



ISSN 2674-8169



Latindex



DOI



APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO DIAGNÓSTICO DE CARCINOMA EPIDERMÓIDE ORAL: Uma síntese de revisões sistemáticas

Nycole Susi Ferreira de Araújo ¹, Laís Inês Silva Cardoso ², Raísa Sales de Sá³, Thalita Santana³



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2026v8n3p330-351>

Artigo recebido em 6 de Fevereiro e publicado em 6 de Março de 2026

ARTIGO DE REVISÃO

RESUMO

Introdução: O carcinoma epidermoide oral (CEO), também denominado carcinoma espinocelular ou de células escamosas, representa aproximadamente 90% das neoplasias malignas da cavidade oral. De acordo com a World Cancer Research Fund, no ano de 2022, aproximadamente 389.846 novos casos de câncer de boca foram registrados em todo o mundo, com maior incidência entre homens. Apesar do aumento na incidência de casos ser uma tendência global, a subnotificação ainda apresenta um grande problema, principalmente em países subdesenvolvidos, o que pode implicar diretamente no prognóstico do paciente, diminuindo suas chances de cura. **Objetivo:** Avaliar e sintetizar revisões sistemáticas que analisaram o desempenho e precisão de diferentes aplicações das inteligências artificiais no diagnóstico de carcinoma epidermoide oral. **Materiais e métodos:** Foram utilizadas as bases de dados: PUBMED/MEDLINE; Web of Science; LILACS (BVS) e Scielo, além da busca por artigos em “literatura cinzenta”, no Google Scholar. Na pesquisa foram empregados os descritores: Oral cancer; oral squamous cells carcinoma; “AI”; Artificial Intelligence; Deep learning; Machine learning. Ademais, utilizaram-se os operadores booleanos “AND” e “OR”. Para os critérios de inclusão optou-se por trabalhos do tipo revisão sistemática com dados robustos e detalhados, publicados durante o período de 2020 a 2025, que abordassem a utilização de inteligência artificial como ferramenta no diagnóstico de carcinoma epidermoide oral. O idioma de escolha dos estudos selecionados foi o inglês. **Resultados:** Após identificação, triagem e aplicação dos critérios de elegibilidade, 11 revisões sistemáticas foram selecionadas para este estudo. **Conclusão:** Observou-se que os modelos de inteligência artificial aplicados demonstraram desempenho promissor no diagnóstico do carcinoma epidermoide oral. Entretanto, ainda são necessários estudos adicionais para padronização dos protocolos metodológicos, ampliação e variabilidade dos conjuntos de dados e validação clínica dos modelos de IAs aplicados.

Palavras-chave: Inteligência artificial; Carcinoma epidermoide oral; Câncer oral; Diagnóstico.

Application of Artificial Intelligence in the Diagnosis of Oral Squamous Cell Carcinoma: A Synthesis of Systematic Reviews

ABSTRACT

Introduction: Oral squamous cell carcinoma (OSCC), also known as squamous cell carcinoma, accounts for approximately 90% of all malignant neoplasms of the oral cavity. According to the World Cancer Research Fund, in 2022, around 389,846 new cases of oral cancer were reported worldwide, with a higher incidence among men. Despite the global trend of increasing incidence, underreporting remains a major issue, particularly in developing countries, which may directly affect patient prognosis and reduce survival rates. **Objective:** To evaluate and synthesize systematic reviews that analyzed the performance and accuracy of different artificial intelligence (AI) applications in the diagnosis of oral squamous cell carcinoma. **Materials and Methods:** The databases PUBMED/MEDLINE, Web of Science, LILACS (BVS), and SciELO were searched, as well as “grey literature” sources through Google Scholar. The following descriptors were used: *oral cancer*, *oral squamous cell carcinoma*, *AI*, *artificial intelligence*, *deep learning*, and *machine learning*, combined with the Boolean operators “AND” and “OR”. Inclusion criteria comprised systematic reviews with robust and detailed data, published between 2020 and 2025, addressing the use of artificial intelligence as a diagnostic tool for oral squamous cell carcinoma. Only studies written in English were included. **Results:** After identification, screening, and application of eligibility criteria, 11 systematic reviews were selected for inclusion in this study. **Conclusion:** Artificial intelligence models demonstrated promising performance in the diagnosis of oral squamous cell carcinoma. However, further studies are required to standardize methodological protocols, expand and diversify datasets, and clinically validate the AI models applied.

Keywords: Artificial intelligence; Oral squamous cell carcinoma; Oral cancer; Diagnosis

Instituição afiliada – 1 Mestranda em Ciências, Departamento de Patologia e Medicina Legal, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

2 Cirurgiã-Dentista, Mestra em Odontologia, Universidade CEUMA, São Luís, Maranhão, Brasil.

3 Professora do Programa de Pós-Graduação e Graduação em Odontologia da Universidade CEUMA, São Luís, Maranhão, Brasil.

Autor correspondente: Nycole Susi Ferreira de Araújo nycolesaraujo@gmail.com

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



INTRODUÇÃO

O CÂNCER DE BOCA

O carcinoma epidermoide oral (CEO), também denominado carcinoma espinocelular ou de células escamosas, representa aproximadamente 90% das neoplasias malignas da cavidade oral(1). Em sua apresentação clínica, observa-se frequentemente manifestações orais na forma de úlceras de bordas elevadas ou planas, presença de coloração eritroplásica, leucoplásica ou na forma mista (eritroleucoplásica ou leucoeritroplásica), que não cicatrizam mesmo após longos períodos, geralmente assintomáticas (2). Em estágios mais avançados, é possível observar também a presença de linfadenopatia cervical ou metástase linfonodal, que evidencia a disseminação do cancer para outras regiões. Os sítios anatômicos mais comumente afetados pelo CEO são: borda lateral e ventre de língua, lábio inferior, palato e mucosa jugal(1–3).

