



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BACHARELADO EM ODONTOLOGIA**

ERUS LEVI ARAÚJO RIBEIRO

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ODONTOLOGIA: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

CAMPINA GRANDE

2024

ERUS LEVI ARAÚJO RIBEIRO

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ODONTOLOGIA: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento do Curso de Bacharelado em Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de cirurgião-dentista.

Área de concentração: Odontologia

Orientador: Profa. Dra. Lunna Farias

CAMPINA GRANDE

2024

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

R484u Ribeiro, Erus Levi de Araújo.
O uso da inteligência artificial na odontologia [manuscrito] :
uma revisão de literatura / Erus Levi de Araújo Ribeiro. - 2024.
27 p.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em
Odontologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de
Ciências Biológicas e da Saúde, 2024.
"Orientação : Profa. Dra. Lunna Farias, Coordenação de
Curso de Biologia - CCBS. "

1. Inteligência artificial. 2. Machine learning. 3. Redes
neurais. 4. Odontologia. I. Título

21. ed. CDD 617.602 85

ERUS LEVI ARAÚJO RIBEIRO

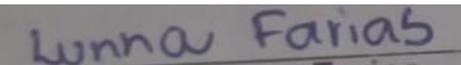
O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ODONTOLOGIA: UMA REVISÃO DE
LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento do Curso de
Bacharelado em Odontologia da
Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
cirurgião-dentista.

Área de concentração: Odontologia

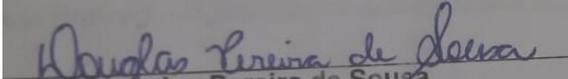
Aprovado em: 04/06/2024.

BANCA EXAMINADORA

—  —

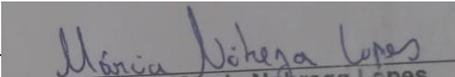
Profa. Dra. Lunna Faria (Orientador)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

—  —

Prof. Me. Douglas Pereira de Sousa

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

—  —

Profa. Me. Márcia Nóbrega Lopes

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A minha mãe, Elve de Araújo Ribeiro, pelo
incondicional suporte, dedico.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, Elve Ribeiro, por me dar o dom da vida, sempre ter acreditado em mim e ter sido meu único pilar de suporte inabalável nos últimos anos.

Aos meus avós maternos, Manuel Laelson Ribeiro (in memoriam) e Vera Lúcia Araújo Ribeiro (in memoriam) pelo seu grande amor e dedicação ao me criarem pela maior parte da minha vida.

A minha tia Paulina e seu esposo Nilton, pelo imenso amor dispensado a mim como a um filho e aos anos de incentivo e suporte a minha educação e formação como ser humano.

Aos meus irmãos: Camila, Isabel e Samuel por serem minha motivação diária para tornar-me uma pessoa melhor e me ensinar um amor que me faz querer dedicar-me a causas maiores do que a mim mesmo.

Ao professor Sérgio D'Ávila, coordenador do curso de Odontologia, por toda sua solicitude e empatia durante o processo de graduação.

À minha orientadora, professora Lunna Farias pela honra de ter sido aceito como seu orientando e por toda a vivência profissional por ela a mim compartilhados durante a minha graduação.

Aos demais componentes da minha banca: Professores Douglas e Márcia os quais tive a honra de me auxiliarem nesse projeto e fazerem parte desse momento especial.

Aos professores do Curso de graduação em Odontologia da UEPB, em especial a Jozinete Gomes, Daliana Queiroga, Karla Rovaris, Bruna Santos e José Eraldo, que contribuíram com a minha formação ao longo desses anos, por meio das experiências e vivências, para o desenvolvimento deste trabalho.

A formidável equipe de suporte do departamento de Odontologia, entre técnicos e servidores, em especial: Alexandre, Jocelma, Humberto, Dione, Vinícius e Thiago.

Aos amigos: Neto Marques, Wallas Lins, Dandara Reis, Pedro Flávio, Carol Cunha, Tarcio Dantas, Natália Gonçalves, Maria Clara, Alberto Fernandes e Jarlene Lins. Pelos anos de suporte emocional e companheirismo.

