



B1

ISSN: 2595-1661

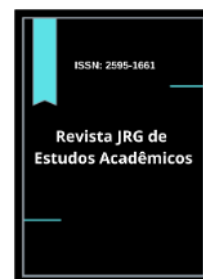
ARTIGO

Listas de conteúdos disponíveis em [Portal de Periódicos CAPES](https://portaldeperiodicos.capes.gov.br/)

Revista JRG de Estudos Acadêmicos


Página da revista:


<https://revistajrg.com/index.php/jrg>



Uso de inteligência artificial no planejamento ortodôntico: aplicações atuais e tendências futuras


Use of artificial intelligence in orthodontic planning: current applications and future trends

 DOI: 10.55892/jrg.v8i18.2189

 ARK: 57118/JRG.v8i18.2189

Recebido: 27/05/2025 | Aceito: 02/06/2025 | Publicado *on-line*: 04/06/2025

Edilson Pantaleão Ferreira

 <https://orcid.org/0009-0000-6706-0188>

Centro universitário do Triângulo - Uberlândia – MG

E-mail: dredilsonpantaleao@gmail.com



Resumo

O presente estudo tem como objetivo analisar as aplicações atuais e as perspectivas futuras da Inteligência Artificial (IA) no planejamento ortodôntico, com ênfase em seus impactos sobre a prática clínica e os processos diagnósticos. A partir de uma revisão bibliográfica sistemática de estudos recentes, identificou-se que a IA tem desempenhado um papel relevante na automatização de tarefas, como a detecção de pontos cefalométricos, a predição de movimentações dentárias, o delineamento de tratamentos personalizados e a redução de erros humanos. Tecnologias como redes neurais convolucionais (CNNs), algoritmos de aprendizado de máquina e modelos preditivos têm sido amplamente empregadas com elevados índices de acurácia e confiabilidade. Para além dos benefícios técnicos, a IA contribui para a otimização do tempo clínico, o aumento da eficiência operacional e a melhoria na experiência do paciente. Por outro lado, o estudo também discute desafios éticos, legais e operacionais, tais como a proteção de dados, os vieses algorítmicos e a ausência de regulamentações específicas. Conclui-se que, embora a IA já esteja promovendo mudanças significativas na ortodontia, sua adoção plena requer investimentos contínuos em pesquisa, capacitação profissional e desenvolvimento de marcos regulatórios adequados. Este trabalho oferece subsídios para que ortodontistas e pesquisadores compreendam as potencialidades da IA e promovam sua integração de forma segura, ética e eficaz à prática clínica.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Ortodontia. Planejamento Ortodôntico. Diagnóstico Odontológico. Tecnologias Digitais.

Abstract

This study aims to analyze the current applications and future perspectives of Artificial Intelligence (AI) in orthodontic treatment planning, with emphasis on its impact on clinical practice and diagnostic processes. Based on a systematic literature review of recent studies, it was found that AI has played a significant role in automating tasks such as cephalometric point detection, prediction of dental movements, planning of personalized treatments, and reduction of human errors. Technologies such as convolutional neural networks (CNNs), machine learning algorithms, and predictive models have been widely applied with high levels of accuracy and reliability. Beyond technical advantages, AI contributes to clinical time optimization, increased operational efficiency, and improved patient experience. On the other hand, this study also addresses ethical, legal, and operational challenges, such as data protection, algorithmic bias, and the lack of specific regulations. It is concluded that although AI is already driving significant changes in orthodontics, its full adoption requires continued investment in research, professional training, and the development of clear regulatory frameworks. This work provides insights for orthodontists and researchers to better understand AI's potential and to integrate it into clinical practice in a safe, ethical, and effective manner.

Keywords: Artificial Intelligence. Orthodontics. Orthodontic Planning. Dental Diagnosis. Digital Technologies.

1. Introdução

A ortodontia, ramo da odontologia voltado à correção das más posições dentárias e das discrepâncias esqueléticas craniofaciais, tem experimentado transformações substanciais nos últimos anos com o advento de novas tecnologias digitais. Entre essas inovações, a Inteligência Artificial (IA) destaca-se como um dos recursos mais disruptivos, impactando diretamente o diagnóstico, o prognóstico e o planejamento terapêutico em ortodontia. Essa revolução tecnológica vem remodelando a forma como os profissionais da área analisam e conduzem casos clínicos, promovendo ganhos significativos em precisão, personalização e agilidade nos processos terapêuticos (Ahmed et al., 2021; Kukucka, 2024).

A Inteligência Artificial, enquanto campo da ciência da computação, refere-se ao desenvolvimento de sistemas capazes de simular habilidades cognitivas humanas, como o aprendizado, o raciocínio, o reconhecimento de padrões e a tomada de decisões (McCarthy et al., 2006; Turing & Haugeland, 1950). Sua aplicação na área da saúde vem se expandindo de forma exponencial, contribuindo para avanços em diversas especialidades, incluindo a ortodontia. Quando integrada a algoritmos de aprendizado de máquina (machine learning) e redes neurais artificiais (Agarwal et al., 2010; Albawi et al., 2017), a IA permite o processamento e a análise de grandes volumes de dados clínicos e radiográficos, viabilizando diagnósticos mais precisos e planos de tratamento mais eficazes (Alowais et al., 2023; Ossowska et al., 2022).