De acordo com a World Cancer Research Fund, no ano de 2022, aproximadamente 389.846 novos casos de câncer de boca foram registrados em todo o mundo, com maior incidência entre homens. Apesar do aumento na incidência de casos ser uma tendência global, a subnotificação ainda apresenta um grande problema, principalmente em países subdesenvolvidos, o que pode implicar diretamente no prognóstico do paciente, diminuindo suas chances de cura(1).

O CEO possui tempo média de sobrevida de cinco anos, entretanto esse período pode variar significativamente de acordo com o estágio em que o paciente se encontra no momento do diagnóstico. Em estágios iniciais, a taxa sobrevida pode alcançar até 90%, enquanto em estágios avançados, essa taxa pode cair para 30% (2,4). Neste contexto entende-se que o diagnóstico precoce é crucial para o prognóstico dos pacientes(3,5).

Atualmente, o exame anatomopatológico da biópsia da lesão é considerado o padrão-ouro para o diagnóstico do câncer de boca(6). A acurácia desse método depende da

execução adequada da biópsia, processamento correto do fragmento biopsiado e da experiência diagnóstica do patologista. Mediante aumento na incidência de novos casos de CEO e da importância do diagnóstico precoce, é de extrema importância a realização da implementação programas de rastreamento eficazes, visando a detecção precoce e a redução da mortalidade associada ao carcinoma epidermoide oral(1–4).

PATOLOGIA COMPUTACIONAL

Com o objetivo de otimizar o tempo de entrega do diagnóstico e ampliar a quantidade de diagnósticos realizados, houve uma busca incessante da comunidade científica pelo aperfeiçoamento das Inteligências Artificiais (IAs) para diferentes aplicabilidades dentro da medicina. A patologia computacional, é uma subárea da patologia que se dedica ao estudo e aplicação de diversas ferramentas tecnológicas no diagnóstico e tem sofrido constantes avanços nos últimos anos(7). Aliada ao avanço das aplicações da inteligência artificial na medicina, a sua aplicação tem permitido um grande progresso em diversas aplicações como: detecção e classificação de lesões, auxílio na tomada de decisões diagnósticas, rastreamento de doenças e até mesmo na previsão da evolução da doença(8,9).

Inicialmente, é importante estar familiarizado com alguns conceitos citados neste artigo, como o conceito de inteligência artificial e os tipos de inteligência artificiais aplicados no diagnóstico existentes.

A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A inteligência artificial (IA) foi desenvolvida inicialmente durante os anos de 1950, dentre os primeiros modelos criados, destaca-se a criação do Percept, desenvolvido por Frank Rosenblatt em 1958. A partir das melhorias aplicadas aos diferentes modelos de inteligência artificial nos últimos anos, a IA tornou-se mais acessível e democratizada ao público em geral através da criação dos chatbots de inteligência artificial, que são sistemas utilizados primariamente na conversação com seres humanos, proporcionando também a realização de tarefas cotidianas simples como buscas na internet, respostas a perguntas simples e até mesmo atividades mais complexas como análises detalhadas

de grandes volumes de dados(9).

No campo da medicina, a IA possui diversas aplicações, que variam desde a utilização de softwares aplicados em equipamentos utilizados para análises de dados à aplicação das IAs na robótica cirúrgica para realização de procedimentos guiados. Uma de suas aplicações mais comuns delas é a análise complexa de dados em bancos de dados clínicos é aplicada na análise de grandes bases de dados clínicos, auxiliando na tomada de decisões clínicas, diagnósticos, tratamentos e previsão de prognósticos das mais diversas patologias. Esses sistemas podem armazenar e processar dados clínicos, exames de imagem como tomografias, fotografias de lesões, desenvolvendo hipóteses diagnósticas a partir de padrões identificados por meio de algoritmos computacionais(7,10).

Entre as principais abordagens utilizadas na IA médica está o aprendizado de máquina, ou Machine Learning (ML), que permite que algoritmos aprendam padrões a partir de dados sem serem explicitamente programados para cada tarefa(7,8). Uma subárea também muito utilizada no aprendizado de máquina é o Deep Learning (aprendizado profundo), que utiliza redes neurais, podendo ser artificiais (RNA), ou convolutionais (CNNs), com múltiplas camadas para detectar características mais complexas (11–13), esse tipo de aprendizado de máquina possui excelentes resultados na elaboração de diagnósticos mais precisos(12,14,15).

O objetivo deste estudo é avaliar e sintetizar revisões sistemáticas que avaliem o desempenho e precisão de diferentes aplicações das IAs no diagnóstico de carcinoma epidermoide oral.

METODOLOGIA

Protocolo metodológico de pesquisa

Durante a busca de trabalhos a serem empregados neste estudo foram utilizadas as

seguintes bases de dados: PUBMED/MEDLINE; Web of Science; LILACS (BVS) e Scielo, ademais foi realizada a busca por artigos em “literatura cinzenta”, no Google Scholar. Além disso, foi utilizado o gerenciador de referências Mendeley no gerenciamento e organização dos artigos selecionados, além da remoção de duplicatas durante a seleção da amostra.

Estratégias de pesquisa

Pesquisa foi realizada utilizando os seguintes descritores em ciências da saúde Decs/Mesh: Oral cancer; oral squamous cells carcinoma; “AI”; Artificial Intelligence; Deep learning; Machine learning. Ademais, utilizou-se os operadores booleanos “AND” e “OR”. Durante a busca de artigos foram utilizadas as seguintes associações entre descritores e operadores: “Oral squamous cells carcinoma” AND “Artificial intelligence” AND “Machine Learning” AND “ Deep Learning”.

