

A Odontologia digital como coadjuvante no planejamento do sorriso em pacientes com problemas ortodônticos

Digital dentistry as an adjunct in smile planning for patients with orthodontic problems

Odontología digital como complemento en la planificación de la sonrisa de pacientes con problemas de ortodoncia

Recebido: 09/12/2024 | Revisado: 12/12/2024 | Aceitado: 12/12/2024 | Publicado: 15/12/2024

Janiocastro Mendonça de Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9384-2577>
Centro Universitário Maurício de Nassau, Brasil
E-mail: janio.araujo@hotmail.com

Marcos Severino dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0378-1814>
Centro Universitário Maurício de Nassau, Brasil
E-mail: dr.marcossantos@hotmail.com

Joyce Quintela Carvalho Guillou

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1632-958X>
Centro Universitário Maurício de Nassau, Brasil
E-mail: joyce.qc@hotmail.com

Resumo

A Odontologia digital tem promovido avanços significativos no planejamento estético e ortodôntico, proporcionando maior precisão e eficiência nos tratamentos. Este estudo teve como objetivo revisar a literatura científica publicada entre 2010 e 2024, e outras pontuais, analisando o impacto das tecnologias digitais no diagnóstico e tratamento ortodôntico. Foram selecionados artigos das bases PubMed, SciELO e Google Acadêmico, com foco em tecnologias como scanners intraorais, setup digital, tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), impressão 3D, softwares de planejamento digital e outros. A análise incluiu apenas estudos que discutissem a aplicação prática dessas ferramentas no contexto ortodôntico. Os resultados destacam que a Odontologia digital tem transformado o planejamento ortodôntico, tornando os tratamentos mais eficientes, previsíveis e personalizados, evidenciando o impacto positivo dessas inovações na eficiência clínica e no conforto do paciente. Tecnologias como o setup digital, scanners intraorais, sistemas CAD/CAM e impressão 3D têm melhorado a visualização do diagnóstico e a comunicação com os pacientes, além de otimizar a produção de dispositivos ortodônticos personalizados. O uso dessas ferramentas, embora eficaz, apresenta desafios como o alto custo de implementação e a necessidade de capacitação técnica avançada. No entanto, a integração dessas tecnologias promete um futuro promissor para a Ortodontia, com potencial para transformar ainda mais a área, sendo um pilar fundamental na criação de sorrisos harmoniosos e personalizados.

Palavras-chave: Odontologia; Sorriso; Ortodontia; Tecnologia; Tecnologia Odontológica.

Abstract

Digital dentistry has promoted significant advances in aesthetic and orthodontic planning, providing greater precision and efficiency in treatments. This study aimed to review the scientific literature published between 2010 and 2024, and other specific ones, analyzing the impact of digital technologies on orthodontic diagnosis and treatment. Articles were selected from PubMed, SciELO and Google Scholar databases, focusing on technologies such as intraoral scanners, digital setup, cone beam computed tomography (CBCT), 3D printing, digital planning software and others. The analysis included only studies that discussed the practical application of these tools in the orthodontic context. The results highlight that digital dentistry has transformed orthodontic planning, making treatments more efficient, predictable and personalized, evidencing the positive impact of these innovations on clinical efficiency and patient comfort. Technologies such as digital setup, intraoral scanners, CAD/CAM systems and 3D printing have improved diagnostic visualization and communication with patients, in addition to optimizing the production of customized orthodontic devices. The use of these tools, although effective, presents challenges such as high implementation costs and the need for advanced technical training. However, the integration of these technologies promises a promising future for orthodontics, with the potential to further transform the field, being a fundamental pillar in the creation of harmonious and customized smiles.

Keywords: Dentistry; Smiling; Orthodontics; Technology; Technology, Dental.

Resumen

La odontología digital ha impulsado importantes avances en la planificación estética y ortodóncica, aportando mayor precisión y eficiencia en los tratamientos. Este estudio tuvo como objetivo revisar la literatura científica publicada entre 2010 y 2024, y otra específica, analizando el impacto de las tecnologías digitales en el diagnóstico y tratamiento de ortodoncia. Los artículos fueron seleccionados de las bases de datos PubMed, SciELO y Google Scholar, centrándose en tecnologías como escáneres intraorales, configuración digital, tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), impresión 3D, software de planificación digital y otros. El análisis sólo incluyó estudios que discutieron la aplicación práctica de estas herramientas en el contexto de la ortodoncia. Los resultados destacan que la odontología digital ha transformado la planificación de la ortodoncia, haciendo que los tratamientos sean más eficientes, predecibles y personalizados, destacando el impacto positivo de estas innovaciones en la eficiencia clínica y la comodidad del paciente. Tecnologías como la configuración digital, los escáneres intraorales, los sistemas CAD/CAM y la impresión 3D han mejorado la visualización del diagnóstico y la comunicación con los pacientes, además de optimizar la producción de dispositivos de ortodoncia personalizados. El uso de estas herramientas, aunque efectivo, presenta desafíos como el alto costo de implementación y la necesidad de capacitación técnica avanzada. Sin embargo, la integración de estas tecnologías promete un futuro prometedor para la ortodoncia, con potencial de transformar aún más el área, siendo un pilar fundamental en la creación de sonrisas armoniosas y personalizadas.

Palabras clave: Odontología; Sonrisa; Ortodoncia; Tecnología; Tecnología Odontológica.

