

# Aplicabilidade clínica da Inteligência Artificial (IA) em imagens de smartphones para triagem de retinopatia diabética: Revisão sistemática e meta-análise de precisão

Clinical application of artificial intelligence to smartphone-captured images for screening diabetic retinopathy: A systematic review and precision meta-analysis

Antomir Santos Pereira<sup>1</sup>, José Gabriel Abreu Moreira<sup>1</sup>, Raul de Carvalho Cavalcante Filho<sup>1</sup>, Vinícius Rothier Duarte Neves<sup>1</sup>, Danilo Ramos Stropp<sup>1</sup>, Haroldo de Lucena Bezerra<sup>1</sup>

1. Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Médicas, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

## PALAVRAS-CHAVES:

Inteligência artificial; Retinopatia diabética; Teste diagnóstico; Oftalmoscopia; Smartphone.

## RESUMO

**Objetivos:** Esta meta-análise avaliou sistematicamente a precisão diagnóstica e o desempenho clínico da inteligência artificial aplicada a imagens capturadas por smartphones na triagem da retinopatia diabética. **Métodos:** A revisão seguiu as diretrizes Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses for Diagnostic Test Accuracy (PRISMA-DTA) e foi registrada no banco PROSPERO (CDR420251011626). A busca foi realizada em seis bases de dados (Scopus, Embase, Web of Science, MEDLINE, Cochrane Library e LILACS). Foram incluídos estudos que utilizaram inteligência artificial acoplada a smartphones. A qualidade metodológica foi avaliada com a ferramenta Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies (QUADAS-2) e o viés de publicação foi investigado pelo teste de Deeks. A análise estatística utilizou um modelo bivariado de efeitos aleatórios para estimar sensibilidade, especificidade, razão de verossimilhança positiva e negativa, razão de chances diagnósticas e área sob a curva da característica de operação do receptor hierárquico. **Resultados:** Dez estudos foram incluídos, totalizando 5.370 olhos avaliados. A sensibilidade foi de 91,4% e a especificidade de 89,4%, com alta acurácia diagnóstica (área sob a curva de 0,956) e baixa heterogeneidade. **Conclusões:** Conclui-se que o uso de inteligência artificial em imagens de smartphones é promissor na triagem da retinopatia diabética, especialmente em contextos com acesso limitado a oftalmologistas.

## KEYWORDS:

Artificial intelligence; Diabetic retinopathy; Diagnostic test; Ophthalmoscopy; Smartphone.

## ABSTRACT

**Purposes:** This meta-analysis aimed to systematically evaluate the diagnostic accuracy and clinical performance of artificial intelligence applied to smartphone-captured images for screening diabetic retinopathy. **Methods:** The review followed the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses of Diagnostic Test Accuracy (PRISMA-DTA) guidelines and was registered in the PROSPERO database (CDR420251011626). Searches were conducted in six databases (Scopus, Embase, Web of Science, MEDLINE, Cochrane Library, and LILACS). Studies using AI implemented in smartphone-based imaging were included. Methodological quality was assessed using the Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies (QUADAS-2) tool, and publication bias was evaluated using Deeks' test. Statistical analysis was performed using a bivariate random-effects model to estimate sensitivity, specificity, positive and negative likelihood ratios, diagnostic odds ratio, and the area under the hierarchical receiver operating characteristic curve. **Results:** Ten studies were included, evaluating a total of 5,370 eyes. Sensitivity and specificity were 91.4% and 89.4%, respectively. Diagnostic accuracy was high (area under the curve: 0.956), and heterogeneity was low. **Conclusions:** Artificial intelligence applied to smartphone-derived images appears promising for diabetic retinopathy screening, particularly in settings with limited access to ophthalmologists.

**Autor correspondente:** Antomir S. Pereira. Email: psantosant@gmail.com

**Recebido em:** 10 de Janeiro de 2023. **Aceito em:** 12 de Novembro de 2025.

**Financimento:** Declaram não haver. **Conflitos de interesse:** Declaram não haver.

**Como citar:** Pereira AS, Moreira JG, Cavalcante Filho RC, Neves VR, Stropp DR, Bezerra HL. Aplicabilidade clínica da Inteligência Artificial (IA) em imagens de smartphones para triagem de retinopatia diabética: Revisão sistemática e meta-análise de precisão. eOftalmo. 2024;10(3):122-31.

**DOI:** 10.17545/eOftalmo/2024.0022

 Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

## INTRODUÇÃO

Diabetes mellitus (DM) é um grupo de doenças metabólicas que são caracterizadas por hiperglicemia<sup>1</sup>. Existem cerca de 537 milhões de pessoas lidando com a diabetes atualmente, com projeção de alcançar mais de 750 milhões no ano de 2045, desses 23 milhões somente no Brasil<sup>2</sup>. A hiperglicemia resultante apresenta efeitos oftalmológicos tóxicos<sup>3</sup>, de modo que a retinopatia diabética (RD) é considerada a complicação mais comum da DM e uma das principais causas de cegueira evitável na população adulta produtiva<sup>4</sup>. A RD é caracterizada como um microangiopatia cuja manifestação se dá por obstrução microvascular ou por vazamento, e está presente em pacientes crônicos e com descontrole da glicemia. Assim, após 2 décadas, pode ser encontrada em mais de 95% dos pacientes com DM do tipo 1 e em mais de 60% dos pacientes com DM tipo 2<sup>5</sup>.

Nos últimos anos, houve avanços tanto no desenvolvimento de ferramentas médicas quanto na conscientização sobre a importância da triagem para a detecção da RD, especialmente em países desenvolvidos<sup>6</sup>. Nessas nações, a oftalmoscopia em fundo dilatado, considerada o padrão-ouro na triagem da RD, desempenha um papel fundamental na detecção precoce da doença, contribuindo para a prevenção de complicações graves, como a cegueira, além de permitir uma economia significativa de gastos em saúde em prol dos pacientes portadores de DM<sup>7,8</sup>. No entanto, sua acurácia é consideravelmente menor quando realizada por médicos não especialistas<sup>8</sup>.

