INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA À OCT NA DETECÇÃO PRECOCE DE RETINOPATIA DIABÉTICA E DEGENERAÇÃO MACULAR

ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLIED TO OCT IN THE EARLY DETECTION OF DIABETIC RETINOPATHY AND MACULAR DEGENERATION

Arthur Marchesi [2]

Camila Benfica Branquinho [2]

Carolina Rodrigues de Paula [1]

Caroliny Fonseca Arana [2]

Clausmir Zaneti Jacomini [3]

Mariana Campos Carneiro [2]

1 – Autor principal – Acadêmica de Medicina da Faculdade de Medicina (FAMED) da Universidade de Rio Verde (UniRV).

2 – Autores – Acadêmicos de Medicina da Faculdade de Medicina (FAMED) da Universidade de Rio Verde (UniRV).

3 – Orientador – Médico graduado pela Universidade Federal de Goiás (CRM-GO 2427), especialista em Oftalmologia pela Universidade Federal de Minas Gerais (RQE 1161), com pós-doutorado pela Sorbonne University e doutorado pela Universidade Federal de Minas Gerais.

RESUMO:

A Inteligência Artificial (IA) aplicada à Tomografia de Coerência Óptica (OCT) tem promovido avanços significativos na oftalmologia diagnóstica, especialmente na detecção precoce da retinopatia diabética e da degeneração macular relacionada à idade, doenças que representam importantes causas de cegueira evitável em nível mundial. O presente estudo teve como objetivo analisar as evidências científicas recentes acerca da utilização de algoritmos de IA e deep learning associados à OCT na identificação precoce dessas patologias retinianas. Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, realizada a partir de artigos científicos indexados nas bases PubMed, Scopus, ScienceDirect e Web of Science, publicados entre 2017 e 2024, utilizando descritores relacionados à inteligência artificial, OCT, retinopatia diabética e degeneração macular. Os estudos analisados demonstraram elevada acurácia diagnóstica dos modelos baseados em redes neurais convolucionais e deep learning, capazes de detectar

alterações retinianas sutis frequentemente imperceptíveis à avaliação clínica convencional. Observou-se ainda que os sistemas automatizados apresentaram desempenho semelhante ou superior ao de especialistas em determinadas situações clínicas, contribuindo para otimização do rastreamento populacional, redução de diagnósticos tardios e ampliação do acesso ao atendimento oftalmológico. Além disso, a integração entre IA, OCT e telemedicina evidenciou importante potencial para fortalecimento da medicina preventiva e personalizada. Entretanto, persistem desafios relacionados à validação externa dos algoritmos, padronização metodológica, vieses algorítmicos e questões éticas envolvendo segurança e privacidade dos dados clínicos. Conclui-se que a Inteligência Artificial aplicada à OCT representa ferramenta promissora para transformação da oftalmologia contemporânea, favorecendo diagnóstico precoce, maior precisão clínica e redução das complicações visuais associadas às doenças retinianas.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência Artificial. Tomografia de Coerência Óptica. Retinopatia Diabética. Degeneração Macular. Deep Learning.

ABSTRACT:

Artificial Intelligence (AI) applied to Optical Coherence Tomography (OCT) has promoted significant advances in diagnostic ophthalmology, especially in the early detection of diabetic retinopathy and age-related macular degeneration, diseases that represent important causes of preventable blindness worldwide. This study aimed to analyze recent scientific evidence regarding the use of AI and deep learning algorithms associated with OCT in the early identification of these retinal pathologies. This is a narrative literature review conducted using scientific articles indexed in the PubMed, Scopus, ScienceDirect and Web of Science databases, published between 2017 and 2024, using descriptors related to artificial intelligence, OCT, diabetic retinopathy, and macular degeneration. The analyzed studies demonstrated high diagnostic accuracy of models based on convolutional neural networks and deep learning, capable of detecting subtle retinal alterations often imperceptible to conventional clinical evaluation. It was also observed that automated systems showed similar or even superior performance compared to specialists in certain clinical scenarios, contributing to the optimization of population screening, reduction of late diagnoses, and expansion of access to ophthalmologic care. Furthermore, the integration of AI, OCT, and telemedicine demonstrated important potential for strengthening preventive and personalized medicine. However, challenges related to external validation of algorithms, methodological standardization, algorithmic bias, and ethical issues involving data security and patient privacy still remain. It is

concluded that Artificial Intelligence applied to OCT represents a promising tool for transforming contemporary ophthalmology, promoting early diagnosis, greater clinical accuracy, and reduction of visual complications associated with retinal diseases.

