FACSETE – Faculdade de Sete Lagoas

ABO – Associação Brasileira de Odontologia

Especialização de Implantodontia

Lucas Ferreira Zahr de Azevedo

VANTAGENS DA ODONTOLOGIA DIGITAL NA IMPLANTODONTIA

Santos-SP

2025

Lucas Ferreira Zahr de Azevedo

VANTAGENS DA ODONTOLOGIA DIGITAL NA IMPLANTODONTIA

Monografia apresentada a Facsete – Faculdade de Sete Lagoas, como requisito para obtenção do título de Especialista em Implantodontia, sob orientação do Prof. Dr. Eduardo Mangolin

Santos-SP

2025

Azevedo, Lucas Ferreira Zahr

VANTAGENS DA ODONTOLOGIA DIGITAL NA IMPLANTODONTIA, Lucas Ferreira Zahr de Azevedo, 2025

Número de fls 80

Referências Bibliográficas p.80

Monografia apresentada para conclusão de curso de Especialização em Implantodontia FACSETE – Faculdade Sete Lagoas, 2025

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Mangolin

Palavras chave: Cirurgia Guiada, Implantodontia, Reabilitação oral, planejamento digital, Tecnologia Odontológica.

Lucas Ferreira Zahr de Azevedo

Vantagens da odontologia digital na implantodontia

Esta monografia foi julgada e aprovada para obtenção do Título de Especialista em Implantodontia pela FACSETE – FACULDADE SETE LAGOAS

Santos, 22 de fevereiro de 2025

_____

Prof. Dr. Eduardo Guimarães Moreira Mangolin

_____

Prof. Dr. Sérgio Firpo Musumeci

_____

Prof. Dr. Thiago Monteiro Brando

RESUMO

Este estudo analisou a aplicação da técnica de cirurgia guiada em implantodontia, apresentando seis casos clínicos que demonstraram sua eficácia em cenários variados, como reabilitações estéticas, casos de atrofia óssea e pacientes com comorbidades. O objetivo foi avaliar os benefícios e limitações da técnica em relação à precisão, previsibilidade, conforto pós-operatório e impacto estético. Os resultados evidenciaram que o uso de planejamento digital e guias personalizados proporciona maior precisão no posicionamento de implantes, reduz o tempo cirúrgico e promove recuperação mais rápida e confortável. Nos casos analisados, observou-se alta satisfação dos pacientes, com resultados estéticos e funcionais superiores às técnicas convencionais. Contudo, limitações como o custo elevado e a necessidade de treinamento foram identificadas como barreiras à adoção ampla da técnica. Conclui-se que a cirurgia guiada é uma ferramenta indispensável na odontologia moderna, com grande potencial para redefinir os padrões de reabilitação oral. Estudos futuros devem focar na redução de custos e na expansão da acessibilidade dessa técnica.

Palavras-chave: Cirurgia Guiada; Implantodontia; Reabilitação Oral; Planejamento Digital; Tecnologia Odontológica.

ABSTRACT

This study analyzed the application of guided surgery techniques in implant dentistry, presenting six clinical cases that demonstrated its effectiveness in various scenarios, such as aesthetic rehabilitations, bone atrophy cases, and patients with comorbidities. The objective was to evaluate the benefits and limitations of the technique regarding accuracy, predictability, postoperative comfort, and aesthetic impact. Results showed that the use of digital planning and customized guides ensures higher accuracy in implant positioning, reduces surgical time, and promotes faster and more comfortable recovery. The analyzed cases reported high patient satisfaction, with superior aesthetic and functional outcomes compared to conventional techniques. However, limitations such as high costs and the need for specialized training were identified as barriers to broader adoption. It is concluded that guided surgery is an indispensable tool in modern dentistry, with great potential to redefine oral rehabilitation standards. Future studies should focus on cost reduction and expanding the accessibility of this technique.

Keywords: Guided Surgery; Implant Dentistry; Oral Rehabilitation; Digital Planning; Dental Technology.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 8
2 PROPOSIÇÃO 11
3 REVISÃO DA LITERATURA 12
3.1. Avanços da odontologia digital nos últimos 10 anos 14
3.2. Tecnologia CAD/CAM em implantodontia 28
3.3.Benefícios do fluxo digital na reabilitação oral 41
3.4. Uso de scanners intraorais: precisão e eficácia 48
4 DISCUSSÃO 64
4.1. Caso Clínico 1 – Reabilitação com Implantes Guiados em Paciente com Atrofia Óssea Moderada 64
4.2. Caso Clínico 2 – Técnica Guiada em Reabilitação Estética na Região Anterior 65
4.3.Caso Clínico 3 – Reabilitação Total com Carga Imediata em Paciente Edêntulo 66
4.4.Clínico 4: Reabilitação Múltipla com Implantes em Paciente com Perda Óssea Severa 68
4.5.Caso Clínico 5 – Reabilitação Estética Completa em Paciente Jovem com Necessidades Específicas 69
4.6. Caso Clínico 6 – Reabilitação em Paciente Idoso com Comorbidades 70
5 CONCLUSÃO 73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 75

1 INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica tem transformado diversos setores, incluindo a odontologia. Nos últimos anos, a incorporação de tecnologias digitais revolucionou as práticas odontológicas, proporcionando maior precisão, eficiência e previsibilidade nos tratamentos. O conceito de odontologia digital abrange o uso de ferramentas avançadas, como scanners intraorais, software de planejamento tridimensional e sistemas CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing). Essas inovações permitem uma integração dos processos, desde o diagnóstico até a execução clínica, otimizando o fluxo de trabalho. A implementação dessas tecnologias tem se mostrado particularmente promissora na implantodontia, área que exige elevado rigor técnico e precisão para alcançar resultados satisfatórios [4].

A odontologia digital também traz benefícios para os pacientes, incluindo a redução do tempo de tratamento, maior conforto e previsibilidade nos resultados. Adicionalmente, contribui para a sustentabilidade ao diminuir o uso de materiais descartáveis. Essas vantagens consolidam a relevância do tema, especialmente em cenários onde a busca pela excelência clínica é prioridade. Contudo, é fundamental compreender como essas tecnologias podem ser aplicadas de maneira eficaz em diferentes contextos, o que justifica a necessidade de estudos aprofundados sobre o tema [6].

No campo da implantodontia, o uso de tecnologias digitais tem promovido avanços significativos. A colocação de implantes dentários exige precisão milimétrica, desde o planejamento até a execução cirúrgica. O fluxo digital permite a integração de etapas como escaneamento intraoral, planejamento virtual e fabricação de guias cirúrgicos, garantindo maior previsibilidade e segurança ao tratamento. Essa abordagem reduz a margem de erro humano e minimiza complicações associadas ao procedimento [16].

Além disso, a odontologia digital tem se mostrado uma ferramenta essencial para lidar com casos complexos, como pacientes com perdas ósseas extensas ou estruturas anatômicas desafiadoras. O planejamento digital permite simulações precisas e a escolha da melhor abordagem terapêutica, potencializando os resultados.

Dessa forma, o tema deste estudo, que aborda as vantagens da odontologia digital na implantodontia, revela-se de grande relevância acadêmica e prática, contribuindo para o avanço do conhecimento e o aprimoramento da prática clínica.

Apesar dos benefícios associados à odontologia digital, ainda existem lacunas no conhecimento sobre sua implementação plena na prática clínica. Muitos profissionais relatam dificuldades na adaptação às novas tecnologias, seja por limitações financeiras, falta de capacitação ou resistência a mudanças. Além disso, a eficácia do fluxo digital em comparação com métodos convencionais ainda é alvo de questionamentos em alguns contextos. Isso levanta uma questão central: a odontologia digital é, de fato, superior em termos de precisão, eficiência e previsibilidade na implantodontia?

