

AS VANTAGENS E LIMITAÇÕES DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA RADIOLOGIA ODONTOLÓGICA

THE ADVANTAGES AND LIMITATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DENTAL RADIOLOGY

Lara Kruger¹; Paulo Junqueira²

Descritores: Radiologia; Inteligência Artificial; Diagnóstico Por Imagem

Keyword: Radiology; Artificial Intelligence; Diagnostic Imaging

RESUMO

Este estudo apresenta uma revisão da literatura sobre o uso da inteligência artificial (IA) na radiologia odontológica, com o objetivo primário de destacar suas aplicabilidades no diagnóstico. O trabalho avalia como a IA pode melhorar a eficiência e precisão dos diagnósticos odontológicos, além de conhecer suas limitações e investigar os impactos na rotina clínica. Conclui-se que a integração da IA na odontologia, especialmente na radiologia, promete transformar a prática clínica ao aprimorar a precisão diagnóstica e a eficiência dos processos, beneficiando tanto profissionais quanto pacientes. No entanto, essa inovação enfrenta desafios, como a qualidade e disponibilidade de dados, em conformidade com regulamentações como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), além da suscetibilidade a falhas nos sistemas de IA. A confiança excessiva em resultados automatizados pode comprometer o julgamento clínico. Portanto, é fundamental que a IA seja utilizada como uma ferramenta complementar, não substitutiva. A implementação bem-sucedida da IA na odontologia dependerá de avanços tecnológicos contínuos e de uma abordagem crítica por parte dos profissionais de saúde dental, garantindo que a tecnologia seja utilizada de forma eficaz e segura para oferecer um atendimento ao paciente de alta qualidade.

ABSTRACT

This study presents a literature review on the use of artificial intelligence (AI) in dental radiology, with the primary objective of highlighting its applications in diagnosis. The work evaluates how AI can improve the efficiency and accuracy of dental diagnoses, as well as understanding its limitations and investigating its impacts on clinical routines. It concludes that the integration of AI in dentistry, particularly in radiology, promises to transform clinical practice by enhancing diagnostic precision and process efficiency, benefiting both professionals and patients. However, this innovation faces challenges such as data quality and availability, in compliance with regulations like the General Data Protection Law (LGPD), as well as susceptibility to failures in AI systems. Over-reliance on automated results can compromise clinical judgment. Therefore, it is crucial that AI is used as a complementary tool, rather than a substitute. The successful implementation of AI in dentistry will depend on ongoing technological advancements and a critical approach by dental health professionals, ensuring that technology is used effectively and safely to provide high-quality patient care.

1 Acadêmica do 9º período do Curso de Graduação em Odontologia do UNIFESO – 2024.

2 Professor Mestre-Docente do Curso de Graduação em Odontologia do UNIFESO.

INTRODUÇÃO

A área da odontologia está constantemente em evolução, impulsionada pela adaptação e aprimoramento dos profissionais às novas tecnologias emergentes. Nesse contexto, observamos avanços significativos, como surgimento dos planejamentos digitais, escâneres intraorais, impressão 3D de modelos e a aplicação crescente da inteligência artificial (IA). Essas evoluções da tecnologia estão transformando todos os campos da saúde, servindo como ferramentas úteis na rotina clínica (Azevedo; Catharino; Zerbinat, 2018).

A IA, em particular, representa uma ferramenta poderosa na odontologia, capacitando sistemas computacionais a processar informações e tomar decisões de maneira semelhante ao pensamento humano. Ela é capaz de processar grandes volumes de dados de saúde, proporcionando diagnósticos mais eficientes e contribuindo para uma prática clínica mais precisa (Araujo; Pinto; Nomura, 2019).

No entanto, apesar dos benefícios evidentes, a IA também enfrenta desafios, como possíveis falhas técnicas e implicações socioeconômicas. É crucial, portanto, compreender tanto as capacidades quanto as limitações dessa tecnologia para maximizar seus benefícios e estar preparado para lidar com os desafios que ela apresenta.

Este trabalho explora o impacto da IA na radiologia odontológica, destacando sua capacidade de melhorar a precisão dos diagnósticos e auxiliar os profissionais na tomada de decisões clínicas. Ao compreender os aspectos técnicos e éticos relacionados à aplicação da IA na odontologia, podemos aprimorar as práticas clínicas e melhorar a qualidade de vida tanto dos pacientes quanto dos profissionais de saúde.

OBJETIVOS

Objetivo primário

O presente estudo busca mostrar de maneira clara por meio de uma revisão de literatura como a inteligência artificial (IA) pode ser empregada dentro do ramo da radiologia odontológica, destacando suas aplicações no diagnóstico.

Objetivos secundários

- Avaliar como a IA pode melhorar a eficiência e precisão dos diagnósticos odontológicos
- Conhecer as limitações da IA na odontologia
- Investigar os impactos da IA na rotina clínica odontológica

REVISÃO DE LITERATURA

1. As origens da inteligência artificial

A primeira vez em que o termo “Inteligência Artificial” foi registrado aconteceu na Conferência do *Dartmouth College*, em New Hampshire (USA) no ano de 1956, que caracterizou o início de uma nova área de conhecimento (Russel; Norving, 2009 *apud* Barbosa; Bezerra, 2020). Embora conceitos relacionados à Inteligência Artificial já estivessem presentes antes desse período, é inegável que as experiências vivenciadas durante a Segunda Guerra Mundial desempenharam um papel crucial em seu desenvolvimento. Nessa época, houve um notável avanço tecnológico na criação de canhões antiaéreos equipados com sistemas de mira capazes de corrigir desvios, uma conquista que foi interpretada como uma tentativa inicial de simular o comportamento

humano. Esse período histórico serviu como um marco significativo no caminho para a origem e evolução da Inteligência Artificial (Teixeira, 2009 *apud* Barbosa; Bezerra, 2020).