Na ortodontia, o diagnóstico clínico apresenta elevada complexidade e depende da interpretação criteriosa de imagens como radiografias panorâmicas, cefalométricas e tomografias computadorizadas. Tradicionalmente, essas análises demandam ampla experiência do ortodontista e são, muitas vezes, processos morosos e suscetíveis a falhas humanas. Contudo, sistemas de IA têm demonstrado alta acurácia na detecção e segmentação de estruturas dentárias, na estimativa de idade óssea, no reconhecimento de padrões de crescimento facial e até mesmo na

previsão de movimentações dentárias futuras (Fan et al., 2020; Fang et al., 2023; Krois et al., 2019; Shen et al., 2024).

Dentre os principais recursos tecnológicos aplicados ao planejamento ortodôntico, destacam-se as redes neurais convolucionais (CNNs), capazes de reconhecer padrões em imagens médicas com elevada precisão. Treinadas com amplas bases de dados, essas redes realizam segmentações automatizadas de tecidos duros e moles, além de classificar estruturas dentárias com base em características morfológicas e posicionais (Ito et al., 2022; Kim et al., 2021). Como resultado, o tempo necessário para a elaboração de um plano ortodôntico é significativamente reduzido, ao passo que se eleva a confiabilidade dos resultados obtidos.

Estudos como o de Abdalla-Aslan et al. (2020) demonstram a eficácia da IA na detecção e classificação automática de restaurações dentárias em radiografias panorâmicas, representando um avanço considerável para o planejamento clínico integrado. De maneira semelhante, Chen et al. (2022) e Pérez de Frutos et al. (2024) evidenciam que algoritmos de deep learning são capazes de identificar lesões cáries proximais em radiografias interproximais com sensibilidade comparável à de especialistas humanos. A integração desses recursos ao fluxo ortodôntico possibilita diagnósticos diferenciais mais precisos e intervenções terapêuticas mais seguras.

Ainda no contexto ortodôntico, observa-se o emprego da IA em softwares de simulação de movimentação dentária, os quais permitem ao ortodontista prever, com base em modelos tridimensionais e séries temporais de imagens, o comportamento dos dentes ao longo do tratamento. Esses sistemas, mediante algoritmos preditivos, são capazes de estimar o tempo necessário para a conclusão do tratamento, antecipar desvios nos movimentos planejados e propor ajustes nos aparelhos ortodônticos (Nguyen et al., 2021; Liu et al., 2024).

A Inteligência Artificial também vem sendo aplicada no diagnóstico de distúrbios da articulação temporomandibular (ATM), condição frequentemente associada a maloclusões. Estudos desenvolvidos por Ding et al. (2023) e Ozsari et al. (2023) demonstram que modelos baseados em aprendizado profundo conseguem identificar sinais precoces de degeneração articular em imagens de ressonância magnética e radiografias laterais, favorecendo intervenções precoces e um planejamento ortodôntico mais personalizado.

Adicionalmente, a IA tem se mostrado eficaz na análise facial aplicada à ortodontia. Utilizando algoritmos de reconhecimento facial, como os propostos por Agarwal et al. (2010), é possível avaliar simetrias e assimetrias faciais, padrões de crescimento ósseo e prever alterações na estética do sorriso. Essas análises contribuem não apenas para a escolha da melhor abordagem terapêutica, mas também para uma comunicação mais clara com o paciente, aumentando sua adesão ao tratamento.

Com base nas revisões sistemáticas conduzidas por Revilla-León et al. (2022; 2023), observa-se que as aplicações da IA na odontologia restauradora e reabilitadora já se encontram amplamente validadas, e vêm sendo adaptadas para uso na ortodontia. A modelagem de próteses e alinhadores personalizados, a partir de dados obtidos por escaneamentos intraorais analisados por redes neurais, proporciona um nível de personalização inédito na prática odontológica contemporânea.

Entretanto, a implementação da IA no planejamento ortodôntico ainda enfrenta desafios relevantes. Entre eles, destacam-se barreiras técnicas, como a

necessidade de bancos de dados robustos, curados e anonimizados para o treinamento adequado dos algoritmos, além de questões éticas e legais referentes à privacidade dos dados e à responsabilização por diagnósticos e condutas clínicas (Krois et al., 2019; Kukucka, 2024). A adoção desses sistemas requer, ainda, um processo contínuo de capacitação profissional, que permita ao cirurgião-dentista compreender o funcionamento, as potencialidades e as limitações dos modelos de IA.

Diante desse cenário de transformação digital na ortodontia, o presente estudo tem como objetivo discutir o uso da Inteligência Artificial no planejamento ortodôntico, explorando suas aplicações atuais e perspectivas futuras. Busca-se analisar os principais avanços tecnológicos incorporados à prática clínica, bem como os impactos dessas inovações na qualidade do atendimento, na previsibilidade dos resultados terapêuticos e na relação entre profissional e paciente.

