



Aplicações da Inteligência Artificial nos processos na área da saúde: estudo de caso em clínica odontológica

PEDRO CRISTOVÃO CUSSIOLI - pcussioli@gmail.com
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – FEARP/USP

PERLA CALIL PONGELUPPE WADHY REBEHY – perla@usp.br
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – FEARP/USP FEB

PEDRO LOPES CARDOSO DE MATTOS - pedrolopes@usp.br
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – FEARP/USP

ÁREA: 6. ENGENHARIA ORGANIZACIONAL

SUBÁREA: 6.1 - Gestão Estratégica e Organizacional ou 9.6 - Responsabilidade Social

RESUMO: O POTENCIAL DA IA PODE REVOLUCIONAR PRÁTICAS ODONTOLÓGICAS TRADICIONAIS, PROPORCIONANDO BENEFÍCIOS SIGNIFICATIVOS NA GESTÃO DE PACIENTES, DIAGNÓSTICOS E TRATAMENTOS. OS OBJETIVOS DESTA PESQUISA SÃO: IDENTIFICAR AS DIMENSÕES DO USO DE IA NA ÁREA DA SAÚDE ODONTOLÓGICA; E DESCREVER A APLICAÇÃO DESSAS TECNOLOGIAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM UMA CLÍNICA ODONTOLÓGICA NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO. O MÉTODO UTILIZADO FOI UMA PESQUISA EXPLORATÓRIA, SEGUIDA POR ESTUDO DE CASO. OS RESULTADOS APONTARAM A IDENTIFICAÇÃO DE 5 APLICAÇÕES DE IA NA ÁREA ODONTOLÓGICA: DIAGNÓSTICO DE IMAGENS, PLANEJAMENTO DE TRATAMENTOS, AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS ADMINISTRATIVOS, ANÁLISE PREDITIVA PARA SAÚDE ORAL E ROBÓTICA EM PROCEDIMENTOS ODONTOLÓGICOS. ATUALMENTE, NÃO HÁ APLICAÇÕES DE IA ALINHADAS COM OS CONCEITOS APRESENTADOS NA LITERATURA NO CASO. NO ENTANTO, FORAM IDENTIFICADAS FERRAMENTAS DIGITAIS AUXILIARES TANTO NO ÂMBITO CLÍNICO QUANTO NO GERENCIAL. CONSIDERANDO UMA TRANSIÇÃO E INTEGRAÇÃO DOS MODELOS ATUAIS COM TECNOLOGIAS DE IA, FOI POSSÍVEL ESTABELECEER PROGNÓSTICOS FAVORÁVEIS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NAS DIMENSÕES ANALISADAS NO ESTUDO DE CASO.

PALAVRAS-CHAVES: INTELIGENCIA ARTIFICIAL; DIGITALIZAÇÃO; ODONTOLOGIA; PROCESSOS EM CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a Inteligência Artificial (IA) tem se incorporado de forma marcante no campo da odontologia, marcando o início de uma era de transformações significativas que melhoram tanto a precisão diagnóstica quanto a eficiência dos tratamentos. A IA, inicialmente concebida por John McCarthy em 1956 e posteriormente expandida por Richard Bellman (*apud* Haleem et al., 2020), é uma tecnologia que imita habilidades cognitivas humanas para resolver problemas complexos. Aspectos como aprendizado de máquina (*machine learning*) e aprendizado profundo (*deep learning*) são centrais para essa tecnologia, especialmente na odontologia, onde são aplicados para diagnósticos precisos.

O potencial da IA pode revolucionar práticas odontológicas tradicionais, proporcionando benefícios significativos na gestão de pacientes, diagnósticos e tratamentos como especificado por Bindushree et al. (2020). Do ponto de vista econômico, a IA promete reduzir custos ao detectar problemas bucais mais cedo (Tandon et al., 2020), um aspecto crucial considerando que despesas com saúde bucal podem representar até 4,8% das despesas globais diretas (OMS, 2022).