“Estude a arte da ciência, estude a ciência da arte. Desenvolva os seus sentidos, principalmente aprenda a ver, perceba que tudo se conecta a todo o resto”
- Leonardo da Vinci

RESUMO

Inteligência Artificial (IA) é um conceito abrangente que engloba um espectro de segmentos de tecnologia análogas a inteligência humana, tendo seu uso fundado na realização de tarefas tradicionalmente feitas por processos cognitivos. Na Odontologia, a Integração com a Inteligência Artificial apresenta a possibilidade de um cuidado mais especializado, oferecendo soluções transformadoras para melhorar a precisão diagnóstica, planejamento de tratamento e trato ao paciente. O presente trabalho busca revisar a literatura disponível nessa área tão recente, buscando elucidar as aplicações tão diversas deste grande corpo de artifícios tecnológicos, nas áreas de imagenologia, sistemas de tomada de decisões, análises preditivas e cirurgia aliada a robótica. Através da operação de algoritmos de Machine Learning, a IA facilita a interpretação de diversas modalidades diagnósticas, como radiografias, imagens intraorais e fragmentos histopatológicos, permitindo a detecção prévia de doenças orais como cáries, doença periodontal e câncer oral. Sistemas de tomada de decisão assistidos por IA auxiliam o cirurgião-dentista em seu manejo clínico, otimizando prognósticos e minimizando o desconforto do paciente. Cirurgias planejadas com recursos de IA apresentam melhoria na precisão cirúrgica, redução o tempo operatório e complicações pós-operatórias. Apesar dos avanços significativos, o uso de IA numa área crítica como a odontológica apresenta desafios ainda não suplantados, considerações éticas e arcabouço legal requerem profundas considerações da comunidade científica e do cirurgião-dentista em ambiente clínico. O campo de pesquisa em IA na odontologia é promissor, mas ainda está em desenvolvimento, dependendo de estudos mais rigorosos e de um treinamento clínico aprimorado para que os dentistas se familiarizem efetivamente com suas aplicações. Apesar dos desafios iniciais de adoção, a IA mostra um potencial significativo para revolucionar o cuidado odontológico, melhorando a precisão diagnóstica, a eficiência no tratamento e os resultados para os pacientes. A colaboração contínua entre pesquisadores, desenvolvedores de tecnologia e profissionais da odontologia é crucial para aproveitar de maneira ética e eficaz as capacidades da IA na odontologia.

Palavras-Chave: inteligência artificial; machine learning; redes neurais.

ABSTRACT

Artificial Intelligence (AI) is a broad concept that encompasses a spectrum of technologies analogous to human intelligence, with its use based on performing tasks traditionally executed by cognitive processes. In Dentistry, the integration with Artificial Intelligence presents the possibility of more specialized care, offering transformative solutions to improve diagnostic accuracy, treatment planning, and patient care. This work aims to review the available literature in this emerging field, seeking to elucidate the diverse applications of this extensive body of technological tools in the areas of imaging, decision-making systems, predictive analyses, and robot-assisted surgery. Through the operation of Machine Learning algorithms, AI facilitates the interpretation of various diagnostic modalities, such as radiographs, intraoral images, and histopathological fragments, enabling the early detection of oral diseases such as caries, periodontal disease, and oral cancer. AI-assisted decision-making systems aid the dentist in clinical management, optimizing prognoses and minimizing patient discomfort. Surgeries planned with AI resources show improvements in surgical precision, reduction in operative time, and postoperative complications. Despite significant advances, the use of AI in a critical area such as dentistry presents challenges that have yet to be overcome; ethical considerations and legal frameworks require profound considerations by the scientific community and dentists in clinical settings. The field of AI research in dentistry is promising but still developing, contingent upon more rigorous studies and enhanced clinical training for dentists to familiarize themselves with its applications effectively. Despite initial adoption challenges, AI shows significant potential to revolutionize dental care by improving diagnostic accuracy, treatment efficiency, and patient outcomes. Continued collaboration among researchers, technology developers, and dental professionals is crucial to ethically and effectively harnessing AI's capabilities in dentistry.

Keywords: artificial intelligence; machine learning; neural networks.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	17
----------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD	Árvore de Decisão
DL	Deep Learning
IA	Inteligência Artificial
ML	Machine Learning
MVS	Máquinas de Vetores de Suporte
RNA	Redes Neurais Artificiais
RN	Redes Neurais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	METODOLOGIA	13
3	OBJETIVOS GERAIS	15
3.1	Objetivos Específicos	15
4	REVISÃO DE LITERATURA	16
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
6	CONCLUSÃO	24
	REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) refere-se ao desenvolvimento de tecnologias capazes de exibir inteligência similar à humana. (SCHWENDICKE; SAMEK; KROIS, 2020) A pesquisa em IA visa criar máquinas computacionais que possam analisar seu ambiente e fornecer suporte a tomada de decisões humana com base nos dados disponíveis. (CHAKRAVORTY et al., 2023)