Em 1964, foi feito o primeiro *chatbot* da história, chamado Eliza, que conseguia conversar, dar aconselhamentos e frases de empatia, muitos a consideraram como um complemento nos tratamentos psicoterápicos (Barbosa; Bezerra, 2020). A cada vez que ocorria avanços científicos a IA ganhava mais destaque, como um exemplo, pode-se citar o evento emblemático ocorreu no ano de 1997 em que o jogador enxadrista soviético Garry Kasparov foi derrotado pelo computador *Deep Blue*, da IBM.

A partir de 2008, o processamento de linguagem natural, que já havia sido explorado no passado com o robô Eliza, voltou a ser foco das pesquisas em Inteligência Artificial. Isso levou ao desenvolvimento de novos assistentes virtuais, como a Siri da Apple (lançada em 2011), a Alexa da Amazon, a Cortana da Microsoft e o Google Assistente (Barbosa; Bezerra, 2020).

Em resumo, esses momentos-chave na história da IA destacam como essa tecnologia tem evoluído e continuará a desempenhar um papel vital em nossa sociedade. A IA continua a moldar nosso mundo de maneira significativa, proporcionando avanços que melhoram a qualidade de vida e impulsionam a inovação em diversos campos.

2. Fundamentos e conceitos básicos da IA

Visto que a Inteligência Artificial (IA) é um campo da ciência da computação que se concentra em criar algoritmos de computador capazes de realizar tarefas tipicamente associadas à inteligência humana, como aprender e solucionar problemas (Silva; Carvalho e Takeshita, 2021). Segundo Mazzochi (2020, p. 11) que cita a ideia de outros autores:

A Inteligência Artificial pode ser classificada sob quatro abordagens, são elas: os sistemas que pensam como seres humanos, os que agem como seres humanos, os que pensam racionalmente e por fim, os que se agem racionalmente (GÓMEZ; ANDRÉS, 2016). E deve ser capacitada para realizar três tarefas: armazenar conhecimento; utilizar conhecimento armazenado para solucionar problemas e adquirir novos conhecimentos através da experiência. Sendo assim, representação, raciocínio e aprendizagem (SAGE, 1990).

Pode-se dizer que dentre os setores da IA, o aprendizado de máquina (AM) ou também chamado de *Machine Learning* (ML), é o setor mais aprofundado (Erickson, 2017 *apud* Mazzochi, 2020). O AM tem como principal objetivo o desenvolvimento de sistemas com base nos exemplos fornecidos, ou seja, geram hipóteses com base nas informações coletadas (Ludemir, 2021).

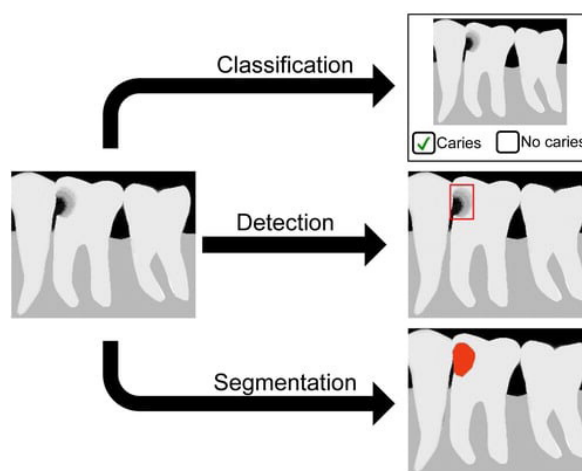
Dentre as técnicas utilizadas para o AM, destacam-se as Redes Neurais Artificiais (RNA), que são inspiradas nas redes neurais biológicas e tem sua capacidade computacional através do aprendizado e da sua maneira de adaptar-se as situações. Além desses algoritmos, também ouve-se falar bastante de Aprendizado profundo ou também chamado de *Deep Learning* (DL), que classifica-se como uma subcategoria dentro do MA, possibilitando com que os modelos computacionais consigam processar dados através de abstrações, esse método é empregado no campo de diagnóstico, reconhecimento facial nas redes sociais, detecção de objetos entre outros (Chagas, 2019).

Na visão computacional, a engenharia de recursos é essencial para simplificar a análise de dados, tornando padrões mais acessíveis aos algoritmos de computador. Enquanto no Machine Learning (ML) essa engenharia é manual, no Deep Learning (DL) as redes neurais aprendem automaticamente a partir dos dados, reduzindo a intervenção humana, o que acabou por impulsionar a demanda por DL. Em radiografias dentárias digitais, a IA, incluindo o DL, tem sido aplicada em diagnóstico assistido por computador e planejamento de tratamento,

aproveitando sua capacidade de aprender características automaticamente para melhorar a precisão e eficiência da análise radiológica (Putra *et al.*, 2021)

Na radiografia dentária digital, a IA é usada para tarefas baseadas em imagens, como classificação, detecção e segmentação. A imagem em questão [FIGURA 1] serve como um exemplo, na classificação de cáries ou dentes hígidos através da característica visual. Na detecção, sendo o principal objetivo delimitar a lesão cariosa na imagem, desenhando uma caixa delimitadora ao redor ajudando a identificar a região exata da cárie. Na segmentação, o objetivo é traçar os possíveis limites da cárie através dos pixels para que o dentista consiga ter uma visão mais detalhada (Putra *et al.*, 2021).