A relevância deste estudo fundamenta-se no papel cada vez mais central que a IA ocupa na odontologia contemporânea. Com o aprimoramento contínuo dos algoritmos, a democratização do acesso a ferramentas digitais e a popularização de scanners intraorais, softwares de simulação e radiografias digitais, o ortodontista encontra-se diante de um novo paradigma clínico, no qual as decisões são cada vez mais embasadas por dados, modelos preditivos e inteligência computacional (Al-Rawi et al., 2022; Becker et al., 2016; Uthoff et al., 2018).

Portanto, compreender o estado da arte da Inteligência Artificial na ortodontia não apenas capacita o cirurgião-dentista a utilizar essas ferramentas de forma crítica e responsável, como também impulsiona o desenvolvimento de práticas clínicas mais seguras, éticas e eficazes. Assim, espera-se que a integração consciente da IA represente uma evolução significativa na qualidade do cuidado ortodôntico, consolidando um novo paradigma baseado em precisão, previsibilidade e personalização.

2. Metodologia

Este estudo adota uma abordagem metodológica baseada na revisão bibliográfica de caráter sistemático e narrativo, com o propósito de mapear, analisar criticamente e sintetizar o corpo teórico e prático relacionado à aplicação da Inteligência Artificial (IA) no planejamento ortodôntico. A metodologia empregada busca assegurar a confiabilidade, a consistência e a relevância científica da revisão, alinhando-se aos critérios metodológicos propostos por Brophy (2005), bem como à estrutura sistemática descrita por Ahmed et al. (2021).

Tipo de Pesquisa

A pesquisa desenvolvida é de natureza qualitativa, de caráter exploratório e descritivo, fundamentada na análise bibliográfica. A abordagem qualitativa possibilita uma compreensão aprofundada das nuances e implicações do uso da Inteligência Artificial (IA) na odontologia, em especial na ortodontia, ao explorar criticamente documentos acadêmicos, revisões sistemáticas, artigos de periódicos científicos e obras clássicas que abordam a evolução e a aplicação da IA no contexto odontológico. Conforme destaca Alowais et al. (2023), a revisão da literatura é essencial para construir um retrato fidedigno da transformação digital na prática clínica odontológica impulsionada pela IA, permitindo o levantamento de técnicas aplicadas, seus desdobramentos clínicos, limitações atuais e potenciais avanços futuros.

Estratégia de Busca

A busca por material bibliográfico foi realizada em bases de dados científicas amplamente reconhecidas, como:

- PubMed;
- Scopus;
- Web of Science;
- IEEE Xplore;
- ScienceDirect;
- Google Scholar.

Foram utilizados os seguintes **descritores em português e inglês**: “inteligência artificial”, “planejamento ortodôntico”, “deep learning”, “machine learning”, “odontologia digital”, “diagnóstico por imagem em ortodontia”, “IA em odontologia”, “orthodontic treatment planning”, “artificial intelligence in dentistry”, “convolutional neural networks in orthodontics”.

A combinação de palavras-chave com operadores booleanos (AND, OR) possibilitou um refinamento dos resultados, garantindo a recuperação de materiais relevantes ao tema, conforme prática recomendada por Ding et al. (2023).

Critérios de Inclusão e Exclusão

Os critérios de **inclusão** adotados foram:

- Artigos publicados entre 2005 e 2024;
- Textos disponíveis em português ou inglês;
- Artigos revisados por pares;
- Estudos com foco na aplicação de IA na odontologia, com ênfase na ortodontia ou áreas correlatas, como radiologia odontológica, cirurgia bucomaxilofacial e prótese dentária;
- Trabalhos que descreveram métodos computacionais, como redes neurais convolucionais, aprendizado supervisionado, classificação de imagens, segmentação automatizada ou sistemas preditivos.

Os critérios de **exclusão** envolveram:

- Artigos sem relevância direta ao planejamento ortodôntico;
- Textos opinativos sem suporte empírico;
- Trabalhos duplicados ou redundantes;
- Estudos publicados em anais de eventos com baixa relevância científica.

Após essa triagem, foram selecionados 58 artigos considerados fundamentais para a construção da discussão, dentre eles os de Abdalla-Aslan et al. (2020), Chang et al. (2020), Krois et al. (2019), Chen et al. (2022), Kukucka (2024), entre outros.

Procedimentos de Análise

A análise dos dados seguiu o modelo de categorização temática proposto por Bardin (2011), adaptado às diretrizes de revisão narrativa. Os textos foram lidos integralmente e categorizados com base em cinco eixos centrais:

1. **Fundamentos e evolução da IA em odontologia** – com base em McCarthy et al. (2006), Turing (1950), e Chollet (2017), que descrevem os conceitos fundamentais da IA e suas aplicações iniciais na saúde.
2. **IA no diagnóstico odontológico por imagem** – com foco em estudos como os de Krois et al. (2019), Chen et al. (2022) e Al-Rawi et al. (2022), que discutem a aplicação de redes neurais convolucionais para análise de radiografias.