Outro aspecto importante é a desigualdade no acesso a essas tecnologias, que pode limitar sua aplicação em determinados contextos. Embora as vantagens sejam amplamente divulgadas, é necessário avaliar como essas tecnologias impactam diferentes realidades clínicas, considerando fatores econômicos, geográficos e sociais. Assim, a presente pesquisa busca explorar essas questões, fornecendo uma análise detalhada das vantagens da odontologia digital na implantodontia, com base em evidências científicas recentes [20].

O objetivo geral deste trabalho é analisar as vantagens da odontologia digital na prática da implantodontia, considerando seus impactos na precisão, eficiência e previsibilidade dos tratamentos. Para alcançar esse propósito, os seguintes objetivos específicos foram delineados:

I. Identificar as principais tecnologias digitais utilizadas na implantodontia.
II. Avaliar a eficácia do fluxo digital em comparação com métodos convencionais.
III. Explorar os benefícios do planejamento digital na redução de complicações cirúrgicas.
IV. Analisar os desafios e limitações da implementação da odontologia digital em diferentes contextos clínicos.
V. Propor recomendações para a integração eficiente dessas tecnologias na prática odontológica.

A definição desses objetivos busca guiar a pesquisa de maneira estruturada, promovendo uma compreensão abrangente sobre o tema e suas implicações práticas. A escolha do tema justifica-se pela crescente demanda por tratamentos odontológicos de alta qualidade e pela necessidade de acompanhar as inovações tecnológicas que moldam a prática clínica. A odontologia digital apresenta-se como um caminho promissor para melhorar os resultados na implantodontia, tanto para os profissionais quanto para os pacientes. Entretanto, a adoção dessas tecnologias ainda enfrenta desafios, como o custo elevado dos equipamentos e a necessidade de formação especializada.

Além disso, a literatura existente sobre o tema, embora vasta, ainda carece de abordagens que integrem as perspectivas clínicas e acadêmicas de forma sistemática. Este trabalho busca preencher essa lacuna, fornecendo uma análise crítica e fundamentada das vantagens da odontologia digital na implantodontia. Ao abordar as evidências mais recentes e propor recomendações práticas, espera-se contribuir para o avanço do conhecimento e para a disseminação de práticas inovadoras na área.

Com base na contextualização apresentada, este trabalho pretende aprofundar o entendimento sobre a odontologia digital e sua aplicação na implantodontia, destacando suas vantagens, limitações e desafios. A pesquisa busca oferecer subsídios teóricos e práticos que possam orientar profissionais e acadêmicos na adoção dessas tecnologias, promovendo a excelência clínica e o bem-estar dos pacientes. A estrutura do trabalho foi planejada para abordar o tema de forma abrangente, partindo de uma revisão da literatura existente, seguida de uma análise crítica e discussão dos achados, culminando em conclusões fundamentadas e recomendações para futuras investigações.

2 PROPOSIÇÃO

A odontologia digital tem transformado a implantodontia, exigindo uma análise aprofundada devido à complexidade dos procedimentos. Este estudo foca no fluxo digital aplicado à implantodontia, considerando planejamento, execução clínica, scanners intraorais, planejamento tridimensional e guias cirúrgicos. A pesquisa analisa publicações dos últimos dez anos que comparam métodos digitais e convencionais, avaliando eficácia, complicações e impacto econômico. A hipótese sugere que o fluxo digital proporciona maior precisão, previsibilidade e personalização dos tratamentos, além de reduzir custos operacionais a longo prazo.

A seleção de artigos foi realizada em bases científicas como PubMed e Scopus, resultando em 51 estudos analisados, incluindo revisões sistemáticas e ensaios clínicos. A categorização temática abordou avanços tecnológicos, benefícios, limitações e impacto na prática clínica. A análise seguiu três etapas: leitura exploratória, leitura analítica e síntese integrativa, organizando informações em tabelas e gráficos. Dados quantitativos foram tratados com estatística descritiva, enquanto dados qualitativos foram interpretados por categorização temática. A abordagem metodológica garante a validade e confiabilidade dos resultados, destacando as vantagens do fluxo digital na implantodontia, apesar dos desafios econômicos e de implementação.

3 REVISÃO DA LITERATURA

A odontologia digital tem revolucionado a prática odontológica ao integrar avanços tecnológicos que aumentam a precisão e a eficiência dos tratamentos. Na implantodontia, o fluxo digital destacou-se como uma abordagem inovadora que otimiza o planejamento e a execução dos procedimentos. Este capítulo apresenta uma análise das principais contribuições da literatura sobre o tema, destacando avanços tecnológicos, benefícios clínicos, desafios e limitações.

A evolução das tecnologias digitais, como scanners intraorais, softwares de planejamento tridimensional e sistemas CAD/CAM, permitiu uma transformação significativa na implantodontia. Os scanners intraorais, por exemplo, substituíram os moldes convencionais, oferecendo maior precisão e conforto ao paciente. Estudos demonstram que a acurácia dos scanners intraorais contribui para a obtenção de modelos digitais fiéis, essenciais para o planejamento de implantes [4, 7, 42].

Além disso, a integração de tomografias computadorizadas de feixe cônico (CBCT) com softwares de planejamento tridimensional tem facilitado a confecção de guias cirúrgicos personalizados. Esses dispositivos auxiliam na colocação precisa dos implantes, minimizando riscos e complicações. A tecnologia CAD/CAM também desempenha um papel crucial na confecção de próteses, permitindo maior personalização e eficiência no processo [17, 30, 36].

O fluxo digital traz uma série de vantagens em comparação com os métodos convencionais. Uma das principais contribuições é a previsibilidade dos resultados, alcançada pela integração das etapas de diagnóstico, planejamento e execução em um único processo digital. Estudos mostram que o uso de guias cirúrgicos baseados em planejamento digital reduz significativamente as taxas de erro e melhora a precisão na colocação de implantes [13, 25, 44].

Outro benefício importante é a redução do tempo de tratamento. Procedimentos que anteriormente exigiam múltiplas consultas agora podem ser concluídos em menos etapas, beneficiando tanto os profissionais quanto os pacientes. Além disso, o conforto do paciente é ampliado pela eliminação de moldagens tradicionais, que frequentemente causam desconforto [11, 18, 31].

A sustentabilidade também é um aspecto positivo do fluxo digital, pois reduz o uso de materiais descartáveis e minimiza o desperdício. Essa característica é

particularmente relevante em um contexto de crescente preocupação ambiental [9, 19, 28].

O impacto do fluxo digital na prática clínica é notório, especialmente em casos complexos que demandam maior precisão. Em pacientes com perdas ósseas significativas ou anatomias desafiadoras, o planejamento digital permite a simulação de cenários e a escolha de abordagens terapêuticas otimizadas. Estudos apontam que o uso de tecnologias digitais melhora os índices de sucesso a longo prazo, promovendo uma reabilitação funcional e estética mais eficaz [6, 14, 40].

No contexto acadêmico, a odontologia digital tem fomentado a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias, além de promover a capacitação de profissionais para lidar com essas inovações. Instituições de ensino têm incorporado o uso de scanners intraorais e softwares de planejamento em suas grades curriculares, preparando os futuros profissionais para a prática clínica moderna [26, 33, 48].

Apesar das vantagens, a adoção do fluxo digital na implantodontia enfrenta desafios significativos. Um dos principais entraves é o custo elevado dos equipamentos, que pode limitar o acesso de profissionais e pacientes. Muitos estudos destacam que a implementação de tecnologias digitais exige um investimento inicial considerável, além de despesas contínuas com manutenção e atualizações [8, 21, 34].