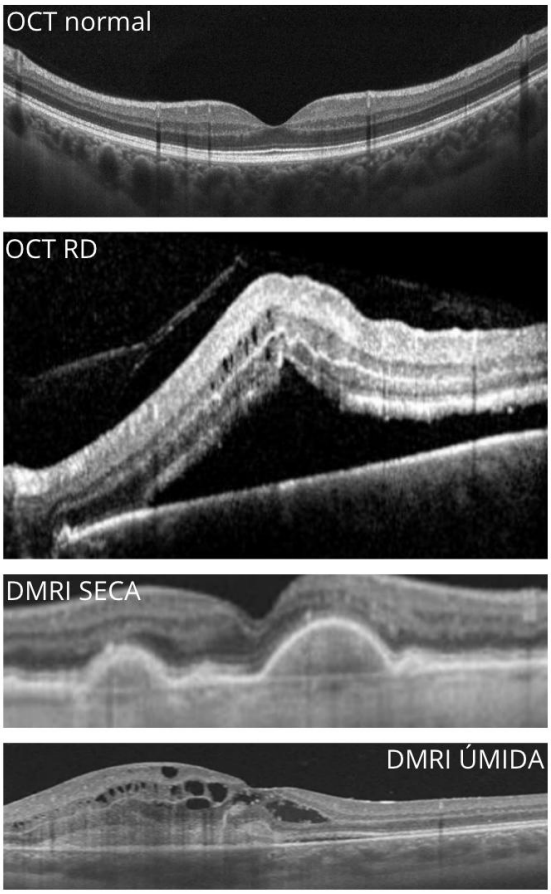
KEYWORDS: Artificial Intelligence. Optical Coherence Tomography. Diabetic Retinopathy. Macular Degeneration. Deep Learning.

INTRODUÇÃO:

As doenças retinianas representam importante causa de deficiência visual e cegueira irreversível em nível mundial, destacando-se entre elas a retinopatia diabética (RD) e a degeneração macular relacionada à idade (DMRI). Ambas as patologias apresentam elevada prevalência e impacto significativo na qualidade de vida da população, constituindo relevantes problemas de saúde pública devido ao aumento progressivo do envelhecimento populacional, da incidência de diabetes mellitus e da sobrecarga aos sistemas de saúde (GRZYBOWSKI; BRONA; LIM, 2020). Estima-se que milhões de indivíduos sejam acometidos por alterações retinianas associadas a essas doenças, sendo o diagnóstico precoce fator determinante para prevenção de perda visual permanente e complicações oftalmológicas graves.

Historicamente, o diagnóstico da retinopatia diabética e da degeneração macular baseia-se na avaliação clínica especializada e em exames de imagem capazes de identificar alterações estruturais da retina. Nesse contexto, a Tomografia de Coerência Óptica (Optical Coherence Tomography – OCT) consolidou-se como uma das tecnologias mais relevantes da oftalmologia moderna, permitindo obtenção de imagens transversais de alta resolução das camadas retinianas de forma não invasiva, rápida e altamente precisa (LEE et al., 2017). A OCT possibilitou avanços importantes no rastreamento, acompanhamento e monitoramento da progressão de doenças maculares, tornando-se ferramenta indispensável na prática oftalmológica contemporânea.

Figura 1 – Comparação entre imagens de OCT de retina normal, retinopatia diabética e degeneração macular relacionada à idade.