Figura 1- Reconhecimento de cárie dentária



Fonte: PUTRA *et al.* (2021)

3. Aplicabilidades da IA dentro da radiologia odontológica

As Radiografias dentárias ao ser analisadas pelo radiologista, por vezes caracteriza-se como um processo mais demorados e subjetivo. No entanto, a IA oferece a capacidade de reconhecer automaticamente padrões complexos nas imagens e fornecer análises quantitativas (Putra *et al.*, 2021).

O diagnóstico por imagem promete ser a área que mais irá sofrer modificações dos avanços tecnológicos, isso porque alguns autores defendem a ideia de que essas ferramentas são capazes de encontrar padrões de imagens complexos que não pode ser identificados de maneira visual convencional, isso combinado com dados anatômicos e funcionais pode tornar o diagnóstico mais precoce e preciso (Araujo; Pinto; Nomura, 2019).

A IA tem ganhado espaço na odontologia, não com o objetivo de substituir o profissional, mas de auxiliar o dentista em seu dia a dia. Já existem projetos em desenvolvimento que permitem à IA realizar detecção e numeração de dentes para preenchimento automático de odontogramas e fichas clínicas, com base na análise de radiografias periapicais e panorâmicas. Além disso, essa tecnologia é capaz de diferenciar dentes decíduos de permanentes, contribuindo para diagnósticos mais ágeis (Silva, 2021).

3.1 IA no reconhecimento de cárie

A cárie caracteriza-se como uma doença multifatorial onde tem-se a perda progressiva do esmalte dentário devido à ações dos micro-organismos. O seu método de identificação mais comumente utilizado consiste no visual-tátil, com auxílio de radiografias. No entanto, por vezes as lesões de cárie não são detectadas fa-

cilmente de maneira visual, isso deve-se pelo ruído da imagem ou baixo contraste, fazendo com que passem despercebidas. Ademais, as proximais dos dentes caracteriza-se como uma das regiões de difícil visualização para o cirurgião-dentista, seja devido à exposição desigual aos raios X, ou também às diversas sensibilidades do sensor receptor, ou à variabilidade natural na densidade ou à espessura do dente. Vários estudos utilizando a IA foram realizados com o objetivo de automação na detecção de cárie por radiografias, alguns desses estudos utilizaram como técnicas de processamento de imagens seguidas por algoritmos de aprendizado de máquina (ML) para classificar cárie dentária em radiografias, alcançando altas taxas de precisão, variando de 86% a 97% (Putra *et al.*, 2021).

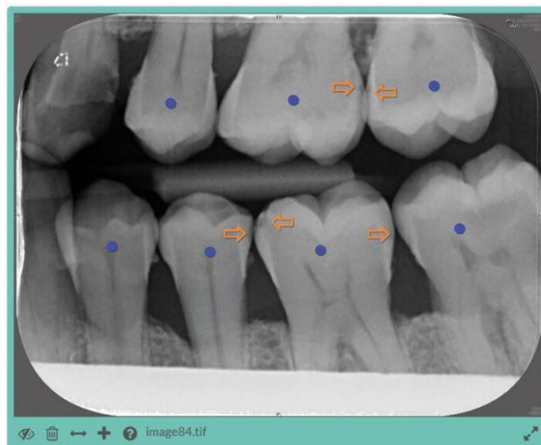
A rede neural artificial (RNA), com seu alto desempenho no tratamento de problemas complexos, tem sido amplamente utilizada no processamento de imagens médicas para aplicação em diagnóstico clínico. Em seu estudo, Lin *et al.* (2006), experimentou uma estratégia de diagnóstico de cárie dentária por RNA. Com coeficientes de autocorrelação interpixel como vetor de características de entrada, a rede alcançou um desempenho considerável na realização de diagnósticos diferenciais entre dentes cariados e normais. A precisão da detecção de cárie dentária foi significativamente melhorada em comparação com o diagnóstico feito por um programa assistido por computador “baseado em regras” e um grupo de dentistas

Em um estudo feito por Cantu (2020) e citado por Aquino (2022), onde emprega-se o DL na identificação de lesão cariosa de variadas extensões e comparando seu desempenho com o de cirurgiões-dentistas. Para a realização da pesquisa, começaram com 3686 radiografias de dentes permanentes, então foi feito o treinamento de uma rede neuronal convolucional (CNN) chamada *U-net*, com base em 3293 radiografias selecionadas pelos dentistas especialistas. Para verificar a eficácia do treinamento utilizaram 252 radiografias diferentes das usadas anteriormente para testar a qualidade do aprendizado, e para o teste final com a CNN contou com mais 141 radiografias. Para a avaliação comparativa foi utilizado várias métricas, como precisão geral, sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo (VPP) e valor preditivo negativo (VPN), além do F1-score.

Comparando a IA com os dentistas, a IA teve uma precisão geral significativamente maior (0,80 versus 0,71), assim como sensibilidade (0,75 versus 0,36). No entanto, os dentistas tiveram uma especificidade maior (0,91 versus 0,83). Não houve diferença significativa no valor preditivo positivo (VPP), mas a IA superou os dentistas no valor preditivo negativo (VPN) (0,86 versus 0,72) e no F1-score (0,73 versus 0,41).