O problema central abordado por esta pesquisa é a limitada aplicação prática da IA na odontologia, apesar de seu potencial comprovado. A necessidade de dados robustos, padrões metodológicos e a criação de confiança entre dentistas e pacientes são barreiras que precisam ser superadas (Schwendicke et al., 2020; Ma et al., 2022).

O trabalho propõe realizar uma revisão de literatura para explorar as aplicações e os impactos da IA nas práticas odontológicas. Este estudo visa identificar os avanços recentes, analisar as implicações éticas e regulatórias e propor recomendações práticas, via estudo de caso, para a implementação eficaz da IA na odontologia, além de fornecer uma síntese das aplicações atuais da IA na odontologia, destacar os desafios e oportunidades, e propor um quadro para a adoção ética e eficiente da IA, que contemple as expectativas dos pacientes, a viabilidade econômico-financeira e as implicações para os colaboradores internos, oferecendo uma visão holística e multidimensional sobre sua integração na prática odontológica contemporânea.

Os **objetivos** desta pesquisa são: (i) identificar as dimensões do uso de IA na área da saúde odontológica; e (ii) descrever a aplicação dessas tecnologias de inteligência artificial em uma clínica odontológica no interior do Estado de São Paulo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O conceito de inteligência artificial (IA) foi introduzido por John McCarthy em 1956 e posteriormente expandido por Richard Bellman, associando a IA ao pensamento humano, aprendizado e resolução de problemas. A IA refere-se a tecnologias capazes de imitar habilidades cognitivas humanas, facilitando a execução de tarefas complexas. Aspectos chave da IA incluem o aprendizado de máquina (*machine learning*) e o aprendizado profundo (*deep learning*).

Machine learning é uma subcategoria da IA introduzida por Arthur Samuel em 1959, que permite que computadores aprendam automaticamente a partir de dados, classificando e prevendo resultados sem intervenção humana. *Deep learning*, uma evolução do *machine learning*, utiliza redes neurais multicamadas para identificar padrões automaticamente, processando imagens complexas e é amplamente aplicado na odontologia, especialmente no diagnóstico de lesões utilizando radiografias digitais.

Barr e Feigenbaum (1981), definem IA como a parte da ciência da computação dedicada ao design de sistemas que exibem características associadas à inteligência humana, como compreensão de linguagem, aprendizado, raciocínio e resolução de problemas. A IA possui subcategorias diversas, incluindo computação cognitiva, processamento de linguagem natural, robótica, sistemas especialistas e lógica difusa. Essas tecnologias proporcionam benefícios significativos em várias áreas, incluindo a odontologia.

A IA é classificada em três tipos de sistemas:

1. **Sistemas analíticos:** Informam decisões futuras com base na experiência.
2. **Sistemas inspirados no humano:** Possuem inteligência emocional, compreendem emoções humanas e ajudam na tomada de decisões.
3. **IA humanizada:** Proporciona interações autoconscientes com os outros.

O desenvolvimento da inteligência artificial (IA) têm trazido benefícios substanciais para várias áreas, incluindo a odontologia, trazendo inúmeras vantagens para a prática clínica, com o fortalecimento de áreas da odontologia como o gerenciamento de pacientes, diagnóstico e tratamento, cirurgia oral e maxilofacial, prótese dentária e ortodontia (Bindushree et al., 2020). Além disso, do ponto de vista econômico, o uso da IA da odontologia almeja diminuir custos à medida que problemas bucais são identificados mais cedo (Tandon et al., 2020), esses podem chegar a representar 4,8% de todas as despesas globais diretas com saúde (OMS, 2022).

Especialmente na área da saúde, os investimentos em IA são massivos: a IA associada ao mercado global de saúde tem previsão de atingir o valor de 45,2 bilhões de dólares até 2026, atualmente com Estados Unidos e Canadá detendo cerca de 73% do total do capital de risco direcionado para startups de saúde, tendo projetos e empresas ligadas a inteligência artificial e saúde recebendo um fluxo de mais da metade desses investimentos (Hassani et al., 2021).