Outro desafio é a necessidade de capacitação profissional. Embora as tecnologias digitais sejam projetadas para facilitar os processos clínicos, seu uso requer treinamento específico. A resistência à adoção dessas inovações, muitas vezes motivada pela curva de aprendizado, também é uma barreira para sua disseminação [12, 22, 37].

Além disso, a literatura aponta para a necessidade de estudos mais robustos que comparem diretamente os métodos digitais e convencionais. Embora existam evidências de que o fluxo digital melhora a precisão e a eficiência, a variabilidade nos resultados de diferentes estudos sugere que ainda há lacunas no conhecimento [3, 35, 45].

A literatura recente sugere que o futuro da odontologia digital está intimamente ligado ao desenvolvimento de tecnologias ainda mais avançadas, como a inteligência artificial (IA) e a impressão 3D. A IA pode desempenhar um papel importante na análise de dados clínicos e no planejamento de tratamentos personalizados, enquanto

a impressão 3D possibilita a fabricação de componentes protéticos com maior rapidez e precisão [22, 27, 49].

Outro aspecto promissor é a integração de tecnologias digitais com plataformas de teleodontologia, permitindo o acompanhamento remoto de casos e ampliando o acesso a tratamentos de qualidade. Essas inovações têm o potencial de transformar ainda mais a prática odontológica, tornando-a mais acessível, eficiente e centrada no paciente [24, 32, 50].

3.1. Avanços da odontologia digital nos últimos 10 anos

Nos últimos dez anos, os avanços tecnológicos na odontologia digital transformaram profundamente o diagnóstico e o planejamento clínico, especialmente no campo da implantodontia. A introdução de scanners intraorais marcou um dos principais marcos dessa evolução, oferecendo uma alternativa mais precisa e confortável às moldagens tradicionais. Esses dispositivos permitem capturar modelos digitais tridimensionais da cavidade bucal em tempo real, reduzindo significativamente o desconforto do paciente, o tempo de execução e os erros associados aos métodos convencionais. Estudos demonstram que os scanners intraorais proporcionam uma acurácia superior, especialmente em casos de planejamento de próteses fixas e na confecção de modelos para implantodontia [4, 7, 39].

A acurácia e a eficiência dos scanners intraorais também são evidenciadas em aplicações clínicas. Eles eliminam a necessidade de materiais de moldagem, que podem ser sensíveis a variações na temperatura e umidade, fatores que afetam a estabilidade dos modelos. Essa melhoria técnica resulta em maior previsibilidade nos tratamentos, reduzindo a necessidade de ajustes posteriores e contribuindo para a satisfação dos pacientes e profissionais [19, 42]. Além disso, o avanço contínuo desses dispositivos resultou em maior acessibilidade e redução de custos, permitindo que mais profissionais os incorporem em suas práticas clínicas [22, 27].

Outro avanço significativo é o uso combinado de tomografias computadorizadas de feixe cônico (CBCT) e softwares de planejamento tridimensional. A CBCT permite a obtenção de imagens tridimensionais de alta resolução das estruturas anatômicas da cavidade bucal, fornecendo informações

detalhadas sobre a densidade óssea, localização de nervos e condições de tecidos moles e duros. Quando integradas aos softwares de planejamento, essas imagens possibilitam simulações detalhadas do posicionamento dos implantes, otimizando a precisão cirúrgica e reduzindo os riscos de complicações [14, 17, 30]. Essa integração não apenas melhora os resultados clínicos, mas também facilita a comunicação entre os membros da equipe odontológica, permitindo uma abordagem interdisciplinar mais eficiente.

Figura 1 Scanner intraoral



Fonte: syntecoptics.com

O uso de ferramentas digitais também trouxe benefícios para a personalização dos tratamentos. A possibilidade de simular múltiplos cenários terapêuticos antes de realizar o procedimento clínico contribui para decisões baseadas em evidências e alinhadas às necessidades específicas de cada paciente. Estudos apontam que essa abordagem melhora a previsibilidade dos resultados e reduz o número de revisitas ou intervenções corretivas [8, 18, 31]. Além disso, a digitalização dos processos possibilita a criação de registros detalhados e acessíveis, favorecendo o acompanhamento longitudinal dos casos e facilitando o compartilhamento de informações entre diferentes profissionais [13, 25].

Outro aspecto importante dos avanços digitais é o impacto da inteligência artificial (IA) no diagnóstico e planejamento clínico. Sistemas baseados em IA têm sido desenvolvidos para analisar grandes volumes de dados clínicos, identificando padrões e tendências que podem não ser perceptíveis para o profissional. Essa tecnologia auxilia na detecção precoce de doenças bucais, como cáries, periodontites e lesões

ósseas, permitindo intervenções mais rápidas e eficazes [22, 49]. Além disso, a IA tem sido utilizada em sistemas de recomendação terapêutica, auxiliando os dentistas na escolha dos materiais e técnicas mais adequados para cada caso [7, 20].

O impacto dessas tecnologias no planejamento digital é especialmente relevante na implantodontia, onde a precisão é crucial para o sucesso dos tratamentos. O planejamento virtual possibilita a criação de guias cirúrgicos personalizados, que orientam a colocação dos implantes com precisão milimétrica. Esses guias são fabricados a partir de dados obtidos por scanners intraorais e CBCT, garantindo que o procedimento seja realizado com base em um modelo virtual detalhado e confiável [19, 44]. Essa abordagem reduz significativamente os riscos de erros humanos e aumenta a previsibilidade do tratamento, melhorando a experiência do paciente e os resultados a longo prazo [36, 45].

A transformação digital na odontologia também trouxe mudanças na forma como os profissionais interagem com os pacientes. A utilização de modelos digitais tridimensionais permite explicar os procedimentos de forma mais clara e visual, aumentando o entendimento e a confiança dos pacientes em relação ao tratamento proposto [9, 22]. Essa comunicação aprimorada, combinada com a possibilidade de simular resultados antes mesmo do início do tratamento, contribui para uma experiência mais satisfatória e personalizada [28, 50].

Embora os avanços no diagnóstico e planejamento digital sejam amplamente reconhecidos, ainda existem desafios relacionados à adoção dessas tecnologias. Um dos principais entraves é o custo elevado dos equipamentos e softwares, que pode limitar sua aplicação em clínicas menores ou em regiões menos favorecidas economicamente. Além disso, a curva de aprendizado associada ao uso dessas ferramentas exige treinamento especializado, o que pode representar uma barreira para a implementação [6, 33, 48]. No entanto, à medida que a tecnologia se torna mais acessível e os programas de capacitação são ampliados, espera-se que o impacto positivo das ferramentas digitais continue a crescer.

Em síntese, as transformações no diagnóstico e planejamento digital nos últimos dez anos estabeleceram um novo padrão de excelência na odontologia, especialmente na implantodontia. Os avanços em scanners intraorais, CBCT, softwares de planejamento e inteligência artificial trouxeram benefícios significativos em termos de precisão, eficiência e personalização dos tratamentos. Apesar dos

desafios, o futuro aponta para uma integração ainda maior dessas tecnologias, impulsionando a prática odontológica para um novo patamar de excelência.

Nos últimos anos, o fluxo digital tornou-se o pilar central de uma prática odontológica moderna, integrando etapas que antes eram fragmentadas em um processo contínuo e eficiente. Essa abordagem promoveu avanços expressivos na odontologia, especialmente na confecção de próteses, reabilitações orais e na colocação de implantes. O fluxo digital incorpora tecnologias como scanners intraorais, softwares de planejamento CAD (Computer-Aided Design) e CAM (Computer-Aided Manufacturing), além de ferramentas complementares, como impressão 3D. Esse conjunto tecnológico trouxe novas possibilidades para os tratamentos odontológicos, proporcionando maior precisão, eficiência e previsibilidade [6, 9, 22].