A IA pode servir como uma boa aliada para o profissional colaborando no diagnóstico clínico, isso fica mais visível em uma pesquisa feita por Devlin *et al.* (2021) que investiga se o software *AssistDent* é capaz de melhorar a capacidade do cirurgião-dentista na detecção de cárie em esmalte dentário. Foi realizado um estudo com um grupo de controle (composto por 11 dentistas sem o uso do software) e o grupo experimental (composto por 12 dentistas e com o uso do software), onde ambos os grupos examinaram as mesmas 24 radiografias interproximais. Os resultados do estudo mostraram que a sensibilidade do grupo experimental, ou seja, sua capacidade de detectar cáries, foi de 75,8%, em comparação com 44,3% no grupo controle. A especificidade, que mede a capacidade de identificar corretamente a ausência de cáries, foi de 96,3% no grupo controle e 85,4% no grupo experimental.

Figura 2 - Modelo AssistDent



Fonte: Devlin *et al* (2021)

3.2 Detecção de lesões periapicais

Uma lesão de cárie não tratada pode ocasionar sérios danos a polpa dentária, sendo necessário o tratamento endodôntico. A endodontia tem por objetivo tratar das doenças que afetam a polpa e prevenir complicações, para isso se faz necessário um bom conhecimento sobre as patologias que afetam a polpa e os tecidos periapicais, que circundam as raízes dentárias, e uma boa interpretação dos exames para que o paciente evite passar por experiências desagradáveis que podem afetar negativamente seu plano de tratamento (Khanagar *et al.*, 2023).

As patologias periapicais, que incidem sobre os tecidos circundantes das raízes dentárias, podem ser discernidas através da observação de áreas radiolúcidas periapicais nas radiografias, as quais podem sugerir a presença de abscessos, granulomas dentários ou cistos radiculares. Para melhorar a precisão diagnóstica, foram introduzidos sistemas de diagnóstico auxiliado por computador, que quantificam lesões periapicais com base em tamanho e gravidade, além de classificar essas patologias com base na gravidade em radiografias panorâmicas. Métodos de aprendizado profundo (DL) também foram aplicados para diferenciar automaticamente granulomas dentários e cistos radiculares em tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) (Putra *et al.*, 2021). De acordo com Putra *et al.* (2021) com base nas pesquisas de Flores *et al.* (2009) e Okada *et al.* (2015):

Esses estudos demonstraram que não houve diferença significativa entre o desempenho do modelo de IA e a detecção manual por radiologistas e cirurgiões bucomaxilofaciais experientes. Avanços adicionais da IA em sistemas de diagnóstico auxiliados por computador podem ajudar a superar os problemas de diagnóstico de lesões periapicais e auxiliar os médicos no processo de tomada de decisão num futuro próximo.

No estudo mais recente conduzido por Bayrakdar *et al.* (2022), cujo objetivo central é avaliar a eficácia da abordagem U-Net na identificação e realce das regiões afetadas por lesões apicais em imagens panorâmicas. Neste estudo, um modelo de segmentação foi criado usando a arquitetura *PyTorch U-Net AI* em radiografias panorâmicas. O modelo conseguiu segmentar 63 lesões apicais em 47 radiografias de teste, com algumas lesões não detectadas e algumas áreas erroneamente segmentadas como lesões em casos sem lesões reais. Os valores de sensibilidade, precisão e pontuação F1 alcançados em um valor de IoU de 70% foram de 0,92, 0,84 e 0,88, respectivamente, indicando um desempenho promissor da IA em imagens odontológicas. No entanto o estudo possui suas limitações, sendo o uso exclusivo como um deles. O autor também sugere que estudos futuros explorem amostras maiores e diferentes equipamentos de radiografia, realizem experimentos comparativos com diferentes algoritmos de CNN e comparem o desempenho da IA com observadores humanos de diferentes níveis de experiência [FIGURA 3].

Figura 3 - Segmentação de lesão periapical



Fonte: Bayrakdar *et al.* (2022)

3.3 Parte superior do formulário Perda óssea Periodontal

A doença periodontal classifica-se como a doença dentária mais comum, que altera os tecidos de proteção e sustentação dos dentes, de caráter inflamatório e causada pela infecção bacteriana. A periodontite apresenta como sintomas o sangramento gengival, edema, mobilidade, recessão gengival, ardência, entre outros (Oliveira *et al.*, 2018). O diagnóstico consiste no exame clínico dos tecidos periodontais e da avaliação radiográfica da condição óssea, porém a análise manual dessas radiografias podem ser demoradas e estar sujeitas a erros (Putra *et al.*, 2021).

Em seu artigo Lin *et al.* (2006) aborda um modelo de diagnóstico capaz de segmentar a perda óssea periodontal (PBL), e ainda classificar de acordo com seu grau com base nas posições das cristas alveolares e junção cimento-esmalte. Os resultados dos estudos relacionados com a periodontia utilizando a IA, foram promissores, obtendo resultados comparáveis ou até melhores que os métodos manuais de medição e detecção da perda óssea periodontal.

Em seu estudo, Tsoromokos *et al.* (2022), teve como objetivo desenvolver uma análise automática de radiografias periapicais para calcular a porcentagem de perda óssea alveolar em pacientes com e sem periodontite, utilizando um modelo de aprendizado de máquina supervisionado, ou seja, redes neurais convolucionais (CNN). O algoritmo treinado pela CNN em imagens radiográficas demonstrou um desempenho diagnóstico com confiabilidade moderada a boa para detectar e quantificar em radiografias periapicais.