Nesse contexto, o uso de inteligência artificial (IA) tem se destacado como uma alternativa de menor custo para essa finalidade, permitindo uma análise automatizada de um grande volume de imagens de retina, de modo a reduzir a dependência de especialistas para a triagem inicial. Dentre as aplicações dessa tecnologia, o uso de câmeras acopladas à smartphones se destaca por auxiliar a tomada de decisões, oferecendo uma solução portátil e acessível, ampliando o acesso à detecção precoce da RD para localidades com recursos limitados<sup>9</sup>.

Embora diversos estudos tenham explorado a eficácia da IA e de dispositivos portátil para a triagem da RD, ainda há variabilidade nos resultados encontrados. Uma revisão sistemática com metanálise de 6 estudos avaliou o uso de IA na triagem da RD utilizando smartphones com base em 3.931 olhos, com estudos provenientes em sua maioria da Índia (5 estudos) e do Brasil (1 estudo)<sup>10</sup>. Apesar de represen-

tar um avanço na compreensão do papel da IA nesse contexto, essa análise apresenta limitações, como a restrita diversidade geográfica dos estudos incluídos e a menor quantidade de programas de IA avaliados.

Recentemente, com a popularização do uso de IA, houve um aumento significativo de estudos sobre o uso de IA na triagem de doenças, especialmente na RD, de forma que reflete o uso crescente desta tecnologia em diferentes cenários. Ao comparar com a revisão sistemática com metanálise<sup>10</sup>, a presente ampliou o escopo de análise, analisando 5.370 olhos e incluindo uma maior diversidade de estudos, provenientes de cinco países diferentes – Armênia (1 estudo), Brasil (2 estudos), Dominica (1 estudo), México (1 estudo) e Índia (5 estudos), tornando a avaliação mais representativa do desempenho da IA em diferentes populações e sistemas de saúde, facilitando a generalização dos resultados. Além disso, até o momento não há metanálises publicadas em português sobre esse tema, o que reforça a necessidade de uma revisão atualizada para preencher essa lacuna.

Diante desse cenário, esta metanálise busca avaliar de forma sistemática a precisão diagnóstica e o desempenho clínico das ferramentas baseadas em IA voltadas para a triagem da RD. A análise desses achados contribuirá para um melhor entendimento do papel da IA na triagem da RD e poderá fornecer subsídios para a implementação de estratégias eficazes na prática clínica, especialmente em cenários de recursos limitados.

## MÉTODOS

Esta revisão sistemática e meta-análise foi conduzida com base nas diretrizes Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses of Diagnostic Test Accuracy (PRISMA-DTA)<sup>11</sup>. O protocolo do estudo foi previamente publicado e está registrado no PROSPERO (CDR420251011626).

### Estratégia de busca

Foi realizada uma busca em diferentes bases de dados, incluindo Scopus, Embase, Web of Science, MEDLINE, Cochrane Library e LILACS até o dia 28 de Janeiro de 2025. Os operadores booleanos foram aplicados apropriadamente para vincular as diferentes palavras-chave. Marcadores como os *Medical Subject Headings* (MeSH) foram amplamente incorporados para garantir a amplitude da busca.

A estratégia de busca foi: (“diabetes” OR “diabetes complications” OR “diabetic retinopathy” OR “diabetic” OR “diabetic complication”) AND (“artificial intelligence” OR “neural network” OR “predictive algorithm” OR “deep learning” OR “deep neural network” OR “DNN” OR “machine learning” OR “deep Bayesian” OR “bimodal learning” OR “contrast learning” OR “pyramid learning” OR “convolutional neural network” OR “CNN”) AND (“smartphone” OR “smartphone-based” OR “mobile-based” OR “handheld” OR “iPhone” OR “mobile camera” OR “mobile”).

### Critérios de seleção

O critério de seleção seguiu a estrutura “PICOT”: 1. Pacientes com diabetes mellitus tipo 1 ou tipo 2, de qualquer faixa etária e localidade. 2. Smartphones acoplados a adaptadores ópticos com algoritmos de inteligência artificial para triagem de RD. 3. Oftalmoscopia realizada por especialistas. 4. Os parâmetros de classificação primários foram Verdadeiro Positivo (VP), Falso Positivo (FP), Falso Negativo (FN) e Verdadeiro Negativo (VN). 5. Estudos de acurácia diagnóstica, ensaios clínicos diagnósticos e estudos de implementação observacional publicados em português ou inglês, sem restrição de tempo.

Foram excluídos da análise os estudos que se enquadram nos seguintes critérios: 1. Revisões sistemáticas e metanálises. 2. Relatos de caso e séries de casos. 3. Editoriais e cartas ao editor. 4. Resumos de congressos. 5. Estudos que não utilizaram um padrão de referência válido. 6. Estudos que não apresentaram dados quantitativos sobre a acurácia diagnóstica.

O processo de seleção foi realizado por dois autores, de forma independente, utilizando a plataforma Rayyan, para evitar qualquer viés de seleção<sup>12</sup>. Quando a elegibilidade dos estudos não pôde ser determinada com base apenas nos títulos e resumos, foi realizada a leitura do texto completo para a devida avaliação. Potenciais conflitos foram resolvidos com o auxílio de um terceiro autor mais experiente.

### Extração de dados

A extração de dados foi conduzida de forma independente por dois autores e eventuais discordâncias foram resolvidas em consenso entre os autores responsáveis. A coleta de dados foi feita utilizando o software Microsoft Excel.

Foram extraídas informações relativas às principais características metodológicas e clínicas dos estudos selecionados, incluindo: nome do estudo (autor e ano), país de realização, tipo de estudo, tamanho da amostra total (n), número de indivíduos não classificáveis, distribuição por sexo (feminino/masculino), idade média dos participantes (em anos), uso de mióse, número de campos fotográficos por olho, programa de inteligência artificial (IA) utilizado, padrão de referência adotado e os parâmetros diagnósticos (verdadeiros positivos – VP, falsos positivos – FP, falsos negativos – FN e verdadeiros negativos – VN).