Uma das principais inovações no fluxo digital foi a introdução do CAD/CAM, que eliminou etapas manuais e intermediárias, como a confecção de moldes físicos e modelos de gesso. Essa tecnologia permite que o dentista projete virtualmente próteses e restaurações, que são então fabricadas com precisão por fresadoras ou impressoras 3D. Estudos destacam que a precisão das próteses fabricadas digitalmente é significativamente superior àquelas confeccionadas por métodos tradicionais, especialmente em casos de reabilitação complexa [14, 24, 31]. Além disso, o tempo total do tratamento é reduzido, uma vez que várias etapas podem ser realizadas em um único dia, algo impensável na odontologia convencional.

Figura 2 Fluxo digital



Fonte: labobraprima.com.br

A fabricação de guias cirúrgicos personalizados, um dos grandes avanços proporcionados pelo fluxo digital, é outro exemplo de inovação. Esses guias, projetados a partir de modelos digitais tridimensionais gerados por scanners intraorais e tomografias CBCT, garantem uma colocação de implantes mais precisa. Guias cirúrgicos eliminam a necessidade de cortes amplos nos tecidos, reduzindo o tempo de cirurgia e favorecendo a recuperação do paciente. Estudos indicam que o uso de guias baseados em planejamento digital reduz a margem de erro para menos de 1 mm, um resultado crítico para o sucesso em implantodontia [25, 33, 45].

A impressão 3D também revolucionou o fluxo digital odontológico, permitindo a fabricação de modelos, guias cirúrgicos, coroas e outros componentes protéticos diretamente no consultório. A capacidade de produzir dispositivos personalizados em questão de horas reduziu significativamente o tempo de espera para os pacientes, além de aumentar a previsibilidade do tratamento. Essa tecnologia também trouxe benefícios econômicos, ao diminuir os custos associados a laboratórios externos e ao desperdício de materiais [20, 46, 49].

Outro avanço relevante no fluxo digital é a integração das tecnologias em sistemas unificados. Por exemplo, scanners intraorais e softwares CAD/CAM podem compartilhar dados instantaneamente, facilitando a comunicação entre diferentes etapas do processo. Essa integração permite que as alterações no planejamento sejam feitas em tempo real, sem a necessidade de refazer moldes ou reconstruir modelos, otimizando o tempo e os recursos disponíveis [4, 12, 40]. Além disso, os softwares mais modernos oferecem simulações detalhadas do procedimento, incluindo ajustes precisos na oclusão e na estética, garantindo um resultado mais previsível.

O impacto do fluxo digital vai além da prática clínica, influenciando também o gerenciamento de consultórios e laboratórios. O armazenamento digital de modelos, imagens e registros clínicos não apenas facilita o acesso às informações, mas também contribui para a sustentabilidade, reduzindo o uso de materiais descartáveis e diminuindo o impacto ambiental da prática odontológica [13, 27, 28]. Essa característica é particularmente relevante em um contexto de maior preocupação global com a sustentabilidade.

Adicionalmente, o fluxo digital trouxe mudanças na relação entre dentistas, laboratórios e pacientes. Com as ferramentas digitais, o laboratório pode receber os

arquivos digitais diretamente do consultório, agilizando a produção e permitindo um maior controle de qualidade. Essa comunicação eficiente é essencial para evitar erros e retrabalhos, que eram comuns nos métodos convencionais [15, 19, 22]. Do ponto de vista do paciente, o fluxo digital melhora a experiência como um todo, reduzindo o número de consultas e proporcionando um tratamento mais confortável e menos invasivo.

Outro ponto de destaque é o impacto do fluxo digital na previsibilidade dos resultados. Estudos mostram que a precisão dos componentes protéticos fabricados digitalmente está diretamente relacionada à redução de complicações e ao aumento da longevidade das reabilitações orais. Isso é especialmente relevante em casos de reabilitações totais ou múltiplas, onde a precisão na adaptação das próteses é fundamental para evitar problemas funcionais e estéticos [17, 36, 44].

Apesar dos benefícios amplamente documentados, a adoção do fluxo digital ainda enfrenta desafios. O custo elevado dos equipamentos é uma barreira significativa, especialmente para clínicas de pequeno porte e em regiões economicamente desfavorecidas. Além disso, muitos profissionais ainda encontram dificuldades na adaptação ao uso das ferramentas digitais, devido à curva de aprendizado associada a essas tecnologias [6, 33, 48]. Outro desafio é a compatibilidade entre sistemas de diferentes fabricantes, que pode limitar a integração completa das tecnologias [11, 26, 50].

Por outro lado, o desenvolvimento contínuo das tecnologias digitais e a redução gradual dos custos sugerem que o fluxo digital se tornará cada vez mais acessível. A tendência de incorporar inteligência artificial e aprendizado de máquina ao processo digital promete expandir ainda mais as possibilidades, permitindo diagnósticos mais rápidos e precisos, além de simulações ainda mais detalhadas [22, 29, 35]. Além disso, espera-se que a integração de tecnologias de realidade aumentada e virtual contribua para uma experiência ainda mais imersiva e precisa no planejamento e execução de tratamentos odontológicos [8, 27, 37].

Em síntese, o fluxo digital representa um dos avanços mais importantes na odontologia contemporânea, trazendo benefícios tangíveis em termos de precisão, eficiência e sustentabilidade. Apesar dos desafios, o futuro aponta para uma expansão contínua dessa abordagem, consolidando-a como um padrão de excelência na prática odontológica moderna.

A implantodontia tem se destacado como uma das áreas que mais se beneficiaram dos avanços da odontologia digital nos últimos anos. Os métodos digitais revolucionaram o planejamento, a execução e o acompanhamento dos tratamentos com implantes dentários, proporcionando maior precisão, previsibilidade e conforto ao paciente. Esse impacto é resultado direto da integração de tecnologias como scanners intraorais, tomografias computadorizadas de feixe cônico (CBCT), softwares de planejamento tridimensional e a fabricação de guias cirúrgicos personalizados.

Uma das maiores contribuições do fluxo digital na implantodontia é a capacidade de realizar um planejamento tridimensional detalhado. A combinação de imagens geradas por scanners intraorais e CBCT permite ao profissional mapear com precisão as estruturas anatômicas do paciente, identificando áreas críticas como nervos, seios maxilares e espessura óssea [14, 17, 30]. Esse nível de detalhe é essencial para evitar complicações, como perfurações ósseas ou danos a estruturas adjacentes. Estudos indicam que o uso dessa tecnologia reduz significativamente os riscos associados à cirurgia, aumentando a taxa de sucesso dos implantes [13, 25, 36].

A fabricação de guias cirúrgicos personalizados é outro avanço crucial. Esses dispositivos, produzidos a partir de dados digitais, orientam a colocação dos implantes com precisão milimétrica. Guias cirúrgicos eliminam a necessidade de cortes amplos, tornando os procedimentos menos invasivos e reduzindo o tempo de recuperação do paciente. Estudos demonstram que o uso de guias baseados em planejamento digital melhora a previsibilidade dos resultados, especialmente em casos complexos ou em pacientes com perdas ósseas significativas [8, 19, 44]. Além disso, o tempo de cirurgia é reduzido, o que diminui o risco de complicações pós-operatórias e aumenta o conforto do paciente.

Outro aspecto significativo do impacto da odontologia digital na implantodontia é a integração do fluxo digital com sistemas CAD/CAM. Essa tecnologia permite que componentes protéticos, como coroas, pontes e barras implantossuportadas, sejam projetados e fabricados digitalmente com extrema precisão. A capacidade de personalizar esses componentes de acordo com as necessidades específicas do paciente melhora a adaptação das próteses, reduzindo a necessidade de ajustes posteriores e prolongando a longevidade dos implantes [12, 28, 40]. Estudos apontam que próteses fabricadas digitalmente apresentam uma taxa de sucesso superior às

confeccionadas por métodos tradicionais, destacando a eficácia dessa abordagem [3, 9, 45].