Foi desenvolvido outro estudo por Alotaibi *et al.* (2022), este propôs o desenvolvimento de um sistema de detecção assistido por computador baseado em um algoritmo de rede neural convolucional profunda (CNN) para avaliar a perda óssea alveolar em radiografias periapicais na região anterior das arcadas dentárias e categorizar a gravidade da perda óssea devido à doença periodontal. Utilizando um conjunto de dados de 1.724 imagens periapicais de pacientes adultos, o algoritmo CNN foi treinado e testado, alcançando uma acurácia diagnóstica de 73,0% para a classificação de normal versus doença e 59% para a categorização dos níveis de gravidade da perda óssea. Esses resultados indicam que o algoritmo CNN profundo foi eficaz na detecção e estadiamento da perda óssea alveolar, sugerindo que sistemas assistidos por computador podem desempenhar um papel valioso no diagnóstico e tratamento da doença periodontal, oferecendo uma abordagem eficiente e precisa baseada em características extraídas de imagens radiográficas.

3.4 Análise Cefalométrica

Segundo Fernandes (2010) em sua monografia:

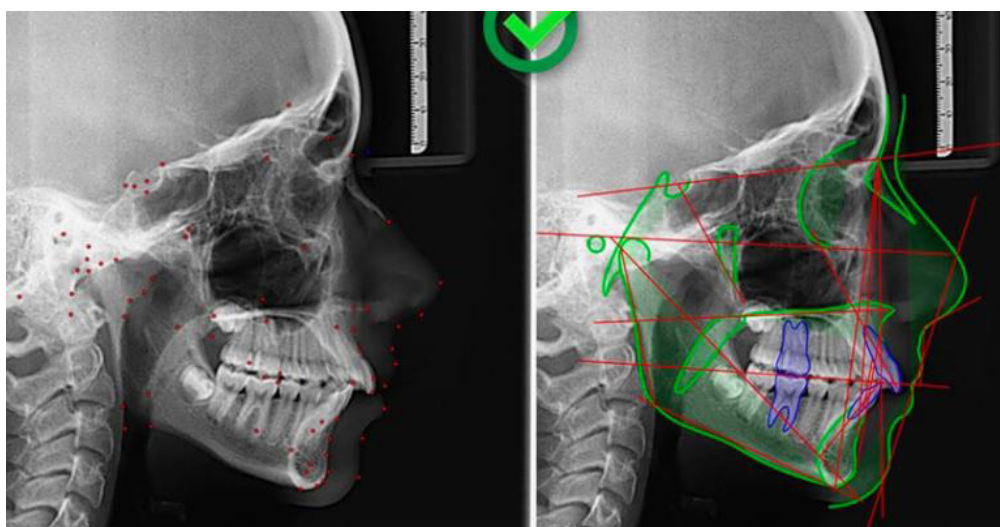
A cefalometria radiográfica é utilizada pelos odontólogos como um exame complementar no diagnóstico, planejamento e acompanhamento do tratamento dos pacientes cirúrgicos, ortodônticos e ortopédicos. Porém, trata-se de um exame com falhas de precisão, pois erros significantes estão presentes nas medidas obtidas pelo mesmo ou diferentes examinadores. (FERNANDES, 2010)

A análise manual tradicional dos pontos cefalométricos é demorada e está sujeita a erros, alguns ortodontistas preferem fazer uso do software de rastreamento digital que agiliza uma parte do processo, porém mesmo com o auxílio ainda depende da marcação manual dos pontos de referência, podendo levar a uma variação (Hung *et al.*, 2020).

Em sua revisão Hung *et al.* (2020) relatou 19 estudos abordando a precisão dos modelos IA na análise cefalométrica. A maioria dos estudos relatou desvio de localização que variaram de 1,1 a 4,09 mm (sendo que para que a localização feita de um modelo e um especialista seja bem sucedida, a diferença tem que ser ≤ 2 mm). Com base nisso, os autores argumentam que os modelos de IA e software existentes ainda não atingiram níveis de precisão suficientes para substituir completamente a intervenção manual, podem auxiliar na localização preliminar, mas ainda se faz necessário o ajuste pelo ortodontista.

Atualmente, andam em desenvolvimento vários modelos para análise cefalométrica. Putra *et al.* (2021) cita os modelos CNN em IA, feito por Yu *et al.* (2020) para fornecer um sistema de diagnóstico esquelético preciso sem precisar de informações adicionais de rastreamento cefalométrico, como resultados os modelos demonstraram o potencial da aplicação LD como ferramenta nesse ramo, porém se faz necessário mais estudos.

Figura 4 - Marcação dos pontos cefalometricos por IA



Fonte: Google

3.5 Classificação de tumores e cistos

De acordo com Pereira *et al.* (2010):

O cisto é definido como uma cavidade patológica revestida por epitélio, contendo, usualmente, material líquido ou semi-sólido no seu interior. [...] Os cistos odontogênicos são lesões ósteo destrutivas de ocorrência bastante comum na clínica odontológica em relação aos tumores odontogênicos. Por serem assintomáticos, e alguns se comportarem de modo agressivo.

Já os tumores odontogênicos são um grupo complexo de lesões e diversos tipos. Essas lesões são o resultado da proliferação anormal de células que estão relacionadas à formação dos dentes, o que as torna distintas de outros tipos de tumores. Geralmente são tumores benignos, ou seja, não são cancerosos (Pereira *et al.*, 2010).