### Qualidade metodológica

A qualidade metodológica dos estudos incluídos foi feita ao utilizar a ferramenta *Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies 2* (QUADAS-2)<sup>13</sup>, a qual analisa com base nos domínios de risco de viés e aplicabilidade dos achados, ao considerar os tópicos: Fluxo e tempo, padrão de referência, teste índice e seleção de pacientes.

A avaliação do risco de viés foi realizada de forma independente por dois autores, e as eventuais divergências foram resolvidas por consenso.

O viés de publicação foi avaliado por meio do Teste de assimetria do gráfico de funil de Deeks, específico para metanálises bivariadas de acurácia diagnóstica. Os valores de  $p < 0,1$  foram considerados indicativos de viés de publicação.

### Análises estatísticas

A análise estatística foi conduzida por meio do software RStudio (Versão: 4.4.2) a partir do uso de um modelo de meta-análise bivariada de efeitos aleatórios para avaliar a sensibilidade e a especificidade em conjunto. A heterogeneidade foi avaliada por  $I^2$  adaptado para o modelo bivariado, conforme proposto por Zhou e Dendukuri<sup>14</sup>. Os efeitos fixos (sensibilidade e especificidade) foram considerados na análise, assim como o valor da correlação entre eles, além da Razão de Verossimilhança Positiva (LR+) e Negativa (LR-).

A curva hierárquica de características operacionais do receptor resumido (HSROC) foi empregada para sintetizar o diagnóstico de desempenho dos algoritmos de inteligência artificial e o cálculo da área sob a curva (AUC) foi calculada para avaliar a precisão geral dos modelos.

A Razão de Chances Diagnóstica (DOR) também foi avaliada e apresentada em um gráfico de floresta (Forest plot), com sua respectiva heterogeneidade avaliada por meio do  $I^2$  e pelo teste Q.

Foi adotado um nível de significância de 5% para todas as análises estatísticas.

## RESULTADOS

### Seleção de estudos

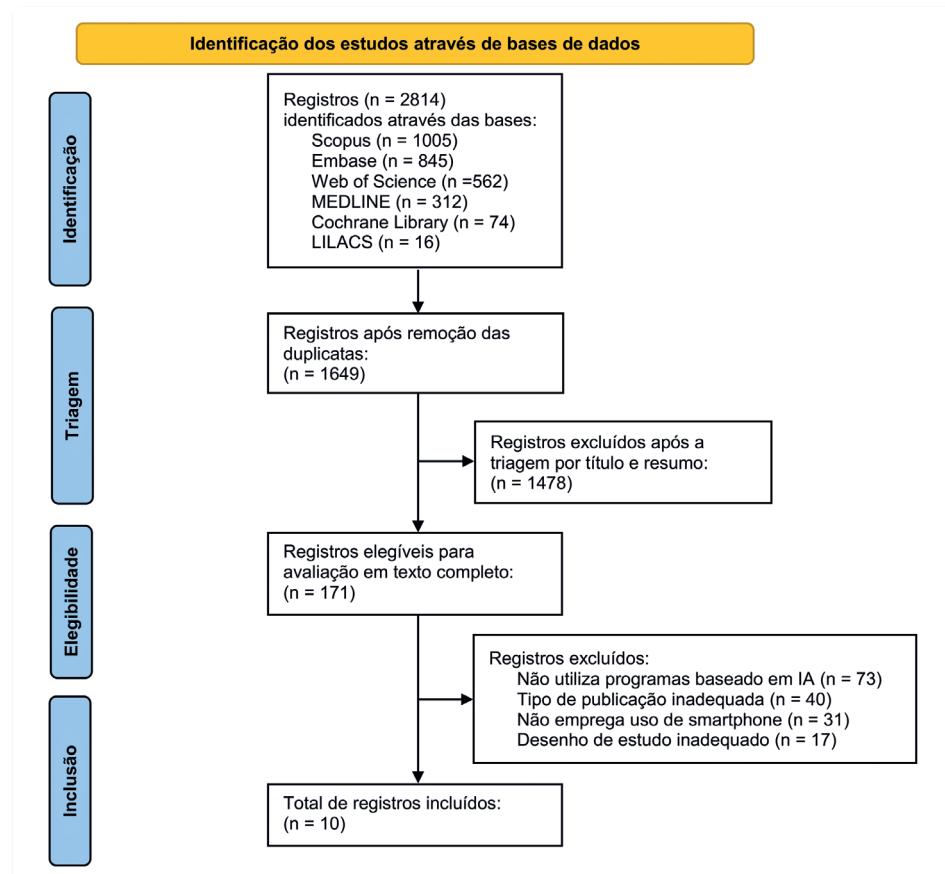
Uma busca sistemática foi realizada em seis bases de dados (Scopus, Embase, Web of Science, MEDLINE, Cochrane Library e LILACS), identificando inicialmente 2.814 registros potencialmente relevantes para o processo de triagem. Após a remoção de 1.165 artigos duplicados, 1.649 exclusivos foram retidos. Desses, 1.478 foram excluídos na triagem por título e resumo. Os 171 artigos restantes foram avaliados em sua totalidade, dos quais 161 artigos foram removidos por não atenderem aos critérios de inclusão. Assim, 10 estudos foram incluídos na meta-análise final<sup>9,15-23</sup>. O processo de seleção de artigos foi ilustrado na Figura 1, seguindo o formato do diagrama de fluxo PRISMA.

### Características do estudo

Como pode ser visto na Tabela 1, foram incluídos um total de 10 estudos elegíveis publicados entre 2018 e 2024, totalizando 5.370 olhos, com tamanhos amostrais variados, de 231 a 1.378 indivíduos. A quantidade de imagens que não puderam ser classificadas variou entre os estudos, com valores mínimos de 0 e máximos de 145. Um dos estudos foi analisado sob duas abordagens distintas, sendo considerado nas análises como Wroblewski 2023 [A] e Wroblewski 2023 [B].

Os estudos foram conduzidos em diversos países, incluindo Armênia, Brasil, Dominica, México e Índia. Em relação ao delineamento metodológico, cinco artigos apresentaram um delineamento transversal, quatro foram retrospectivos e três prospectivos, com dois estudos apresentando um desenho misto, combinando abordagens prospectivas e transversais<sup>9,22</sup>.