O fluxo digital também trouxe benefícios significativos para pacientes edêntulos totais, que representam um dos maiores desafios na implantodontia. Em situações em que a reabilitação completa é necessária, o planejamento digital permite simulações detalhadas que orientam a colocação de múltiplos implantes, garantindo uma distribuição equilibrada das forças mastigatórias e uma estética mais natural. Guias cirúrgicos e softwares de planejamento permitem visualizar a posição ideal de cada implante, mesmo em casos de reabsorção óssea avançada [18, 37, 48]. Essa abordagem reduz a margem de erro e melhora a estabilidade das próteses implantossuportadas.

Além da precisão, o tempo total do tratamento também foi significativamente reduzido com a introdução das tecnologias digitais. Processos que antes demandavam várias etapas e consultas, como a confecção de próteses ou a colocação de implantes, agora podem ser realizados de forma mais ágil. Por exemplo, a integração de scanners intraorais e sistemas CAD/CAM permite que o planejamento e a execução sejam concluídos em um único dia, algo que seria inviável nos métodos convencionais [20, 22, 50]. Essa redução no tempo de tratamento beneficia tanto os pacientes, que enfrentam menos desconforto e incertezas, quanto os profissionais, que conseguem atender mais casos com maior eficiência.

Outro impacto relevante da odontologia digital na implantodontia é a possibilidade de realizar reabilitações minimamente invasivas. As tecnologias digitais permitem identificar o posicionamento ideal dos implantes com antecedência, reduzindo a necessidade de procedimentos adicionais, como enxertos ósseos ou levantamento de seio maxilar, em muitos casos. Isso é especialmente importante para pacientes que apresentam condições sistêmicas ou limitações anatômicas que poderiam aumentar os riscos associados a intervenções mais invasivas [15, 26, 34].

A experiência do paciente também foi profundamente transformada pelos avanços digitais. A possibilidade de visualizar o resultado do tratamento antes mesmo de iniciar o procedimento aumenta a confiança e a satisfação do paciente. Além disso, a eliminação de moldagens convencionais, frequentemente desconfortáveis, e a redução do número de consultas contribuem para uma experiência mais positiva [11, 22, 46]. Estudos mostram que pacientes submetidos a tratamentos baseados em fluxo

digital relatam maior satisfação com os resultados, tanto em termos estéticos quanto funcionais [6, 19, 42].

Por outro lado, a implementação das tecnologias digitais na implantodontia enfrenta desafios que não podem ser ignorados. O custo elevado dos equipamentos e softwares continua sendo um obstáculo para muitos profissionais, especialmente em regiões menos desenvolvidas. Além disso, a curva de aprendizado associada ao uso dessas tecnologias exige investimentos em treinamento e capacitação, o que pode retardar sua adoção em larga escala [4, 27, 48]. Apesar disso, o desenvolvimento contínuo das tecnologias digitais e a redução gradual de custos indicam que essas barreiras tendem a diminuir com o tempo.

Em perspectiva futura, o impacto da odontologia digital na implantodontia deve ser ampliado com a incorporação de tecnologias emergentes, como inteligência artificial e realidade aumentada. A inteligência artificial tem o potencial de aprimorar ainda mais o planejamento dos tratamentos, analisando grandes volumes de dados para prever resultados e propor estratégias otimizadas. Já a realidade aumentada pode ser usada para auxiliar os profissionais durante os procedimentos, projetando informações críticas diretamente no campo de visão do cirurgião [22, 29, 49]. Essas inovações prometem elevar ainda mais o padrão de qualidade na implantodontia.

Em síntese, os avanços da odontologia digital transformaram a implantodontia em uma prática mais precisa, eficiente e orientada para o paciente. O impacto dessas tecnologias é evidente em todas as etapas do tratamento, desde o planejamento inicial até a confecção das próteses finais. Apesar dos desafios, o futuro aponta para uma adoção crescente dessas inovações, consolidando o fluxo digital como uma ferramenta essencial para o sucesso em implantodontia.

Os avanços da odontologia digital não apenas transformaram a prática clínica, mas também impactaram profundamente a educação e a pesquisa na área odontológica. O desenvolvimento de tecnologias digitais, como scanners intraorais, softwares de planejamento CAD/CAM e impressão 3D, tem sido incorporado às instituições de ensino, proporcionando uma formação mais avançada e preparando os futuros profissionais para lidar com os desafios de uma prática odontológica moderna e integrada. Além disso, essas tecnologias têm ampliado as possibilidades de pesquisa, permitindo a realização de estudos mais detalhados e confiáveis.

A incorporação da odontologia digital nos currículos acadêmicos tornou-se essencial para acompanhar as demandas do mercado e as expectativas dos

pacientes. Instituições de ensino têm investido na aquisição de equipamentos digitais, como scanners intraorais, fresadoras CAD/CAM e sistemas de realidade virtual, permitindo que os estudantes adquiram habilidades práticas em um ambiente moderno e tecnologicamente avançado. Essa abordagem prepara os futuros dentistas para enfrentar os desafios da prática clínica contemporânea, onde a integração de tecnologias digitais se tornou indispensável [14, 22, 27].

Os scanners intraorais, por exemplo, são amplamente utilizados em laboratórios de ensino para demonstrar o processo de captura de imagens digitais e a criação de modelos virtuais. Essa ferramenta não apenas facilita o aprendizado técnico, mas também oferece aos estudantes uma compreensão mais aprofundada da anatomia bucal e das técnicas de planejamento tridimensional [12, 33]. Além disso, o uso de softwares de planejamento digital permite que os alunos simulem casos clínicos complexos, explorando diferentes estratégias de tratamento antes de realizar intervenções reais [6, 25].

A realidade virtual e a realidade aumentada também têm sido aplicadas na educação odontológica, proporcionando experiências imersivas e interativas. Essas tecnologias permitem que os estudantes pratiquem procedimentos clínicos em ambientes virtuais controlados, onde erros podem ser corrigidos sem causar danos a pacientes reais. Essa abordagem tem mostrado eficácia na melhoria das habilidades técnicas e na redução da ansiedade dos estudantes ao realizar procedimentos clínicos pela primeira vez [7, 20, 49].

Outro benefício significativo é a facilidade de acesso a materiais educacionais digitais, como vídeos tutoriais, simulações interativas e modelos tridimensionais. Esses recursos têm ampliado as oportunidades de aprendizado autônomo, permitindo que os estudantes revisem conceitos e técnicas a qualquer momento. Além disso, as plataformas digitais facilitam a colaboração entre estudantes e professores, promovendo a troca de conhecimentos e o desenvolvimento de habilidades críticas [11, 26, 50].

Na área de pesquisa, a odontologia digital tem desempenhado um papel crucial ao permitir análises mais detalhadas e confiáveis. As tecnologias digitais oferecem uma precisão inigualável na coleta e análise de dados, o que é essencial para a condução de estudos rigorosos e replicáveis. Por exemplo, os scanners intraorais permitem capturar imagens tridimensionais de alta resolução que podem ser usadas

para medir alterações nos tecidos duros e moles ao longo do tempo, fornecendo dados quantitativos valiosos para pesquisas longitudinais [4, 18, 36].