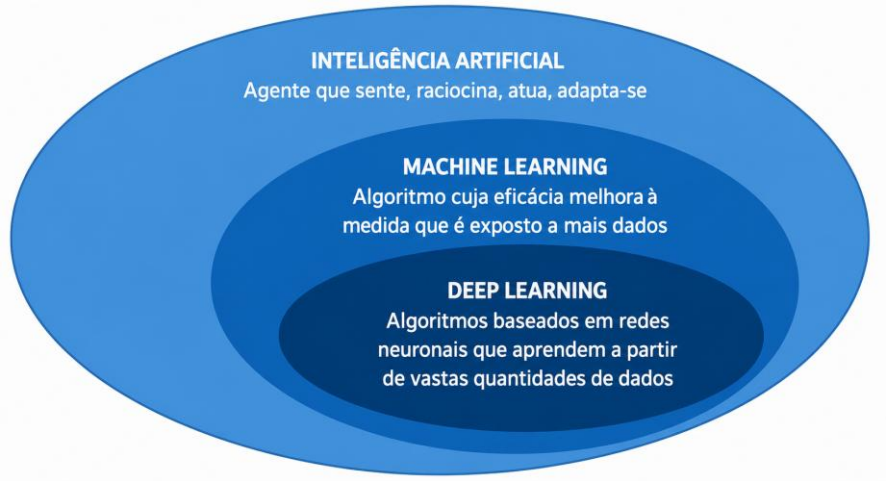


Fonte: Adaptado de Kijlstra et al. (2024).

Apesar da elevada sensibilidade diagnóstica da OCT, a interpretação das imagens ainda depende substancialmente da experiência clínica do especialista, podendo ocorrer variabilidade diagnóstica, principalmente em estágios iniciais das doenças retinianas. Além disso, o crescimento exponencial do número de exames oftalmológicos e a limitação de profissionais especializados têm gerado desafios importantes relacionados à triagem populacional, diagnóstico precoce e acesso universal à assistência oftalmológica qualificada (TING et al., 2019).

Nesse cenário, a Inteligência Artificial (IA) e o Machine Learning (ML) emergem como tecnologias capazes de transformar significativamente a oftalmologia diagnóstica e preditiva. Segundo Russell e Norvig (2021), a Inteligência Artificial compreende sistemas computacionais desenvolvidos para simular processos cognitivos humanos, incluindo aprendizado, reconhecimento de padrões e tomada de decisão. Dentro desse contexto, os algoritmos de deep learning, especialmente as redes neurais convolucionais (Convolutional Neural Networks – CNNs), vêm demonstrando elevado desempenho na análise automatizada de imagens médicas complexas, incluindo exames de OCT (KER et al., 2018).

Figura 2 – Relação entre Inteligência Artificial, Machine Learning e Deep Learning.



Fonte: Adaptado de Revista Programar.

Os avanços do aprendizado profundo possibilitaram o desenvolvimento de algoritmos capazes de identificar alterações retinianas sutis em imagens de OCT com elevada precisão diagnóstica, incluindo lesões associadas à retinopatia diabética e à degeneração macular relacionada à idade (BURLINA et al., 2022). Estudos demonstram que sistemas baseados em Inteligência Artificial podem apresentar desempenho semelhante ou superior ao de especialistas humanos em determinados contextos diagnósticos, favorecendo a detecção precoce e o rastreamento populacional dessas doenças (LIU et al., 2019; DE FAUW et al., 2018; LI et al., 2018).

No caso da retinopatia diabética, os algoritmos têm demonstrado elevada sensibilidade e especificidade na identificação de alterações microvasculares e estruturais, contribuindo para programas de triagem mais eficientes e acessíveis (NAGASATO et al., 2021; ZHANG et al., 2024). De forma semelhante, na degeneração macular relacionada à idade, a combinação entre IA e OCT permite a identificação precoce de biomarcadores associados à progressão da doença, favorecendo intervenções mais rápidas e individualizadas (SCHLEGEL et al., 2023; HOGAN; FEIGENBAUM; COSTA, 2024).

Apesar dos avanços observados, desafios relacionados à validação clínica, padronização metodológica, interpretabilidade dos algoritmos e segurança dos dados ainda limitam sua ampla implementação na prática assistencial (YOO et al., 2019). Ainda assim, a integração entre Inteligência Artificial, OCT e sistemas digitais representa uma das principais perspectivas para o desenvolvimento de uma oftalmologia mais precisa, preventiva e personalizada (TOPOL, 2019).