São características dessas lesões as variações nas suas estruturas, formatos e periferias, o que acaba tornando seu diagnóstico desafiador. Se faz necessário o bom conhecimento dos padrões de anormalidade que essas lesões podem ter ao analisar as radiografias, visto isso iniciou-se um processo de desenvolvimento de sistemas de classificação auxiliados por computador para a identificação e classificação de tumores e cistos na mandíbula, com base em imagens radiográficas. Vários métodos foram aplicados para uma análise e classificação com base na leitura de texturas de imagens de radiografias panorâmicas e tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC). Embora os sistemas desenvolvidos tenham mostrado resultados promissores, ainda apresentou algumas variabilidades, isso porque os tumores e cistos apresentam diferentes formas e localizações tornando difícil seu diagnóstico (Putra *et al.*, 2021).

O processo de classificação feito pela IA segue etapas sendo elas: a detecção de lesões, segmentação, extração de características de textura e classificação (Hung *et al.*, 2020).

4. Principais Limitações

A IA está cada vez mais se incorporando na rotina do ser humano, no ramo da odontologia está nos estágios iniciais e vindo com vários desafios. Vários estudos comprovam como a IA é promissora nas várias áreas da radiologia, porém a maioria delas ainda não são aplicáveis à prática clínica odontológica por falta de desenvolvimento. Como tem-se visto, para que a máquina consiga aprender se faz necessário um amplo número de dados, e isso implica também na qualidade que se torna crucial para esse processo. Porém, nem todos os dados são acessíveis devido a questões éticas (Putra *et al.*, 2021). De acordo com a Lei Nº 13.709, de 14 de agosto de 2018:

Tema fundamental trabalhado pela Lei, o tratamento de dados diz respeito a qualquer atividade que utiliza um dado pessoal na execução da sua operação, como, por exemplo, coleta, produção, recepção, classificação, utilização, acesso, reprodução, transmissão, distribuição, processamento, arquivamento, armazenamento, eliminação, avaliação ou controle da informação, modificação, comunicação, transferência, difusão ou extração. Antes de iniciar qualquer tipo de tratamento de dados pessoais, o agente deve se certificar que a finalidade da operação está registrada de forma clara e explícita, e que os propósitos especificados e informados ao(à) titular dos dados (BRASIL, 2018).

Visto isso, torna-se desafiador pois para o devido aprimoramento se faz necessário a disponibilidade a esses dados e do consentimento do paciente tanto para acessar, quanto usar suas informações.

Além disso, todo sistema de software está sujeito a falhas (*bugs*) (Diettrich, Horvitz, 2015), o sistema de IA na odontologia atuando no diagnóstico de doenças orais, análise de imagens radiográficas, planejamento de tratamentos, entre outras também está sujeita a esses erros, o que pode ocasionar diagnósticos incorretos e tratamentos inadequados.

A privacidade e a proteção de dados são aspectos essenciais no desenvolvimento de sistemas de IA, especialmente na área da saúde. Para garantir a segurança das informações dos pacientes, é necessário que esses aspectos sejam considerados desde a fase de design até implantação. Os desenvolvedores devem estar bem informados sobre as leis e regulamentos de proteção de dados e privacidade aplicáveis, como a LGPD no Brasil (Nic.br, 2024).

Com tudo, Dietterich e Horvitz (2015), caracteriza como um dos riscos da IA “impactos socioeconômicos” que sua influência pode ocasionar no mercado de trabalho, porém levando para o ramo da radiologia a IA ainda não é capaz de substituir o radiologista, sua existência está para auxiliar e complementar as informações que serão analisadas pelo profissional, e esse mesmo quem tomará a decisão final do diagnóstico.

DISCUSSÃO

O estudo concentrou-se em identificar e destacar as diversas formas de aplicação da Inteligência Artificial (IA) para aprimorar o diagnóstico na radiologia odontológica. Em particular, na área da cariologia, a identificação de cáries nas radiografias continua a ser um desafio significativo para os profissionais, devido à dificuldade em visualizar e interpretar as lesões iniciais. Nesse contexto, a IA apresenta um potencial promissor, principalmente por meio de tecnologias que delimitam áreas específicas nas imagens radiográficas, oferecendo uma assistência valiosa na análise e interpretação dessas imagens.

Um estudo notável conduzido por Devlin *et al.* (2021) demonstrou que o uso do software AssistDent resultou em uma melhoria significativa na capacidade dos dentistas para localizar cáries, com um aumento de 71% na precisão diagnóstica. Esse avanço é corroborado por outros estudos, como os de Cantu (2020), Lin *et al.* (2006) e Putra *et al.* (2021), que também indicam uma melhoria considerável da IA na precisão da detecção de cáries. Essas pesquisas ressaltam a eficácia das tecnologias baseadas em IA na detecção precoce e precisa de cáries, não apenas aprimora a precisão diagnóstica, mas também contribui para a eficiência do processo de análise radiográfica, ajudando os profissionais a oferecerem um atendimento mais eficaz e personalizado aos pacientes.

Pesquisas na área de lesões periapicais, como as citadas por Putra *et al.* (2021), indicaram que ainda há a necessidade de mais estudos e experimentos para aprimorar a precisão da IA na detecção dessas lesões. Os resultados desses estudos mostraram que não houve diferenças significativas na performance diagnóstica entre dentistas experientes e sistemas baseados em IA, evidenciando uma limitação na capacidade atual desses sistemas em superar a experiência clínica humana.

Um estudo recente realizado por Bayrakdar *et al.* (2022) trouxe à tona algumas das limitações existentes. Embora a IA tenha mostrado um potencial promissor, o estudo revelou que o sistema não conseguiu detectar todas as lesões e, em alguns casos, demarcou áreas como lesões quando, na realidade, não havia nenhuma. Esses resultados indicam que, apesar dos avanços na tecnologia, a IA ainda enfrenta desafios significativos na precisão e na confiabilidade para a detecção de lesões periapicais.

