Aplicações e desafios da Inteligência Artificial na prevenção e diagnóstico de doenças oculares

Applications and challenges of Artificial Intelligence in the prevention and diagnosis of eye diseases

***Lucas Gabriel Soares Coelho*[1]**
***Rodolfo de Abreu Carolino*[2]**
***Nicole Kate da Silva Lucena*[3]**
***Luennia Kerlly Alves Rocha de Araújo*[4]**
***Francisco Glauter Araújo Rocha*[5]**
***Letícia Azevedo Salgueiro*[6]**

RESUMO: A inteligência artificial (IA) transforma setores, especialmente a saúde e a oftalmologia. Imagens médicas são cruciais para diagnóstico e tratamento de doenças oculares. Com avanços nas técnicas de imagem e terapias, aumentou-se a compreensão das patologias oculares, gerando muitos dados complexos. Este trabalho discute as aplicações da IA na oftalmologia, focando na triagem, diagnóstico e monitoramento de doenças oculares. A coleta de dados foi realizada em outubro de 2024, utilizando as bases de dados MEDLINE e LILACS. A busca foi direcionada pelos seguintes descritores em inglês: "ophthalmology," "artificial intelligence," "glaucoma," e "Diabetic Retinopathy," combinados por meio do operador booleano "AND" para refinar os resultados. Com o progresso constante na investigação e na tecnologia, a inteligência artificial tem a capacidade de se transformar em um recurso fundamental na oftalmologia contemporânea. Todavia, para que a IA realmente traga uma revolução ao setor e proporcione vantagens significativas e justas, é fundamental que sua aplicação seja respaldada por regulamentações eficazes, princípios éticos e formação adequada dos profissionais envolvidos.
Palavras-chave: Diagnóstico; Inteligência artificial; Oftalmologia.

ABSTRACT: Artificial intelligence (AI) transforms industries, especially healthcare and ophthalmology. Medical imaging is crucial for diagnosing and treating eye diseases. With advances in imaging techniques and therapies, the understanding of ocular pathologies has increased, generating a lot of complex data. This paper discusses the applications of AI in ophthalmology, focusing on the screening, diagnosis, and monitoring of eye diseases. Data collection was carried out in October 2024, using the MEDLINE and LILACS databases. The search was directed by the following descriptors: "ophthalmology," "artificial intelligence," "glaucoma," and "Diabetic Retinopathy," combined using the Boolean operator "AND" to refine the results. With constant progress in research and technology, artificial intelligence has the ability to become a fundamental resource in contemporary ophthalmology. However, for AI to truly bring a revolution to the sector and provide significant and fair advantages, it is essential that its application is supported by effective regulations, ethical principles, and adequate training of the professionals involved.
Keywords: Diagnosis; Artificial intelligence; Ophthalmology.

[1]Discente do Curso de Medicina do Centro Universitário Santa Maria – UNIFSM- Cajazeiras, PB. E-mail: 20222056042@fsmead.com.br;
[2]Docente do Curso de Medicina do Centro Universitário Santa Maria – UNIFSM- Cajazeiras, PB. E-mail: rodolfoorg@yahoo.com.br;
[3]Discente do Curso de Medicina do Centro Universitário Santa Maria – UNIFSM- Cajazeiras, PB. E-mail: nniccoly@gmail.com;
[4]Discente do Curso de Medicina do Centro Universitário Santa Maria – UNIFSM- Cajazeiras, PB. E-mail: luenniakerlly@hotmail.com;
[5]Discente do Curso de Medicina do Centro Universitário Santa Maria – UNIFSM- Cajazeiras, PB. E-mail: glauterfrancisco19@gmail.com.
[6]Médica formada pelo Centro Universitário de Maceió – CESMAC – Maceió, AL. E-mail: leticia-as6@hotmail.com;

INTRODUÇÃO

A IA passou por períodos de grande entusiasmo e investimentos, intercalados com momentos de estagnação, conhecidos como “AI Winters”, quando as expectativas elevadas foram seguidas por decepções devido aos limites da tecnologia da época. Recentemente, a IA voltou a ganhar destaque, impulsionada por fatores como a redução nos custos de processamento e armazenamento, avanços nas redes neurais profundas e a crescente disponibilidade de grandes volumes de dados, principalmente provenientes das redes sociais (Sichman, 2021).