Entre as ramificações no campo de pesquisa em IA estão as áreas de Machine Learning, Deep Learning e Redes Neurais. Projetos de Machine Learning utilizam algoritmos que resolvem problemas de forma autônoma, sem intervenção humana. Redes Neurais são formadas por neurônios artificiais interconectados, de maneira análoga aos processos sinápticos do cérebro humano, criando um modelo matemático inspirado no funcionamento cerebral. O campo do Deep Learning, concentra-se em modelos de aprendizado automático baseados em redes neurais profundas. Essas redes são estruturas complexas compostas por múltiplas camadas de neurônios artificiais, permitindo o aprendizado de representações complexas de dados. Esses algoritmos podem armazenar informações e tomar decisões com base nesses dados, tornando-se mais eficientes à medida que recebem mais informações e são continuamente treinados. (MACHOY et al, 2020)

No campo da odontologia, a aplicação de tecnologias baseadas em IA tem mostrado grande potencial para melhorar a precisão e a eficácia de diagnósticos e tratamentos. Machine Learning, é utilizado na prevenção do risco de cáries dentárias e doenças periodontais, além de personalizar planos de tratamento com base em dados específicos de cada paciente. (MACHOY et al, 2020) Esse método analítico identifica padrões em grandes conjuntos de dados, permitindo que os profissionais de saúde bucal tomem decisões mais informadas e precisas.

O Deep Learning, uma subcategoria do Machine Learning, utiliza redes neurais extensas para analisar e interpretar dados complexos, como imagens radiográficas. Essa técnica avançada auxilia na detecção precoce de anomalias dentárias e na classificação de lesões orais, aprimorando a precisão dos diagnósticos. (NIHA ADNAN; UMER,

2022) Por meio de algoritmos complexos e uma vasta quantidade de dados, o Deep Learning é capaz de identificar até mesmo as características mais sutis nas imagens, permitindo uma análise detalhada e minuciosa que ultrapassa as capacidades biológicas da percepção humana. Essa habilidade de identificar nuances imperceptíveis ao olho humano é fundamental para a precisão dos diagnósticos, possibilitando intervenções mais rápidas e eficazes no tratamento de problemas dentários.

As Redes Neurais Artificiais, inspiradas nos processos sinápticos do cérebro humano, são cruciais para o desenvolvimento de sistemas de diagnóstico assistido por computador. Esses sistemas fornecem suporte avançado na identificação de condições bucais, analisando imagens médicas com alta precisão. A capacidade dessas redes de aprender e se adaptar a novos dados permite uma melhoria contínua na acurácia dos diagnósticos. (MACHOY et al, 2020)

2 METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma revisão integrativa da literatura, que tem como objetivo sintetizar os conhecimentos existentes sobre o uso e aplicações da Inteligência Artificial e Machine Learning na odontologia. Para tanto, foi elaborado um projeto de pesquisa que seguiu as seguintes etapas: Inicialmente, foram definidos os descritores que guiaram a busca pelos artigos relevantes. Os descritores utilizados foram: “Inteligência Artificial na Odontologia”, “Machine Learning na Odontologia” e “Redes Neurais na Odontologia”. Estes termos foram selecionados por sua relevância direta ao tema central da pesquisa. As plataformas escolhidas para a coleta dos artigos foram a PubMed e a Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), devido à sua abrangência e relevância na área da saúde. Para garantir a atualidade e a pertinência dos dados coletados, foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão:

- **Período de Publicação:** Apenas artigos publicados entre os anos de 2012 e 2024 foram considerados. Este recorte temporal foi definido para assegurar que as informações analisadas refletissem os desenvolvimentos mais recentes na aplicação de IA e ML na odontologia.
- **Idiomas:** Foram incluídos apenas artigos publicados em Português e Inglês. Esta escolha foi feita considerando a proficiência do pesquisador nesses idiomas e a predominância dessas línguas nas publicações científicas internacionais.

A busca foi realizada de forma sistemática nas bases de dados mencionadas. Utilizando os descritores previamente definidos, foram realizadas buscas avançadas para identificar artigos relevantes. Após a obtenção dos resultados iniciais, foram aplicados os filtros de período de publicação e idioma. Os títulos e resumos dos artigos identificados nas buscas iniciais foram revisados para verificar sua relevância para o tema proposto. Aqueles que atendiam aos critérios de inclusão foram selecionados para uma análise mais detalhada. Em seguida, os textos completos desses artigos foram lidos e avaliados criticamente.

Os dados extraídos dos artigos selecionados foram organizados e sintetizados. As informações foram agrupadas em categorias temáticas para facilitar a análise comparativa.

Esta etapa envolveu a identificação de padrões, tendências, análise da qualidade e modelo dos estudos e implicações práticas do uso de IA e ML na odontologia.

3 OBJETIVOS GERAIS

Analisar e revisar a literatura recente disponível sobre as aplicações e impactos da Inteligência Artificial (IA) na odontologia.