Portanto, os autores Bayrakdar *et al.* (2022), Hung *et al.* (2020) e Putra *et al.* (2021) argumentam que, apesar do potencial promissor da IA, a tecnologia ainda possui limitações consideráveis que devem ser abordadas por meio de mais pesquisas e experimentos. Eles enfatizam a necessidade de continuar investindo em estudos futuros para refinar as suas ferramentas, com o objetivo de que possam, eventualmente, oferecer um suporte mais confiável e eficaz na tomada de decisões clínicas. Assim, a integração dessa tecnologia na prática clínica poderá, em um futuro próximo, contribuir significativamente para a melhoria da detecção e do tratamento de lesões periapicais.

A aplicação da IA na área da periodontia promete oferecer análises mais rápidas e com menor margem de erro, revolucionando a forma como as condições periodontais são avaliadas e tratadas. Lin *et al.* (2006) em seus estudos, apresentaram um modelo avançado com a capacidade não apenas de segmentar as áreas de

perda óssea, mas também de classificar os diferentes graus dessa perda. Os resultados obtidos com esse modelo demonstraram uma precisão notavelmente superior em comparação com os métodos manuais tradicionais de medição e detecção.

De maneira similar, o estudo conduzido por Tsoromokos *et al.* (2022) focou no desenvolvimento de um modelo para realizar uma análise automática de radiografias periapicais, com o objetivo de calcular a porcentagem de perda óssea alveolar em pacientes com e sem periodontite. Esse modelo obteve uma confiabilidade moderada a boa para a detecção e quantificação da perda óssea em radiografias, mostrando-se útil para a análise e monitoramento das condições periodontais.

Cefalometria radiográfica é um exame fundamental na ortodontia e na análise craniofacial, mas é conhecida por apresentar variações e falhas de precisão. Apesar do crescente interesse e investimento em IA para melhorar a precisão desses exames, o estudo de Hung *et al.* (2020) destaca que, apesar de haver um número considerável de investigações nessa área (com 19 estudos citados) a maioria deles relata variações na precisão que variam de 1,1 a 4 mm. Esses resultados indicam que, embora a IA possa oferecer suporte significativo na localização de estruturas e pontos de referência nas radiografias cefalométricas, ela ainda não é capaz de substituir completamente a intervenção manual dos profissionais. Os autores classificam a IA como uma ferramenta complementar, que auxilia na identificação inicial das estruturas e medidas, mas que requer ajustes e validação adicionais realizados pelo especialista. A precisão dos modelos atuais ainda não atinge o nível necessário para substituir completamente o julgamento clínico e a interpretação manual.

A integração da IA na odontologia, embora promissora, enfrenta uma série de desafios que precisam ser considerados antes que a tecnologia possa ser amplamente aplicada na prática clínica. A IA tem demonstrado um potencial significativo em diversas áreas da radiologia odontológica, como a análise de imagens e o planejamento de tratamentos. No entanto, a aplicabilidade prática desses sistemas ainda é limitada, principalmente devido à falta de dados suficientes e de alta qualidade necessários para treinar e aprimorar os algoritmos. Como destacado por Putra *et al.* (2021), a disponibilidade de dados é restrita por questões éticas e regulatórias, como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), que exige que qualquer tratamento de dados pessoais seja realizado com consentimento claro e explícito dos titulares. Esse cenário cria um obstáculo significativo para a evolução da IA na odontologia, já que a coleta e utilização de dados são cruciais para o desenvolvimento de sistemas confiáveis. A proteção de dados dos pacientes é também uma preocupação primordial, pois a segurança das informações pessoais e médicas deve ser garantida contra possíveis ataques cibernéticos.

Além das questões relacionadas à disponibilidade e proteção de dados, a IA na odontologia está sujeita a outras limitações, como a ocorrência de falhas de sistema (bugs). Isso é particularmente crítico na odontologia, onde um diagnóstico incorreto pode levar a tratamentos inadequados e consequências negativas para a saúde do paciente. Apesar do suporte que a IA possa oferecer, é imperativo que o papel do profissional de odontologia seja mantido como central na tomada de decisões clínicas. A IA deve ser vista como uma ferramenta complementar, capaz de sugerir hipóteses e auxiliar na análise, mas não substituir o julgamento e a experiência do profissional, que deve tomar a decisão final com base em uma análise crítica e informada. Ainda vale ressaltar a confiança excessiva nos sistemas de IA, que pode resultar em uma complacência indesejada, onde os profissionais podem se deixar levar pela facilidade dos resultados automatizados sem uma análise crítica adequada.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a integração da Inteligência Artificial (IA) na odontologia, particularmente na radiologia, promete transformar a prática clínica ao melhorar a precisão diagnóstica e a eficiência dos processos, facilitando tanto a vida do profissional quanto a do paciente. No entanto, essa inovação enfrenta desafios significativos, como a limitação na qualidade e disponibilidade de dados devido a regulamentações como a Lei Geral de Pro-

teção de Dados (LGPD), e a suscetibilidade a falhas e erros nos sistemas de IA. Ademais, a confiança excessiva nos resultados automatizados pode levar à complacência e comprometer o julgamento clínico. Assim, é fundamental que a IA seja usada como uma ferramenta complementar, e não como uma substituta. A implementação bem-sucedida da IA na odontologia dependerá de avanços tecnológicos contínuos e da manutenção de uma abordagem crítica e informada por parte dos profissionais de saúde dental, garantindo que a tecnologia seja utilizada de forma eficaz e segura para oferecer um atendimento ao paciente mais preciso e de alta qualidade.