A inteligência artificial (IA) tem revolucionado vários setores da sociedade, com destaque para a saúde, especialmente em subespecialidades baseadas em imagens como a oftalmologia. A introdução de IA no ambiente clínico diário oferece um potencial significativo para transformar a prática oftalmológica, tornando diagnósticos mais precisos e agilizando o atendimento personalizado aos pacientes (Crincoli et al., 2024).

As imagens médicas são essenciais tanto para diagnóstico quanto para o tratamento individualizado das doenças oculares. Com a evolução das técnicas de imagem nos últimos anos, associada ao avanço das terapias, a compreensão das patologias oculares se aprofundou, gerando uma quantidade massiva de dados complexos para análise. Este cenário impulsiona a necessidade de ferramentas como a IA para auxiliar na gestão eficiente desses dados volumosos e minimizar a sobrecarga nos diagnósticos (Tong et al., 2020).

A aplicação de IA no diagnóstico de doenças oculares, como a retinopatia diabética (RD), é uma inovação significativa. Essa condição, associada ao aumento global de casos de diabetes, exige métodos de triagem eficientes e automatizados. A IA, com o uso de algoritmos de aprendizado profundo, tem demonstrado eficácia na análise de imagens de retina, identificando padrões característicos da RD e ajudando a evitar complicações visuais severas (Rajesh et al., 2023).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo discutir as aplicações da inteligência artificial (IA) no campo da oftalmologia, com ênfase em seu papel na triagem, diagnóstico e monitoramento de doenças oculares.

METODOLOGIA

Esta pesquisa se baseia em uma revisão da literatura que visa compilar e organizar dados sobre a aplicação da inteligência artificial (IA) em oftalmologia, com foco em doenças como o glaucoma e a retinopatia diabética. Optou-se por essa metodologia com o intuito de oferecer uma visão ampla e fundamentada, reunindo e sistematizando as informações científicas relevantes sobre o tema.

Como objetivos específiucos buscou-se identificar as limitações técnicas e os desafios éticos e regulatórios associados à implementação da IA em ambientes clínicos; e avaliar o impacto potencial da IA na redução de desigualdades no acesso ao diagnóstico e no tratamento de doenças oculares em populações menos assistidas.

A coleta de dados foi realizada em outubro de 2024, utilizando as bases de dados MEDLINE e LILACS. A busca foi direcionada pelos seguintes descritores em inglês: "ophthalmology," "artificial intelligence," "glaucoma," e "Diabetic Retinopathy," combinados por meio do operador booleano "AND" para refinar os resultados. Como critérios de inclusão, foram considerados artigos completos disponíveis em inglês e publicados nos últimos cinco anos, ou seja, entre 2019 e 2024.

Inicialmente, a busca resultou em 57 publicações. Procedeu-se com a leitura dos títulos e resumos para identificar os estudos mais relevantes, resultando em um corpus final composto por seis estudos que foram lidos e analisados integralmente.

Dentre os critérios de elegibilidade, incluiu-se os artigos completos, que envolvessem seres humanos e que fossem diretamente ligados ao tema proposto. Excluiu-se os artigos de revisão, as duplicatas e estudos pilotos.

RESULTADO E DISCUSSÕES

As principais condições aboardadas pela IA foram a retinopatia diabética (RD), exames de fundo de olho, glaucoma e as perdas visuais irreversíveis em outras doenças oculares síndromicas e não sindrômicas. A incorporação da inteligência artificial (IA) na área da oftalmologia representa um avanço promissor para a triagem, diagnóstico e acompanhamento de doenças oculares, com um potencial considerável para revolucionar a prática médica e aumentar o acesso aos serviços de saúde.

