagnóstico eficiente e escalável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da IA no diagnóstico e manejo da retinopatia diabética mostrou-se promissora, com vários estudos demonstrando que os sistemas de IA, especialmente aqueles baseados em aprendizado profundo e redes neurais convolucionais, alcançam precisão diagnóstica comparável à dos especialistas humanos. A IA tem potencial para aprimorar a triagem, o diagnóstico precoce e o acesso a cuidados oftalmológicos, especialmente em áreas com poucos especialistas. No entanto, sua implementação enfrenta desafios significativos, como o alto custo de equipamentos, a necessidade de treinamento de profissionais, e a variabilidade da qualidade das imagens, que impacta diretamente na eficácia dos algoritmos. Ademais, a heterogeneidade das lesões e a complexidade das doenças oculares representam obstáculos para a acurácia dos sistemas de IA. Apesar desses desafios, a IA tem o potencial de transformar a triagem da retinopatia diabética, principalmente em locais com escassez de recursos. Para alcançar esse objetivo, é essencial a realização de pesquisas contínuas para aprimorar a tecnologia e adaptá-la aos diferentes contextos clínicos e demográficos. A integração adequada da IA aos sistemas de saúde, com investimento em infraestrutura e curadoria de dados de alta qualidade, pode maximizar seu impacto positivo no diagnóstico e tratamento da retinopatia diabética, contribuindo para a prevenção da cegueira associada ao diabetes.

REFERÊNCIAS

1. BLAIR JPM, et al. Development of LuxIA, a Cloud-Based AI Diabetic Retinopathy Screening Tool Using a Single Color Fundus Image. *Translational Vision Science & Technology*, 2023; 12(11): 38-38.
2. CHUN J, KIM H. The present and future of artificial intelligence-based medical image in diabetes mellitus: focus on analytical methods and limitations of clinical use. *Journal of Korean Medical Science*, 2023; 38(31): e253.
3. CLELAN CR, et al. Artificial intelligence for diabetic retinopathy in low-income and middle-income countries: a scoping review. *BMJ Open Diabetes Research and Care*, 2023; 11(4): e003424.
4. DOĞAN ME, et al. Head to head comparison of diagnostic performance of three non-mydiatic cameras for diabetic retinopathy screening with artificial intelligence. *Eye*, 2024; 38: 1694-1701.
5. GRZYBOWSKI A, et al. Artificial intelligence for diabetic retinopathy screening: a review. *Eye*, 2020; 34(3): 451-460.
6. GRZYBOWSKI A, et al. Diagnostic accuracy of automated diabetic retinopathy image assessment softwares: IDx-DR and Medios Artificial Intelligence. *Ophthalmic Research*, 2023; 66(1): 1286-1292.
7. HELD LA, et al. Determinants of the implementation of an artificial intelligence-supported device for the screening of diabetic retinopathy in primary care—a qualitative study. *Health Informatics Journal*, 2022; 28(3): 14604582221112816.

8. HUANG X, et al. Artificial intelligence promotes the diagnosis and screening of diabetic retinopathy. *Frontiers in Endocrinology*, 2022; 13: 946915.
9. KONG M, SONG SJ. Artificial Intelligence Applications in Diabetic Retinopathy: What We Have Now and What to Expect in the Future. *Endocrinology and Metabolism*, 2024; 39(3): 416-424.
10. LARSEN TJ, et al. The use of artificial intelligence to assess diabetic eye disease among the Greenlandic population. *International Journal of Circumpolar Health*, 2024; 83(1): 2314802.
11. MALERBI FK, et al. Diabetic retinopathy screening using artificial intelligence and handheld smartphone-based retinal camera. *Journal of diabetes science and technology*, 2022; 16(3): 716-723.
12. PAWAR B, et al. Validation of artificial intelligence algorithm in the detection and staging of diabetic retinopathy through fundus photography: an automated tool for detection and grading of diabetic retinopathy. *Middle East African journal of ophthalmology*, 2021; 28(2): 81-86.
13. QUELLEC G, et al. ExplAIIn: Explanatory artificial intelligence for diabetic retinopathy diagnosis. *Medical Image Analysis*, 2021; 72: 102118.
14. RAMAN R, et al. Using artificial intelligence for diabetic retinopathy screening: Policy implications. *Indian Journal of Ophthalmology*, 2021; 69(11): 2993-2998.
15. RÉGO S, et al. Screening for Diabetic Retinopathy Using an Automated Diagnostic System Based on Deep Learning: Diagnostic Accuracy Assessment. *Ophthalmologica*, 2021; 244: 250-257.
16. SHAH P, et al. Validation of deep convolutional neural network-based algorithm for detection of diabetic retinopathy—artificial intelligence versus clinician for screening. *Indian journal of ophthalmology*, 2020; 68(2): 398-405.
17. SHENG B, et al. An overview of artificial intelligence in diabetic retinopathy and other ocular diseases. *Frontiers in Public Health*, 2022; 10: 971943.
18. WANG X, et al. Automatic grading system for diabetic retinopathy diagnosis using deep learning artificial intelligence software. *Current Eye Research*, 2020; 45(12): 1550-1555.
19. WANG Z, et al. Performance of artificial intelligence in diabetic retinopathy screening: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Frontiers in endocrinology*, 2023; 14: 1197783.
20. XIE Q, et al. An innovative method for screening and evaluating the degree of diabetic retinopathy and drug treatment based on artificial intelligence algorithms. *Pharmacological Research*, 2020; 159: 104986.