As diferentes aplicações da IA na odontologia vem sendo aferidas na literatura. Chen et al. (2019) compilam as principais aplicações da IA encontradas na literatura como sendo: diagnóstico de cáries; reconhecimento de padrões através de *machine learning*; criação de padrões para a tomada de decisão; criação de ferramentas mentais; suporte de decisão clínica; análise de resultados de tratamento; identificação de câncer de boca; restauração de oclusão; melhoramento de scanner intraoral; análise do método de escovação; simulação de fadiga e reflexo de vômito; procedimentos do canal radicular; gerenciamento de pacientes e planos de tratamento; treinamento de IA com dados radiográficos de patologias comuns; superação de fobias de pacientes, como odontofobia; melhoramento na gestão de acesso e segurança de dados; facilitar o processo de networking entre médicos e pesquisadores para diagnósticos, pesquisas e tratamentos. Haleem et al. (2020) citam também a capacidade de prever prováveis infecções, a medição de dor nos dentes, o cálculo da dosagem adequada de medicação e a realização de implantes e próteses. Outro possível uso é na pediatria, na qual dispositivos habilitados por IA, como óculos 4D, filmes e jogos de realidade virtual podem servir de mecanismo de controle da dor ao passo que modificam o comportamento do paciente pediátrico (Baliga, 2019).

Embora haja uma ampla gama de aplicabilidade, a IA na odontologia ainda não é amplamente usada na prática odontológica de rotina (Putra et al., 2022), principalmente pelos seus desafios de desenvolvimento, como a limitação de dados disponíveis, seja no âmbito da disponibilidade ou acessibilidade desses dados, a possível falta de rigor metodológico e padrões em seu desenvolvimento, e até questionamentos práticos sobre seu valor, além da ética e da responsabilidade (Schwendicke et al. 2020). Outra variável relevante é a necessidade de se criar confiança dos dentistas e pacientes na IA, o que só possível com o trabalho conjunto de especialistas de diferentes campos no desenvolvimento de padrões significativos e aceitáveis que assegurem a alta qualidade das aplicações de IA (Ma et al., 2022).

As limitações, porém, vêm sendo superadas rapidamente, como na implantodontia, que vê o crescimento do uso da IA para diversas funcionalidades, como a previsão do sucesso

do implante, a otimização do design do implante, determinação da qualidade da osseointegração, reconhecimento do tipo/marca do implante através de imagens radiográficas, identificação de tecido ósseo não mineralizado ao redor da interface osso-implante, medição de perda óssea peri-implantar, melhoramento do planejamento do tratamento, facilitação do posicionamento do implante e na previsão de complicações (Revilla-León et al., 2023; Rutkowski, 2024). Peters (2019) apresenta o lançamento de uma escova de dentes que usa IA para auxiliar a escovação dos dentes, se conectando ao celular e indicando ao usuário métricas como, se a aplicação de pressão na escovação é suficiente ou ainda se é necessário mais tempo em determinado local da boca. Já em Cantu et al. (2020) a IA se mostrou significativamente mais precisa na detecção de cáries do que os dentistas.

Estudo conduzido por Patcas et al. (2018) teve como objetivo o uso da IA na avaliação do impacto do tratamento ortognático na atratividade facial e na idade estimada. Neste estudo observacional fotografias pré e pós-tratamento de pacientes ortognáticos foram coletadas e através do uso de redes neurais convolucionais treinadas em mais de 500 mil imagens para estimativa de idade e em 17 milhões de imagem de avaliações de atratividade, concluíram que a maioria dos pacientes de fato apresentou melhora na aparência com o tratamento (66,4%), resultando em uma aparência mais jovem, e 74,7% apresentaram melhora na atratividade, especialmente após a cirurgia na mandíbula.