1. Introdução

O sorriso é um dos elementos preponderantes da estética facial, influenciando diretamente a autoestima e a qualidade de vida dos indivíduos (Rocha, Teixeira & Breda, 2021). A busca pela harmonia e alinhamento dentários tem impulsionado o desenvolvimento de novas tecnologias na área da Odontologia (Araújo, 2021). Nesse cenário, a Odontologia digital tem ganhado destaque, proporcionando avanços importantes no planejamento do sorriso, inclusive para pacientes com problemas ortodônticos (Cechelero, 2021).

A Ortodontia, ramo da Odontologia dedicado ao estudo e correção das más oclusões dentárias, tem sido positivamente beneficiada pelos avanços na tecnologia digital (Cunha, Barbosa & Palma, 2021). Descobertas mais recentes e relevantes incluem tecnologias tridimensionais, como exames intraorais, tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), dispositivos de impressão CAD/CAM (*Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing*) e *softwares* de planejamento digital 3D (Garib et al., 2007; Francisco et al., 2022). A adoção dessas inovações tecnológicas na Ortodontia oferece uma precisão superior aos métodos convencionais de planejamento do sorriso, facilitando a condução dos procedimentos e aprimorando a interação entre pacientes e profissionais, e tornando os procedimentos mais ágeis e menos invasivos (Camardella et al., 2015).

Na Ortodontia, a modernização da clínica odontológica com o uso das tecnologias, proporciona um planejamento de tratamento mais previsível com a utilização de simuladores visuais e diminui erros de fabricação e impressão de modelos, aumentando a confiança do paciente e a eficiência do profissional (Cruz, 2018). Além disso, auxilia na simulação de extrações dentárias virtuais, design de sorriso e setups virtuais para tratamentos com alinhadores ou braquetes e, também, permite a análise de casos complexos que demandam cirurgia ortognática (Teixeira & Rolim, 2022).

Assim, a pergunta principal deste trabalho é: Como a Odontologia digital contribui para o planejamento do sorriso em pacientes com problemas ortodônticos, e quais são os principais benefícios associados à sua aplicação? Este estudo teve como objetivo revisar a literatura científica publicada entre 2010 e 2024, e outras pontuais, analisando o impacto das tecnologias digitais no diagnóstico e tratamento ortodôntico.

2. Metodologia

Este trabalho utilizou o método de revisão de literatura científica do tipo narrativa para compilar e analisar estudos sobre o tema proposto (Gonçalves, 2019; Estrela, 2018). Foram considerados artigos publicados nos últimos quinze anos (2010-2024), com inclusão pontual de estudos anteriores, quando relevantes ao tema abordado. As fontes de dados utilizadas foram PubMed, SciELO e Google Acadêmico, com a busca conduzida em português e inglês. Palavras-chave consultadas no

DeCS (Descritores em Ciências da Saúde), como “Odontologia”, “Sorriso”, “Ortodontia”, “Tecnologia” e “Tecnologia Odontológica” e seus respectivos termos em inglês “Dentistry”, “Smiling”, “Orthodontics”, “Technology” e “Technology, Dental” foram combinadas com operadores booleanos (“AND”, “OR” e “NOT”) para otimizar os resultados. A fim de complementar a busca bibliográfica, foram avaliados trabalhos acadêmicos, como monografias e trabalhos de conclusão de curso na literatura cinzenta. Os critérios de inclusão abrangeram artigos que discutiam o uso de tecnologias digitais no planejamento do sorriso para pacientes com problemas ortodônticos.

A análise dos artigos abrangeu os avanços no uso de scanners intraorais, impressão 3D, softwares de planejamento ortodôntico, uso de tomografia computadorizada de feixe cônico, alinhadores ortodônticos, teleortodontia, entre outros. A revisão também destacou o impacto dessas inovações no conforto do paciente e sua aplicabilidade clínica.

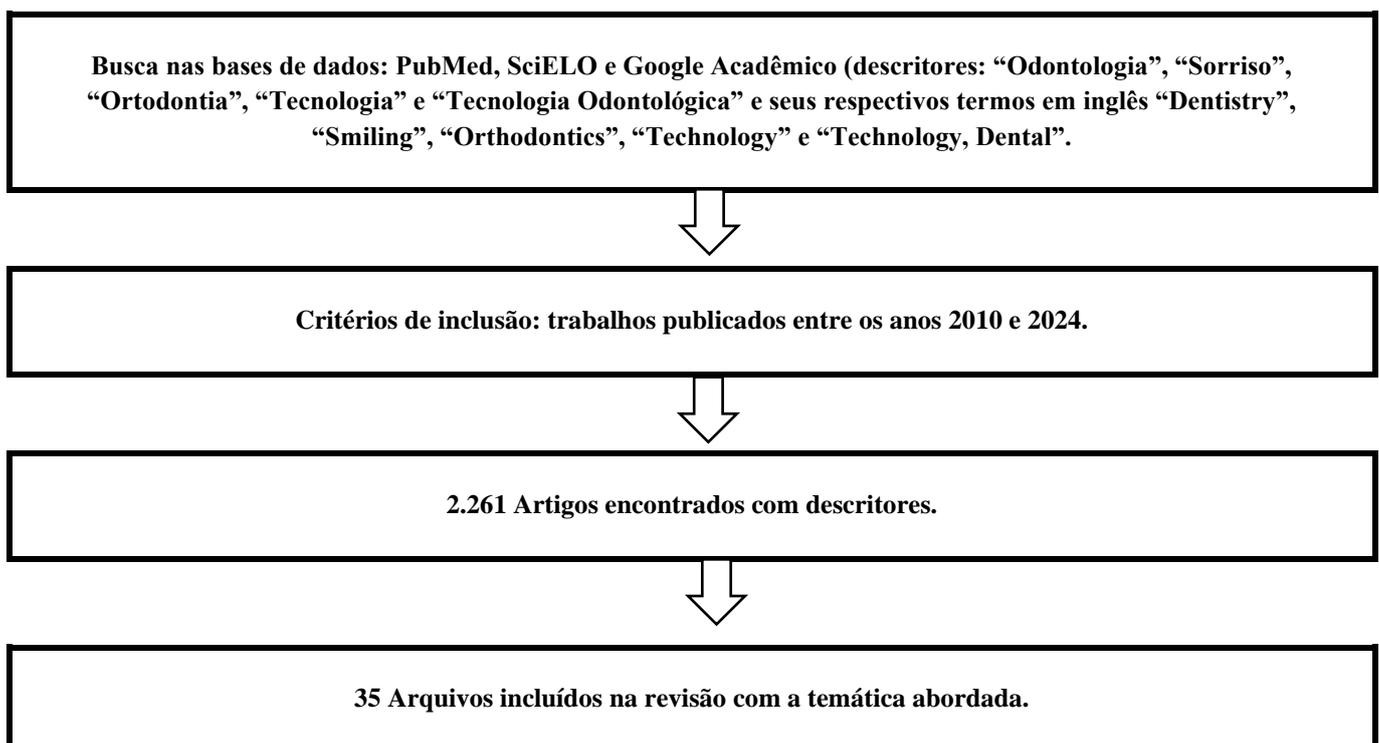
A seleção dos estudos foi criteriosa e ajustada conforme necessário, garantindo a inclusão de referências atualizadas. Este estudo fornece um panorama sobre as contribuições da Odontologia digital no aprimoramento do planejamento do sorriso para pacientes com problemas ortodônticos, sem recorrer a métodos empíricos, mas embasado em análise crítica da literatura.