A indução de midríase para captura das imagens foi variável entre os estudos, sendo aplicada em oito dos estudos analisados<sup>9,15,17-20,22,23</sup>. O número de campos fotográficos utilizados por olho variou de 2 a mais de 4, com os estudos utilizando ao menos 2 campos.



**Figura 1.** Diagrama de fluxo PRISMA ilustrando o processo de seleção dos estudos.

**Tabela 1.** Características dos estudos incluídos

| Estudo (Autor, ano) | País     | Tipo de estudo                   | n (Tamanho da amostra total) | Indivíduos não classificáveis | Sexo (F/M) | Idade média (Anos)    | Mídrise fotográficos/olho | Programa de IA | Referência padrão | VP  | FP  | FN  | VN |      |
|---------------------|----------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------|-----------------------|---------------------------|----------------|-------------------|---|-----|-----|----|------|
| Wroblewski 2025 [A] | México   | Estudo retrospectivo             | 248                          | 0                             | 212/36     | 56,3                  | Sim                       | > 3            | Medios AI-DR      | OOfthalmoscopia realizada por especialistas | 121 | 7   | 8  | 112  |
| Wroblewski 2025 [B] | México   | Estudo retrospectivo             | 248                          | 92                            | 212/36     | 56,3                  | Sim                       | > 3            | EyeArt            | OOfthalmoscopia realizada por especialistas | 77  | 10  | 5  | 64   |
| Rao 2024            | Armênia  | Estudo retrospectivo             | 550                          | 72                            | 349/201    | 61,6 ± 9,94 (12 - 83) | Não                       | > 2            | Medios AI-DR      | OOfthalmoscopia realizada por especialistas | 142 | 53  | 7  | 276  |
| Maleibi 2024        | Brasil   | Estudo transversal               | 327                          | 20                            | 179/148    | 57 ± 16,8 (9 - 90)    | Sim                       | 2              | RAS + DRAS        | OOfthalmoscopia realizada por especialistas | 152 | 13  | 16 | 126  |
| Kemp 2023           | Dominica | Estudo prospectivo e transversal | 587                          | 52                            | 426/161    | 64 ± 12,3 (26 - 94)   | Sim                       | > 2            | Medios AI-DR      | OOfthalmoscopia realizada por especialistas | 175 | 27  | 40 | 293  |
| Maleibi 2022        | Brasil   | Estudo retrospectivo             | 824                          | 145                           | 535/289    | 60,8 ± 11,4           | Sim                       | 2              | PhelcomNet        | OOfthalmoscopia realizada por especialistas | 180 | 191 | 4  | 304  |
| Jain 2021           | Índia    | Estudo transversal               | 1378                         | 8                             | 646/732    | 54,9 ± 10,43          | Sim                       | 4              | Medios AI-DR      | OOfthalmoscopia realizada por especialistas | 123 | 81  | 15 | 1151 |
| Sosale 2020 (1)     | Índia    | Estudo transversal               | 304                          | 7                             | 128/176    | 55 ± 11               | Sim                       | 3              | Medios AI-DR      | OOfthalmoscopia realizada por especialistas | 105 | 8   | 16 | 168  |
| Sosale 2020 (2)     | Índia    | Estudo prospectivo               | 922                          | 22                            | NA         | NA                    | Não                       | 2              | Medios AI-DR      | OOfthalmoscopia realizada por especialistas | 210 | 29  | 42 | 619  |
| Natarajan 2019      | Índia    | Estudo prospectivo e transversal | 231                          | 18                            | NA         | 53,1 ± 10,3           | Sim                       | 4              | Medios AI-DR      | OOfthalmoscopia realizada por especialistas | 23  | 15  | 4  | 172  |
| Rajalakshmi 2018    | Índia    | Estudo transversal               | 301                          | 5                             | NA         | NA                    | Sim                       | 4              | EyeArt            | OOfthalmoscopia realizada por especialistas | 183 | 21  | 8  | 84   |

[A]: Inteligência artificial, RD: Retinopatia diabética, RAS: Retinal alteration score, DRAS: Diabetic retinopathy alteration score, F: Feminino, M: Masculino, VP: Verdadeiro positivo, FP: Falso positivo, FN: Falso negativo, VN: Verdadeiro negativo, NA: Não aplicável.

Os programas de inteligência artificial avaliados nos estudos incluíram diferentes algoritmos e softwares, como Medios AI-DR, EyeArt, PhelcomNet e RAS + DRAS. A avaliação de referência em todos os estudos foi realizada por um classificador humano.