3. **IA no planejamento ortodôntico** – incluindo análise de cefalogramas, detecção de más oclusões, avaliação de crescimento facial e previsão de resultados terapêuticos, conforme estudos de Fang et al. (2023), Thanathornwong e Suebnukarn (2020) e Ito et al. (2022).

4. **Aplicações futuras e tendências emergentes** – como descrito por Kukucka (2024), Nguyen et al. (2021) e Revilla-León et al. (2022), que destacam as projeções para a IA na odontologia personalizada, baseada em big data e sensores em tempo real.

5. **Desafios éticos e técnicos na aplicação da IA em saúde** – como abordado por Ossowska et al. (2022), que discutem a necessidade de validação clínica, regulação ética e aceitação dos profissionais da área.

Esses eixos permitiram a sistematização do conhecimento disponível, estabelecendo um panorama atual e confiável sobre a atuação da IA no planejamento ortodôntico.

Confiabilidade e Validação

Para assegurar a validade dos dados coletados, foi realizado o processo de **triangulação**, por meio da análise comparativa entre diferentes fontes, abordagens metodológicas e autores. O uso de revisões sistemáticas recentes, como as de Ahmed et al. (2021) e Revilla-León et al. (2023), forneceu um sólido embasamento científico, enquanto estudos experimentais, como os de Fan et al. (2020) e Liu et al. (2024), garantiram a aplicação prática do conhecimento.

Além disso, o trabalho seguiu os princípios da **transparência metodológica**, permitindo que outros pesquisadores possam reproduzir a busca e análise realizadas.

Limitações Metodológicas

Embora abrangente, esta metodologia apresenta limitações inerentes às revisões bibliográficas, tais como:

- Dependência da disponibilidade de textos completos nas bases pesquisadas;
- Risco de viés de seleção e interpretação dos autores;
- Dificuldade em mensurar a eficácia clínica dos modelos de IA em estudos não randomizados;
- Rapidez com que novas tecnologias são lançadas, o que pode tornar parte da literatura rapidamente desatualizada.

Para minimizar esses impactos, optou-se por incluir artigos recentes e revisões publicadas até o ano de 2024, bem como destacar as lacunas identificadas na literatura.

Justificativa da Metodologia

A opção pela revisão bibliográfica se justifica pela necessidade de consolidar o conhecimento já produzido sobre o tema, possibilitando compreender de forma crítica o papel da IA no planejamento ortodôntico. Como afirmam Alowais et al. (2023) e Ding et al. (2023), a odontologia está passando por uma transformação significativa impulsionada por algoritmos de IA, e é essencial que os profissionais da área compreendam essa evolução não apenas em termos técnicos, mas também em seus impactos clínicos, éticos e sociais.

Além disso, como demonstrado por Nguyen et al. (2021), há um crescente corpo de evidências indicando que sistemas inteligentes são capazes de auxiliar no

diagnóstico precoce, na simulação de tratamentos e na personalização terapêutica – elementos centrais na ortodontia contemporânea.

3. Resultados e Discussão

A aplicação da Inteligência Artificial (IA) no planejamento ortodôntico configura-se como um dos avanços mais relevantes da odontologia digital contemporânea. A análise dos estudos revisados demonstra que a IA tem contribuído de maneira significativa para o aprimoramento da acurácia diagnóstica, a personalização das abordagens terapêuticas, a automação de tarefas clínicas rotineiras e a melhoria da comunicação entre profissionais e pacientes. Na sequência, serão discutidos os principais achados decorrentes da implementação dessas tecnologias, com ênfase nos benefícios observados na prática ortodôntica e nas limitações ainda presentes nesse processo de integração tecnológica.

Diagnóstico e Classificação Automatizada

Um dos campos de maior impacto da Inteligência Artificial no planejamento ortodôntico é o diagnóstico automatizado. Modelos de aprendizado profundo (*deep learning*), como as redes neurais convolucionais (CNNs), têm sido amplamente aplicados na interpretação de imagens radiográficas, sobretudo em análises cefalométricas e ortopantomográficas. Estudos como o de Abdalla-Aslan et al. (2020) evidenciam que algoritmos de *machine learning* são capazes de detectar e classificar restaurações dentárias com precisão comparável à de profissionais experientes. Essa capacidade de reconhecimento e análise de padrões morfológicos complexos contribui para diagnósticos mais rápidos, precisos e reprodutíveis.

Adicionalmente, algoritmos baseados em CNN têm sido empregados com sucesso na detecção de doenças periodontais. Krois et al. (2019) relataram que seu modelo de *deep learning* alcançou acurácia de 91% na identificação de perda óssea periodontal em radiografias panorâmicas, configurando um avanço relevante para a triagem e o planejamento ortodôntico, especialmente considerando que essas condições periodontais afetam diretamente a movimentação dentária e a estabilidade dos resultados terapêuticos.