Crítérios de elegibilidade aplicados

Para definição dos trabalhos elegíveis para a composição do corpo do estudo foram definidos critérios de inclusão e exclusão durante a busca, sendo:

- ***Crítérios de inclusão***

Para os critérios de inclusão optou-se por trabalhos do tipo revisão sistemática com dados robustos e detalhados, publicados durante o período de 2020 a 2025, que abordassem a utilização de inteligência artificial como ferramenta no diagnóstico de carcinoma epidermoide oral. O idioma de escolha dos estudos selecionados foi o inglês.

- ***Crítérios de exclusão***

Foram excluídos da amostra trabalhos que não se enquadrassem como revisões sistemáticas; artigos publicados antes do ano de 2020; artigos

incompletos e em outros idiomas além do inglês; artigos nos quais a IA foi utilizada exclusivamente na previsão no prognóstico do paciente e que não abordaram a detecção e diagnóstico de carcinoma epidermoide; trabalhos que abordassem o diagnóstico de carcinoma epidermoide em sítios anatômicos fora da cavidade oral e trabalhos que abordaram outros tipos de câncer de boca.

Seleção de artigos para o estudo

A seleção de artigos foi realizada em quatro fases distintas, sendo elas:

- 1- Identificação e seleção de artigos potencialmente relevantes para o estudo;
- 2- Remoção de trabalhos duplicados com o auxílio do gerenciador de referências Mendeley;
- 3- Leitura de título e resumo para inclusão de trabalhos na amostra;
- 4- Aplicação dos critérios de inclusão e exclusão para elegibilidade dos artigos para composição deste estudo

Parâmetros utilizados na extração de informações dos estudos selecionados

Os resultados deste estudo foram primariamente organizados em uma tabela (Tabela 1.), com o objetivo de agrupar e facilitar a análise dos dados obtidos. Para esta análise foi realizada a extração dos seguintes dados: Nome; Autores; País de origem; Ano de publicação; Objetivos do estudo; Número de estudos analisados; Tipo de ferramenta de inteligência artificial utilizada; Aplicação da IA; Resultados de desempenho e acurácia da IA na execução do diagnóstico e Conclusão.

Este estudo foi redigido de acordo com as diretrizes do PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items For Systematic Reviews And Meta-Analyses).

REVISÃO DE LITERATURA

O câncer de boca, especialmente o carcinoma epidermoide, é atualmente uma das doenças de maior mortalidade entre as neoplasias que acometem a região de cabeça e pescoço, principalmente em países subdesenvolvidos.(2) Condições como a baixa de especialistas disponíveis, desenvolvimento de hábitos de risco da população e ausência de políticas de rastreamento ainda são um grande entrave na diminuição da incidência de novos casos(3).

A inteligência artificial no campo médico tem sofrido diversas modificações e atualizações na tentativa de suprir lacunas ainda existentes no diagnóstico de doenças, promovendo a otimização dos diagnósticos, melhora do diagnóstico e fornecendo ferramentas de apoio a decisão clínica para especialistas (9,10).

A presente revisão sistemática objetivou avaliar a acurácia e performance diagnóstica de diferentes tipos de aplicações de inteligência artificial na detecção de diagnóstico de carcinoma epidermoide com base em 190 estudos oriundos de revisões sistemáticas e meta-análises. Para avaliação dos resultados incorporados a este estudo, foram utilizados conceitos como *acurácia*, *sensibilidade* e *especificidade*, métricas amplamente utilizadas na avaliação da qualidade de métodos diagnósticos, esses parâmetros foram vitais na mensuração da eficiência dos modelos de inteligência artificiais empregados nos estudos analisados. Para compreensão dos resultados deste estudo é importante estar familiarizado com estes conceitos. A acurácia representa proporção total de acertos de um método, seja para verdadeiros positivos ou verdadeiros negativos, assim, quanto maior for a proporção de acertos, maior será a acurácia de um método; a sensibilidade consiste na capacidade de identificar corretamente casos positivos em indivíduos doentes; já a especificidade é a capacidade de identificar corretamente casos negativos(16).

Dentre os subconjuntos da Inteligência artificial destacam-se principalmente os modelos de aprendizado de máquina e aprendizado profundo, conhecidos como Machine learning (ML) e Deep learning (DL) respectivamente(17), que foram os modelos de IA utilizados pelos trabalhos aqui apresentados.

O Machine learning é um tipo de aprendizado de máquina que ocorre sem treinamento ou programação prévia, onde a máquina utiliza de algoritmos para identificação e resolução de problemas de baixa complexidade, possuindo uma abordagem mais ampla e rasa por possui poucas camadas no processamento da informação, comumente utilizado em tarefas mais simples como agrupamento e classificação de dados(9,17). Um dos



algoritmos de ML amplamente utilizados em modelos preditivos são as Redes Neurais Artificiais (RNAs), construídas de unidades de “neurônios” artificiais que utilizam sistemas de entrada e saída de dados próprios, onde ocorrem o recebimento e processamento dos dados fornecidos, gerando uma resposta(17).

O Deep learning ou aprendizado profundo é um subcampo do Machine Learning, que consiste na combinação entre o aprendizado de máquina e redes neurais que utilizam neurônios artificiais, são constituídos por várias camadas de processamento de dados, que propiciam o aprendizado em diferentes níveis de abstração, de forma mais precisa, profunda e detalhada, extremamente eficazes no processamento de dados mais complexos(17,18).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Parâmetros analisados em estudos que analisaram as aplicações da inteligência artificial na detecção de carcinoma epidermoide oral.