3. Resultados e Discussão

A Odontologia digital tem transformado significativamente o campo do planejamento ortodôntico, especialmente no que diz respeito ao planejamento do sorriso para pacientes com problemas ortodônticos (Cechelero, 2021). Ao integrar tecnologias digitais, o processo de diagnóstico e tratamento ortodôntico tornou-se mais eficiente, preciso e personalizado (Cunha, Barbosa & Palma, 2021). Segundo Araújo (2021), a utilização dessas tecnologias permite aos profissionais alcançar uma harmonia estética no sorriso, proporcionando aos pacientes um resultado visualmente agradável e funcional.

Em uma busca inicial dos termos, utilizando as estratégias de pesquisa, foram encontrados 2.261 artigos. Após a aplicação dos critérios de inclusão, apenas 35 foram selecionados para compor essa revisão, de acordo com o fluxograma (Figura 1).

Figura 1 - Fluxograma da estratégia de busca e seleção dos artigos.



Fonte: Autoria própria (2024).

3.1 Setup Digital

O setup digital é uma das principais inovações em planejamento ortodôntico, permitindo a simulação precisa de movimentações dentárias antes do início do tratamento. Ferramentas como o *ClinCheck*[®] e o *Digital Smile System*[®] são amplamente utilizadas para criar *setups* tridimensionais detalhados, otimizando a visualização de um sistema de forças que serão aplicadas, a fim de produzir o alinhamento estético e funcional de arcadas dentárias (Miller et al., 2002; Robbins et al., 2023). Além disso, a visualização dos resultados potenciais facilita a comunicação com os pacientes, promovendo maior adesão ao plano terapêutico (Sachdeva, 2001; Morales-Burruezo et al., 2020).

O uso do *setup* digital se destaca em casos mais complexos, como deformidades faciais ou discrepâncias esqueléticas. Essas simulações permitem um planejamento integrado com cirurgias bucomaxilofaciais e técnicos de laboratório, garantindo precisão desde o diagnóstico até a execução. Ademais, os *softwares* de *setup* digital auxiliam na fabricação de dispositivos personalizados, como alinhadores ortodônticos, guias para colagem indireta, guias para inserção de mini-implantes, bem como goteiras cirúrgicas para posicionamento maxilomandibular em cirurgias ortognáticas (Cousley, 2020; Bianchi et al., 2022).

Os alinhadores transparentes, como o *Invisalign*[®], oferecem dispositivos estéticos e confortáveis. Produzidos a partir de escaneamentos intraorais e impressões 3D, esses dispositivos personalizados garantem previsibilidade em casos de movimentações dentárias leves a moderadas, como fechamento de diastemas e alinhamento estético (Kravitz et al., 2009; Morales-Burruezo et al., 2020). Além disso, o *setup* digital associado aos alinhadores permite a visualização de um sistema biomecânico de forças dos movimentos dentários esperados, melhorando o controle do tratamento (Miller et al., 2002; Tian et al., 2021).

Embora altamente eficazes, os alinhadores apresentam limitações em casos que exigem movimentos verticais ou rotações severas. Para contornar essas restrições, dispositivos auxiliares como *attachments* ou mini-implantes são frequentemente combinados ao tratamento, aumentando a eficácia clínica (Sachdeva, 2001; Cousley, 2020). Estudos também destacam que os alinhadores são mais adequados para pacientes adultos ou adolescentes cooperativos, que seguem rigorosamente as instruções de uso (Hsu et al., 2023; Morales-Burruezo et al., 2020).

Além de sua aplicação clínica, os alinhadores transparentes impactam positivamente a experiência do paciente, permitindo a remoção para alimentação e higienização. Essa característica reduz riscos de complicações, como cáries e inflamações gengivais, tornando-os uma escolha popular entre pacientes preocupados com estética e conforto (Leonardi et al., 2018; Gurel et al., 2012).