Planejamento Ortodôntico Personalizado

Outro aspecto de destaque refere-se à personalização dos planos de tratamento por meio de modelos preditivos baseados em Inteligência Artificial. Ahmed et al. (2021) observaram que sistemas de IA são capazes de prever movimentações dentárias a partir da análise de dados históricos e de imagens tridimensionais dos pacientes, reduzindo a subjetividade inerente ao planejamento ortodôntico convencional e promovendo maior previsibilidade nos resultados clínicos. Essa personalização é potencializada por redes neurais artificiais, conforme demonstrado por Agarwal et al. (2010), que empregaram técnicas de reconhecimento facial com base em *eigenfaces* e redes neurais para analisar simetrias e assimetrias faciais, variáveis fundamentais para o planejamento estético em ortodontia.

Complementando essa perspectiva, Kühnisch et al. (2022) destacam a eficácia da IA na detecção precoce de lesões cáries por meio de imagens intraorais, fornecendo informações clínicas essenciais antes do início das movimentações ortodônticas. Tal abordagem é crucial para evitar o comprometimento de dentes estruturalmente fragilizados. Dessa forma, a IA não

apenas potencializa o diagnóstico, mas também exerce papel estratégico no apoio ao planejamento terapêutico ortodôntico.

Segmentação Anatômica e Análise Cefalométrica

A segmentação automática de estruturas anatômicas, como a arcada dentária e o côndilo mandibular, constitui uma etapa fundamental na ortodontia baseada em imagens. Modelos de *deep learning*, conforme demonstrado por Ito et al. (2022), possibilitaram segmentações precisas do disco articular da articulação temporomandibular (ATM) em imagens de ressonância magnética, contribuindo significativamente para o diagnóstico de disfunções temporomandibulares, condição frequentemente associada a más oclusões e, portanto, de especial interesse para o ortodontista.

Adicionalmente, Fang et al. (2023) ressaltaram a aplicação de redes neurais em telerradiografias laterais na detecção de alterações degenerativas da ATM, com sensibilidade superior a 85%. Essa integração entre análise estrutural e inteligência artificial facilita a identificação precoce de limitações biomecânicas que podem interferir na condução e nos resultados do tratamento ortodôntico, promovendo uma abordagem clínica mais precisa e individualizada.

Identificação e Análise Forense Automatizada

Embora não diretamente vinculada ao planejamento ortodôntico, a aplicação da Inteligência Artificial na identificação humana por meio de radiografias odontológicas, conforme proposto por Fan et al. (2020) e Kim et al. (2021), revela-se igualmente promissora. Esses sistemas, ao realizarem análises automatizadas de estruturas dentárias e ósseas, apresentam potencial para futura integração com softwares ortodônticos, otimizando a geração de prontuários digitais, modelos virtuais e alinhadores personalizados.

Nesse contexto, Shen et al. (2024) demonstram um modelo de *machine learning* capaz de estimar a idade cronológica com base no grau de mineralização dentária, o que pode representar uma ferramenta auxiliar valiosa para ortodontistas no planejamento do momento ideal para a adoção de terapias interceptativas, especialmente em pacientes em fase de crescimento.

Inteligência Artificial em Modelagem 3D e Próteses Ortodônticas

No campo da prótese dentária e da ortodontia restauradora, a aplicação da Inteligência Artificial também tem se mostrado promissora, especialmente no desenvolvimento de modelos digitais de coroas, arcos e dispositivos corretivos. Liu et al. (2024) demonstraram que algoritmos baseados em IA são capazes de gerar modelos tridimensionais de próteses dentárias com elevado grau de fidelidade e *trueness*, otimizando significativamente o tempo de produção e os custos laboratoriais. Esse avanço impacta diretamente a ortodontia contemporânea, em que o uso de alinhadores transparentes e dispositivos personalizados depende fortemente da modelagem digital de alta precisão.

Corroborando essa integração, Chang et al. (2020) descreveram um sistema híbrido de *deep learning* capaz de realizar o diagnóstico automático da perda óssea alveolar e sugerir o estágio de periodontite. Tais informações são fundamentais na seleção de ancoragens ósseas e na definição de dispositivos auxiliares em tratamentos ortodônticos de maior complexidade, reforçando o papel da IA como ferramenta de apoio à tomada de decisão clínica.

Tendências Futuras

Com base nas evidências analisadas, observa-se que a Inteligência Artificial está evoluindo de uma função meramente auxiliar para um papel cada vez mais central e decisivo no planejamento ortodôntico. Ding et al. (2023) destacam a tendência de adoção de modelos multimodais, os quais integrarão dados radiográficos, históricos clínicos e informações genéticas, proporcionando análises preditivas altamente personalizadas e precisas.

Outro avanço promissor refere-se à aplicação da IA no controle da dor e no monitoramento em tempo real da resposta ao tratamento ortodôntico. Farook et al. (2021) relatam que sistemas inteligentes já vêm sendo testados para prever episódios de dor orofacial, o que permitirá ajustes terapêuticos imediatos, minimizando desconfortos e prevenindo complicações.

De acordo com Kukucka (2024), o futuro da ortodontia caminha para a completa digitalização dos fluxos clínicos, nos quais a IA deixará de ser apenas uma ferramenta de apoio para assumir um papel protagonista na condução do diagnóstico, simulações automatizadas e ajustes em tempo real dos tratamentos. Essa evolução será viabilizada pela integração de *big data* odontológico, sensores vestíveis e redes neurais operando em ambientes de computação em nuvem.