A triagem da retinopatia diabética (RD) e o encaminhamento rápido para tratamento têm se mostrado medidas essenciais na prevenção da cegueira entre pessoas com diabetes. Mundialmente, profissionais de saúde, incluindo oftalmologistas, optometristas, clínicos gerais, técnicos de rastreamento e tecnólogos em oftalmologia, desempenham papéis importantes nesse processo. (Jin; Ye, 2022).

No entanto, barreiras financeiras e de disponibilidade de tempo limitam a atuação dos oftalmologistas e endocrinologistas, afetando o alcance dos programas de triagem. A efetividade das triagens com fotografias de fundo de olho, por exemplo, é dificultada pelo número restrito de oftalmologistas, especialmente de especialistas em retina. (Sheng et al., 2022).

Diante desse cenário, a Inteligência Artificial (IA) surge como uma alternativa promissora, tanto no diagnóstico quanto no acompanhamento de doenças oculares. Estudos recentes têm mostrado que algoritmos de aprendizado profundo (DL) conseguem identificar casos de RD a partir de imagens de fundo de olho, alcançando um nível de precisão que pode superar o dos métodos convencionais. (Hashemian et al., 2024).

Com o intuito de ampliar o acesso a essas soluções, a U.S Food And Drugs Administration (FDA) aprovou, em 2018, o IDx-DR, o primeiro dispositivo de triagem de RD assistido por IA destinado a cuidados primários. Esse dispositivo busca apoiar médicos não especialistas na identificação precoce da RD, facilitando o encaminhamento para tratamentos específicos. (Sheng et al., 2022).

A integração da IA na triagem e estadiamento da RD, com base em imagens de fundo de olho, representa uma das inovações mais promissoras na medicina clínica. Pesquisas demonstram que esses sistemas são capazes de reproduzir, e até superar, a acurácia dos especialistas, constituindo uma alternativa financeiramente viável e acessível em relação às triagens tradicionais. (Jin; Ye, 2022).

Além disso, estudos de validação em cenários reais de atendimento reforçam o potencial desses sistemas em ambientes clínicos. O dispositivo IDx-DR, por exemplo, foi testado em dez locais de atendimento primário e apresentou uma sensibilidade de 87,2% e uma especificidade de 90,7% para detecção de casos de RD moderada ou superior. (Hashemian et al., 2024).

Ainda assim, para que a triagem de RD com IA seja amplamente adotada, alguns desafios precisam ser superados. O desempenho dos algoritmos, por exemplo, depende significativamente da qualidade das imagens e dos equipamentos utilizados. Muitos modelos, treinados com imagens de alta qualidade, podem ter uma performance inferior em câmeras mais

simples ou dispositivos móveis. Para garantir sua eficácia em cenários variados, é fundamental que os algoritmos sejam treinados com imagens diversificadas e que considerem uma ampla gama de fatores, incluindo idade, etnia e riscos associados. Também são necessárias aprovações regulatórias e a criação de diretrizes legais específicas para a triagem com IA, além de planejamento para infraestrutura e treinamento das equipes. (Hashemian et al., 2024).

Além das aplicações na retinopatia diabética, o uso de inteligência artificial (IA) mostra-se igualmente promissor na prevenção de perdas visuais irreversíveis em outras doenças oculares. No caso do glaucoma, por exemplo, a IA tem o potencial de atender necessidades clínicas urgentes ao auxiliar na identificação precoce de sinais da doença e orientar estratégias de manejo (Jin; Ye, 2022).

A aplicação de IA para o glaucoma foca em duas vertentes principais: inicialmente, para determinar o nível de suspeita da doença em contextos não oftalmológicos, facilitando o encaminhamento de pacientes, e, de forma mais especializada, para o diagnóstico clínico do glaucoma, especialmente em centros oftalmológicos. Nesse último caso, a IA tem sido usada com destaque na análise de imagens de tomografia de coerência óptica (OCT), uma das ferramentas mais precisas para identificar alterações estruturais associadas ao glaucoma (Alryalat et al., 2023).