3.1 Objetivos Específicos

1. Identificar e categorizar as principais áreas de aplicação da IA na odontologia.
2. Avaliar a eficácia e precisão das tecnologias de IA em comparação aos métodos tradicionais.

4 REVISÃO DE LITERATURA

A integralização da tecnologia e a digitalização na área de Odontologia tem apresentado um imenso potencial de crescimento nas últimas décadas. A corroboração de sistemas tecnológicos autômatos com a tomada de decisão profissional permite a diminuição de erros clínicos, melhor diagnóstico e o encurtamento do tempo de tratamento. (AHMED et al, 2021)

No emprego de ML, diferentemente da programação comum onde temos a produção de um código preditivo que interpretará os dados de uma maneira pré-estabelecida, a programação em ML busca desenvolver algoritmos que possam aprender a partir dos dados, desenvolvendo novas maneiras e combinações para se chegar a um resultado. Estes algoritmos podem automaticamente identificar padrões e relações entre variáveis dentro de um banco de dados disposto. Dentre os métodos utilizados para implementação de ML em sistemas de soluções, temos quatro mecanismos principais: Supervisionado; Não-Supervisionado, Semi-Supervisionado, e Aprendizado por Reforço. (MACHOY et al, 2020)

O aprendizado supervisionado estabelece uma relação do algoritmo com um conjunto de dados previamente rotulados, cada variável de treinamento é correlacionada com uma saída desejada. Preconiza-se então que o modelo aprenda a relação entre *input* (características) e *output* (rótulos) para que possa prever o rótulo para novos dados a serem acrescentados depois. (AHMED, 2021)

O aprendizado não-supervisionado consiste em treinar um algoritmo com dados sem respostas previamente estabelecidas. O objetivo é encontrar padrões ocultos, agrupamentos ou estruturas nos dados. Esse método tem principal aplicação na área da análise exploratória de dados. (MACHOY et al, 2020)

O aprendizado semi-supervisionado combina dados rotulados e não rotulados para melhorar a precisão do aprendizado. Sua aplicação se encontra em casos onde já existe um grande banco de dados não rotulados disponíveis e a aquisição de dados rotulados é considerada muito onerosa. (QAYYUM et al., 2023)

O aprendizado por reforço envolve uma faceta de IA que treina o algoritmo para tomar uma série de decisões interagindo com um ambiente. O algoritmo é retro-alimentado

e treinado, recebendo feedback através de um sistema de recompensas ou penalidades dependentes de suas ações, aprendendo com o tempo a otimizar sua tarefa assignada. (MACHOY et al, 2020)

Redes neurais artificiais (RNA) são sistemas de computação análogos em estrutura e função ao cérebro humano. São compostas por unidades chamadas neurônios artificiais, organizados em camadas: uma camada de entrada, uma ou mais camadas ocultas, e uma camada de saída. Cada neurônio recebe *inputs*, processa informações e transmite um sinal de saída para os neurônios da próxima camada. As redes neurais são utilizadas para resolver uma ampla variedade de problemas complexos, como reconhecimento de padrões, classificação, e predição, graças à sua capacidade de aprender a partir de dados. Esse aprendizado é realizado ajustando os pesos das conexões entre neurônios com base na experiência adquirida durante o treinamento. (OSSOWSKA; KUSIAK; ŚWIETLIK, 2022)

Tabela 1. Aplicação de sistemas de suporte de decisão na Odontologia

Especialidade	Aplicações
Odontologia Restaurativa	Diagnóstico precoce de cáries através da análise de imagens radiográficas;
Endodontia	Determinação do comprimento de trabalho através da análise do ápice foraminal radiográfico por RNA;
Ortodontia	Diagnóstico de exodontia com finalidade ortodôntica;
Periodontia	Diagnóstico de diferentes condições periodontais utilizando-se de algoritmos de classificação;

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

A aplicação de técnicas de machine learning e redes neurais na odontologia tem proporcionado avanços notáveis na precisão diagnóstica e na personalização dos tratamentos. Utilizando algoritmos de aprendizado de máquina, os sistemas de IA são capazes de analisar vastos conjuntos de dados de imagem, como radiografias e tomografias, identificando padrões e anomalias que podem passar despercebidos pelo olho humano. Esses algoritmos aprendem continuamente a partir de novos dados, aprimorando sua capacidade de detecção e diagnóstico ao longo do tempo. Por exemplo, redes neurais convolucionais (RNCs) têm

sido especialmente eficazes na detecção precoce de cáries e na avaliação da saúde periodontal, oferecendo uma segunda opinião valiosa que pode confirmar ou questionar o diagnóstico inicial do dentista. (OSSOWSKA; KUSIAK; ŚWIETLIK, 2022)