REFERÊNCIAS

- ALOTAIBI, G. *et al.* Artificial intelligence (AI) diagnostic tools: utilizing a convolutional neural network (CNN) to assess periodontal bone level radiographically—a retrospective study. **BMC Oral Health**, v. 22, n. 1, p. 399, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02100-3>. Acesso em: 13 set. 2022.
- AQUINO, A. S. **Aplicabilidade da inteligência artificial na detecção e no diagnóstico de lesão de cárie: uma revisão de literatura**. Trabalho de Conclusão de Curso em Odontologia – Centro Universitário AGES. Paripiranga, 2022.
- ARAUJO, J. A. B.; PINTO, I. M. F.; NOMURA, C. H. Inteligência artificial e diagnóstico por imagem. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo**, v. 29, n. 4, p. 346-349, 2019.
- AZEVEDO, J. F.; CATHARINO, F.; ZERBINAT, L. P. O fluxo Digital na Odontologia Contemporânea. **J Dent Pub H**. 9(4): 252-253, 2018.
- BARBOSA, X. C.; BEZERRA, R. F. Breve introdução à história da Inteligência Artificial. **Jamaxi**, UFAC, v. 4, n. 2, p. 90-97, 2020.
- BAYRAKDAR, I. S. *et al.* A U-Net approach to apical lesion segmentation on panoramic radiographs. **Bio-Med Research International**, v. 2022, n. 1, p. 2-7, 2022. Article ID 7035367, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2022/7035367>. Acesso em: 8 out. 2023.
- BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Dispõe sobre a proteção de dados pessoais e altera a Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014 (Marco Civil da Internet). **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 155, n. 157, p. 59-64, 15 ago. 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113709.htm. Acesso em: 8 out. 2023.
- CANTU, A. G. *et al.* Detecting caries lesions of diferente radiographic extension on bitewings using deep learning. **Journal of Dentistry**, v. 100, p. 103-425, 2020.
- CHAGAS, E. T. De O. Deep learning e suas aplicações na atualidade. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 4, n. 5, p. 5-26, maio 2019. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/administracao/deep-learning>. Acesso em: 7 out. 2023.
- DEVLIN, H. *et al.* The ADEPT study: a comparative study of dentists' ability to detect enamel-only proximal caries in bitewing radiographs with and without the use of AssistDent artificial intelligence software. **Br Dent J**, v. 231, n. 8, p. 485-490, out. 2021.
- DIETTERICH, T. G.; HORVITZ, E. Rise of concerns about AI: reflections and directions. **Communications of the ACM**, v. 58, n. 10, p. 38-40, 2015.
- FERNANDES, C. B. **Atualidades da cefalometria radiográfica**. 2010. 15 f. Monografia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- HUNG, K. *et al.* The use and performance of artificial intelligence applications in dental and maxillofacial radiology: a systematic review. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 49, n. 1, p. 107, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1259/dmfr.20190107>. Acesso em: 14 out. 2023.

KHANAGAR, S. B. *et al.* Developments and performance of artificial intelligence models designed for application in endodontics: a systematic review. **Diagnostics**, v. 13, n. 3, p. 414, jan. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/diagnostics13030414>. Acesso em: 30 set. 2023.

LIN, D. H. *et al.* Tooth decay diagnosis using back propagation neural network. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON MACHINE LEARNING CYBERNETICS**, 2006, Dalian. Anais... Dalian: EIEEE, 2006. p.3956-3959.

LUDEMIR, T. B. Inteligência artificial e aprendizado de máquina: estado atual e tendências. **Estudos Avançados**, v. 35, n. 101, p. 57-74, jan.-abr. 2021.

MAZZOCHI, A. C. **Inteligência artificial: um conceito futurista no diagnóstico odontológico**. 2020. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso. Guarapuava: Uniguairacá, 2020.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL– CGI. **Inteligência artificial na saúde: potencialidades, riscos e perspectivas para o Brasil**. São Paulo : NÚCLEO DE INFORMAÇÃO DO PONTO BR (NIC.br), 2024. p. 91-93.

OLIVEIRA, T. F. *et al.* Causas e tratamentos da periodontite. **Rev. Tecnológica UCEFF**, v. 8, n. 2, p. 50-56, fev. 2018.

PEREIRA, J. V. *et al.* Prevalência de cistos e tumores odontogênicos em pacientes atendidos na Fundação Assistencial da Paraíba: estudo retrospectivo. **Arquivos em Odontologia**, v. 46, n. 2, p. 89-93, abr.-jun. 2010.

PUTRA, R. H. *et al.* Current applications and development of artificial intelligence for digital dental radiography. **Radiol Odontomaxilofaco**, v. 51, n. 1, p. 1-12, jan. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1259/dmfr.20210197>.

SILVA, P. M. R. **Inteligência artificial em medicina dentária: o futuro do diagnóstico em ortodontia**. 2021. 38f. Mestrado Integrado em Medicina Dentária. Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, Porto, 2021.

SILVA, T. P.; CARVALHO, M. N.; TAKESHITA, W. M. Estado da arte da inteligência artificial (IA) na radiologia odontológica: revisão sistemática. **Arch Health Invest**, v. 10, n. 7, p. 1084-1089, 2021.

TSOROMOKOS, N. *et al.* Estimation of alveolar bone loss in periodontitis using machine learning. **Int Dent J**, v. 72, n. 5, p. 621-627, out. 2022.