No aspecto de desenvolvimento, um dos principais desafios, na odontologia e em outras áreas, é a transferência do conhecimento para a máquina (*machine learning*). Nesse sentido, Zembrano e Veléz (2021) demonstram o grande potencial do uso de *deep learning* para radiografias digitais 2D. A imagem obtida por tais radiografias é reconstruída a partir de milhares de pixels de diversas opacidades, que correspondem às diferentes densidades das estruturas observadas. Segundo as autoras, após a inserção das radiografias digitais 2D no sistema e seu aprendizado, os diagnósticos gerados pela IA documentados em diversos estudos tiveram precisão que varia entre 82% e 89%, resultado que não descarta o julgamento clínico do profissional, mas mostra o grande auxílio que a tecnologia pode oferecer. Com resultados similares, (Lee et al., 2018) desenvolveram diagnósticos de cáries dentárias usando um algoritmo de rede neural convolucional baseado em *deep learning* e obtiveram precisões diagnósticas de pré-molar, molar e ambos pré-molar e molar foram de 89,0%, 88,0% e 82,0%, respectivamente. Especialmente em diagnósticos, Bindushree et al. (2020) ressaltam a importância que a AI pode desempenhar na identificação de doenças e condições que possuem causas e etiologia multifatoriais.

A extensão do uso da IA e suas questões éticas é alvo de estudo de Morley et al. (2020), que apontam como grandes limitantes questões de caráter epistêmico, relacionadas a evidências equivocadas, inconclusivas ou incompreensíveis; de caráter normativo, relacionado a resultados injustos e efeitos transformadores, quando há a reconfiguração da realidade de modo inesperado; e limitações relacionadas à rastreabilidade, pois em caso de danos é difícil encontrar sua causa. A presença profissional será sempre necessária, pois há situações em que a tomada de decisão não pode ser deixada a cabo da IA, cenário particularmente problemático, por exemplo, em um contexto cirúrgico, em que o robô se depara com uma situação em que ambas as possibilidades de ação causam danos de longo prazo ao paciente, sendo assim imprescindível a atuação e acompanhamento do profissional (O'Sullivan et al., 2019; Hassani et al. 2021; Jeyaraman et al. 2023).

Avaliar o conhecimento, atitude e percepção de dentistas (estudantes de odontologia, graduados/internos e pós-graduados) sobre o papel da robótica (R) e inteligência artificial (IA) na saúde oral e odontologia preventiva. O estudo concluiu que a maioria dos dentistas não estava familiarizada com R e IA. No entanto, apresentaram uma atitude positiva em relação a essas tecnologias. Devido ao conhecimento e compreensão inadequados, o uso e as aplicações de R e IA ainda são limitados. É necessário aumentar a conscientização sobre esses conceitos para melhorar a eficiência e eficácia do tratamento odontológico.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Yin (2015) caracteriza o estudo de caso como uma investigação empírica que analisa um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. Este método é amplamente utilizado em pesquisas sociais, mas também encontra aplicação em outras áreas, como negócios, engenharia e saúde. Conforme Yin (2015), os estudos de caso podem ser classificados em três categorias principais:

- Estudos de caso descritivos: Visam descrever um fenômeno ou situação em detalhes.
- Estudos de caso exploratórios: Têm como objetivo explorar um fenômeno ou situação, frequentemente como uma etapa preliminar de uma pesquisa mais abrangente.
- Estudos de caso explicativos: Buscam explicar as causas e efeitos de um fenômeno ou situação específica.

A pesquisa em questão é classificada como um estudo de caso descritivo. Este tipo de estudo proporciona uma descrição detalhada e abrangente da aplicação da IA na odontologia,

que é o tema em questão. Essa abordagem é particularmente útil quando se busca capturar as complexidade e particularidades de um fenômeno específico dentro do seu contexto real, sem a intenção imediata de formular hipóteses explicativas ou exploratórias.