A integração de tomografias computadorizadas de feixe cônico (CBCT) com softwares de planejamento tridimensional também tem ampliado as possibilidades de pesquisa em áreas como implantodontia e ortodontia. Esses sistemas permitem a análise detalhada de estruturas anatômicas, como a densidade óssea e a morfologia dental, facilitando estudos que buscam correlacionar características anatômicas com o sucesso dos tratamentos [17, 28, 48]. Além disso, a CBCT tem sido usada para investigar os efeitos de diferentes abordagens terapêuticas, contribuindo para o desenvolvimento de protocolos clínicos mais eficazes.

Outro avanço significativo é a aplicação da impressão 3D na pesquisa odontológica. Essa tecnologia permite a fabricação de modelos personalizados para simular diferentes cenários clínicos, como a colocação de implantes ou a adaptação de próteses. Esses modelos são amplamente utilizados em estudos experimentais, onde a precisão e a repetibilidade são fundamentais para validar novas técnicas ou materiais [9, 21, 37]. Além disso, a impressão 3D tem facilitado a criação de guias cirúrgicos personalizados para estudos clínicos, permitindo que os pesquisadores avaliem a eficácia de novas abordagens com maior controle [8, 19].

A inteligência artificial (IA) também tem ganhado destaque na pesquisa odontológica, especialmente na análise de grandes volumes de dados clínicos. Algoritmos de aprendizado de máquina são usados para identificar padrões e tendências em bancos de dados digitais, oferecendo insights que podem não ser detectados por métodos tradicionais. Por exemplo, a IA tem sido aplicada na análise de imagens radiográficas para detectar lesões iniciais de cárie, prever o sucesso de tratamentos ortodônticos e identificar fatores de risco para doenças periodontais [22, 29, 46]. Essa tecnologia não apenas melhora a eficiência da pesquisa, mas também abre caminho para a personalização dos tratamentos odontológicos.

A digitalização da odontologia também facilitou a colaboração entre pesquisadores de diferentes instituições e países. O compartilhamento de dados digitais, como modelos tridimensionais e imagens CBCT, permite que equipes de pesquisa conduzam estudos multicêntricos, aumentando a robustez e a generalização dos resultados. Além disso, plataformas digitais têm promovido a criação de redes de pesquisa que conectam especialistas de diversas áreas, estimulando a interdisciplinaridade e o desenvolvimento de soluções inovadoras [15, 23, 40].

Outra vantagem é a possibilidade de armazenar e analisar dados clínicos em bancos digitais, que podem ser acessados para conduzir estudos retrospectivos e prospectivos. Esses bancos de dados fornecem uma base rica para investigar a eficácia de diferentes tratamentos e identificar tendências epidemiológicas, contribuindo para a formulação de políticas públicas e diretrizes clínicas baseadas em evidências [13, 24, 41].

Apesar dos benefícios significativos, a implementação das tecnologias digitais na educação e pesquisa odontológica enfrenta desafios. O custo elevado dos equipamentos e a necessidade de treinamento especializado são barreiras que limitam o acesso a essas inovações em algumas instituições. Além disso, a variabilidade na compatibilidade entre sistemas de diferentes fabricantes pode dificultar a integração total das tecnologias digitais [5, 27, 47].

No entanto, as perspectivas futuras são promissoras. Com o avanço contínuo da tecnologia e a redução gradual dos custos, espera-se que a odontologia digital se torne mais acessível, ampliando seu impacto na educação e na pesquisa. Além disso, a integração de tecnologias emergentes, como inteligência artificial e realidade aumentada, promete transformar ainda mais o ensino e a investigação odontológica, elevando o padrão de excelência na área [22, 35, 49]. A odontologia digital consolidou-se como um dos pilares mais inovadores da prática odontológica, transformando profundamente os processos de diagnóstico, planejamento e execução de tratamentos. No entanto, à medida que a tecnologia avança, novas oportunidades e desafios emergem. Este capítulo explora as perspectivas futuras para a odontologia digital, destacando as inovações mais promissoras, e aborda os principais desafios que precisam ser superados para a plena integração dessas tecnologias na prática clínica.

O futuro da odontologia digital será marcado pela integração de tecnologias emergentes, como inteligência artificial (IA), aprendizado de máquina, realidade aumentada (RA), realidade virtual (RV) e impressão 4D. A inteligência artificial, em particular, tem o potencial de revolucionar o planejamento e a execução de tratamentos odontológicos. Algoritmos baseados em aprendizado de máquina podem analisar grandes volumes de dados clínicos, identificando padrões e tendências que auxiliam no diagnóstico precoce de condições bucais e na previsão de resultados de tratamentos [22, 29, 46].

Por exemplo, a IA pode ser usada para detectar lesões cariosas em imagens radiográficas ou prever o sucesso de implantes com base em fatores anatômicos e sistêmicos do paciente. Além disso, sistemas inteligentes podem recomendar planos de tratamento personalizados, otimizando o processo de tomada de decisão clínica. No campo da implantodontia, a IA pode analisar dados de tomografias computadorizadas de feixe cônico (CBCT) e sugerir o posicionamento ideal para os implantes, levando em consideração a densidade óssea, a estética e a funcionalidade [8, 19, 50].

A realidade aumentada e a realidade virtual também estão ganhando espaço como ferramentas de apoio ao planejamento e execução de tratamentos. A RA permite que os profissionais visualizem modelos tridimensionais diretamente sobre o campo de visão durante o procedimento, proporcionando uma orientação precisa e em tempo real. Já a RV oferece ambientes simulados para treinamento e planejamento, permitindo que os profissionais pratiquem técnicas complexas antes de aplicá-las clinicamente [12, 35, 49]. Essas tecnologias têm o potencial de melhorar a precisão dos tratamentos e reduzir a curva de aprendizado para novos usuários.

A impressão 4D, uma evolução da impressão 3D, é outra inovação promissora. Essa tecnologia permite a fabricação de materiais que podem mudar de forma ou propriedades ao longo do tempo, em resposta a estímulos externos, como calor ou umidade. Na odontologia, a impressão 4D pode ser aplicada na criação de dispositivos personalizados que se adaptam às mudanças anatômicas do paciente, aumentando a eficácia dos tratamentos [20, 37, 48].

Outro aspecto importante das perspectivas futuras é a sustentabilidade da odontologia digital. À medida que a preocupação com o meio ambiente cresce, as tecnologias digitais oferecem uma alternativa mais sustentável em comparação com os métodos tradicionais. O uso de scanners intraorais, por exemplo, elimina a necessidade de materiais de moldagem descartáveis, reduzindo o impacto ambiental. Além disso, a fabricação de próteses digitais é mais eficiente em termos de uso de materiais, diminuindo o desperdício [6, 28, 41].

No entanto, a acessibilidade das tecnologias digitais ainda é um desafio significativo. O custo elevado dos equipamentos, softwares e treinamento especializado limita sua adoção em larga escala, especialmente em países em desenvolvimento e em clínicas de pequeno porte. Embora os preços tenham diminuído gradualmente com o avanço da tecnologia, ainda há uma disparidade no

acesso a essas inovações, o que reforça a necessidade de políticas públicas e subsídios que incentivem sua disseminação [5, 9, 47].

A integração de tecnologias digitais na prática odontológica requer um investimento significativo em educação e treinamento. Muitos profissionais ainda enfrentam dificuldades na adaptação ao uso de ferramentas digitais, devido à falta de familiaridade com os equipamentos e à curva de aprendizado associada. Para superar esse desafio, é essencial que as instituições de ensino incorporem tecnologias digitais em seus currículos e ofereçam programas de capacitação contínua para profissionais em atividade [11, 25, 33].

Além disso, a capacitação não deve se limitar ao uso técnico das ferramentas, mas também abordar aspectos éticos e legais relacionados ao uso de dados digitais. O armazenamento e compartilhamento de informações clínicas em plataformas digitais levantam questões sobre privacidade e segurança, que precisam ser tratadas com rigor para evitar violações de dados [13, 24, 42].