AUTOR/ ANO/ PAÍS	OBJETIVOS DO ESTUDO	Nº DE ESTUDOS ANALISADOS	FERRAMENTA DE IA UTILIZADA	APLICAÇÃO DA IA	RESULTADOS	CONCLUSÃO
Jerjes <i>et al.</i> , 2024; Reino Unido	Avaliar a acurácia diagnóstica da Tomografia de Coerência Óptica (TCO) na detecção de câncer oral e sua integração com inteligência artificial	9 estudos	-Algoritmos baseados em Machine learning e Deep learning	-Interpretação automatizada de imagens de TCO - Técnicas de análise de textura em IA -Detecção de lesões e delimitação de margens tumorais	Os métodos com IA obtiveram maiores índices de acurácia;	A TCO oferece imagens de alta resolução, não invasivas e com grande precisão. Recomendam-se mais estudos multicêntricos para padronização, e aplicação clínica ampla.
Pirayesh <i>et al.</i> , 2024; Irã	Avaliar modelos de Deep learning aplicados à classificação de imagens histopatológicas para detecção de Carcinoma epidermoide oral (CEO), analisando métricas de desempenho diagnóstico.	17 estudos	Deep Learning	Classificação e segmentação de imagens histopatológicas digitais para diagnóstico de CEO.	Acurácia- 0,99; Sensibilidade -0,99 Especificidade-1,00	Modelos de DL demonstraram alta acurácia na detecção de CEO em imagens histopatológicas, comparável à de especialistas humanos em alguns estudos.
Sahoo <i>et al.</i> , 2024; Índia	Avaliar o desempenho diagnóstico da inteligência artificial (IA) na detecção de lesões orais potencialmente malignas e CEO utilizando imagens histopatológicas,	18 estudos	Modelos de Deep learning, (redes neurais convolucionais (RNCs)).	Detecção de lesões potencialmente malignas e câncer oral.	Alta performance da IA com: -Sensibilidade: 0,87 -Especificidade: 0,81	Algoritmos de IA, mostraram desempenho diagnóstico excepcional na detecção de lesões potencialmente malignas e CEO.

	fotografias e TCO.					
Malhotra <i>et al.</i> , 2024; Índia	Comparar a acurácia diagnóstica de modelos de inteligência artificial na detecção precoce do carcinoma de epidermoide (CEO).	14 estudos	Machine Learning - Deep Learning - Tomografia de Coerência Óptica com IA integrada	Diagnóstico precoce de CEO através de comparação com análise histopatológica.	Sensibilidade e especificidade agrupadas: 0,43 e 0,50 respectivamente; Desempenho geral variou de pobre a moderado. Alguns modelos individuais atingiram até 99,5% de sensibilidade e 100% de especificidade.	As ferramentas de IA têm potencial na triagem e detecção precoce do CEO, mas ainda apresentam acurácia geral pobre a moderada.
Chauveron <i>et al.</i> , 2023; França	Avaliar o desempenho da IA na detecção do carcinoma epidermoide com base em fotografias orais, analisar a validade dos bancos de dados usados.	11 estudos	- Deep Learning (redes neurais convolucionais)	Detecção de carcinoma espinocelular oral exclusivamente por meio da análise de fotografias orais digitais, sem uso de histopatologia.	-5 estudos atingiram sensibilidade > 95% - 4 estudos alcançaram acurácia > 95%	Alto potencial para detecção precoce de CEO. No entanto, há necessidade de conjuntos de dados maiores, mais padronizados e validados por biópsia.
Khanagar <i>et al.</i> , 2023; Índia	Avaliar criticamente o uso da IA na detecção, diagnóstico, classificação do câncer oral utilizando imagens histopatológicas	19 estudos	- Deep Learning (Redes Neurais Convolucionais e artificiais; Redes capsulares) - Máquinas de Vetores de Suporte - Aprendizado híbrido (CNN + SVM + extração de textura)	- Diagnóstico e classificação de carcinoma espinocelular - Diferenciação entre tecidos normais e malignos - Detecção precoce de CEO	Acurácia geral variou entre: 89,47% e 100% - Sensibilidade: 97,76% a 99,26% Especificidade: 92% a 99,42% - Redes Capsulares demonstraram acurácia de 97,35% e superaram CNNs em alguns testes.	As ferramentas de IA aplicadas à análise de imagens histopatológicas mostram excelente desempenho no diagnóstico de CEO.
Ji-Sun Kim <i>et al.</i> , 2022; Coreia do Sul	Avaliar a eficácia da inteligência artificial na distinção entre lesões cancerosas e mucosa normal com base em imagens orais	14 estudos (7 estudos com foco em carcinoma espinocelular)	Modelos de Deep Learning não especificados aplicados a imagens obtidas por: Fotografia; Autofluorescência; Tomografia de Coerência Óptica (TCO)	Discriminação através de IA entre mucosa oral normal e lesões orais pré-cancerosas ou cancerosas, com base em diferentes tipos de imagem	- Sensibilidade: 92,32% - Especificidade: 94,94% - A tomografia de coerência óptica apresentou os melhores resultados entre os tipos de imagem	A IA demonstra excelente desempenho diagnóstico, com alto potencial para uso clínico. TCO foi a ferramenta de imagem com maior acurácia