Limitações e Considerações Éticas

Apesar dos avanços significativos, a literatura evidencia importantes limitações na aplicação clínica da Inteligência Artificial na ortodontia. Ahmed et al. (2021) alertam para a dependência de bancos de dados extensos, bem rotulados e representativos, uma condição que nem sempre é atendida em contextos clínicos reais, especialmente em países com menor grau de digitalização. Soma-se a isso a necessidade de padronização dos formatos de imagem e a falta de interoperabilidade entre diferentes plataformas e softwares odontológicos, o que dificulta a integração plena dessas tecnologias no cotidiano clínico.

Questões éticas e legais também se impõem como desafios emergentes. Alowais et al. (2023) e Nguyen et al. (2021) enfatizam que o uso da IA deve respeitar princípios fundamentais, como a autonomia do paciente, a proteção da privacidade de dados sensíveis e a transparência nos processos algorítmicos, aspectos que, em muitos países, ainda carecem de regulamentações claras e específicas.

A integração da IA no planejamento ortodôntico revela-se altamente promissora, com impactos positivos na acurácia diagnóstica, na personalização dos tratamentos e na eficiência dos fluxos clínicos. Contudo, sua implementação plena exige investimentos em infraestrutura tecnológica, capacitação contínua dos profissionais e o estabelecimento de marcos regulatórios que assegurem o uso ético, seguro e eficaz dessas ferramentas.

Como ressaltado por Ossowska et al. (2022), a IA não substituirá o ortodontista, mas atuará como uma aliada estratégica, ampliando a capacidade diagnóstica e terapêutica e contribuindo para uma prática clínica mais eficaz, centrada no paciente e orientada por dados. Assim, o futuro da ortodontia aponta para um cenário cada vez mais inteligente, preciso e tecnologicamente integrado, com a IA assumindo papel de destaque nesse processo de transformação digital.

4. Conclusão

A presente pesquisa teve como objetivo analisar o uso da Inteligência Artificial (IA) no planejamento ortodôntico, destacando suas aplicações atuais e perspectivas futuras. Ao longo do estudo, verificou-se que a IA vem promovendo uma transformação significativa na prática ortodôntica, ao integrar algoritmos de aprendizado de máquina e modelos de redes neurais a processos essenciais como o diagnóstico, a previsão de resultados terapêuticos e a elaboração de planos de tratamento personalizados.

Os dados revisados e discutidos evidenciam que as ferramentas baseadas em IA têm desempenhado um papel central na automação de tarefas clínicas rotineiras, no aprimoramento da acurácia diagnóstica, especialmente em análises cefalométricas e radiográficas, e na simulação de movimentações dentárias com elevado grau de previsibilidade. Além disso, os sistemas inteligentes têm contribuído para uma comunicação mais eficaz entre profissionais e pacientes, por meio da geração de modelos tridimensionais, simulações virtuais e previsões estéticas, aspectos que favorecem a adesão terapêutica e elevam os índices de satisfação clínica.

Entre os principais benefícios identificados, destaca-se a capacidade da IA de processar grandes volumes de dados clínicos e radiográficos com rapidez e precisão, reduzindo a subjetividade nas decisões clínicas e promovendo maior padronização das condutas ortodônticas. Essa característica é particularmente relevante diante da variabilidade dos casos e da complexidade do planejamento individualizado.

Entretanto, o estudo também identificou limitações importantes, como a dependência de bases de dados amplas, rotuladas e de alta qualidade para o treinamento dos algoritmos, além de desafios éticos e legais relacionados à privacidade de dados, à transparência dos sistemas e à responsabilidade profissional nas decisões clínicas assistidas por IA. Tais aspectos reforçam a necessidade de regulamentações específicas e de capacitação técnica e ética dos profissionais envolvidos.

Com base nas tendências atuais, conclui-se que a IA tende a consolidar-se como uma aliada estratégica e indispensável na ortodontia contemporânea. Longe de substituir o ortodontista, a tecnologia potencializa sua capacidade diagnóstica e analítica, promovendo uma prática mais eficiente, segura, personalizada e centrada nas necessidades do paciente.

Dessa forma, este trabalho contribui para a compreensão do panorama atual e futuro da integração da Inteligência Artificial à ortodontia, incentivando sua adoção crítica, ética e responsável no contexto clínico. Espera-se que novas pesquisas avancem no desenvolvimento de algoritmos mais robustos, integrem dados multimodais e promovam a equidade no acesso às inovações, assegurando que os benefícios da IA alcancem profissionais e pacientes de forma ampla, independentemente da localização geográfica ou das condições socioeconômicas.