Logo, frente ao protocolo de pesquisa do autor, o presente estudo de caso é composto pelos seguintes elementos:

- (a) Questão principal da pesquisa: Quais as dimensões das tecnologias de IA na área odontológica? De que maneira essas tecnologias têm sido utilizadas por uma clínica odontológica no interior do estado de São Paulo?
- (b) Objetivo principal: Identificar as dimensões do uso de IA na área da saúde odontológica; e descrever a aplicação dessas tecnologias de inteligência artificial em uma clínica odontológica no interior do Estado de São Paulo.
- (c) Temas da sustentação teórica: inteligência artificial, área da saúde
- (d) Definição da unidade de análise: clínica odontológica no interior do Estado de São Paulo
- (e) Potenciais entrevistados e múltiplas fontes de evidência: o dentista responsável e o gestor;
- (f) Período de realização: fevereiro a junho de 2024;
- (g) Local da coleta de evidências: no próprio consultório e entrevistas online;
- (h) Obtenção de validade interna, por meio de múltiplas fontes de evidências: entrevista, observação, pesquisa documental, análise de informações do sistema gerencial.
- (i) Síntese do roteiro semi-estruturado de entrevista:
 - 1. Diagnóstico de Imagens Auxiliado por IA:
 - A clínica utiliza algum software de inteligência artificial para analisar imagens radiográficas ou tomografias?
 - Como são realizadas as análises de imagens atualmente e que melhorias a IA poderia trazer para esse processo?
 - 2. Planejamento de Tratamentos com IA:
 - Existe algum sistema de IA integrado ao planejamento dos tratamentos odontológicos na sua clínica?
 - Como o planejamento dos tratamentos é feito atualmente e quais benefícios você acredita que a IA poderia oferecer?
 - 3. Automação de Processos Administrativos:
 - A clínica utiliza IA para automatizar processos administrativos, como agendamento de consultas e gestão de prontuários?
 - Quais ferramentas ou sistemas digitais são atualmente empregados na gestão administrativa e como a IA poderia melhorar esses processos?

4. Análise Preditiva para Saúde Oral:

- A clínica utiliza IA para realizar análises preditivas sobre a saúde oral dos pacientes?
- Quais dados são analisados atualmente e como a IA poderia ajudar a prever problemas de saúde bucal futuros?

5. Robótica em Procedimentos Odontológicos:

- A clínica utiliza algum tipo de robótica assistida por IA em procedimentos odontológicos?
- Que tipos de procedimentos odontológicos são realizados atualmente e como a robótica poderia beneficiar esses tratamentos?

4 DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS

Os objetivos propostos na introdução deste trabalho serão apresentados nos próximos dois sub-capítulos.

4.1 Identificação das dimensões

Conforme revisão da literatura foi possível identificar diferentes aplicações de IA na odontologia, as quais serão descritas no Quadro 1.

Quadro 1: Aplicações de IA na odontologia

Aplicações da IA na Odontologia	Autores	Descrição principal
Diagnóstico de Imagens Auxiliado por IA	Haleem et al. (2019), Ahmed et al. (2021), Putra et al. (2022), Ma et al. (2022); Chen et al. (2019); Revilla-León et al., 2023; Rutkowski, 2024; Cantu et al. (2020); Zembrano e Veléz (2021); Lee et al., 2018)	Alguns softwares avançados já estão sendo usados para analisar imagens de raio-X e tomografias, ajudando a identificar padrões que indicam cáries, doenças periodontais e outras condições.
Planejamento de Tratamentos com IA	Haleem et al. (2019), Ahmed et al. (2021), Putra et al. (2022), Ma et al. (2022); Chen et al. (2019); Patcas et al. (2018); Zembrano e Veléz (2021)	Ferramentas de IA estão sendo utilizadas para auxiliar no planejamento de procedimentos ortodônticos e na colocação de implantes, proporcionando simulações e visualizações para prever os resultados.
Automação de Processos Administrativos	Haleem et al. (2019), Ahmed et al. (2021), Ma et al. (2022); Bindushree et al., 2020	Chatbots e assistentes virtuais já ajudam na marcação de consultas e no esclarecimento de dúvidas frequentes dos pacientes, operando principalmente fora do horário