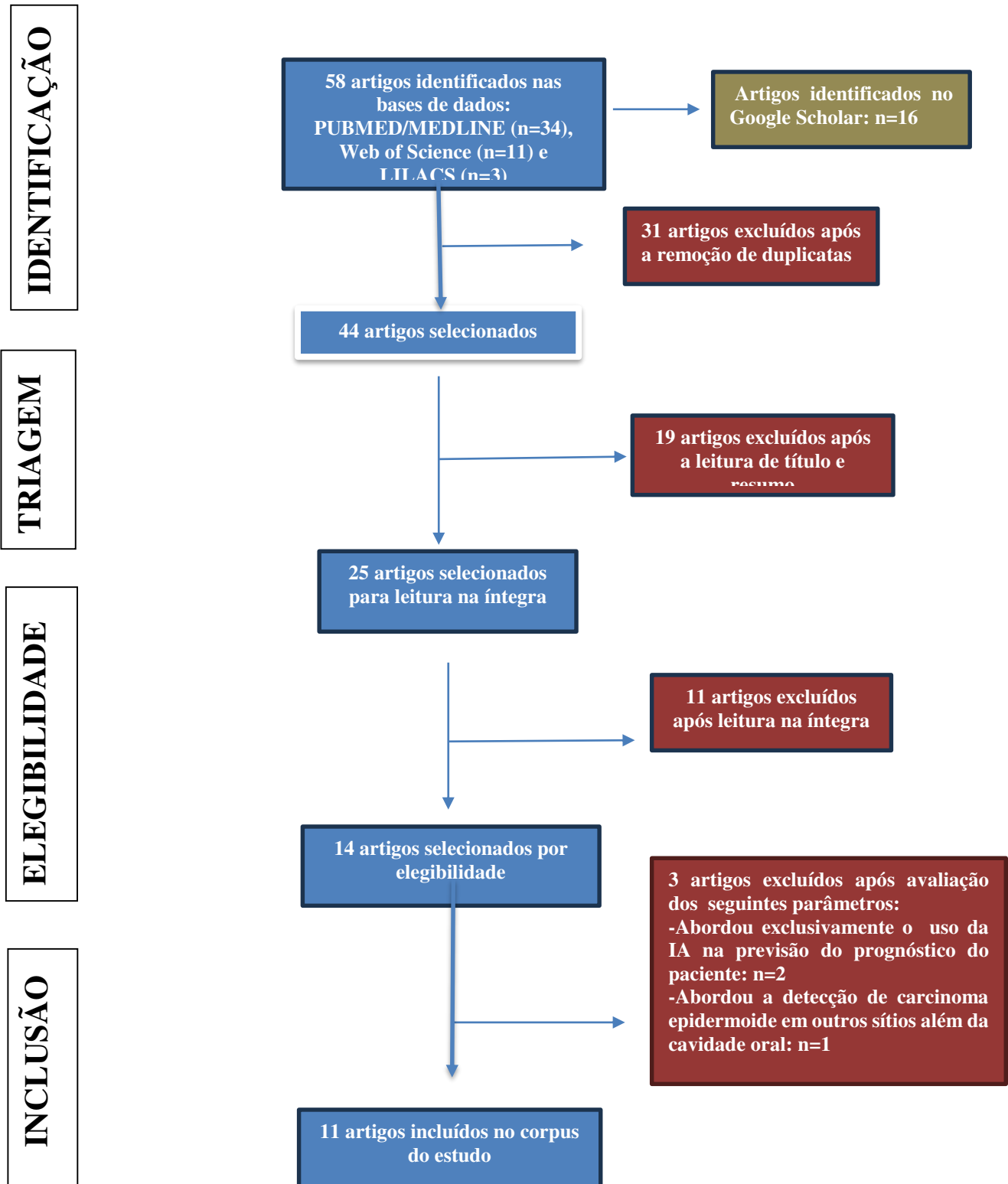


Aplicação da Inteligência Artificial na Detecção de Carcinoma Epidermoide Oral: Uma síntese de revisões sistemáticas

Araújo et.al, 2026

Beristain-Colorado <i>et al.</i> , 2024; México	Avaliar a sensibilidade e especificidade de redes neurais artificiais na detecção de câncer oral	9 estudos	Deep learning (Redes neurais artificiais e convolucionais)	Detecção precoce de câncer oral a partir de imagens clínicas	Acurácia >85% na maioria dos estudos. No entanto, todos os estudos apresentaram alto risco de viés.	Redes neurais são promissoras na detecção de CEO, mas é necessário melhorar a qualidade metodológica dos estudos
Warin & Suebnukarn, 2024; Tailândia	Revisar o uso de Deep learning no diagnóstico e prognóstico do câncer oral	Total de 54 estudos, com 51 deles abordando o diagnóstico	Modelos de Deep learning variados	Classificação, detecção e previsão prognóstica do câncer oral	Todos os estudos apresentaram sensibilidade >90%	Modelos de Deep Learning apresentam desempenho satisfatório na detecção do CEO
Veeraghavan <i>et al.</i> , 2024; Índia	Avaliar a eficácia da IA na detecção e diagnóstico do câncer oral	12 estudos	Modelos de Machine learning e Deep learning (Redes neurais convolucionais)	Detecção e diagnóstico de câncer oral via análise de imagens clínicas e histopatológicas	Alta sensibilidade e especificidade em detecção de CEO, com uso de RNCs.	A IA é eficaz no diagnóstico precoce de câncer oral, apesar de desafios como a baixa variabilidade de dados
Elmakaty <i>et al.</i> , 2022; Egito	Avaliar a acurácia da IA na detecção de carcinoma espinocelular oral	16 estudos	Machine Learning Deep Learning	Detecção CEC em exames de imagem comparada ao exame histopatológico	Sensibilidade: 92%, Especificidade: 91,9%,	A IA tem alta acurácia diagnóstica para o CEO, porém mais estudos prospectivos são necessários.