Apesar dos avanços, algumas limitações ainda são destacadas, como o alto investimento financeiro e a necessidade de habilidades técnicas avançadas para operar os *softwares* (Sachdeva, 2001; Cousley, 2020). No entanto, o *setup* digital continua sendo uma ferramenta poderosa para otimizar o planejamento ortodôntico e melhorar os resultados estéticos e funcionais.

3.2 Sistemas CAD/CAM e Impressão 3D

Os sistemas CAD/CAM (*Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing*) transformaram a prática ortodôntica, integrando diagnóstico, planejamento e execução em um único fluxo digital. A precisão dessas ferramentas permite a criação de dispositivos personalizados, como guias para colagem indireta e alinhadores, que otimizam a eficiência clínica e melhoram os resultados terapêuticos (Cousley, 2020; Morales-Burruezo et al., 2020). Além disso, a integração com a impressão 3D permite a fabricação de dispositivos ortodônticos com rapidez e precisão (Jeong et al., 2018). Sua aplicação também se estende a procedimentos cirúrgicos, onde guias CAD/CAM garantem o posicionamento preciso de implantes e mini-implantes, reduzindo complicações pós-operatórias (Hsu et al., 2023; Azpiazu-Flores et al., 2023).

A impressão 3D desempenha um papel central na Odontologia digital. Tecnologias como estereolitografia (SLA) e fusão seletiva a laser (SLM) são amplamente utilizadas para produzir modelos de trabalho, guias cirúrgicos e alinhadores,

umentando a previsibilidade clínica (Jeong et al., 2018; Tian et al., 2021). Estudos indicam que esses métodos reduzem significativamente o tempo de fabricação em comparação com abordagens tradicionais, além de oferecer alta precisão dimensional (Bianchi et al., 2022; Camardella et al., 2017). Também, guias digitais fabricados por impressão 3D têm se mostrado altamente eficazes no tracionamento ortodôntico. Esses dispositivos permitem um controle mais preciso da força aplicada, aumentando a previsibilidade e reduzindo o tempo de tratamento (Azpiazu-Flores et al., 2023).

A aplicação de impressão 3D em guias para colagem indireta garante a colocação precisa de braquetes e acessórios ortodônticos. Essas ferramentas são especialmente valiosas em casos de tratamentos complexos, como tracionamento de dentes inclusos ou deformidades faciais, onde a precisão é essencial para o sucesso terapêutico (Sachdeva, 2001; Morales-Burruezo et al., 2020). Em adição, a impressão 3D está cada vez mais integrada a fluxos de trabalho CAD/CAM, criando um ciclo digital completo que começa no diagnóstico e termina na execução do tratamento (Henarejos-Domingo et al., 2022; Jeong et al., 2018).

Embora ainda enfrente desafios relacionados ao custo e a necessidade de treinamento técnico, o impacto positivo na personalização dos tratamentos e na experiência do paciente justifica seu uso crescente na prática ortodôntica (Bianchi et al., 2022; Tian et al., 2021; Morales-Burruezo et al., 2020). Estudos futuros devem focar em tornar a tecnologia mais acessível, o que pode ampliar sua utilização na Ortodontia diária (Kim et al., 2023; Gurel et al., 2012; Cousley, 2020).

3.3 Escaneamento Intraoral

Os scanners intraorais têm modificado o fluxo de trabalho ortodôntico ao proporcionar impressões digitais detalhadas das arcadas dentárias, eliminando a necessidade de modelos físicos. Tecnologias como o *Medit i600* e o *Omniscam (CEREC)* garantem alta precisão e conforto ao paciente. Além disso, os arquivos STL (*Standard Triangle Language*) gerados a partir do escaneamento intraoral, integram-se facilmente aos sistemas CAD/CAM, otimizando o planejamento clínico e a comunicação com o laboratório (Hsu et al., 2023; Cousley, 2020).

Os arquivos digitais gerados por esses dispositivos também desempenham um papel crucial na sobreposição de imagens, facilitando a criação de modelos 3D precisos e viabilizando simulações detalhadas de movimentações dentárias. Estudos sugerem que a utilização de scanners intraorais melhora a previsibilidade dos tratamentos, ao mesmo tempo em que reduz erros associados ao manuseio manual dos modelos tradicionais (Gan, Xiong & Jiao, 2016).

Os guias digitais para instalação de aparelhos têm revolucionado a prática ortodôntica, garantindo o posicionamento preciso de braquetes e outros acessórios. Produzidos a partir de escaneamentos intraorais e impressões 3D, esses guias minimizam erros manuais e reduzem o tempo de atendimento clínico (Sachdeva, 2001; Cousley, 2020). Além disso, estudos indicam que sua utilização aumenta a eficiência biomecânica, melhorando a previsibilidade dos movimentos dentários (Jeong et al., 2018; Morales-Burruezo et al., 2020).

A colagem indireta é uma técnica que se beneficia particularmente da aplicação de guias digitais. Esses dispositivos garantem a otimização no início do tratamento e minimizam ajustes posteriores, por diminuir as possibilidades de erros de colagem (Henarejos-Domingo et al., 2022; Bianchi et al., 2022). Em casos mais complexos, como tratamentos envolvendo mini-implantes, os guias personalizados facilitam a instalação e asseguram que os dispositivos sejam posicionados em locais ideais (Azpiazu-Flores et al., 2023; Tian et al., 2021).

Por fim, a integração de scanners intraorais ao fluxo digital trouxe avanços significativos na personalização do tratamento ortodôntico. Essa abordagem melhora a adesão do paciente e a qualidade dos resultados clínicos, posicionando-se como uma ferramenta indispensável na Odontologia digital moderna (Morales-Burruezo et al., 2020).