Aplicações da IA na Odontologia	Autores	Descrição principal
		comercial.
Análise Preditiva para Saúde Oral	Haleem et al. (2019), Ahmed et al. (2021), Ma et al. (2022); Baliga, 2019; Peters (2019)	Poucas clínicas atualmente utilizam análise preditiva, mas onde é usada, contribui para identificar riscos de doenças dentárias futuras baseadas em padrões de dados históricos.
Robótica em Procedimentos Odontológicos	Haleem et al. (2019), Ahmed et al. (2021)	Robôs assistidos são usados em algumas clínicas de ponta para procedimentos de precisão, como cirurgias de implantes.

4.2 Descrição da situação atual do Caso e potencial de uso de IA no futuro

A partir das entrevistas, observações, análise documental foram identificados os potenciais usos de IA no estudo de caso, e diagnosticada cada dimensão de aplicação, descrevendo a situação atual e uma possível situação futura a partir de sugestões de implementações das tecnologias, conforme Quadro 2.

Quadro 2: Diagnóstico das dimensões no caso

Aplicações da IA na Odontologia	Autores	Diagnóstico do estudo de caso: Situação Atual	Prognóstico: Situação Futura
CLÍNICOS			
Diagnóstico de Imagens Auxiliado por IA	Haleem et al. (2019), Ahmed et al. (2021), Putra et al. (2022), Ma et al. (2022); Chen et al. (2019); Revilla-León et al., 2023; Rutkowski, 2024; Zembrano e Veléz (2021); Lee et al., 2018)	Atualmente não há aplicações de inteligência artificial dentro dos conceitos apresentados na literatura.	Implementar um sistema de IA que não só analisa as imagens, mas também sugere o melhor plano de tratamento baseado nos achados. Isso pode aumentar a precisão do diagnóstico, otimização do tempo de planejamento, e a eficiência do tratamento. Construção de base de dados consorciada ou por associações que possibilite aprendizado do <i>machine learning</i> .
Planejamento de Tratamentos com IA	Haleem et al. (2019), Ahmed et al. (2021), Putra et al. (2022), Ma et al. (2022); Chen et al. (2019); Patcas et al. (2018); Zembrano e Veléz (2021)	Atualmente não há aplicações de inteligência artificial dentro dos conceitos apresentados na literatura. No entanto, considerando uma transição dos modelos atuais para IA, é possível identifica o uso de ferramentas digitais de planejamento com previsões, simulações de resultados e também para posicionamento de implantes (guias cirúrgicos) – impressão 3d, planning center.	Desenvolver uma integração mais profunda com sistemas de gestão de clínica para que os planos de tratamento baseados em IA possam ser ajustados em tempo real conforme o progresso do tratamento.
Análise Preditiva para Saúde Oral	Haleem et al. (2019), Ahmed et al. (2021), Ma et al. (2022); Baliga, 2019; Peters (2019)	Não há aplicações.	Adotar sistemas de IA que integram dados contínuos de saúde oral para fornecer alertas antecipados e recomendações de prevenção personalizadas para cada paciente, assim como orientação assistida de higiene oral.
Robótica em Procedimentos Odontológicos	Haleem et al. (2019), Ahmed et al. (2021)	Não há aplicações	Investigar e possivelmente investir em robótica avançada que pode ser programada para realizar uma gama maior de procedimentos odontológicos, melhorando a precisão e reduzindo o tempo de recuperação do paciente.
GESTÃO			
Automação de Processos Administrativos	Haleem et al. (2019), Ahmed et al. (2021), Ma et al. (2022); Bindushree et al., 2020	Atualmente são utilizadas apenas ferramentas com abordagem comercial e relacionamento com clientes, como mensagens automáticas iniciais e bots de disparos em massa de mensagens.	Expandir o uso de IA para incluir a gestão de prontuários eletrônicos, onde a IA pode sugerir atualizações de tratamentos com base em novos dados inseridos no sistema, agendamentos automáticos, triagem inteligente.

Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Observa-se a partir dos dados do Quadro 2 que a maioria dos avanços está predominantemente relacionada aos pontos clínicos. As aplicações de IA mais discutidas incluem o diagnóstico de imagens, o planejamento de tratamentos, a análise preditiva para saúde oral e a robótica em procedimentos odontológicos. Essas áreas clínicas têm um grande potencial para melhorar a precisão dos diagnósticos, a eficiência dos tratamentos e a personalização dos cuidados ao paciente.

Por outro lado, as aplicações de IA na gestão ainda são poucas, mas não menos importantes. Atualmente, a clínica já utiliza algumas ferramentas digitais para a automação de processos administrativos, como mensagens automáticas e *bots* para agendamentos. No entanto, há um vasto campo de possibilidades para a implementação futura de IA no quesito gerencial, como a gestão de prontuários eletrônicos e a triagem inteligente. Mesmo que sejam poucas as citações relacionadas à gestão, é uma área onde a clínica já demonstra ações e potencial para desenvolvimentos adicionais em um futuro breve.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do objetivo de explorar os impactos da IA nas práticas odontológicas, com foco na identificação de tecnologias de IA em processos e na descrição de suas principais aplicações nas dimensões encontradas através de uma revisão abrangente e atual da literatura e na análise detalhada do caso estudado, podemos afirmar que tal objetivo foi alcançado.

Os resultados demonstram que a IA pode oferecer melhorias significativas em diagnósticos e tratamentos odontológicos. Tecnologias como o aprendizado de máquina e o aprendizado profundo têm o potencial de transformar a forma como são conduzidos os processos clínicos e gerenciais, podendo trazer precisão e eficiência.

No entanto, esta pesquisa tem suas limitações, sendo um estudo de caso, os resultados não podem ser generalizados para todas as clínicas odontológicas. O diagnóstico realizado é específico para o momento atual; caso a avaliação fosse realizada dois anos atrás ou daqui a dois anos, os resultados poderiam ser muito diferentes devido à rápida evolução da tecnologia. Além disso, a adoção da IA na odontologia enfrenta desafios significativos, incluindo barreiras de desenvolvimento e questões éticas. É essencial garantir que a implementação da IA seja realizada de maneira ética e eficiente, contemplando as expectativas dos pacientes e a viabilidade econômico-financeira.

Apesar das vantagens da IA, a presença de seres humanos será sempre necessária. Casos clínicos complexos frequentemente exigem experiência e intuição que as máquinas não

podem replicar. A interação humana é fundamental para tranquilizar os pacientes e entender suas preocupações, enquanto muitos procedimentos odontológicos exigem habilidades manuais precisas e um toque artístico, como na estética dentária. Além disso, a tomada de decisões em situações críticas deve ser responsabilidade dos profissionais humanos.

Para futuras pesquisas, há oportunidades de aprofundar o estudo sobre a implementação da IA em diversas especialidades odontológicas e avaliar os impactos a longo prazo. Estudos longitudinais poderiam fornecer insights valiosos sobre a evolução da tecnologia e sua integração na prática odontológica. Além disso, explorar as percepções e experiências dos pacientes com tratamentos assistidos por IA pode oferecer uma perspectiva mais holística sobre a aceitação e eficácia dessa tecnologia.

Em conclusão, a IA apresenta um grande potencial para revolucionar a odontologia, oferecendo diagnósticos mais precisos e tratamentos mais eficientes. No entanto, sua implementação deve ser cuidadosa e ética, sempre com a presença indispensável dos profissionais de saúde.