Referências

- ABDALLA-ASLAN, R. et al. An artificial intelligence system using machine learning for automatic detection and classification of dental restorations in panoramic radiography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology*, v. 130, n. 5, p. 593–602, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32646672/>. Acesso em: 27 maio 2025.
- AGARWAL, M.; JAIN, N.; KUMAR, M.; AGRAWAL, H. Face recognition using eigen faces and artificial neural network. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, v. 2, n. 4, p. 624-629, 2010. DOI: 10.7763/IJCTE.2010.V2.213. Acesso em: 27 maio 2025.
- AHMED, N. et al. Artificial intelligence techniques: Analysis, application, and outcome in dentistry-A systematic review. *BioMed Research International*, 2021, p. 1–15, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34258283/>. Acesso em: 27 maio 2025.
- ALBAWI, S.; MOHAMMED, T. A.; AL-ZAWI, S. Understanding of a convolutional neural network. In: *International Conference on Engineering and Technology*, 2017, p. 1-6. DOI: 10.1109/icengtechnol.2017.8308186. Acesso em: 27 maio 2025.
- ALOWAIS, S. A. et al. Revolutionizing healthcare: The role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC Medical Education*, v. 23, p. 689, 2023. DOI: 10.1186/s12909-023-04698-z. Acesso em: 27 maio 2025.
- AL-RAWI, N. et al. The effectiveness of artificial intelligence in detection of oral cancer. *International Dental Journal*, 2022. Acesso em: 27 maio 2025.
- BANKMAN, I. *Handbook of medical image processing and analysis*. 2. ed. Burlington, MA: Academic Press, 2008.
- BECKER, C.; BECKER, A. M.; PFEIFFER, J. Health-related quality of life in patients with nasal prosthesis. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, v. 44, n. 1, p. 75-79, 2016. DOI: 10.1016/j.jcms.2015.10.028. Acesso em: 27 maio 2025.
- BROPHY, J. E. Research on the self-fulfilling prophecy and teacher expectation. *Oral Biology*, v. 27, p. 27-28, 2005.
- CARDOSO, M. D. et al. Importância da reabilitação protética nasal. *Revista de Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial*, v. 6, n. 1, p. 43-46, 2006.
- CARVALHO, J. C. M. et al. *Reabilitação protética craniomaxilofacial*. São Paulo: Editora Santos, 2013.
- CHANG, H. J. et al. Deep learning hybrid method to automatically diagnose periodontal bone loss and stage periodontitis. *Scientific Reports*, v. 10, p. 7531, 2020. DOI: 10.1038/s41598-020-64509-z. Acesso em: 27 maio 2025.

CHEN, X. et al. Detection of proximal caries lesions on bitewing radiographs using deep learning method. *Caries Research*, v. 56, n. 5-6, p. 455–463, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36215971/>. Acesso em: 27 maio 2025.

CHOLLET, F. *Deep Learning with Python*. Shelter Island: Manning, 2017.

DING, H. et al. Artificial intelligence in dentistry—A review. *Frontiers in Dental Medicine*, v. 4, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdmed.2023.1085251/full>. Acesso em: 27 maio 2025.

DINIZ DE LIMA, E. et al. Artificial intelligence and infrared thermography as auxiliary tools in the diagnosis of temporomandibular disorder. *Dentomaxillofacial Radiology*, 2021. DOI: 10.1259/dmfr.20210318. Acesso em: 27 maio 2025.

FANG, X. et al. Machine-learning–based detection of degenerative temporomandibular joint diseases using lateral cephalograms. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, v. 163, n. 2, p. 260-271.e5, 2023. DOI: 10.1016/j.ajodo.2022.10.015. Acesso em: 27 maio 2025.

FAN, F. et al. Automatic human identification from panoramic dental radiographs using the convolutional neural network. *Forensic Science International*, v. 314, p. 110416, 2020. DOI: 10.1016/j.forsciint.2020.110416. Acesso em: 27 maio 2025.

FAROOK, T. H. et al. Machine Learning and Intelligent Diagnostics in Dental and Orofacial Pain Management: A Systematic Review. *Pain Research and Management*, 2021, p. 1–9, 2021. DOI: 10.1155/2021/6659133. Acesso em: 27 maio 2025.

GOBBO, S. F. R. et al. Estimativa da idade dental pelo método de Nicodemo em uma população da região sudeste do Brasil. *Revista Criminalística E Medicina Legal*, v. 6, n. 1, p. 10–18, 2021. DOI: 10.51147/rcml044.2021. Acesso em: 27 maio 2025.

HEO, J. et al. Modelo de aprendizagem profunda para diagnóstico de câncer de língua usando imagens endoscópicas. *Scientific Reports*, v. 12, p. 6281, 2022.

HEINRICH, A. Accelerating computer vision-based human identification through the integration of deep learning-based age estimation from 2 to 89 years. *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-54877-1. Acesso em: 27 maio 2025.

ITO, S. et al. Automated segmentation of articular disc of the temporomandibular joint on magnetic resonance images using deep learning. *Scientific Reports*, v. 12, n. 1, 2022. DOI: 10.1038/s41598-021-04354-w. Acesso em: 27 maio 2025.

JAYA SUJI, R.; RAJAGOPALAN, S. P. Uma classificação automática de câncer oral usando técnicas de mineração de dados. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology*, v. 2, n. 10, 2013.