Dessa forma, considerando o crescimento exponencial das pesquisas envolvendo Inteligência Artificial aplicada à OCT, bem como a relevância clínica e epidemiológica da retinopatia diabética e da degeneração macular, torna-se essencial compreender os avanços recentes, benefícios, limitações e perspectivas futuras dessas tecnologias na oftalmologia contemporânea. Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar as evidências científicas atuais acerca da aplicação da Inteligência Artificial associada à Tomografia de Coerência Óptica na detecção precoce da retinopatia diabética e da degeneração macular relacionada à idade.

METODOLOGIA:

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, na qual a busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e ScienceDirect, consideradas relevantes para pesquisas nas áreas de medicina, oftalmologia, inteligência artificial e ciências biomédicas. Para identificação dos estudos, foram utilizados descritores em inglês combinados por operadores booleanos “AND” e “OR”, incluindo os termos: “Artificial Intelligence”, “Machine Learning”, “Deep Learning”, “Optical Coherence Tomography”, “OCT”, “Diabetic Retinopathy”, “Age-Related Macular Degeneration”, “Retinal Diseases” e “Ophthalmology”.

Foram incluídos artigos científicos publicados entre 2017 e 2024, disponíveis na íntegra, nos idiomas inglês e português, que abordassem a utilização da Inteligência Artificial aplicada à análise de imagens de OCT na detecção, classificação, rastreamento ou monitoramento da retinopatia diabética e da degeneração macular relacionada à idade. Também foram incluídos estudos de revisão, revisões sistemáticas, metanálises, estudos experimentais e pesquisas clínicas que apresentassem relevância metodológica e contribuição científica para compreensão do tema.

Os critérios de exclusão contemplaram artigos duplicados, estudos incompletos, publicações sem relação direta com OCT ou Inteligência Artificial, trabalhos com enfoque exclusivo em outras doenças oftalmológicas sem associação com retinopatia diabética ou degeneração macular, além de resumos simples, editoriais, cartas ao editor e estudos sem disponibilidade do texto completo.

Após a etapa inicial de busca, os estudos foram submetidos à leitura dos títulos e resumos para avaliação de elegibilidade. Posteriormente, realizou-se leitura completa dos artigos selecionados, considerando relevância científica, atualização temática, aplicabilidade clínica e consistência metodológica. A análise dos dados ocorreu de forma descritiva e comparativa,

permitindo identificação dos principais avanços relacionados ao uso de algoritmos de deep learning, redes neurais convolucionais e sistemas automatizados de apoio diagnóstico na oftalmologia contemporânea.

Ao final do processo de seleção, foram incluídos 17 artigos científicos para compor a presente revisão integrativa, os quais subsidiaram a discussão acerca das aplicações da Inteligência Artificial associada à Tomografia de Coerência Óptica na detecção precoce da retinopatia diabética e da degeneração macular relacionada à idade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A análise dos estudos selecionados evidenciou crescimento expressivo das pesquisas envolvendo Inteligência Artificial (IA) aplicada à Tomografia de Coerência Óptica (Optical Coherence Tomography – OCT) para detecção precoce da retinopatia diabética (RD) e da degeneração macular relacionada à idade (DMRI). Observou-se que os avanços recentes em deep learning e redes neurais convolucionais têm promovido mudanças significativas na oftalmologia diagnóstica, especialmente no reconhecimento automatizado de alterações estruturais retinianas, na triagem populacional e no monitoramento evolutivo das doenças maculares.

Os estudos analisados demonstraram que os algoritmos de Inteligência Artificial apresentam elevada capacidade de identificar padrões retinianos complexos por meio da análise automatizada de imagens de OCT. Entre as principais aplicações descritas destacam-se a segmentação automática das camadas da retina, identificação de edema macular, reconhecimento de drusas, classificação de lesões retinianas e previsão da progressão clínica das doenças oftalmológicas. Esses resultados reforçam o potencial da IA como ferramenta auxiliar no diagnóstico precoce e na otimização do fluxo assistencial oftalmológico contemporâneo.

Tabela 1 – Principais estudos sobre Inteligência Artificial aplicada à OCT na detecção de doenças retinianas.