Essas ferramentas de IA conseguem combinar informações estruturais e funcionais, extraídas de imagens OCT e testes de campo visual (VF), para detectar com maior precisão os padrões característicos do glaucoma. Combinando esses dados, algoritmos de aprendizado profundo conseguem sintetizar fatores de risco e identificar indivíduos de alto risco que requerem avaliação adicional, aumentando assim a acurácia do diagnóstico e facilitando o acesso ao tratamento precoce (Swaminathan; Daigavane, 2024).

Embora o potencial da IA no diagnóstico e tratamento do glaucoma seja evidente, a complexidade diagnóstica da doença levanta desafios. A falta de consenso entre oftalmologistas em relação à presença e progressão do glaucoma limita a eficácia dos modelos de IA, uma vez que o treinamento dos algoritmos depende da padronização dos critérios diagnósticos entre especialistas (Alryalat et al., 2023).

Para o monitoramento da progressão do glaucoma, a IA oferece ainda mais vantagens, permitindo a detecção precoce de deterioração a partir de dados longitudinais de pacientes. Algoritmos preditivos podem identificar a progressão da doença a partir de um único teste de campo visual, por exemplo, e alertar os médicos para ajustes no tratamento. A integração desses

sistemas preditivos na prática clínica possibilita uma abordagem mais personalizada, na qual o tratamento pode ser adaptado especificamente para cada paciente (Swaminathan; Daigavane, 2024).

A IA, nesse contexto, atua como um complemento ao julgamento humano, preenchendo lacunas na interpretação clínica e ajudando a identificar casos que poderiam passar despercebidos. Estudos indicam que certos casos complexos, difíceis para humanos, podem ser corretamente classificados pelos modelos de IA, enquanto erros de IA podem ser identificados e corrigidos por profissionais humanos, criando uma interação colaborativa e potencialmente mais eficaz (Tabuchi et al., 2024).

Contudo, a crescente integração da IA na prática clínica requer não só adaptação dos profissionais de saúde, mas também uma estrutura ética robusta que oriente a utilização desses sistemas de aprendizado profundo. Esse quadro ético é fundamental para evitar que o uso da IA intensifique desigualdades em saúde, especialmente para populações vulneráveis, que podem ser desfavorecidas em um sistema focado excessivamente na eficiência (Jin; Ye, 2022).

Para garantir uma IA justa e acessível, é crucial abordar vieses nos algoritmos, pois conjuntos de dados que representam predominantemente certos grupos populacionais podem prejudicar o desempenho do sistema para outras etnias. Assim, a criação de diretrizes éticas, incluindo a integração de dados diversificados, é indispensável para evitar que a IA reforce disparidades e para assegurar que os cuidados de saúde com IA beneficiem a todos (Jin; Ye, 2022).

CONCLUSÃO

As tecnologias de IA, especialmente em relação à retinopatia diabética e glaucoma, têm mostrado elevada precisão na detecção de padrões e na previsão de progressões que antes dependiam da análise de especialistas. Essa inovação é especialmente significativa em áreas onde a falta de profissionais e os altos custos dificultam o acesso a diagnósticos e tratamentos. A utilização da IA possibilita expandir o atendimento para regiões com menos recursos, ajudando a diminuir a incidência de cegueira evitável e a melhorar a qualidade de vida dos pacientes.

Para que essas tecnologias atinjam seu máximo potencial, é fundamental ultrapassar desafios técnicos, como a variação no desempenho dos algoritmos dependendo do tipo de dispositivo e da qualidade das imagens utilizadas. A personalização de modelos de inteligência

artificial para diferentes contextos e equipamentos é vital para assegurar que os sistemas sejam robustos e adequados a diversas populações. Além disso, surgem questões éticas e regulatórias com a aplicação da IA na prática clínica, exigindo o desenvolvimento de diretrizes claras para salvaguardar os pacientes e garantir a segurança e eficácia dos diagnósticos realizados por sistemas automatizados.