3.4 Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico

A tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) oferece imagens tridimensionais detalhadas para diagnóstico e planejamento. Sua aplicação é especialmente valiosa no planejamento ortodôntico, permitindo a localização precisa de dentes inclusos, análise do volume das vias aéreas superiores e avaliação das estruturas craniofaciais (Tai et al., 2012; Leonardi et al., 2018). Além disso, a CBCT facilita a detecção de assimetrias faciais e a avaliação da relação entre dentes e estruturas adjacentes (Dindaroğlu et al., 2016; Montalvo-Arias, 2020).

Essa tecnologia, quando combinada com *softwares* de planejamento digital e sistemas CAD/CAM, possibilita a criação de modelos tridimensionais, guias cirúrgicos e dispositivos personalizados, aumentando a previsibilidade e reduzindo complicações em tratamentos ortodônticos e cirúrgicos (Jeong et al., 2018; Bianchi et al., 2022). Sua aplicação também se estende ao diagnóstico de condições como apneia obstrutiva do sono, ao avaliar a relação entre dentes e vias aéreas (Gurel et al., 2012; Morales-Burruezo et al., 2020).

A avaliação das vias aéreas é essencial na Ortodontia, especialmente em pacientes com apneia obstrutiva do sono ou alterações esqueléticas que afetam a respiração. A tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) tem sido amplamente utilizada para identificar obstruções e analisar o volume das vias aéreas superiores, fornecendo dados valiosos para o planejamento terapêutico (Montalvo-Arias, 2020; Tai et al., 2012). Integrada a *softwares* de análise 3D, a CBCT permite uma avaliação mais precisa das alterações morfológicas e funcionais (Leonardi et al., 2018; Morales-Burruezo et al., 2020). Com base nas informações obtidas, intervenções como expansão maxilar e cirurgia ortognática podem ser planejadas, aumentando a previsibilidade e eficácia do tratamento. A sobreposição de imagens antes e após os procedimentos facilita o monitoramento das mudanças nas vias aéreas e o ajuste dos planos, sendo particularmente útil em pacientes pediátricos, onde o desenvolvimento craniofacial impacta a dinâmica respiratória (Azpiazu-Flores et al., 2023; Hsu et al., 2023).

Pacientes com deformidades faciais frequentemente necessitam de uma abordagem interdisciplinar que combine Ortodontia e cirurgia ortognática, com a CBCT desempenhando um papel crucial no diagnóstico e planejamento de intervenções, ao fornecer imagens tridimensionais detalhadas das estruturas craniofaciais (Tai et al., 2012; Montalvo-Arias, 2020). A CBCT permite a análise precisa de assimetrias faciais e discrepâncias esqueléticas (Leonardi et al., 2018; Bianchi et al., 2022). Sua integração com *softwares* de planejamento e impressão 3D permite a criação de guias cirúrgicos personalizados, aprimorando a precisão e minimizando complicações em procedimentos complexos. Além disso, a sobreposição de imagens pré e pós-tratamento facilita a avaliação das mudanças morfológicas e o ajuste das estratégias terapêuticas (Azpiazu-Flores et al., 2023; Cousley, 2020), enquanto os avanços digitais melhoram a comunicação entre os profissionais, promovendo uma abordagem mais eficiente e coesa.

Dentes inclusos representam um desafio significativo na prática ortodôntica, exigindo abordagens diagnósticas e terapêuticas avançadas. A tomografia computadorizada de feixe cônico é uma ferramenta essencial para identificar a posição tridimensional dos dentes impactados e analisar sua relação com as estruturas adjacentes, como raízes de dentes vizinhos e cavidade sinusal (Tai et al., 2012). A integração com *softwares* de planejamento digital possibilita simulações realistas, auxiliando no desenvolvimento de estratégias eficazes de tracionamento (Azpiazu-Flores et al., 2023; Hsu et al., 2023).

Apesar de a CBCT ser eficaz e oferecer uma análise abrangente das estruturas dentofaciais, apresenta algumas limitações, como a exposição à radiação e custos elevados com infraestrutura avançada. No entanto, seu uso na Ortodontia digital continua em crescimento, devido à sua capacidade de melhorar a precisão e os resultados clínicos (Tian et al., 2021; Cousley, 2020; Hsu et al., 2023).

3.5 Sobreposição de Imagens e Arquivos DICOM/STL

A sobreposição de imagens é uma técnica fundamental para a análise e o planejamento de tratamentos ortodônticos. Utilizando *softwares* avançados, como *PlaneSystem*[®] e *Exocad*[®], essa abordagem combina dados obtidos por scanners

intraorais e tomografias CBCT, criando modelos tridimensionais detalhados. Esses modelos permitem a análise comparativa de diferentes etapas do tratamento, garantindo maior precisão e previsibilidade (Bianchi et al., 2022; Leonardi et al., 2020). Além disso, a técnica é amplamente utilizada na avaliação de mudanças morfológicas ao longo do tempo, como a análise de vias aéreas e o acompanhamento de correções ortodônticas e cirúrgicas. Essa abordagem interdisciplinar melhora a comunicação entre diferentes especialidades e garante que o tratamento seja ajustado para atender às necessidades específicas de cada paciente (Leonardi et al., 2018).