Figura 1- Fluxograma em PRISMA de metodologia para identificação, triagem, elegibilidade e inclusão de artigos



Neste estudo foram utilizadas algumas redes neurais e aplicações de modelos de Deep learning que merecem maior detalhamento, para a compreensão dos resultados deste estudo, sendo elas: Redes neurais convolucionais (RNAs): tipo de rede neural bastante utilizada no processamento e análise de imagens, com aptidão no reconhecimento de padrões visuais, análise de exames de imagem e fotografias e afins(12); Redes capsulares: trabalham com a orientação e posição espacial de objetos presentes em imagens, reconhecendo o objeto mesmo em posições ou ângulos diferentes; Maquinas de vetor de suporte: algoritmos de aprendizado de máquina utilizados em classificações lineares ou não(19); Análise textura com IA: realiza a detecção de padrões diversos em imagens de tecidos como variações de tonalidade, rugosidade, delimitação de bordas e etc.; Aprendizado híbrido: combinação entre diferentes tipos de algoritmos utilizando as vantagens de cada um.(9,17)

Durante a escolha de parâmetros a serem analisados nos resultados, foram analisadas as diferentes aplicações da IA no diagnóstico de lesões de carcinoma epidermoide oral, com estudos integrando a IA a outros métodos diagnóstico pré-existentes como análise histopatológica, tomografia de coerência óptica, autofluorescência, fotografias orais ou comparação de mais de um tipo de método. Dentre os trabalhos que avaliaram a detecção e diagnóstico da IA em imagens de histopatologia, Pirayesh *et al.*, 2024 realizou uma revisão sistemática e meta-análise envolvendo 17 estudos que objetivaram detectar, segmentar e classificar lâminas histopatológicas para o diagnóstico de CEO através da utilização do Deep Learning, dentre os resultados observou-se uma acurácia de 0,99, sensibilidade de 0,99 e especificidade 1,00, demonstrando que o uso da IA foi extremamente satisfatório, com resultados comparáveis aos de profissionais em alguns estudos(11). Khanagar *et al.*, 2023, revisou 19 estudos que utilizaram RNAs no diagnóstico, classificação e previsão da ocorrência de CEO em análise de imagens de histopatologia, resultando em acurácia de 89% a 100%; sensibilidade de 92 a 99% e especificidade de 92 a 99%(15). Esses resultados demonstram um nível avançado de precisão e exatidão dos modelos aplicados, afirmando o auxílio da IA na melhora da objetividade e aplicabilidade da técnica e reduzindo os danos do desgaste por esgotamento profissional(11,15,20)

Malhotra *et al.*, 2024, avaliou a acurácia da tomografia de coerência óptica com integração de IA em comparação ao histopatologia em 14 estudos, como resultado,

obteve-se sensibilidade e especificidade agrupadas: 0,43 e 0,50 respectivamente; indicando um baixo desempenho geral do método aplicado que variou de pobre a moderado(14). Entretanto, Jerjes *et al.*, 2024, que também avaliou o uso da TCO com IA integrada para o diagnóstico de CEO, comparou trabalhos que avaliaram classificação de detecção de CEO em mucosa oral saudável, displásica e cancerosa, enquanto os examinadores clínicos obtiveram sensibilidade de 72-95% e especificidade de 71-93%, a IA obteve sensibilidade de 95-100% e especificidade de 76-100%, e demonstrando grandes habilidades no delineamento de imagens e identificação de tecidos normais e malignos(20).

Sahoo *et al.*, 2024, averiguou 18 estudos que utilizaram redes neurais convolucionais para diagnóstico em imagens de histopatologia, TCO e fotografias orais. O resultado foi de sensibilidade (SE) e especificidade (SP) de 97 % e 95% respectivamente para imagens de histopatologia, SE de 90% e SP 95% para imagens de TCO e SE de 82% e SP 73% para fotografias orais. O desempenho geral da IA foi de sensibilidade e especificidade de 87% e 81% respectivamente(21), no entanto, foi observada uma baixa variabilidade nos estudos devido a presença de bancos de dados limitados e amostras pequenas.

Warin & Suebnukarn, 2024 avaliaram 12 estudos que utilizaram variados modelos de Deep learning aplicados a imagens de histopatologia, TCO e imagens clínicas na classificação, detecção e previsão prognóstica de CEO, os resultados obtidos foram muito satisfatórios, com precisão média de 85-100%, porém não foram apresentadas técnicas para verificação de confiabilidade dos resultados(13).

Elmaky *et al.*, 2022 avaliou 16 trabalhos que abordaram a utilização de algoritmos de MI e DL na detecção de CEO em imagens de espectroscopia e fotografias orais, apresentando sensibilidade de 92%, especificidade de 91,9%. Entre os desempenhos de teste a Espectroscopia RAMAN obteve sensibilidade: 97,8%; a espectroscopia de fluorescência apresentou sensibilidade de 93,2% e especificidade: 96,5% , já a fotografia oral resultou em sensibilidade: 90,4% e especificidade: 93,2%(22). Veeraghavan *et al.*, 2024 reuniu 12 estudos em uma revisão sistemática para avaliar a aplicação de modelos de DL e ML na análise de imagens clínicas e histopatológicas para avaliar a eficácia da IA na detecção e diagnóstico do câncer oral, apresentando uma alta acurácia diagnóstica geral, principalmente com o uso de RNCs. Os trabalhos de Elmaky e Veeraghavan demonstraram na análise do uso da IA associadas a imagens clínicas, uma excelente alternativa não invasiva de diagnóstico em condições em que o acesso a especialista é restrito (22,23).

Jim-Sun Kim *et al.*, 2022, analisou através de 14 estudos, 7 deles voltados ao diagnóstico de CEO em diferentes tipos de exames de imagem, a utilização de redes neurais convolucionais na detecção de CEO, os resultados dos subgrupos analisados foram: Sensibilidade de 63,5% e especificidade de 94% para a imagens de autofluorescência; Sensibilidade de 84,4% e especificidade de 94,6% para imagens de TCO e sensibilidade de 87,4% e especificidade de 94,9% para as fotografias orais, demonstrando que a TCO teve maior precisão nos resultados obtidos(24).