Autor/Ano	Tecnologia Utilizada	Doença Avaliada	Principal Resultado
Lee et al. (2017)	Deep Learning	Edema macular	Alta precisão diagnóstica
Li et al. (2018)	CNN + OCT	Doenças retinianas	Elevada acurácia
De Fauw et al. (2018)	Deep Learning	Doença retiniana	Diagnóstico automatizado
Nagasato et al. (2021)	IA + OCT	Retinopatia diabética	Detecção precoce
Burlina et al. (2022)	IA preditiva	DMRI	Identificação de biomarcadores

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Lee et al. (2017) desenvolveram um dos primeiros modelos de deep learning aplicados à segmentação automatizada de edema macular em imagens de OCT, demonstrando desempenho altamente satisfatório na identificação das alterações retinianas associadas ao edema diabético. Os autores observaram que os algoritmos computacionais apresentaram elevada precisão na delimitação das estruturas anatômicas da retina, reduzindo a subjetividade diagnóstica frequentemente observada na interpretação manual dos exames. Esses achados demonstram que a automatização da análise de OCT pode contribuir significativamente para padronização diagnóstica e maior eficiência clínica.

De forma semelhante, Li et al. (2018) evidenciaram que sistemas de deep learning aplicados à OCT foram capazes de detectar diferentes doenças retinianas com elevados índices de acurácia diagnóstica. Os pesquisadores observaram desempenho expressivo na identificação automatizada de retinopatia diabética, degeneração macular e outras alterações estruturais da retina, sugerindo que a Inteligência Artificial possui potencial significativo para utilização em programas de rastreamento oftalmológico em larga escala.

Além disso, os resultados demonstraram que os modelos de redes neurais convolucionais conseguem identificar alterações sutis frequentemente imperceptíveis à avaliação clínica convencional, favorecendo o diagnóstico em estágios iniciais das doenças retinianas. Esse aspecto apresenta elevada relevância clínica, considerando que tanto a retinopatia diabética quanto a degeneração macular frequentemente evoluem de maneira silenciosa durante fases precoces da doença.

No contexto específico da retinopatia diabética, observou-se que a aplicação da Inteligência Artificial vem desempenhando papel importante na ampliação das estratégias de triagem populacional. Grzybowski, Brona e Lim (2020) destacam que os algoritmos automatizados apresentam elevada sensibilidade e especificidade na identificação das alterações microvasculares associadas à retinopatia diabética, podendo auxiliar significativamente na redução dos diagnósticos tardios e das complicações visuais irreversíveis.

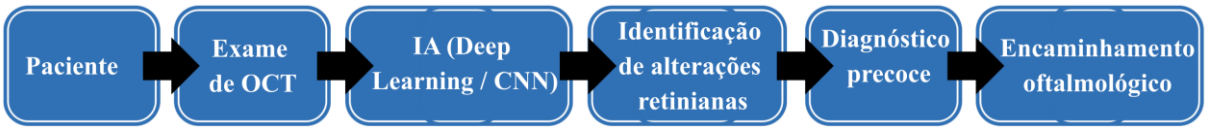
Nagasato et al. (2021) reforçam esses achados ao demonstrarem que sistemas baseados em IA associados à OCT foram capazes de detectar alterações estruturais relacionadas à retinopatia diabética com desempenho altamente satisfatório. Segundo os autores, os modelos automatizados apresentaram elevada capacidade de reconhecimento de edema macular diabético e alterações retinianas iniciais, favorecendo intervenções terapêuticas mais precoces e potencialmente mais eficazes.

A literatura analisada evidencia que a utilização da Inteligência Artificial no rastreamento da retinopatia diabética pode contribuir significativamente para fortalecimento das estratégias de saúde pública. O crescimento global da prevalência de diabetes mellitus associado à limitada disponibilidade de oftalmologistas especializados torna necessária a implementação de métodos diagnósticos rápidos, acessíveis e altamente eficientes. Nesse contexto, os sistemas automatizados de análise de OCT surgem como alternativas promissoras para ampliação da cobertura diagnóstica e otimização do encaminhamento de pacientes com maior risco de perda visual.

Outro aspecto relevante identificado nos estudos refere-se à integração entre Inteligência Artificial e telemedicina. Zhang et al. (2024) destacam que os sistemas automatizados de rastreamento podem ampliar significativamente o acesso ao diagnóstico oftalmológico em regiões remotas ou com limitada disponibilidade de especialistas. Essa integração tecnológica favorece descentralização da assistência oftalmológica, redução das desigualdades regionais em saúde e fortalecimento da medicina preventiva.