Os arquivos DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), derivados de tomografias, e STL (*Standard Triangle Language*), gerados por escaneamento digital, desempenham um papel central nesse fluxo de trabalho. A integração dessas informações possibilita uma avaliação precisa das relações entre dentes e estruturas faciais, auxiliando em procedimentos como planejamento de guias cirúrgicos, tracionamento de dentes inclusos e correção de discrepâncias esqueléticas (Camardella et al., 2017). Ademais, a integração de arquivos DICOM e STL no planejamento digital facilita a criação de simulações detalhadas que ajudam os profissionais e pacientes a compreenderem o processo de tracionamento (Azpiazu-Flores et al., 2023). A aplicação dessas tecnologias também contribui para minimizar os riscos associados ao tracionamento, como reabsorções radiculares e danos aos tecidos periodontais.

Embora a sobreposição de imagens ofereça benefícios significativos, desafios técnicos ainda existem, como a compatibilidade entre diferentes formatos de arquivo e a dependência de *softwares* especializados. Apesar disso, sua aplicação crescente reflete a importância dessa técnica na Ortodontia moderna, promovendo melhores resultados e maior segurança no planejamento de tratamento (Hsu et al., 2023; Tian et al., 2021).

3.6 Digitalização de Documentos e Compartilhamento de Dados Digitais

A digitalização de documentos tem transformado a gestão clínica na Odontologia, permitindo a substituição de modelos físicos por arquivos digitais. Tecnologias como escaneamento intraoral e *softwares* CAD/CAM têm viabilizado a captura, armazenamento e compartilhamento de informações tridimensionais com alta precisão (Morales-Burruezo et al., 2020; Jeong et al., 2018). Essa prática não apenas otimiza a organização dos dados, mas também facilita o trabalho colaborativo entre especialistas de diferentes áreas (Cousley, 2020; Henarejos-Domingo et al., 2022).

Além de melhorar a eficiência no armazenamento, a digitalização possibilita o uso de modelos digitais em todas as etapas do tratamento, desde o diagnóstico até a execução clínica (Bianchi et al., 2022; Tian et al., 2021). Essa abordagem também reduz os custos a longo prazo, ao eliminar a necessidade de moldes físicos e modelos em gesso.

Também, a digitalização de documentos em Odontologia, como prontuários eletrônicos (EHRs) e imagens digitais, trouxe melhorias no gerenciamento de dados e personalização do atendimento, mas também levantou desafios éticos significativos. Questões de privacidade, segurança e confidencialidade surgem com o risco de violações de dados sensíveis e manipulação de imagens para fraudes ou usos não autorizados. A relação dentista-paciente pode ser impactada pelo foco excessivo na tecnologia durante as consultas. Para mitigar esses problemas, são recomendadas soluções como o uso de tecnologias seguras, políticas claras de consentimento e treinamento contínuo para profissionais, garantindo que os benefícios da digitalização sejam aproveitados de forma ética e segura (Favaretto et al., 2020).

A Odontologia digital também facilita uma abordagem colaborativa e multidisciplinar. Leonardi *et al.* (2020) destacam que o compartilhamento de dados digitais entre ortodontistas, periodontistas e outros especialistas permite um planejamento integrado e abrangente. Essa colaboração melhora os resultados finais, pois cada especialista contribui com seu conhecimento, atendendo às necessidades complexas dos casos.

Apesar das vantagens, a digitalização enfrenta barreiras relacionadas à adaptação tecnológica e alto custo inicial. No entanto, o impacto positivo na eficiência clínica e na sustentabilidade, ao reduzir o uso de materiais físicos, torna essa prática

uma tendência irreversível na Ortodontia moderna (Henarejos-Domingo et al., 2022; Gurel et al., 2012; Hsu et al., 2023; Sachdeva, 2001).

3.7 Teleortodontia

A teleortodontia tem ganhado espaço como uma solução prática para monitorar tratamentos ortodônticos remotamente. Com o uso de scanners intraorais e *softwares* de acompanhamento, ortodontistas podem analisar a evolução do paciente sem a necessidade de visitas frequentes à clínica (Miller et al., 2002).

Essa abordagem é particularmente útil para ajustes em alinhadores, onde as trocas de etapas podem ser supervisionadas à distância. Além disso, facilita o acesso ao tratamento em áreas remotas, onde a disponibilidade de profissionais especializados é limitada (Yu et al., 2024).

No entanto, a teleortodontia ainda enfrenta barreiras relacionadas à aceitação por parte dos pacientes e à adaptação das clínicas ao uso de plataformas digitais (Gan, Xiong & Jiao, 2016). Sem contar que, a ausência de contato presencial pode limitar a capacidade de intervenção direta em casos mais urgentes (Jeong et al., 2018; Leonardi et al., 2018). Mesmo assim, a teleortodontia representa um avanço significativo na democratização e otimização dos tratamentos ortodônticos.

3.8 Limitações e Dificuldades da Implementação da Odontologia Digital

A integração entre a Odontologia Digital e a Ortodontia apresenta diversas limitações que precisam ser consideradas. Primeiramente, o custo inicial elevado para a aquisição de tecnologias como scanners intraorais, impressoras 3D e *softwares* CAD/CAM representa uma barreira significativa para muitos profissionais e clínicas, especialmente as de pequeno porte. Além disso, há custos contínuos relacionados à manutenção e atualização desses equipamentos, tornando a adoção dessas tecnologias ainda mais desafiadora (Tian et al., 2021; Cousley, 2020).

Outro ponto crítico é a necessidade de treinamento técnico específico para o uso eficaz dessas ferramentas digitais. Ferramentas como *softwares* de planejamento e equipamentos de escaneamento requerem habilidades técnicas avançadas, e a curva de aprendizado para dominar essas tecnologias pode ser longa, dificultando sua rápida incorporação ao dia a dia clínico (Sachdeva, 2001; Miller et al., 2002).