Na Odontologia, as Redes Neurais (um campo de pesquisa inserido em ML) têm sido aplicadas em uma gama de áreas de cuidado, auxiliando em processos de diagnóstico precoce. Um dessas aplicações se dá no desenvolvimento de tecnologias para avaliação diagnóstica da necessidade de exodontia para fins ortodônticos. Esse sistema se utiliza de um algoritmo de retropropagação com taxas de êxito de correto diagnóstico acima de 90%. (MACHOY et al, 2020)

Ainda na área da Ortodontia, um estudo recente foi realizado para auxiliar na determinação da necessidade de exodontia. Os autores designaram um modelo matemático que formula as características morfológicas sensíveis com o objetivo de otimizar as decisões entre extrair ou não dentes com finalidade ortodôntica. Para esse projeto, foram coletados registros de pacientes com prognósticos favoráveis ao tratamento ortodôntico, assim como suas características morfológicas dentofaciais associando-as aos seus graus de influência no modelo otimizado. A taxa de coincidência entre as recomendações exercidas pelo modelo a taxa real de sucesso do tratamento foram de >90%. (OSSOWSKA; KUSIAK; ŚWIETLIK, 2022)

Uma das aplicações mais promissoras do uso das RN na Odontologia tem sido na área da Odontologia Restaurativa. Devido a subjetividade do diagnóstico clínico precoce de cáries, existe a necessidade de um sistema mais automatizado para auxílio neste diagnóstico. O uso de redes neurais nesse campo de pesquisa se expande rapidamente e num estudo recente, foi constatado que o uso de RN na análise de imagens radiográficas apresenta uma taxa de correto diagnóstico precoce em mais de 97% dos casos. (GEETHA; APRAMEYA; HINDUJA, 2020) As aquisições radiográficas foram examinadas utilizando-se de um algoritmo que tomou como input dezesseis vetores característicos da imagem segmentada, definidos previamente pelos pesquisadores. Tendo estes dados como base, alimentando-os ao algoritmo, novas imagens foram colocadas a prova e o resultado da faixa de detecção

inicial se mostrou bastante promissor a esse segmento de pesquisa. (OSSOWSKA; KUSIAK; ŚWIETLIK, 2022)

Recentemente, foram realizadas tentativas de aplicar inteligência artificial no campo das doenças periodontais. Estudos desenvolveram uma unidade de identificação para classificar essas doenças usando Máquinas de Vetores de Suporte (MVS), árvores de decisão (AD) e Redes Neurais (RN). Para esse propósito, os pacientes foram divididos em dois grupos. Fatores de risco, dados do periodonto e informações radiográficas sobre perda óssea foram codificados como dados de entrada para a unidade de classificação. (MACHOV et al, 2020)

Seis condições periodontais distintas foram identificadas pelos métodos de classificação. A precisão dos métodos foi avaliada com base em sua resolução e tempo de processamento. As árvores de decisão e MVS mostraram a maior precisão na classificação de doenças periodontais, alcançando uma taxa de acerto de 98%, com tempos de cálculo de 19,91 segundos e 7,00 segundos, respectivamente. Em contraste, as Redes Neurais Artificiais apresentaram a menor correlação entre as variáveis de entrada e saída, com uma eficiência de 46%. As MVS e as árvores de decisão foram eficazes ao capturar os múltiplos fatores relacionados às condições periodontais e suficientemente simples para serem usadas como ferramentas de apoio à decisão na previsão dessas doenças. Este estudo demonstra como mesmo alguns mecanismos de IA que tem alta taxa de sucesso a realizar certas tarefas específicas em outras áreas da Odontologia, (como a detecção precoce de cáries) podem ainda em fases iniciais de desenvolvimento falhar em outras áreas, elencando a necessidade de um emprego e análise integrativa dos variados sistemas e técnicas que compreendem o compêndio da aplicabilidade da IA. (FARHADIAN; SHOKOUHI; TORKZABAN, 2020)

O programa desenvolvido demonstrou ser uma ferramenta de diagnóstico de suporte altamente precisa para doenças periodontais, abrindo novas possibilidades na identificação dessas condições. Contudo, deve-se ainda observar a necessidade da continuação das pesquisas aplicando metodologias mais criteriosas como uma população maior e a exploração de modelos algorítmicos mais avançados que integrem dados clínicos e de imagem.