Além disso, observou-se que a combinação entre IA e telemedicina pode reduzir custos operacionais relacionados ao rastreamento oftalmológico populacional. A automatização da análise de exames de OCT diminui a necessidade de interpretação manual inicial por especialistas, permitindo priorização dos casos mais graves e maior eficiência no fluxo de atendimento clínico. Esses resultados reforçam o potencial da Inteligência Artificial para otimização dos sistemas de saúde e racionalização dos recursos assistenciais disponíveis.

Fluxograma 1 – Fluxo esquemático da utilização da Inteligência Artificial na análise automatizada de exames de OCT.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Em relação à degeneração macular relacionada à idade, os estudos selecionados demonstraram que os algoritmos de deep learning apresentam desempenho altamente promissor na identificação de biomarcadores retinianos associados à progressão da doença. Burlina et al. (2022) observaram que os sistemas automatizados conseguem reconhecer alterações estruturais compatíveis com DMRI com elevada precisão diagnóstica, incluindo drusas, alterações do epitélio pigmentar da retina e sinais precoces de neovascularização macular.

Schlegel et al. (2023) destacam que os modelos preditivos baseados em Inteligência Artificial aplicados à OCT apresentam potencial significativo para previsão da progressão clínica da degeneração macular. Os autores identificaram que os algoritmos conseguem reconhecer padrões estruturais relacionados ao risco de evolução para formas avançadas da doença antes mesmo do aparecimento clínico evidente das alterações visuais. Esse aspecto representa importante avanço para medicina preditiva e personalizada em oftalmologia.

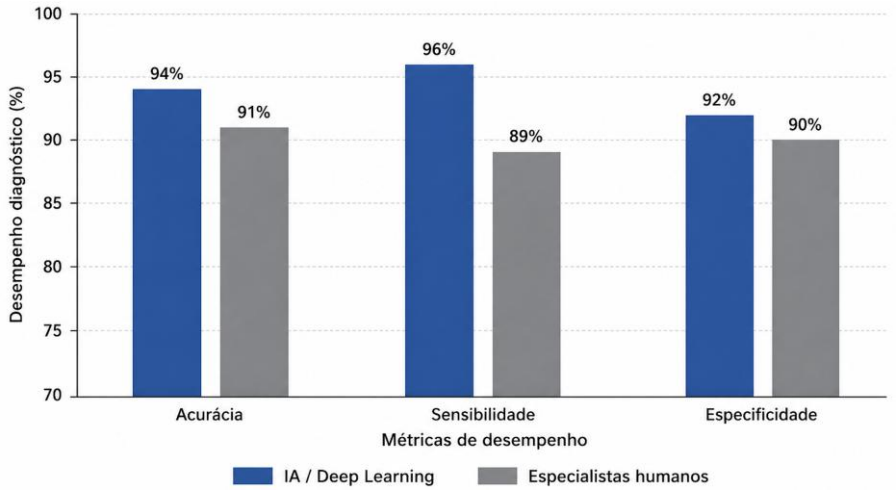
Hogan, Feigenbaum e Costa (2024) reforçam que a Inteligência Artificial aplicada à OCT pode modificar significativamente o manejo clínico da degeneração macular relacionada à idade, especialmente por permitir monitoramento mais preciso da progressão da doença e definição de estratégias terapêuticas individualizadas. Segundo os autores, os sistemas automatizados favorecem maior precisão diagnóstica, redução de variabilidade clínica e identificação precoce de pacientes com maior risco de evolução desfavorável.

Kijlstra et al. (2024) também ressaltam que os sistemas baseados em IA apresentam elevada eficiência na análise automatizada de exames de OCT relacionados à DMRI, contribuindo para aumento da sensibilidade diagnóstica e maior padronização dos resultados clínicos. Os autores destacam ainda que a utilização dessas tecnologias pode reduzir significativamente limitações associadas à interpretação subjetiva das imagens retinianas.