No campo clínico, as soluções digitais, como os alinhadores, embora eficazes para muitos tratamentos, apresentam limitações em movimentações dentárias complexas. Movimentos verticais significativos e rotações severas nem sempre são alcançáveis com precisão apenas por meio dessas tecnologias, sendo necessário recorrer a dispositivos auxiliares como *attachments* ou mini-implantes para compensar tais limitações (Kravitz et al., 2009; Morales-Burruezo et al., 2020). Além disso, a dependência de uma infraestrutura digital robusta, que inclui equipamentos de alta performance e conexões confiáveis para processamento e compartilhamento de arquivos grandes, pode causar atrasos e dificuldades técnicas, principalmente em casos de falhas ou incompatibilidades entre sistemas (Bianchi et al., 2022; Leonardi et al., 2020).

Há ainda desafios relacionados às expectativas dos pacientes. Ferramentas digitais que permitem simulações em 3D e visualizações estéticas frequentemente geram expectativas elevadas, que podem ser difíceis de alinhar com os resultados reais devido às limitações biológicas e biomecânicas de cada caso (Houle et al., 2017; Montalvo-Arias, 2020). Além disso, condições anatômicas complexas, como deformidades faciais severas ou alterações significativas das vias aéreas, ainda desafiam a capacidade de personalização total dessas tecnologias, mesmo com o avanço das ferramentas digitais (Dindaroğlu et al., 2016; Azpiazu-Flores et al., 2023).

Essas limitações ressaltam a importância de equilibrar as vantagens da Odontologia Digital com seus desafios, integrando essas ferramentas de forma estratégica e consciente para maximizar os benefícios para os pacientes e garantir a eficácia do tratamento.

4. Considerações Finais

As tecnologias digitais aplicadas à Ortodontia, como *setups* digitais, sistemas CAD/CAM, impressão 3D e escaneamento intraoral, têm transformado a prática clínica, oferecendo maior precisão, eficiência e personalização nos tratamentos. O uso dessas ferramentas permite o planejamento ortodôntico detalhado, com simulações tridimensionais que melhoram a comunicação com os pacientes e a previsibilidade dos resultados. Além disso, a integração dessas tecnologias, incluindo a teleortodontia, tem facilitado o monitoramento remoto, tornando os tratamentos mais acessíveis, especialmente para pacientes em áreas distantes. No entanto, a implementação dessas inovações ainda enfrenta desafios significativos, como os custos elevados de aquisição e manutenção dos equipamentos, bem como a necessidade de treinamento especializado para os profissionais.

Apesar das vantagens substanciais, como a redução de erros clínicos e o aumento da adesão dos pacientes ao tratamento, há limitações a serem consideradas, como a dependência de tecnologias avançadas e a complexidade em realizar movimentos dentários mais complexos com ferramentas digitais. Além disso, questões éticas relacionadas à privacidade dos dados e a adaptação dos pacientes ao uso remoto ainda são obstáculos a serem superados. A Odontologia digital, embora promissora, ainda demanda evolução para ser totalmente acessível e eficiente em todos os contextos clínicos, mas o progresso observado até o momento demonstra seu papel fundamental na modernização e na melhoria contínua dos tratamentos ortodônticos.

Referências

- Araújo, M. E. S. S. (2021). *A harmonia da estética do sorriso: uma revisão de literatura*. Paripiranga-BA.
- Azpiazu-Flores, F. X., Lee, D. J., Jurado, C. A., & Nurrohman, H. (2023). 3D-Printed overlay template for diagnosis and planning complete arch implant prostheses. *Healthcare*, 11(8), 1062. <https://doi.org/10.3390/healthcare11081062>
- Bianchi, J., Mendonca, G., Gillot, M., Oh, H., Park, J., Turkestani, N. A., Gurgel, M., & Cevidanes, L. (2022). Three-dimensional digital applications for implant space planning in orthodontics: A narrative review. *Journal of the World Federation of Orthodontists*, 11(3), 207–215. <https://doi.org/10.1016/j.ejwf.2022.10.006>
- Camardella, L. T., Rothier, E. K. C., & Camardella, E. G. (2015). A utilização do fluxo de trabalho digital no tratamento ortodôntico e orto-cirúrgico. *Orthodontic Science and Practice*, 8(31), 305–314.
- Camardella, L. T., de Vasconcellos, V. O., & Breuning, H. (2017). Accuracy of printed dental models made with 2 prototype technologies and different designs of model bases. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 151, 1178–1187. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.11.029>
- Cechelero, E. B. (2021). Análise comparativa de técnicas de escaneamento digital: estudo in vitro. *Archives of Health Investigation*, 10(2), 248–254.
- Cousley, R. R. (2020). Introducing 3D printing in your orthodontic practice. *Journal of Orthodontics*, 47(3), 265–272. <https://doi.org/10.1177/1465312520936704>
- Cruz, E. M. (2018). *Sistemas CAD/CAM na Odontologia* (Monografia, Universidade Federal de Minas Gerais). Belo Horizonte, MG.
- Cunha, T. M. A. D., Barbosa, I. D. S., & Palma, K. K. (2021). Orthodontic digital workflow: Devices and clinical applications. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 26(6), e21spe6. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.26.6.e21spe6>
- Dindaroğlu, F., Duran, G. S., Görgülü, S., & Yetkiner, E. (2016). Social smile reproducibility using 3-D stereophotogrammetry and reverse engineering technology. *Angle Orthodontist*, 86(3), 448–455.
- Estrela, C. (2018). *Metodologia científica: ciência, ensino, pesquisa* (2ª ed.). Editora Artes Médicas.
- Favaretto, M., Shaw, D., De Clercq, E., Joda, T., & Elger, B. S. (2020). Big Data and digitalization in dentistry: A systematic review of the ethical issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 2495. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072495>
- Francisco, I., Ribeiro, M. P., Marques, F., Travassos, R., Nunes, C., Pereira, F., Caramelo, F., Paula, A. B., & Vale, F. (2022). Application of three-dimensional digital technology in orthodontics: The state of the art. *Biomimetics*, 7(1), 23. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7010023>
- Gan, N., Xiong, Y., & Jiao, T. (2016). Accuracy of intraoral digital impressions for whole upper jaws, including full dentitions and palatal soft tissues. *PLoS ONE*, 11(7), e0158800. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158800>
- Garib, D. G., Silva Filho, O. G., Janson, G., & Almeida, M. R. (2007). Tomografia computadorizada de feixe cônico (Cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na Ortodontia. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 12(2), 139–156.
- Gonçalves, J. R. (2019). Como escrever um artigo de revisão de literatura. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, 2(5), 29–55.