Na análise exclusiva de fotografias orais através da IA, Chauveron *et al.*, 2023, selecionou 11 estudos que utilizaram redes neurais convolucionais na detecção de CEO em imagens clínicas, dentre esses estudos 5 obtiveram taxas de sensibilidade acima de 95% e níveis de precisão de até 99%, utilizando pontos de referências anatômicos nas imagens selecionadas para orientação do processo de detecção de câncer. Entretanto, a pequena dimensão dos conjuntos de dados e despadronização dos conjuntos foram grandes limitações do estudo(6). Beristain-Colorado *et al.*, 2023, avaliou 9 estudos que também abordaram a utilização de RNAs na detecção de CEO em imagens clínicas, obtendo acurácia média de 85%(12), entretanto observou-se alto risco de viés nos resultados mediante ao pequeno número de imagens utilizados dos conjuntos de dados.

Nos trabalhos incorporados a este estudo, constatou-se que a inteligência artificial (IA) possui um futuro promissor na detecção e diagnóstico do carcinoma epidermoide oral(7,9,10,17,19). Apesar do recorrente uso de modelos de Machine learning em vários trabalhos, os estudos que utilizaram Deep learning, obtiveram o melhor desempenho, principalmente através das redes neurais convolucionais(11,12,14,24), com dados de sensibilidade e especificidade acima de 90% na maioria dos trabalhos selecionados. Métodos que avaliaram imagens obtidas a partir de exames histopatológicos e tomografia de coerência óptica também obtiveram resultados mais precisos que aqueles comparados a fotografias orais na maioria dos estudos(14,20,24).

Apesar dos grandes avanços, boa parte dos trabalhos ainda não possuem aplicações clínicas e tem um número de amostras limitadas, o que evidencia a forte necessidade de validação clínica em grande escala para incorporação dessas ferramentas na prática clínica(11,13,15). Outro aspecto importante a ser analisado é a utilização de metodologias heterogêneas, ausência de padronização nos protocolos de avaliação do desempenho dos modelos de IAs aplicados, que se tornaram um fator limitante em vários estudos(12), por isso torna-se imprescindível que novas pesquisas sejam conduzidas, com ensaios clínicos mais robustos e metodologias padronizadas no futuro.



Além disso, a criação de barreiras éticas e legais, políticas públicas e regulamentações específicas são vitais para a garantia do uso ético e seguro dessas tecnologias. (12,14,24). Ainda que a IA apresente potencial de reduzir viés e otimizar a detecção precoce, ela ainda não substitui o exame clínico e histopatológico tradicional realizado pelo especialista(22), devendo ser utilizada como ferramenta de apoio a decisão clínica.

Nesse contexto, a integração da inteligência artificial a detecção do carcinoma epidermoide oral denota um grande avanço na promoção de diagnósticos precoces, podendo ser implementada futuramente a políticas públicas de rastreio, principalmente em locais onde o acesso a especialistas é limitado, implicando na diminuição dos diagnósticos tardios, aumentando as chances de cura e melhora da qualidade de vida dos pacientes acometidos pelo câncer de boca.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, observou-se que os modelos de inteligência artificial aplicados demonstraram um desempenho promissor no diagnóstico do carcinoma epidermoide oral. Os trabalhos que aplicaram o Deep learning, em especial as redes neurais convolucionais, apresentaram os melhores resultados dentre os demais grupos. Entretanto, ainda são necessários estudos adicionais para padronização dos protocolos metodológicos, ampliação e variabilidade dos conjuntos de dados e validação clínica dos modelos de IAs aplicados. Do mesmo modo, a implementação dessas tecnologias ao diagnóstico clínico denota um forte potencial na otimização e viabilidade do diagnóstico do CEO, contribuindo para uma maior precisão nos resultados.

REFERÊNCIAS

1. Dong L, Xue L, Cheng W, Tang J, Ran J, Li Y. Comprehensive survival analysis of oral squamous cell carcinoma patients undergoing initial radical surgery. *BMC Oral Health* [Internet]. 2024 Dec 1 [cited 2025 May 12];24(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39123139/>
2. Oliveira LL, Bergmann A, Melo AC, Thuler LCS. Prognostic factors associated with overall

- survival in patients with oral cavity squamous cell carcinoma. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* [Internet]. 2020 Jul 1 [cited 2025 May 12];25(4):e523. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7338068/>
3. Farias Sousa L, Silva VB, Rezende D, Sarri A, Almeida I, Lima B. Aspectos clínicos do carcinoma epidermoide oral: uma revisão integrativa da literatura. *Brazilian Journal of Health Review* [Internet]. 2023 Jun 4 [cited 2025 May 12];6(3):11710–26. Available from: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/60417>
 4. Zou Z, Li B, Wen S, Lin D, Hu Q, Wang Z, et al. The Current Landscape of Oral Squamous Cell Carcinoma: A Comprehensive Analysis from ClinicalTrials.gov. *Cancer Control* [Internet]. 2022 Mar 8 [cited 2025 May 12];29:10732748221080348. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8968992/>
 5. Hirsch JM, Sandy R, Hasséus B, Lindblad J. A paradigm shift in the prevention and diagnosis of oral squamous cell carcinoma. *Journal of Oral Pathology and Medicine* [Internet]. 2023 Oct 1 [cited 2025 May 1];52(9):826–33. Available from: </doi/pdf/10.1111/jop.13484>
 6. de Chauveron J, Unger M, Lescaille G, Wendling L, Kurtz C, Rochefort J. Artificial intelligence for oral squamous cell carcinoma detection based on oral photographs: A comprehensive literature review. Vol. 13, *Cancer Medicine*. John Wiley and Sons Inc; 2024.
 7. Swanson K, Wu E, Zhang A, Alizadeh AA, Zou J. From patterns to patients: Advances in clinical machine learning for cancer diagnosis, prognosis, and treatment. *Cell* [Internet]. 2023 Apr 13 [cited 2025 May 12];186(8):1772–91. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36905928/>
 8. Vinay V, Jodalli P, Chavan MS, Buddhikot CS, Luke AM, Ingafou MSH, et al. Artificial Intelligence in Oral Cancer: A Comprehensive Scoping Review of Diagnostic and Prognostic Applications. *Diagnostics* [Internet]. 2025 Feb 1 [cited 2025 May 12];15(3):280. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11816433/>
 9. Sajithkumar A, Thomas J, Saji AM, Ali F, Haneena HH, Adampulan HAG, et al. Artificial Intelligence in pathology: current applications, limitations, and future directions. *Ir J Med Sci* [Internet]. 2024 Apr 1 [cited 2025 May 12];193(2):1117–21. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37542634/>
 10. Jiang F, Jiang Y, Zhi H, Dong Y, Li H, Ma S, et al. Artificial intelligence in healthcare: Past,