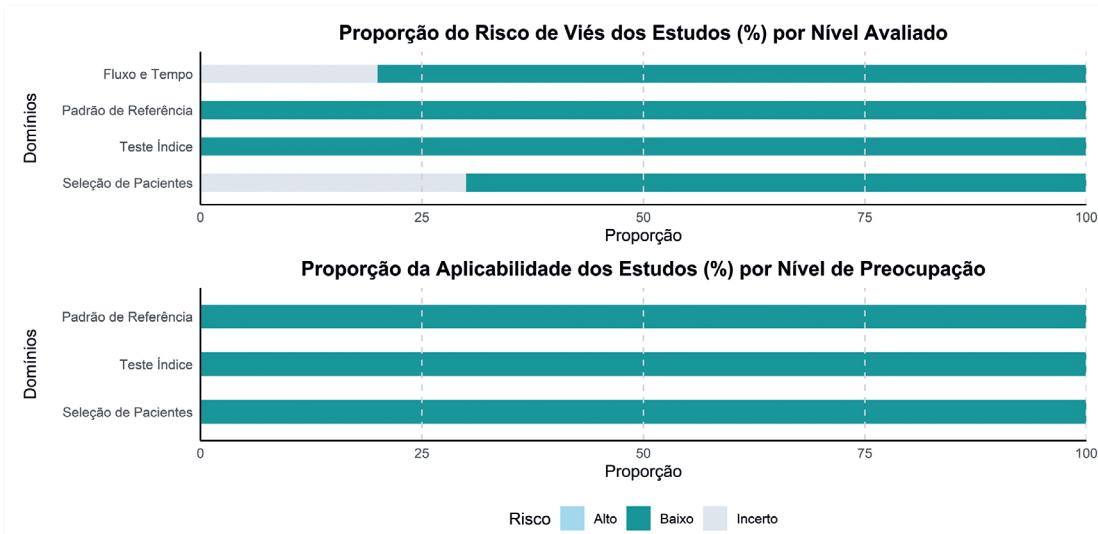
## Avaliação da qualidade

O viés metodológico dos estudos incluídos foi avaliado por meio da ferramenta QUADAS-2<sup>13</sup>, e os resultados das avaliações de risco estão apresentados na Figura 2. No total, foram analisados dez estudos<sup>9,15-23</sup>, dos quais dois apresentaram risco incerto no domínio de fluxo e tempo<sup>15,20</sup> e três foram classificados com risco incerto no domínio de seleção de pacientes<sup>20,22,23</sup>.

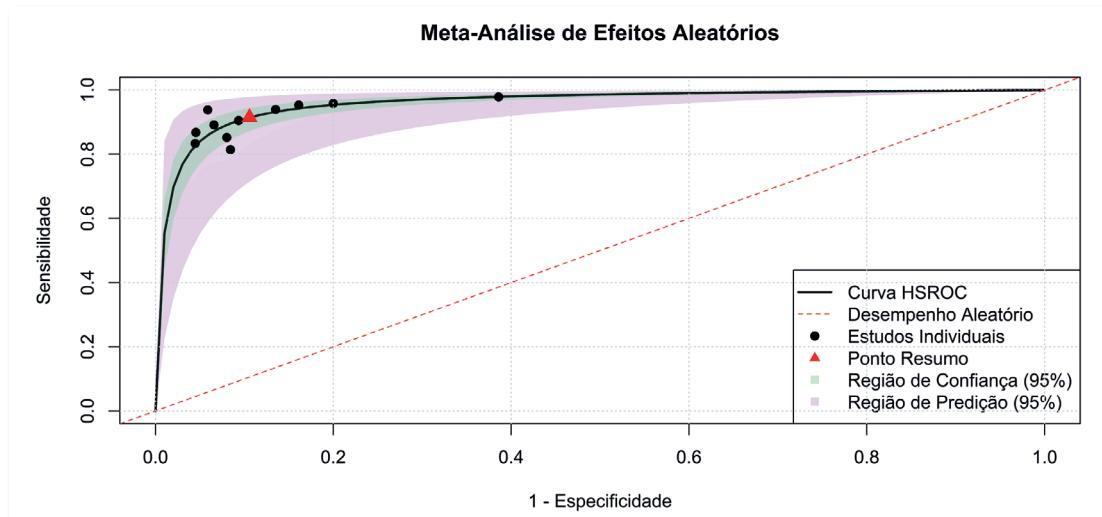
No que se refere à aplicabilidade, apesar de ter algumas preocupações identificadas, especialmente nos domínios de seleção de pacientes e fluxo e tempo, a qualidade dos estudos incluídos foi considerada aceitável para a utilização dos achados na prática clínica.

## Resultados de eficácia

Uma meta-análise de efeitos aleatórios bivariados (Figura 3) foi realizada. Os coeficientes dos efeitos fixos mostram que a sensibilidade e especificidade média foram respectivamente de 0,914 [IC 95%: 0,871 – 0,944] e 0,894 [IC 95%: 0,840 – 0,931]. A razão de verossimilhança positiva (LR+) e a razão de verossimilhança negativa (LR-) foram estimadas em 8,64 [IC 95%: 5,59 – 13,36] e 0,10 [IC 95%: 0,06 – 0,15] nessa ordem.



**Figura 2.** Avaliação do risco de viés e da aplicabilidade dos estudos incluídos utilizando a ferramenta QUADAS-2.



**Figura 3.** Curva de características operacionais do receptor de resumo hierárquico (HSROC)  
AUC: Área sob a curva, HSROC: Curva de Características Operacionais do Receptor de Resumo Hierárquico.

A variabilidade entre os estudos foi avaliada com desvios-padrão de 0,705 para a sensibilidade e 0,758 para a taxa de especificidade. A correlação entre esses parâmetros foi alta (0,946), indicando forte interdependência entre as variáveis.

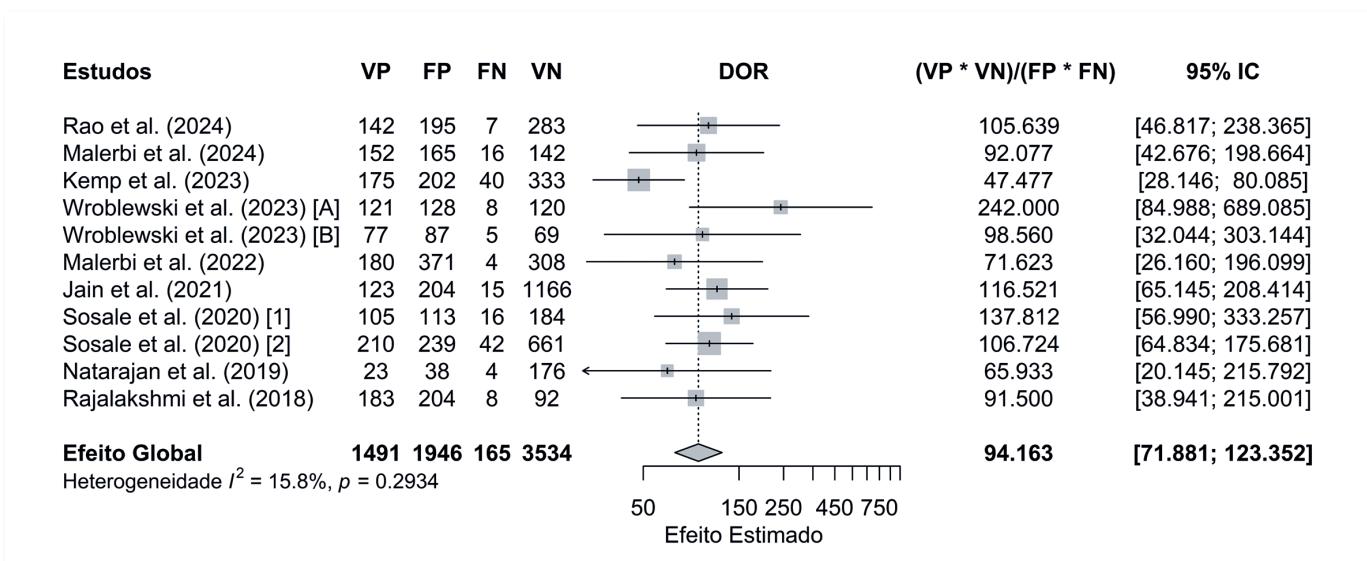
A área sob a curva (AUC) foi de 0,956, demonstrando um alto desempenho no diagnóstico do modelo. A heterogeneidade entre os estudos foi avaliada por meio do  $I^2$ , cujo resultado foi de 18,3%, indicando baixa heterogeneidade.