- Gurel, G., Morimoto, S., Calamita, M. A., Coachman, C., & Sesma, N. (2012). Clinical performance of porcelain laminate veneers: Outcomes of the aesthetic pre-evaluative temporary (APT) technique. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 32(6), 625–635.
- Henarejos-Domingo, V., Madeira, S. N., Roig, M., & Blasi, A. (2022). The digital alveolar cast: A revised approach to an old concept. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 127(2), 213–218. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.08.036>
- Houle, J. P., Piedade, L., Todescan, R., & Pinheiro, F. H., Jr. (2017). The predictability of transverse changes with Invisalign. *The Angle Orthodontist*, 87(1), 19–24. <https://doi.org/10.2319/122115-875.1>
- Hsu, L. F., Moon, W., Chen, S. C., & Chang, K. W. (2023). Digital workflow for mini-implant-assisted rapid palatal expander fabrication—A case report. *BMC Oral Health*, 23(1), 887. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03589-5>
- Jeong, Y. G., Lee, W. S., & Lee, K. B. (2018). Accuracy evaluation of dental models manufactured by CAD/CAM milling method and 3D printing method. *Journal of Advanced Prosthodontics*, 10(3), 245–251. <https://doi.org/10.4047/jap.2018.10.3.245>
- Kim, R. J. Y., Cho, S. M., Jung, W. S., & Park, J. M. (2023). Trueness and surface characteristics of 3-dimensional printed casts made with different technologies. *Journal of Prosthetic Dentistry*. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.12.002>
- Kravitz, N. D., Kusnoto, B., BeGole, E., Obrez, A., & Agran, B. (2009). How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 135(1), 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.05.018>
- Leonardi, R., Lo Giudice, A., Rugeri, M., Muraglie, S., Cordasco, G., & Barbato, E. (2018). Three-dimensional evaluation on digital casts of maxillary palatal size and morphology in patients with functional posterior crossbite. *European Journal of Orthodontics*, 40(5), 556–562. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjx107>
- Leonardi, R., Muraglie, S., Lo Giudice, A., Aboulazm, K. S., & Nucera, R. (2020). Evaluation of mandibular symmetry and morphology in adult patients with unilateral posterior crossbite: A CBCT study using a surface-to-surface matching technique. *European Journal of Orthodontics*. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjz106>
- Miller, N., Duong, T., & Derakhshan, M. (2002). The Invisalign system: Case report of a patient with deep bite, upper incisor flaring, and severe curve of Spee. *Seminars in Orthodontics*, 8(1), 43–50.
- Montalvo-Arias, D. (2020). Periodontal considerations in esthetic dentistry. *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-26687-2>
- Morales-Burruezo, I., Gandía-Franco, J. L., Cobo, J., Vela-Hernández, A., & Bellot-Arcís, C. (2020). Arch expansion with the Invisalign system: Efficacy and predictability. *PLOS ONE*, 15(11), e0242979. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242979>
- Robbins, J. W., Alvarez, M. G., Beckel, B. T., Norris, R. T., & Caesar, R. R. (2023). Restoratively guided orthodontic treatment: The pre-orthodontic bonding concept. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 35(2), 270–278. <https://doi.org/10.1111/jerd.12919>
- Rocha, C. K. F., Teixeira, P. R., & Breda, P. L. C. L. (2021). Importance of smile aesthetics in self-esteem. *Brazilian Journal of Health Review*, 4(6), 25867–25876. <https://doi.org/10.34119/bjhrv4n6-008>
- Sachdeva, R. C. (2001). SureSmile technology in a patient-centered orthodontic practice. *Journal of Clinical Orthodontics*, 35(4), 245–253.
- Tai, K., Park, J. H., Ikeda, K., Nishiyama, A., & Sato, Y. (2012). Severe facial asymmetry and unilateral lingual crossbite treated with orthodontics and 2-jaw surgery: 5-year follow-up. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 142(4), 509–523. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2011.01.026>
- Teixeira, T. O., & Rolim, V. C. L. B. (2022). A importância do fluxo digital na Ortodontia. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 8(5), 2432–2454. <https://doi.org/10.51891/rease.v8i5.5688>
- Tian, Y., Chen, C., Xu, X., Wang, J., Hou, X., Li, K., Lu, X., Shi, H., Lee, E. S., & Jiang, H. B. (2021). A review of 3D printing in dentistry: Technologies, affecting factors, and applications. *Scanning*, 2021, 9950131. <https://doi.org/10.1155/2021/9950131>
- Yu, W., Wang, J., Ma, J., & Cao, J. (2024). Application of artificial intelligence in orthodontics. *Orthodontic and Craniofacial Research*, 27(1), 14–25. <https://doi.org/10.1111/ocr.12504>