- present and future. *Stroke Vasc Neurol* [Internet]. 2017 Dec 1 [cited 2025 May 12];2(4):230–43. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29507784/>
11. Pirayesh Z, Mohammad-Rahimi H, Ghasemi N, Motamedian SR, Sadeghi TS, Koochi H, et al. Deep Learning-Based Image Classification and Segmentation on Digital Histopathology for Oral Squamous Cell Carcinoma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Oral Pathology and Medicine* [Internet]. 2024 Oct 1 [cited 2025 May 11];53(9). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39256895/>
 12. Beristain-Colorado MDP, Castro-Gutiérrez MEM, Torres-Rosas R, Vargas-Treviño M, Moreno-Rodríguez A, Fuentes-Mascorro G, et al. Application of neural networks for the detection of oral cancer: A systematic review. *Dent Med Probl* [Internet]. 2024 Jan 1 [cited 2025 May 6];61(1):121–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37098828/>
 13. Warin K, Suebnukarn S. Deep learning in oral cancer- a systematic review. *BMC Oral Health*. 2024 Dec 1;24(1).
 14. Malhotra M, Shaw AK, Priyadarshini SR, Metha SS, Sahoo PK, Gachake A. Diagnostic Accuracy of Artificial Intelligence
nce Compared to Biopsy in Detecting Early Oral Squamous Cell Carcinoma: A Systematic Review and Meta Analysis. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention* [Internet]. 2024 [cited 2025 May 2];25(8):2593–603. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39205556/>
 15. Khanagar S, Alkadi L, Alghilan M, Biomedicines SK, 2023 undefined. Application and performance of artificial intelligence (AI) in oral cancer diagnosis and prediction using histopathological images: a systematic review. *mdpi.com* [Internet]. 2021 [cited 2025 Apr 29]; Available from: <https://www.mdpi.com/2227-9059/11/6/1612>
 16. Ferreira JC, Patino CM. Understanding diagnostic tests. Part 1. *Jornal Brasileiro de Pneumologia* [Internet]. 2017 Sep 1 [cited 2025 May 18];43(5):330–330. Available from: <https://www.scielo.br/j/jbpneu/a/rHy8WhCg5cWVWypdf4phDXj/?lang>
 17. Janiesch C, Zschech P, Heinrich K. Machine learning and deep learning. *Electronic Markets* [Internet]. 2021 Sep 1 [cited 2025 May 18];31(3):685–95. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12525-021-00475-2>
 18. Lecun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. *Nature* [Internet]. 2015 May 27 [cited 2025 May 12];521(7553):436–44. Available from:



<https://www.nature.com/articles/nature14539>

19. Filho RBL, Carneiro MG. Diagnóstico do câncer oral através da classificação de alto nível. Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde (SBCAS) [Internet]. 2023 Jun 27 [cited 2025 May 20];54–9. Available from: https://sol.sbc.org.br/index.php/sbcas_estendido/article/view/25331
20. Jerjes W, Stevenson H, Ramsay D, Hamdoon Z. Enhancing Oral Cancer Detection: A Systematic Review of the Diagnostic Accuracy and Future Integration of Optical Coherence Tomography with Artificial Intelligence. *J Clin Med* [Internet]. 2024 Oct 1 [cited 2025 May 2];13(19). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39407882/>
21. Sahoo RK, Sahoo KC, Dash GC, Kumar G, Baliarsingh SK, Panda B, et al. Diagnostic performance of artificial intelligence in detecting oral potentially malignant disorders and oral cancer using medical diagnostic imaging: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Oral Health* [Internet]. 2024 [cited 2025 May 2];5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39568787/>
22. Elmakaty I, Elmarasi M, Amarah A, ... RAC reviews in, 2022 undefined. Accuracy of artificial intelligence-assisted detection of oral squamous cell carcinoma: a systematic review and meta-analysis. *Elsevier* [Internet]. 2022 [cited 2025 Apr 29]; Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040842822002013>
23. Veeraraghavan V, Minervini G, ... DRJ of, 2024 undefined. Assessing Artificial Intelligence in Oral Cancer Diagnosis: A Systematic Review. *journals.lww.com* [Internet]. 2024 [cited 2025 Apr 29]; Available from: https://journals.lww.com/jcraniofacialsurgery/fulltext/2024/11000/assessing_artificial_intelligence_in_oral_cancer.47.aspx?context=latestarticles
24. Kim JS, Kim BG, Hwang SH. Efficacy of Artificial Intelligence-Assisted Discrimination of Oral Cancerous Lesions from Normal Mucosa Based on the Oral Mucosal Image: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cancers (Basel)* [Internet]. 2022 Jul 1 [cited 2025 May 2];14(14). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35884560/>