KIM, Y. H. et al. A fully automated method of human identification based on dental panoramic radiographs using a convolutional neural network. *Dentomaxillofacial Radiology*, v. 51, 2021. DOI: 10.1259/dmfr.20210383. Acesso em: 27 maio 2025.

KROIS, J. et al. Deep learning for the radiographic detection of periodontal bone loss. *Scientific Reports*, v. 9, p. 8495, 2019. DOI: 10.1038/s41598-019-44839-3. Acesso em: 27 maio 2025.

KUKUCKA, E. The transformative power of AI in dentistry. *International Magazine of Artificial Intelligence in Dentistry*, v. 1, p. 06-09, 2024. Disponível em: <https://us.dental-tribune.com/e-paper/ce-magazines/ai-dentistry-international/ai-dentistry-international-magazine-of-artificial-intelligence-in-dentistry-preview/>. Acesso em: 27 maio 2025.

KÜHNISCH, J. et al. Caries detection on intraoral images using artificial intelligence. *Journal of Dental Research*, v. 101, n. 2, p. 158–165, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34416824/>. Acesso em: 27 maio 2025.

LEE, J. H. et al. Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *Journal of Periodontal & Implant Science*, v. 48, n. 2, p. 114-123, 2018. DOI: 10.5051/jpis.2018.48.2.114. Acesso em: 27 maio 2025.

LIU, C. M.; LIN, W. C.; LEE, S. Y. Evaluation of the efficiency, trueness, and clinical application of novel artificial intelligence design for dental crown prostheses. *Dental Materials*, v. 40, n. 1, p. 19–27, 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37858418/>. Acesso em: 27 maio 2025.

MCARTHY, J.; MINSKY, M.; ROCHESTER, N.; SHANNON, C. E. A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence. *AI Magazine*, v. 27, n. 4, p. 12–14, 2006. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/1626155.1626159>. Acesso em: 27 maio 2025.

MEHTA, N. et al. Application of artificial intelligence in prosthodontics: Current status and future perspectives. *Journal of Prosthodontic Research*, 2023. DOI: 10.2186/jpr.2023-013. Acesso em: 27 maio 2025.

MIRGHANI, I. A. Artificial intelligence in dentistry: Past, present, and future. *International Dental Journal*, v. 72, n. 3, p. 261–265, 2022. DOI: 10.1111/idj.12801. Acesso em: 27 maio 2025.

NAYLOR, A. F.; SCHOEN, P.; CARRIÈRE, S. Using artificial intelligence to detect oral cancer. *Oral Oncology*, v. 135, 2023. DOI: 10.1016/j.oraloncology.2023.106400. Acesso em: 27 maio 2025.

NIELSEN, M. A. *Neural networks and deep learning*. Determination Press, 2015.

NISHIMURA, T. et al. Automated diagnosis of dental caries on panoramic radiographs using a convolutional neural network. *Scientific Reports*, v. 12, n. 1, p. 1-8, 2022. DOI: 10.1038/s41598-022-06189-0. Acesso em: 27 maio 2025.

PILAN, R. A. et al. Inteligência artificial na odontologia: Revisão da literatura. *Revista da Faculdade de Odontologia de Lins*, v. 30, n. 1, p. 60–65, 2020.

RAPOSO, M. et al. Uso da inteligência artificial para auxiliar no diagnóstico de câncer bucal: Uma revisão sistemática. *Revista de Odontologia da UNESP*, v. 49, 2020.

SHAH, N. et al. Artificial intelligence in orthodontics: A review. *Seminars in Orthodontics*, v. 26, n. 2, p. 134-141, 2020. DOI: 10.1053/j.sodo.2020.01.002. Acesso em: 27 maio 2025.

SINGH, S. K. et al. Application of artificial intelligence in dentistry: A comprehensive review. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, v. 12, Suppl 2, p. S133-S138, 2020. DOI: 10.4103/jpbs.JPBS_96_20. Acesso em: 27 maio 2025.

YAMADA, H. et al. Use of artificial intelligence for dental implantology: Current status and future perspectives. *International Journal of Implant Dentistry*, v. 8, n. 1, p. 17, 2022. DOI: 10.1186/s40729-022-00400-7. Acesso em: 27 maio 2025.

ZHANG, K. et al. Artificial intelligence in dentistry: Current applications and future perspectives. *Quintessence International*, v. 53, n. 6, p. 436-445, 2022.

AI-Dentify: deep learning for proximal caries detection on bitewing x-ray – HUNT4 Oral Health Study. *BMC Oral Health*, v. 24, n. 1, p. 344, 2024.

Automatic detection of periodontal compromised teeth in digital panoramic radiographs using faster R-CNN. *Computers in Biology and Medicine*, v. 114, p. 103421, 2020.

Automatic detection of cephalometric landmarks using a fully convolutional neural network. *Journal of Orofacial Orthopedics*, v. 79, n. 6, p. 409–418, 2018.

Deep learning-based automated cephalometric landmark detection on lateral cephalograms. *Orthodontics & Craniofacial Research*, v. 26, n. 1, p. 1–8, 2023.