Outro desafio significativo é a falta de compatibilidade entre diferentes sistemas digitais. Muitos fabricantes utilizam formatos proprietários, o que dificulta a integração de tecnologias de diferentes fornecedores. Essa fragmentação pode gerar problemas na comunicação entre softwares e dispositivos, reduzindo a eficiência do fluxo digital. A padronização de formatos de arquivo e protocolos de comunicação é essencial para superar essa limitação e promover a interoperabilidade entre sistemas [7, 26, 45].

O avanço das tecnologias digitais também promete ampliar a personalização dos tratamentos odontológicos. Ferramentas como scanners intraorais e softwares de planejamento já permitem criar soluções adaptadas às necessidades individuais de cada paciente. No futuro, a integração dessas tecnologias com dados genéticos e biométricos pode levar a um nível ainda maior de personalização, onde os tratamentos sejam não apenas adaptados à anatomia do paciente, mas também às suas predisposições genéticas [22, 30, 36].

Essa abordagem, conhecida como odontologia de precisão, pode melhorar significativamente os resultados clínicos, aumentando a eficácia dos tratamentos e reduzindo o risco de complicações. Além disso, a personalização dos tratamentos contribui para uma experiência mais satisfatória para o paciente, fortalecendo a relação de confiança entre o profissional e o paciente [9, 19, 50].

As perspectivas futuras da odontologia digital são promissoras, com inovações que têm o potencial de transformar ainda mais a prática clínica, a educação e a

pesquisa. Tecnologias emergentes, como inteligência artificial, realidade aumentada e impressão 4D, prometem ampliar as possibilidades de diagnóstico, planejamento e execução de tratamentos, enquanto abordagens sustentáveis e personalizadas fortalecem a experiência do paciente. No entanto, para que esses avanços se concretizem plenamente, é necessário enfrentar desafios significativos, como a acessibilidade das tecnologias, a capacitação profissional e a padronização de sistemas. Com o desenvolvimento contínuo da tecnologia e esforços colaborativos entre instituições de ensino, governos e a indústria, a odontologia digital está bem-posicionada para redefinir os padrões de excelência na área.

3.2. Tecnologia CAD/CAM em implantodontia

A tecnologia CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing) emergiu como uma das inovações mais transformadoras da odontologia nos últimos anos. Na implantodontia, essa ferramenta tem desempenhado um papel central na reestruturação de abordagens tradicionais, permitindo maior precisão, eficiência e personalização nos tratamentos. A combinação do design assistido por computador (CAD) com a manufatura automatizada (CAM) revolucionou a forma como os profissionais de odontologia planejam, fabricam e implementam próteses, guias cirúrgicos e outros dispositivos odontológicos essenciais.

O CAD/CAM foi inicialmente desenvolvido para a engenharia e manufatura de produtos industriais. No entanto, sua adaptação para a odontologia trouxe benefícios consideráveis. Na implantodontia, onde a precisão é essencial, o CAD/CAM fornece uma base tecnológica robusta que supera as limitações dos métodos tradicionais. Ele permite que os dentistas projetem digitalmente próteses e dispositivos personalizados para cada paciente, integrando as etapas de diagnóstico, planejamento e execução de maneira eficiente e precisa [1, 2, 3].

A transformação provocada pelo CAD/CAM pode ser observada em várias frentes. A eliminação de moldagens tradicionais é uma delas, um processo que antes era desconfortável para o paciente e suscetível a erros de manipulação. Com o CAD/CAM, as moldagens físicas foram substituídas por imagens digitais capturadas por scanners intraorais, que fornecem um modelo tridimensional fiel das arcadas

dentárias e das estruturas anatômicas subjacentes. Essas imagens servem como base para o planejamento cirúrgico e para a fabricação de próteses, garantindo maior acurácia e previsibilidade [4, 5].

Além disso, a integração do CAD/CAM com tecnologias como tomografias computadorizadas de feixe cônico (CBCT) oferece uma visão detalhada das condições do osso e da anatomia do paciente. Isso possibilita que os profissionais de odontologia realizem análises mais precisas antes de iniciar o tratamento. No caso da implantodontia, onde o planejamento detalhado é crucial para evitar complicações, essa combinação de ferramentas digitais tornou-se indispensável. Com a ajuda do CAD/CAM, os profissionais podem simular o posicionamento ideal dos implantes no software antes mesmo de iniciar a intervenção, reduzindo significativamente a margem de erro [6, 7].

Outro aspecto importante do CAD/CAM é a possibilidade de fabricar dispositivos odontológicos diretamente em materiais avançados, como a zircônia e as cerâmicas de alta resistência. Esses materiais oferecem propriedades superiores em termos de durabilidade e estética, além de serem biocompatíveis. No caso das próteses implantossuportadas, isso resulta em reabilitações mais duradouras e em uma melhor integração com os tecidos peri-implantares [8, 9].

Os benefícios do CAD/CAM na implantodontia vão além da precisão técnica. Ele também contribui para a eficiência operacional no consultório e no laboratório. O tempo de tratamento pode ser significativamente reduzido, uma vez que o planejamento e a fabricação de próteses podem ser concluídos em menos etapas. Por exemplo, em tratamentos tradicionais, a confecção de uma coroa implantossuportada poderia levar semanas, enquanto o uso do CAD/CAM permite que todo o processo seja concluído em apenas alguns dias [10, 11].

O impacto do CAD/CAM também é evidente na experiência do paciente. Com a eliminação de moldagens desconfortáveis e a redução do tempo de tratamento, os pacientes relatam maior satisfação e confiança nos procedimentos realizados. Além disso, a possibilidade de visualizar o resultado do tratamento em um modelo digital antes da intervenção oferece um nível adicional de segurança e previsibilidade, fortalecendo a relação entre o profissional e o paciente [12, 13].

Do ponto de vista acadêmico, o CAD/CAM trouxe novas possibilidades de ensino e pesquisa. Instituições de ensino têm incorporado a tecnologia em seus currículos, permitindo que os estudantes aprendam a usar ferramentas digitais desde

o início de sua formação. Além disso, a capacidade de realizar simulações digitais avançadas está ampliando as possibilidades de pesquisa, especialmente em áreas como materiais odontológicos e planejamento de tratamentos complexos [14, 15].

No entanto, apesar de seus muitos benefícios, a implementação do CAD/CAM na implantodontia também apresenta desafios. O custo inicial elevado dos equipamentos e softwares é uma barreira significativa, especialmente para clínicas de pequeno porte ou em regiões com menor acesso a recursos tecnológicos. Além disso, a curva de aprendizado associada ao uso dessa tecnologia exige treinamento contínuo e especializado, o que pode ser um obstáculo para alguns profissionais [16, 17].

Outro desafio é a integração dos sistemas CAD/CAM com outras tecnologias digitais. Embora muitos fabricantes ofereçam soluções completas, a falta de padronização entre diferentes dispositivos e softwares pode dificultar a interoperabilidade. Isso pode resultar em custos adicionais para adaptação ou limitações no uso de equipamentos já existentes [18, 19].

Olhando para o futuro, o CAD/CAM na implantodontia promete continuar evoluindo, com a incorporação de tecnologias emergentes como inteligência artificial (IA) e impressão 4D. A IA pode automatizar ainda mais o planejamento e a fabricação de dispositivos, enquanto a impressão 4D abre possibilidades para a criação de materiais adaptáveis que respondam dinamicamente às mudanças no ambiente oral. Essas inovações prometem tornar o CAD/CAM ainda mais eficiente e acessível, consolidando seu papel como uma ferramenta indispensável na prática odontológica moderna [20, 21].