Os resultados obtidos demonstram que os algoritmos de Inteligência Artificial vêm apresentando desempenho progressivamente comparável ao de especialistas humanos em determinados contextos diagnósticos. Liu et al. (2019), em revisão sistemática e metanálise, observaram que diversos modelos de deep learning alcançaram níveis de acurácia semelhantes

ou superiores aos profissionais de saúde na interpretação de imagens médicas, incluindo exames oftalmológicos. Esses achados reforçam a relevância clínica das tecnologias baseadas em IA e seu potencial para aplicação prática na medicina diagnóstica contemporânea.

Gráfico 1 – Comparação entre desempenho diagnóstico de sistemas de Inteligência Artificial e especialistas humanos na análise de imagens oftalmológicas.



Fonte: Adaptado de Liu et al. (2019).

Entretanto, apesar dos avanços observados, a análise crítica da literatura evidencia limitações relacionadas à implementação clínica dessas tecnologias. Um dos principais desafios identificados refere-se à heterogeneidade metodológica dos estudos disponíveis, dificultando comparação direta entre os resultados e limitando a padronização dos modelos computacionais.

Além disso, observou-se que diversos algoritmos ainda dependem de bancos de imagens altamente selecionados e controlados, o que pode comprometer a generalização dos resultados para populações heterogêneas e cenários clínicos reais. Yoo et al. (2019) ressaltam que a validação externa multicêntrica permanece fundamental para consolidação da Inteligência Artificial na prática oftalmológica cotidiana.

Segundo Russell e Norvig (2021), embora os modelos contemporâneos de Inteligência Artificial apresentem elevada capacidade de aprendizado e reconhecimento de padrões complexos, ainda existem importantes desafios relacionados à transparência algorítmica, confiabilidade clínica e supervisão humana. Dessa forma, a IA deve ser compreendida como ferramenta complementar ao especialista médico e não como substituição integral da avaliação clínica especializada.

Questões éticas e de segurança digital também foram frequentemente abordadas nos estudos analisados. A utilização de grandes bancos de imagens oftalmológicas para treinamento dos algoritmos exige protocolos rigorosos de proteção de dados clínicos e confidencialidade das informações dos pacientes. Além disso, possíveis vieses algorítmicos relacionados à sub-representação populacional podem comprometer desempenho dos modelos em determinados grupos étnicos e contextos epidemiológicos específicos.

Topol (2019) destaca que a integração entre Inteligência Artificial e medicina exige equilíbrio entre inovação tecnológica, responsabilidade ética e segurança assistencial. Na oftalmologia, especificamente, torna-se indispensável garantir que os sistemas automatizados sejam utilizados de maneira segura, transparente e supervisionada por profissionais qualificados.

Outro ponto importante identificado nos estudos refere-se ao potencial da IA para fortalecimento da medicina personalizada. A análise automatizada de grandes volumes de dados retinianos pode permitir identificação de biomarcadores específicos associados à progressão das doenças, resposta terapêutica e prognóstico visual individualizado. Essa abordagem favorece desenvolvimento de estratégias terapêuticas mais precisas e adaptadas às características clínicas de cada paciente.

Mahdavifar et al. (2024) ressaltam que os avanços recentes em deep learning vêm promovendo transformação significativa na classificação automatizada da degeneração macular relacionada à idade, contribuindo para desenvolvimento de modelos preditivos mais sofisticados e maior precisão na estratificação de risco clínico. Esses avanços podem favorecer intervenções mais precoces e melhor preservação da função visual.

Observou-se ainda que a Inteligência Artificial aplicada à OCT possui potencial relevante para atuação interdisciplinar envolvendo oftalmologia, ciência de dados, engenharia biomédica e saúde digital. A convergência entre essas áreas favorece desenvolvimento contínuo de ferramentas diagnósticas mais eficientes, acessíveis e adaptadas às necessidades contemporâneas dos sistemas de saúde.

Ker et al. (2018) destacam que as aplicações de deep learning na análise de imagens médicas representam uma das áreas mais promissoras da medicina contemporânea, especialmente pela capacidade de processamento automatizado de grandes volumes de dados complexos. Na oftalmologia, a elevada padronização das imagens retinianas favorece ainda mais o desenvolvimento de algoritmos robustos e clinicamente aplicáveis.