Nas áreas da Endodontia e Radiologia Oral, o uso de redes neurais artificiais já é suportado pelas evidências publicadas. Em um artigo publicado pelo International Endodontic Journal, realizado por Saghiri et. al foi designado um estudo proposto a avaliar a capacidade das RN de localizar o ápice foraminal de um dente através de uma análise de imagens radiográficas digitais, com o objetivo de melhorar a determinação do comprimento de trabalho para tratamento endodôntico. Os dados coletados foram inseridos e avaliados pelas RNA sendo usadas como um sistema de suporte de decisão. As Redes Neurais Artificiais (RNAs) são uma alternativa poderosa aos métodos tradicionais baseados em regras ou algoritmos fixos para o diagnóstico diferencial. Estas redes são especialmente eficazes em tarefas de classificação, como a distinção entre lesões mamárias benignas e malignas, graças à sua capacidade de lidar com pequenas variações e ruídos nos dados. Diferente dos métodos tradicionais, as RNAs não dependem de um algoritmo fixo. Elas são treinadas através de aprendizado supervisionado, recebendo dados de entrada junto com as respostas corretas. Durante o treinamento, as RNAs ajustam os pesos de suas conexões para que suas previsões se alinhem aos resultados esperados. Os resultados efetivos adquiridos são armazenados nesses pesos. Após o treinamento, a RNA pode aplicar esses pesos a novos dados, permitindo a generalização a partir dos exemplos vistos durante o treinamento, resultando em uma classificação precisa de novos casos. (SAGHIRI et al., 2012)

Para garantir a localização precisa do forame apical, as medições foram meticulosamente conduzidas tanto antes quanto após a extração do dente, utilizando estereomicroscopia para um exame detalhado. A precisão das avaliações realizadas pelos endodontistas foi rigorosamente avaliada, revelando uma taxa de acerto de 76%. Em contraste, as avaliações realizadas usando RNA demonstraram uma precisão substancialmente maior, com uma taxa de acerto de 96%. Esses achados sugerem que as redes neurais artificiais têm o potencial de superar o desempenho humano na localização precisa do forame apical, indicando seu valor na aplicação em procedimentos endodônticos. (OSSOWSKA; KUSIAK; ŚWIETLIK, 2022)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na revisão dos artigos selecionados, observamos uma ampla gama de aplicações da inteligência artificial na odontologia. As principais áreas de aplicação identificadas foram diagnóstico, planejamento de tratamento, e educação e treinamento. Pode se afirmar que os avanços trazidos na integração tecnológica de IA com a Odontologia podem trazer uma revolução na área. Embora seja um campo de pesquisa relativamente novo, (especialmente no que diz respeito a estudos clínicos controlados), já se pode constatar uma grande taxa de êxito na realização das tarefas na maioria dos trabalhos revisados.

Um dos principais pontos constatados nesse estudo, foi a observação que a inteligência artificial tem demonstrado um potencial significativo para superar as habilidades humanas em diversas áreas da odontologia. A análise dos dados revelou que os sistemas de IA, ao serem treinados com extensos conjuntos de dados clínicos, conseguiram diagnosticar doenças bucais, como cáries e periodontites, com uma precisão superior à dos dentistas experientes. Além disso, os algoritmos de IA mostraram-se eficazes na previsão de complicações pós-cirúrgicas e na personalização de planos de tratamento, ao considerar uma vasta gama de variáveis que frequentemente escapam à análise humana. A capacidade da IA de processar grandes volumes de dados rapidamente e identificar padrões sutis sugere que sua integração na prática odontológica não apenas aprimora a precisão diagnóstica, mas também pode reduzir o tempo de tratamento e melhorar os resultados para os pacientes. Esses achados sublinham a necessidade de uma maior adoção de tecnologias de IA na odontologia, ressaltando tanto o potencial de melhoria na qualidade dos cuidados quanto os desafios éticos e práticos associados à sua implementação.

As aplicações de inteligência artificial (IA) têm o potencial de transformar a odontologia ao automatizar tarefas rotineiras, aliviando a carga de trabalho dos profissionais e aumentando a eficiência dos cuidados a custos reduzidos para uma população maior. Além disso, a IA pode facilitar a prática de uma odontologia mais personalizada, preditiva, preventiva e participativa. Contudo, a adoção de soluções de IA na prática odontológica ainda enfrenta desafios significativos. Esses desafios incluem a limitada disponibilidade, acessibilidade e qualidade dos dados, a falta de rigor metodológico e de padrões no

desenvolvimento das soluções de IA, e questões práticas e éticas relacionadas ao valor, utilidade, privacidade e responsabilidade dessas tecnologias. (MÖRCH, 2021)

Além do diagnóstico, as técnicas de machine learning estão revolucionando o planejamento e a execução de tratamentos odontológicos. Modelos preditivos podem ser utilizados para prever o sucesso de diferentes intervenções terapêuticas, ajudando os dentistas a escolherem o melhor curso de ação para cada paciente. Redes neurais artificiais (RNAs) têm sido aplicadas na criação de modelos virtuais de pacientes, permitindo a simulação de procedimentos complexos e a antecipação de possíveis complicações. Essas inovações não apenas aumentam a precisão dos tratamentos, mas também podem reduzir significativamente o tempo e os custos associados aos procedimentos odontológicos.