6 REFERÊNCIAS

- AHMED, N.; ABBASI, M. S.; ZUBERI, F.; QAMAR, W.; HALIM, M. S. B., MAQSOOD, A.; ALAM, M. K. Artificial Intelligence Techniques: Analysis, Application, and Outcome in Dentistry—A Systematic Review. *BioMed Research International*, 2021.
- BALIGA, S. M. Artificial intelligence - The next frontier in pediatric dentistry. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, V. 37, nº 4, pág 315, 2019.
- BARR, A.; FEIGENBAUM, E. A.; COHEN, P. R. *The Handbook of Artificial Intelligence*, vol. 1-3, William Kaufmann Inc., Los Altos, CA, 1981.
- BINDUSHREE, V; SAMEEN, R. J.; VASUDEVAN, V.; SHRIHARI, T. G.; DEVARAJU, D; SUSAN, M. N. Artificial Intelligence: In Modern Dentistry. *Journal of Dental Research and Review*, V. 7, nº 1, pág 27-31, 2020.
- HALEEM, A.; JAVAID, M.; KHAN, I. H. Artificial Intelligence (AI) applications in dentistry. *Current Medicine Research and Practice*, V. 10, nº 1, pág 36-38, 2020.
- HASSANI, H.; AMIRI ANDI, P.; GHODSI, A.; NOROUZI, K.; KOMENDANTOVA, N.; UNGER, S. Shaping the Future of Smart Dentistry: From Artificial Intelligence (AI) to Intelligence Augmentation (IA). *IoT*, V. 2, pág 510-523, 2021.
- JEYARAMAN M, BALAJI S, JEYARAMAN N, YADAV S. Unraveling the Ethical Enigma: Artificial Intelligence in Healthcare. *Cureus*, V. 15, nº 8, 2023.
- LEE, J.; KIM, D.; JEONG, S.; CHOI, S. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *Journal of Dentistry*, V. 3, pág 106-111, 2018.

- MA, J.; SCHNEIDER, L.; LAPUSCHKIN S.; ACHTIBAT R.; DUCHRAU M.; KROIS, J.; SCHWENDICKE, F.; SAMEK, W. Towards Trustworthy AI in Dentistry. *J Dent Res*, V. 101, nº 11, pág 1263-1268, 2022.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Global oral health status report: towards universal health coverage for oral health by 2030. OMS, 2022.
- O'SULLIVAN S, NEVEJANS N, ALLEN C, ET AL. Legal, regulatory, and ethical frameworks for development of standards in artificial intelligence (AI) and autonomous robotic surgery. *Int J Med Robotics Comput Assist Surg*, V. 15, nº 1, 2019.
- PETERS, J. Oral-B's new \$220 toothbrush has AI to tell you when you're brushing poorly. Disponível em: <https://www.theverge.com/circuitbreaker/2019/10/25/20932250/oral-b-genius-x-connected-toothbrush-ai-artificial-intelligence>. Acesso em 27 de maio de 2024.
- PUTRA, R. H.; DOI, C.; YODA, N.; ASTUTI, E. R.; SASAKI, K. Current applications and development of artificial intelligence for digital dental radiography. *Dentomaxillofac Radiol*, V. 51, nº 1, 2022.
- REVILLA-LEÓN M.; GÓMEZ-POLO, M.; VYAS, S.; BARMAN, BA.; GALLUCI, GO.; ATT, W.; KRISHNAMURTHY, VR. Artificial intelligence applications in implant dentistry: A systematic review. *J Prosthet Dent*, V. 129, nº 2, pág 293-300, 2023.
- RUTKOWSKI, J. L. Artificial Intelligence (AI) Role in Implant Dentistry. *J Oral Implantol*, V. 50, nº 1, pág 1-2, 2024.
- SCHWENDICKE, F; SAMEK, W; KROIS, J. Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges. *Journal of Dental Research*, V. 99, nº 7, pág 769-774, 2020.
- TANDON, D.; RAJAWAT, J.; BANERJEE, M. Present and future of artificial intelligence in dentistry. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, V. 10, nº 4, pág 391-396, 2020.
- YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- ZEMBRANO, L. G.; VÉLEZ, C. P. Desafíos de la inteligencia artificial en Odontología. *Odontologia Sanmarquina*, Vol. 24, nº 3, 2021.