CONCLUSÃO:

Diante dos achados analisados, verifica-se que a Inteligência Artificial aplicada à OCT apresenta potencial significativo para transformar a oftalmologia diagnóstica contemporânea, especialmente na detecção precoce da retinopatia diabética e da degeneração macular relacionada à idade. Os resultados demonstram avanços importantes relacionados à precisão diagnóstica, automatização da análise de imagens, ampliação do rastreamento populacional e fortalecimento da medicina preventiva.

Entretanto, os estudos também evidenciam necessidade de padronização metodológica, validação multicêntrica dos algoritmos, fortalecimento da segurança digital e desenvolvimento de sistemas mais transparentes e interpretáveis. Dessa forma, embora a Inteligência Artificial represente ferramenta altamente promissora para a oftalmologia moderna, sua implementação clínica plena ainda depende de avanços científicos, tecnológicos e éticos adicionais.

Por fim, os resultados analisados reforçam que a integração entre IA, OCT e medicina digital poderá modificar profundamente os métodos diagnósticos oftalmológicos nas próximas décadas, favorecendo diagnóstico mais precoce, intervenções terapêuticas mais eficazes e redução das taxas de cegueira evitável associadas às doenças retinianas.

REFERÊNCIAS:

1. BURLINA, Philippe et al. Artificial intelligence for age-related macular degeneration. *Progress in Retinal and Eye Research*, v. 91, p. 101090, 2022.
2. DE Fauw, Jeffrey et al. Clinically applicable deep learning for diagnosis and referral in retinal disease. *Nature Medicine*, v. 24, n. 9, p. 1342-1350, 2018.
3. GRZYBOWSKI, Andrzej; BRONA, Paweł; LIM, Gatinel Damien. Artificial intelligence for diabetic retinopathy screening: a review. *Eye*, v. 34, n. 3, p. 451-460, 2020.
4. HOGAN, Michael J.; FEIGENBAUM, Aline; COSTA, Rodrigo A. Artificial intelligence in age-related macular degeneration: state of the art and recent updates. *BMC Ophthalmology*, v. 24, n. 1, p. 1-14, 2024.
5. KER, Joshua et al. Deep learning applications in medical image analysis. *IEEE Access*, v. 6, p. 9375-9389, 2018.
6. KIJLSTRA, Aize et al. AI-based support for optical coherence tomography in age-related macular degeneration. *International Journal of Retina and Vitreous*, v. 10, n. 1, p. 1-15, 2024.

7. LEE, Christine S. et al. Deep-learning based, automated segmentation of macular edema in optical coherence tomography. *Biomedical Optics Express*, v. 8, n. 7, p. 3440-3448, 2017.
8. LI, Zhe et al. Deep learning for detecting retinal diseases from optical coherence tomography images. *Biomedical Optics Express*, v. 9, n. 2, p. 466-482, 2018.
9. LIU, Xiaoxuan et al. A comparison of deep learning performance against health-care professionals in detecting diseases from medical imaging: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Digital Health*, v. 1, n. 6, p. e271-e297, 2019.
10. MAHDAVIFAR, Hajar et al. Artificial intelligence-based methods for detecting and classifying age-related macular degeneration: a comprehensive review. *Artificial Intelligence Review*, v. 57, n. 4, p. 1-32, 2024.
11. NAGASATO, Daisuke et al. Automated detection of diabetic retinopathy using artificial intelligence and optical coherence tomography. *Journal of Ophthalmology*, v. 2021, p. 1-10, 2021.
12. RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 4. ed. Hoboken: Pearson, 2021.
13. SCHLEGEL, Thomas et al. The predictive capabilities of artificial intelligence-based OCT analysis for age-related macular degeneration progression: a systematic review. *Diagnostics*, v. 13, n. 14, p. 2464, 2023.
14. TING, Daniel Shu Wei et al. Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology. *British Journal of Ophthalmology*, v. 103, n. 2, p. 167-175, 2019.
15. TOPOL, Eric J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*, v. 25, n. 1, p. 44-56, 2019.
16. YOO, Tae Keun et al. Opportunities and challenges of deep learning-based artificial intelligence in ophthalmology. *Korean Journal of Ophthalmology*, v. 33, n. 4, p. 337-346, 2019.
17. ZHANG, Zhe et al. Improving diabetic retinopathy screening using artificial intelligence: current evidence and future perspectives. *Frontiers in Medicine*, v. 11, p. 1-13, 2024.