Apesar dos avanços promissores, a implementação de machine learning e redes neurais na odontologia também enfrenta desafios. A qualidade dos resultados gerados por esses sistemas depende fortemente da qualidade e diversidade dos dados de treinamento. Dados insuficientes ou enviesados podem levar a diagnósticos imprecisos ou a decisões de tratamento inadequadas. Portanto, é crucial garantir que os conjuntos de dados utilizados sejam representativos e abrangentes, abrangendo uma ampla variedade de condições bucais e perfis de pacientes. Além disso, a interpretação dos resultados fornecidos por esses sistemas requer uma compreensão profunda dos modelos utilizados, o que demanda uma formação contínua e especializada dos profissionais de odontologia.

Ao que se dá que a integração bem-sucedida de machine learning e redes neurais na odontologia dependerá de uma colaboração estreita entre cientistas da computação, pesquisadores em saúde bucal e profissionais clínicos. Essa abordagem multidisciplinar é essencial para desenvolver soluções que sejam tecnicamente robustas e clinicamente relevantes, garantindo que os benefícios da IA sejam plenamente aproveitados em prol da saúde bucal dos pacientes. Assim, a odontologia pode se tornar uma das áreas de saúde mais avançadas e eficientes, com a IA desempenhando um papel central na transformação da prática clínica.

A integração da inteligência artificial na odontologia levanta importantes questões legais e éticas que precisam ser abordadas com cuidado. Primeiramente, é essencial definir claramente a responsabilidade em casos de diagnósticos errados ou tratamentos inadequados realizados por sistemas de IA. Quem seria responsabilizado nesses casos: o desenvolvedor do software, o profissional que utilizou a ferramenta ou a instituição que adotou a tecnologia? Além disso, há preocupações sobre a privacidade e a segurança dos dados dos pacientes. O uso de grandes volumes de dados pessoais para treinar algoritmos de IA exige mecanismos rigorosos de proteção e conformidade com regulamentações, como a Lei Geral de Proteção de Dados no Brasil de 2018 (GARCIA, 2020). Do ponto de vista ético, é fundamental que os sistemas de decisão baseados em IA tenham funções transparentes e que essas tecnologias não reforcem preconceitos ou discriminações. Também é crucial garantir que a adoção da IA não desumanize a prática odontológica, mantendo o cuidado centrado no paciente e a relação interpessoal entre dentista e paciente. Essas questões destacam a necessidade de um arcabouço robusto de governança para acompanhar o desenvolvimento e a implementação de soluções de IA na odontologia.

Para que uma aplicação de IA na odontologia seja bem-sucedida, ela deve demonstrar benefícios concretos, como a melhoria no acesso e na qualidade dos cuidados, o aumento da eficiência e segurança dos serviços, o empoderamento dos pacientes, e o apoio à pesquisa odontológica. A proteção da privacidade e dos direitos dos indivíduos deve ser uma prioridade (GARCIA, 2020); a transição do aprendizado centralizado para um aprendizado mais universal pode ajudar a resolver essas preocupações, além de melhorar a escala da aplicabilidade e a robustez das soluções de IA. (SCHWENDICKE; SAMEK; KROIS, 2020)

A confiança e a capacidade de generalização das soluções de IA na odontologia também precisam ser asseguradas. Isso pode ser alcançado através da implementação de supervisão humana contínua e de padrões baseados em evidências científicas. Métodos para visualizar, interpretar e explicar a lógica das decisões da IA são essenciais para aumentar a transparência e a aceitação dessas tecnologias. Além disso, a educação odontológica deve acompanhar a introdução de soluções de IA clínica, promovendo a alfabetização digital entre os futuros profissionais da área. (MÖRCH, 2021)

6 CONCLUSÃO

A área de pesquisa em IA na Odontologia ainda está em desenvolvimento, e, embora se mostre bastante promissora, ainda depende do desígnio de estudos mais rigorosos e treinamento por parte de Cirurgiões-Dentistas em ambiente clínico para que haja uma maior familiarização destes com a área e um uso desta de maneira mais expressiva e eficiente. Através deste trabalho foi destacada a enorme gama de aplicabilidade da IA na Odontologia, pode-se observar que os êxitos na obtenção de diagnósticos precoces e melhor tomada de decisão justificam a necessidade de fomentação e investimento neste campo de pesquisa que apesar de ainda se mostrar em fase inicial de adesão clínica por parte dos profissionais de saúde bucal já apontam a um futuro próximo de uso universal e cada vez mais preciso, trazendo inúmeros benefícios a saúde dos mais diversos pacientes.