Um aspecto importante a ser considerado é a influência da inteligência artificial na capacitação e adaptação dos profissionais da saúde, que necessitam compreender e monitorar a implementação dessas tecnologias, garantindo que o raciocínio clínico humano e a assistência da IA funcionem de maneira interdependente. Ademais, é fundamental que os algoritmos levem em conta a diversidade das populações, já que um sistema de IA treinado com dados homogêneos pode manifestar preconceitos, afetando negativamente grupos sub-representados. Portanto, o desenvolvimento de bancos de dados amplos e representativos, em consonância com princípios éticos e de transparência, é crucial para assegurar equidade e confiança nos sistemas de IA utilizados na área da saúde ocular.

Com o progresso constante na investigação e na tecnologia, a inteligência artificial tem a capacidade de se transformar em um recurso fundamental na oftalmologia contemporânea. Todavia, para que a IA realmente traga uma revolução ao setor e proporcione vantagens significativas e justas, é fundamental que sua aplicação seja respaldada por regulamentações eficazes, princípios éticos e formação adequada dos profissionais envolvidos. Apenas dessa forma, será viável assegurar que as inovações em IA voltadas para a saúde ocular garantam um atendimento mais acessível, seguro e preciso, auxiliando na prevenção da cegueira e promovendo o bem-estar visual da população mundial.

REFERÊNCIAS

ALRYALAT, S. A. et al. Artificial Intelligence and Glaucoma: Going Back to Basics. **Clinical Ophthalmology (Auckland, N.Z.)**, [S. l.], v. 17, p. 1525–1530, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.2147/OPTH.S410905. Acesso em: 20 out. 2024.

CRINCOLI, Emanuele et al. Artificial intelligence in age-related macular degeneration: state of the art and recent updates. **BMC Ophthalmology**, v. 24, n. 1, p. 1-6, 2024.

HASHEMIAN, H. et al. Application of Artificial Intelligence in Ophthalmology: An Updated Comprehensive Review. **Journal of Ophthalmic & Vision Research**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 354–367, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.18502/jovr.v19i3.15893. Acesso em: 15 out. 2024.

JIN, K.; YE, J. Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology: Current status and future perspectives. **Advances in Ophthalmology Practice and Research**, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 100078, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aopr.2022.100078. Acesso em: 18 out. 2024.

RAJESH, Anand E. et al. Artificial Intelligence and Diabetic Retinopathy: AI Framework, Prospective Studies, Head-to-head Validation, and Cost-effectiveness. **Diabetes Care**, v. 46, n. 10, p. 1728-1739, 2023.

SHENG, B. et al. An overview of artificial intelligence in diabetic retinopathy and other ocular diseases. **Frontiers in Public Health**, [S. l.], v. 10, p. 971943, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.971943. Acesso em: 12 out. 2024.

SICHMAN, Jaime Simão. Inteligência Artificial e sociedade: avanços e riscos. **Estudos Avançados**, v. 35, p. 37-46, 2021.

SWAMINATHAN, U.; DAIGAVANE, S. Unveiling the Potential: A Comprehensive Review of Artificial Intelligence Applications in Ophthalmology and Future Prospects. **Cureus**, [S. l.], v. 16, n. 6, p. e61826, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.7759/cureus.61826. Acesso em: 12 out. 2024.

TABUCHI, H. et al. Using artificial intelligence to improve human performance: efficient retinal disease detection training with synthetic images. **British Journal of Ophthalmology**, [S. l.], v. 108, p. 1430-1435, 2024.

TONG, Yan et al. Application of machine learning in ophthalmic imaging modalities. **Eye and Vision**, v. 7, p. 1-15, 2020.