Os valores da análise da Razão de Chances Diagnóstica (DOR), estimados pelo modelo de efeitos aleatórios, foi de 94,16 [IC 95%: 71,88–123,35], indicando

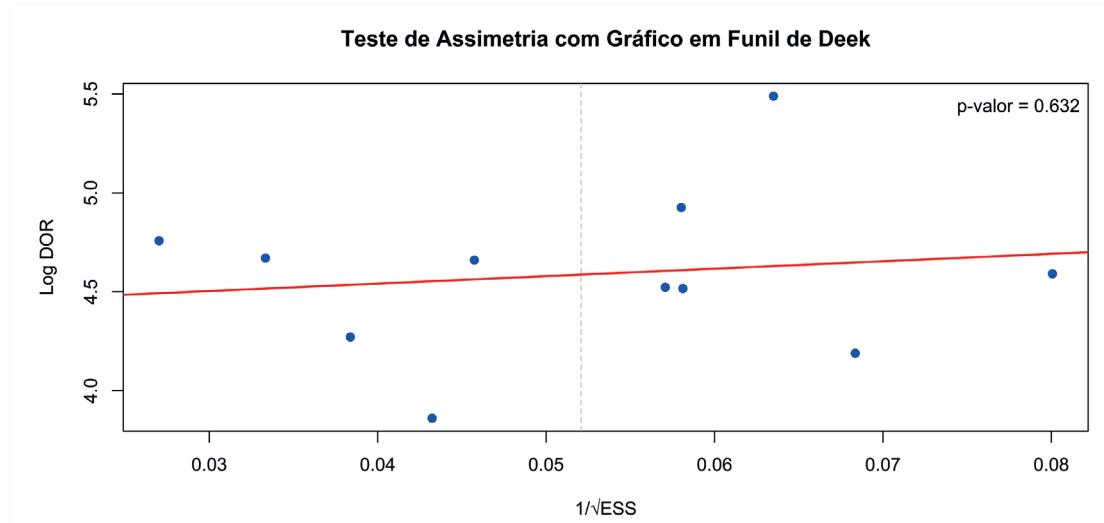
uma alta capacidade discriminativa do teste diagnóstico. A heterogeneidade entre os estudos foi considerada baixa, com  $I^2=15,8\%$  e teste Q com  $p=0,2934$  sugerindo ausência de variabilidade substancial entre os estudos incluídos na análise (Figura 4).

### Viés de publicação

O teste de assimetria do gráfico de funil de Deeks apresentado na Figura 5 não indicou viés de publicação significativo ( $p=0,632$ ), sugerindo que a ausência de estudos negativos ou de menor impacto na literatura não compromete a validade dos achados da metanálise.



**Figura 4.** Gráfico de floresta da Razão de Chances Diagnóstica (DOR) para o diagnóstico de qualquer RD.



**Figura 5.** Teste de assimetria do gráfico de funil de Deeks.  
DOR: Razão de Chances Diagnóstica, ESS: Tamanho amostral efetivo.

## DISCUSSÃO

Esta revisão sistemática com metanálise tem como objetivo avaliar a eficácia da aplicação de programas de IA em imagens capturadas por smartphones para o rastreamento da RD. Ao compilar e analisar criticamente estudos relevantes, buscou-se fornecer *insights* valiosos que auxiliem os profissionais de saúde na tomada de decisões informadas sobre a implementação dessas tecnologias na prática clínica.

Os resultados revelaram alta sensibilidade de 0,914 [IC 95%: 0,871 – 0,944] e especificidade de 0,894 [IC 95%: 0,840 – 0,931], com LR+ de 8,64 [IC 95%: 5,59 – 13,36] e LR– de 0,10 [IC 95%: 0,06 – 0,15] indicando boa acurácia diagnóstica. A variabilidade entre os estudos foi moderada ( $DP \approx 0,7$  para ambos os parâmetros), com alta correlação (0,946) entre sensibilidade e especificidade. A AUC de 0,956 e a DOR igual a 94,16 [IC 95%: 71,88–123,35] confirmaram excelente desempenho discriminativo, principalmente quando comparada ao dispositivo IDx-DR, primeiro dispositivo médico a usar inteligência artificial para detectar RD em adultos com DM aprovado pela *Food and Drug Administration* (FDA) dos Estados Unidos, que demonstrou uma sensibilidade de 0,874 e uma especificidade de 0,895<sup>24</sup>, essa leve superioridade da sensibilidade pode torná-la uma alternativa valiosa para o rastreamento em larga escala.

Ao comparar os resultados obtidos com a meta análise prévia<sup>21</sup>, a qual apresentou, ao analisar qualquer tipo de RD, uma sensibilidade e uma especificidade de 0,88 e 0,915 respectivamente, valores próximos, mas com uma leve desvantagem na sensibilidade, o que sugere uma melhor capacidade de confirmar a doença nos resultados da metanálise atual. Além disso, o LR+ foi maior (12,2), enquanto o LR– foi próximo (0,11), indicando que ambas as análises possuem uma eficácia semelhante na exclusão da doença. A DOR da análise prévia foi 111,7, um valor superior ao da meta-análise atual (94,16), sugerindo que os modelos anteriores apresentavam uma discriminação diagnóstica ligeiramente melhor. No entanto, as diferenças não são muito significativas, e ambos os estudos apontam para um alto desempenho dos algoritmos de inteligência artificial no rastreamento da retinopatia diabética.