Ademais, com o advento da integração da IA na odontologia já é possível constatar uma melhora palpável na precisão diagnóstica e a eficiência dos tratamentos auxiliados por algoritmo, apresentando o potencial de revolucionar a forma como os cuidados odontológicos são prestados. Com o avanço contínuo da tecnologia, sistemas de IA serão cada vez mais prevalentes e capazes de analisar grandes volumes de dados de pacientes, identificar padrões sutis que podem ser ignorados por humanos e prover recomendações personalizadas de tratamento. Isso pode levar a um aumento significativo na qualidade do atendimento ao paciente, redução de erros humanos e otimização dos recursos clínicos. Para que esses benefícios sejam plenamente alcançáveis, é essencial que haja uma colaboração estreita entre pesquisadores, desenvolvedores de tecnologia e profissionais da odontologia, assegurando que as soluções de IA sejam desenvolvidas e implementadas de forma ética e eficaz. Dessa forma, a IA promete não apenas complementar, mas potencialmente revolucionar a odontologia.

REFERÊNCIAS

AHMED, N. et al. Artificial Intelligence Techniques: Analysis, Application, and Outcome in Dentistry—A Systematic Review. **BioMed Research International**, v. 2021, p. e9751564, 23 jun. 2021.

BONNY, T. et al. Contemporary Role and Applications of Artificial Intelligence in Dentistry. **F1000Research**, v. 12, p. 1179–1179, 20 set. 2023.

CHAKRAVORTY, S. et al. Role of Artificial Intelligence (AI) in Dentistry: A Literature Review. **Journal of pharmacy and bioallied sciences**, v. 16, n. Suppl 1, p. S14–S16, 7 nov. 2023.

FARHADIAN, M.; SHOKOUHI, P.; TORKZABAN, P. A decision support system based on support vector machine for diagnosis of periodontal disease. **BMC Research Notes**, v. 13, n. 1, 13 jul. 2020.

GARCIA, A. C. Ética e Inteligência Artificial. **Computação Brasil**, n. 43, p. 14–22, 16 nov. 2020.

GEETHA, V.; APRAMEYA, K. S.; HINDUJA, D. M. Dental caries diagnosis in digital radiographs using back-propagation neural network. **Health Information Science and Systems**, v. 8, n. 1, 3 jan. 2020.

GLEICA SAVEGNAGO et al. Inteligência artificial na odontologia: uma revisão narrativa de literatura. **Revista da Faculdade de Odontologia - UPF**, v. 29, n. 1, 2024.

HEYEN, N. B.; SALLOCH, S. The ethics of machine learning-based clinical decision support: an analysis through the lens of professionalization theory. **BMC Medical Ethics**, v. 22, n. 1, 19 ago. 2021.

LIU, J. et al. Machine learning in orthodontics: Challenges and perspectives. **Advances in Clinical and Experimental Medicine**, v. 30, n. 10, p. 1065–1074, 2021.

MACHOY, M. et al. The ways of using machine learning in dentistry. **Advances in Clinical and Experimental Medicine**, v. 29, n. 3, p. 375–384, 24 mar. 2020.

MÖRCH, C. M. et al. Artificial Intelligence and Ethics in Dentistry: A Scoping Review. **Journal of Dental Research**, p. 002203452110138, 1 jun. 2021.

NIHA ADNAN; UMER, F. Understanding deep learning — challenges and prospects. **Journal of the Pakistan Medical Association**, v. 72, n. 01, 8 fev. 2022.

OSSOWSKA, A.; KUSIAK, A.; ŚWIETLIK, D. Artificial Intelligence in Dentistry—Narrative Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 6, p. 3449, 15 mar. 2022.

PATIL, S. et al. Artificial Intelligence in the Diagnosis of Oral Diseases: Applications and Pitfalls. **Diagnostics**, v. 12, n. 5, p. 1029, 19 abr. 2022.

QAYYUM, A. et al. Dental caries detection using a semi-supervised learning approach. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, 13 jan. 2023.

SAGHIRI, M. A. et al. A new approach for locating the minor apical foramen using an artificial neural network. **International Endodontic Journal**, v. 45, n. 3, p. 257–265, 1 mar. 2012.

SCHWENDICKE, F.; SAMEK, W.; KROIS, J. Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges. **Journal of Dental Research**, v. 99, n. 7, p. 769–774, 21 abr. 2020.