Na avaliação do risco de viés utilizando o QUADAS-2, observou-se que a maioria dos estudos apresentou baixo risco nos domínios 'Padrão de Referência' e 'Teste Índice', indicando robustez metodológica nesses aspectos. No entanto, o domínio 'Seleção de

Pacientes' demonstrou proporção significativa de estudos com risco alto ou incerto, o que pode limitar a validade externa dos resultados. Quanto à aplicabilidade, a alta preocupação em alguns estudos sugere que os achados devem ser interpretados com cautela em contextos clínicos específicos. Recomenda-se que pesquisas futuras priorizem desenhos que minimizem esses vieses, garantindo maior representatividade das amostras.

A incorporação da IA na triagem da RD pode ter um impacto significativo na otimização dos fluxos de trabalho em locais carentes de recursos tecnológicos e de mão de obra especializada, de modo a otimizar o diagnóstico e o encaminhamento forma mais eficiente para avaliação da doença na atenção secundária, por oftalmologistas. Como a RD afeta aproximadamente 1 em cada 3 pessoas com diabetes<sup>25</sup>, sua detecção precoce é essencial para evitar complicações mais graves, como a cegueira. No entanto, o diagnóstico pode ser desafiador, pois a doença pode ser confundida com distúrbios neurológicos e outras patologias oftalmológicas<sup>26</sup>.

Assim, a aplicação clínica da IA na triagem da RD surge como uma ferramenta fundamental para reduzir erros diagnósticos e aumentar a precisão na triagem inicial. A avaliação automatizada e acessível proporcionada pela IA em imagens de smartphones, embora não diretamente comparada com métodos como a retinografia ou a tomografia de coerência óptica nesta metanálise, surge como uma estratégia promissora para otimizar a triagem da RD, especialmente em cenários de recursos limitados<sup>27,28</sup>.

A adoção desse novo método de triagem, especialmente a incorporação dessa tecnologia na atenção primária, que atende a maioria dos pacientes com diabetes no país, poderia resultar em uma aplicação eficaz e um potencial custo-benefício positivo para os cofres brasileiros, ao facilitar o acesso diagnóstico. No entanto, estudos futuros são necessários para avaliar o custo-benefício de forma mais aprofundada e guiar políticas de saúde<sup>28</sup>.

Apesar dos avanços promissores, é fato que novas pesquisas precisam ser conduzidas em centros maiores, de forma a avaliar a IA e sua aplicação clínica na RD, garantindo que a sua implementação seja feita de forma segura e eficaz. Por fim, reforçando o potencial da IA como uma estratégia de suporte, auxiliando os médicos na triagem e oferecendo um encaminhamento adequado, com o objetivo de reduzir a carga sobre os serviços especializados e melhorando os desfechos para indivíduos com diabetes.

Em conclusão, esta revisão sistemática com meta-análise fornece importantes percepções sobre a aplicabilidade da IA utilizando imagens captadas por aparelhos smartphones para o rastreamento da retinopatia diabética. Ficou evidente que o desempenho da IA mostrou-se excelente no rastreio, possuindo alta sensibilidade e especificidade, denotando seu potencial em auxiliar na detecção da retinopatia diabética, sem distinção por gravidade, principalmente em ambientes onde o atendimento especializado é restrito.

Além disso, a incorporação dessa tecnologia pode otimizar fluxos de trabalho na atenção primária, permitindo que os pacientes sejam encaminhados de forma mais eficiente para avaliação especializada. Portanto, os resultados apresentados são promissores, porém pesquisas futuras com ensaios em centros maiores, com maior número de participantes e heterogeneidade de indivíduos, são válidos para ratificar os achados e apoiar uma implementação mais ampla e segura em cenários clínicos.

## REFERÊNCIAS

- American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 2010 Jan;33 Suppl 1(Suppl 1):S62-9. Erratum in: *Diabetes Care*. 2010 Apr;33(4):e57.
- International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas 9th Edition [Internet]. diabetesatlas.org. 2021. Available from: <https://diabetesatlas.org/data/en/>
- Lutty GA. Effects of diabetes on the eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013;54(14):ORSF81-7.
- Teo ZL, Tham YC, Yu M, Chee ML, Rim TH, Cheung N, et al. Global Prevalence of Diabetic Retinopathy and Projection of Burden through 2045: Systematic Review and Meta-analysis. *Ophthalmology*. 2021;128(11):1580-91.
- Bortoli JQ, Silber PC, Picetti E, Silva CF da, Pakter HM. Retinografia como forma de rastreio de retinopatia diabética em hospital terciário do Sistema Único de Saúde. *Rev Bras Oftalmol*. 2022;81:e0057.
- Padhy SK, Takkar B, Chawla R, Kumar A. Artificial intelligence in diabetic retinopathy: A natural step to the future. *Indian J Ophthalmol*. 2019;67(7):1004-1009.
- Malerbi F, Andrade R, Morales P, Travassos S, Rodacki M, Bertoluci M. Manejo da retinopatia diabética. Diretriz Oficial da Sociedade Brasileira de Diabetes (2023). DOI: 10.29327/557753.2022-17, ISBN: 978-85-5722-906-8.
- O'Hare JP, Hopper A, Madhaven C, Charny M, Purewell TS, Harney B, et al. Adding retinal photography to screening for diabetic retinopathy: a prospective study in primary care. *BMJ*. 1996;312(7032):679-82.
- Kemp O, Bascaran C, Cartwright E, McQuillan L, Matthew N, Shillingford-Ricketts et al. Real-world evaluation of smartphone-based artificial intelligence to screen for diabetic retinopathy in Dominica: a clinical validation study. *BMJ Open Ophthalmol*. 2023;8(1):e001491.
- Hasan SU, Siddiqui MAR. Diagnostic accuracy of smartphone-based artificial intelligence systems for detecting diabetic retinopathy: A systematic review and meta-analysis. *Diabetes Res Clin Pract*. 2023;205:110943.
- McInnes MDF, Moher D, Thombs BD, McGrath TA, Bossuyt PM; and the PRISMA-DTA Group. Preferred Reporting Items for a Systematic Review and Meta-analysis of Diagnostic Test Accuracy Studies: The PRISMA-DTA Statement. *JAMA*. 2018;319(4):388-396. Erratum in: *JAMA*. 2019;322(20):2026..
- Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan-a web and mobile app for systematic reviews. *Syst Rev*. 2016;5(1):210.
- Whiting PF, Rutjes AW, Westwood ME, Mallett S, Deeks JJ, Reitsma JB, et al; QUADAS-2 Group. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Ann Intern Med*. 2011;155(8):529-36.
- Zhou Y, Dendukuri N. Statistics for quantifying heterogeneity in univariate and bivariate meta-analyses of binary data: the case of meta-analyses of diagnostic accuracy. *Stat Med*. 2014;33(16):2701-17.
- Wroblewski JJ, Sanchez-Buenfil E, Inciarte M, Berdia J, Blake L, Wroblewski S, et al. Diabetic Retinopathy Screening Using Smartphone-Based Fundus Photography and Deep-Learning Artificial Intelligence in the Yucatan Peninsula: A Field Study. *J Diabetes Sci Technol*. 2025;19(2):370-376.
- Rao DP, Savoy FM, Sivaraman A, Dutt S, Shahsuvaryan M, Jrbashyan N, et al. Evaluation of an AI algorithm trained on an ethnically diverse dataset to screen a previously unseen population for diabetic retinopathy. *Indian J Ophthalmol*. 2024;72(8):1162-7.
- Malerbi FK, Nakayama LF, Melo GB, Stuchi JA, Lencione D, Prado PV, et al. Automated Identification of Different Severity Levels of Diabetic Retinopathy Using a Handheld Fundus Camera and Single-Image Protocol. *Ophthalmol Sci*. 2024;4(4):100481.
- Malerbi FK, Andrade RE, Morales PH, Stuchi JA, Lencione D, de Paulo JV, et al. Diabetic Retinopathy Screening Using Artificial Intelligence and Handheld Smartphone-Based Retinal Camera. *J Diabetes Sci Technol*. 2022;16(3):716-23.
- Jain A, Krishnan R, Rogye A, Natarajan S. Use of offline artificial intelligence in a smartphone-based fundus camera for community screening of diabetic retinopathy. *Indian J Ophthalmol*. 2021;69(11):3150-4.
- Sosale B, Sosale AR, Murthy H, Sengupta S, Naveenam M. Medios- An offline, smartphone-based artificial intelligence algorithm for the diagnosis of diabetic retinopathy. *Indian J Ophthalmol*. 2020;68(2):391-395.
- Sosale B, Aravind SR, Murthy H, Narayana S, Sharma U, Gowda SGV, et al. Mobile-based Artificial Intelligence Algorithm in the detection of Diabetic Retinopathy (SMART) study. *BMJ Open Diabetes Res Care*. 2020;8(1):e000892.
- Natarajan S, Jain A, Krishnan R, Rogye A, Sivaprasad S. Diagnostic Accuracy of Community-Based Diabetic Retinopathy Screening With an Offline Artificial Intelligence System on a Smartphone. *JAMA Ophthalmol*. 2019;137(10):1182-1188.
- Rajalakshmi R, Subashini R, Anjana RM, Mohan V. Automated diabetic retinopathy detection in smartphone-based fundus photography using artificial intelligence. *Eye (Lond)*. 2018 Jun;32(6):1138-1144.

24. Office of the Commissioner. FDA permits marketing of artificial intelligence-based device to detect certain diabetes-related eye problems [Internet]. U.S. Food and Drug Administration. 2018. Available from: <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-permits-marketing-artificial-intelligence-based-device-detect-certain-diabetes-related-eye>
25. Ministério da Saúde (BR). Portaria Conjunta nº 17, de 1º de outubro de 2021. Aprova o Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas da Retinopatia Diabética [Internet]. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2021. Acessar em [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/saes/2021/poc0017\\_16\\_12\\_2021.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/saes/2021/poc0017_16_12_2021.html)
26. Ahmed J, Ward TP, Bursell SE, Aiello LM, Cavallerano JD, Vigersky RA. The sensitivity and specificity of nonmydriatic digital stereoscopic retinal imaging in detecting diabetic retinopathy. *Diabetes Care.* 2006;29(10):2205-9.
27. Carneiro LFS, Carvalho PS, Santos PHE, Delfino DGS, Mourão MS, Gonçalves AS, et al. Rastreamento da retinopatia diabética pelo médico generalista na Atenção Primária de Saúde do Brasil. *Rev Bras Oftalmol.* 2024;83:e0014.
28. Oliveira LES de, Silva MC da, Santiago RVC de, Benevides CA, Cunha CCH, Matos AG. Diagnóstico da retinopatia diabética por inteligência artificial por meio de smartphone. *Rev Bras Oftalmol.* 2024;83:e0006.

## INFORMAÇÃO DOS AUTORES



» **Antomir Santos Pereira**

<https://orcid.org/0009-0009-2488-4158>  
<http://lattes.cnpq.br/0237563895156365>



» **Vinícius Rothier Duarte Neves**

<https://orcid.org/0009-0004-4230-013X>  
<http://lattes.cnpq.br/9057096884239460>



» **José Gabriel Abreu Moreira**

<https://orcid.org/0009-0005-1645-1820>  
<http://lattes.cnpq.br/7424259581681244>



» **Danilo Ramos Stropp**

<https://orcid.org/0009-0003-6415-5722>  
<http://lattes.cnpq.br/5495492066379401>



» **Raul de Carvalho Cavalcante Filho**

<https://orcid.org/0009-0001-9795-7700>  
<http://lattes.cnpq.br/4843763196727858>



» **Haroldo de Lucena Bezerra**

<https://orcid.org/0000-0002-2946-1244>  
<http://lattes.cnpq.br/8824480892150126>