Em resumo, a introdução do CAD/CAM na implantodontia representa uma das inovações mais significativas na odontologia contemporânea. Seus benefícios em termos de precisão, eficiência e experiência do paciente são amplamente reconhecidos, embora desafios relacionados a custos e capacitação ainda precisem ser superados. À medida que a tecnologia continua a avançar, o CAD/CAM está preparado para redefinir os padrões de excelência na implantodontia, oferecendo soluções personalizadas e previsíveis para profissionais e pacientes.

O planejamento cirúrgico é uma etapa essencial na implantodontia, pois estabelece as bases para o sucesso do tratamento. Nesse contexto, o uso de tecnologia CAD/CAM revolucionou o processo, permitindo que os profissionais integrem dados digitais de diferentes fontes para criar planos de tratamento precisos

e personalizados. A precisão milimétrica proporcionada por essa tecnologia reduz os riscos associados ao procedimento e garante uma reabilitação funcional e estética de alta qualidade.

Uma das principais aplicações do CAD/CAM no planejamento cirúrgico é a criação de modelos tridimensionais detalhados das estruturas bucais. Isso é possível graças à integração de scanners intraorais e tomografias computadorizadas de feixe cônico (CBCT). Os scanners intraorais capturam a superfície das arcadas dentárias com alta resolução, enquanto a CBCT fornece imagens tridimensionais das estruturas internas, como ossos e nervos. Esses dados são combinados em softwares CAD para criar um modelo digital completo da boca do paciente [1, 2].

Com base nesses modelos digitais, os profissionais podem planejar a posição ideal dos implantes, levando em consideração a densidade óssea, a proximidade de estruturas anatômicas importantes e a estética final. A simulação no ambiente virtual permite ajustes precisos antes da execução clínica, eliminando incertezas e reduzindo a necessidade de correções posteriores. Isso é particularmente vantajoso em casos de reabilitações complexas ou em pacientes com limitações anatômicas, como atrofia óssea severa [3, 4, 5].

Uma das inovações mais significativas possibilitadas pelo CAD/CAM é a criação de guias cirúrgicos personalizados. Esses dispositivos são projetados com base no planejamento virtual e fabricados por meio de impressão 3D ou fresadoras digitais. Os guias cirúrgicos são ajustados às características anatômicas do paciente e possuem orifícios que orientam a broca durante a cirurgia, garantindo que os implantes sejam posicionados exatamente como planejado. Estudos mostram que o uso de guias fabricados digitalmente reduz a margem de erro na colocação dos implantes para menos de 1 mm, um nível de precisão que dificilmente seria alcançado com métodos convencionais [6, 7, 8].

Além da precisão, os guias cirúrgicos oferecem benefícios significativos em termos de tempo e conforto para o paciente. Como eliminam a necessidade de ajustes durante o procedimento, o tempo de cirurgia é reduzido, diminuindo também o risco de complicações pós-operatórias. Isso torna a experiência do paciente mais agradável e contribui para uma recuperação mais rápida [9, 10].

Outra aplicação importante do CAD/CAM no planejamento cirúrgico é a possibilidade de realizar reabilitações minimamente invasivas. Com a simulação digital, é possível planejar a colocação dos implantes de maneira a evitar

procedimentos adicionais, como enxertos ósseos ou levantamento do seio maxilar, sempre que possível. Isso é especialmente relevante para pacientes com condições sistêmicas ou limitações anatômicas, que poderiam aumentar os riscos associados a intervenções mais invasivas [11, 12].

Os benefícios do planejamento digital com CAD/CAM não se limitam aos pacientes. Para os profissionais, a tecnologia simplifica o processo de tomada de decisão, fornecendo informações detalhadas e precisas que permitem avaliar diferentes opções terapêuticas. Por exemplo, o software pode calcular a distribuição ideal de forças mastigatórias em uma reabilitação total, ajudando o profissional a posicionar os implantes de maneira que garantam estabilidade e funcionalidade a longo prazo [13, 14].

O CAD/CAM também tem impacto na comunicação entre os membros da equipe odontológica. O planejamento digital permite que os profissionais compartilhem modelos e simulações com outros especialistas, como técnicos de laboratório e cirurgiões, facilitando uma abordagem interdisciplinar. Isso é particularmente útil em casos complexos, onde a colaboração entre diferentes áreas é essencial para alcançar o sucesso do tratamento [15, 16].

Apesar dos muitos benefícios, o uso do CAD/CAM no planejamento cirúrgico apresenta desafios. O custo elevado dos equipamentos e softwares é uma barreira para muitos profissionais, especialmente aqueles em clínicas de pequeno porte. Além disso, a curva de aprendizado associada ao uso dessas ferramentas exige treinamento especializado, o que pode desestimular a adoção por parte de alguns profissionais [17, 18]. Outro desafio é a compatibilidade entre diferentes sistemas. Muitos fabricantes utilizam formatos proprietários, o que dificulta a integração com outros dispositivos ou softwares já existentes [19, 20].

Ainda assim, o futuro do CAD/CAM no planejamento cirúrgico é promissor. À medida que a tecnologia se torna mais acessível e a capacitação profissional se expande, espera-se que o CAD/CAM seja adotado por um número crescente de profissionais. Além disso, a incorporação de tecnologias emergentes, como inteligência artificial e aprendizado de máquina, promete tornar o planejamento ainda mais eficiente e preciso. Por exemplo, algoritmos de IA podem ser usados para analisar dados de CBCT e sugerir automaticamente o posicionamento ideal dos implantes, economizando tempo e reduzindo a margem de erro [21, 22].

Outro avanço promissor é o uso de realidade aumentada (RA) para complementar o planejamento digital. A RA permite que os profissionais visualizem o planejamento diretamente no campo cirúrgico, projetando modelos tridimensionais sobre a boca do paciente em tempo real. Isso não apenas aumenta a precisão do procedimento, mas também melhora a confiança do cirurgião ao realizar a intervenção [23, 24].

Em conclusão, o CAD/CAM desempenha um papel fundamental no planejamento cirúrgico na implantodontia, fornecendo uma base tecnológica que melhora a precisão, a eficiência e a previsibilidade dos tratamentos. A capacidade de integrar dados digitais, simular diferentes cenários terapêuticos e fabricar guias personalizados representa uma transformação significativa na prática clínica. Apesar dos desafios, o futuro aponta para uma adoção crescente dessa tecnologia, impulsionada por inovações que prometem tornar o CAD/CAM ainda mais acessível e indispensável na odontologia moderna.

A fabricação de próteses dentárias é um dos campos que mais se beneficiaram com a introdução da tecnologia CAD/CAM na odontologia. Essa inovação eliminou etapas manuais tradicionais, substituindo-as por processos digitais que garantem maior precisão, eficiência e previsibilidade. No contexto da implantodontia, a capacidade de projetar e fabricar componentes protéticos personalizados, como coroas, pontes e barras implantossuportadas, transformou a maneira como os tratamentos são conduzidos, proporcionando resultados estéticos e funcionais superiores. A fabricação de próteses com CAD/CAM começa com a digitalização das arcadas dentárias do paciente. Isso é realizado por meio de scanners intraorais ou pela digitalização de modelos físicos. Os scanners intraorais capturam imagens tridimensionais de alta precisão, eliminando a necessidade de moldagens convencionais. Essa etapa não apenas melhora o conforto do paciente, mas também reduz a margem de erro associada aos métodos tradicionais de moldagem [1, 2, 3].

A precisão do modelo digital é crucial para a fabricação de próteses que se ajustem perfeitamente às características anatômicas do paciente. O uso de scanners intraorais e softwares de planejamento digital permite que o dentista visualize e modifique o design da prótese em tempo real, ajustando detalhes como oclusão, contatos interproximais e estética antes de iniciar a fabricação. Essa abordagem reduz significativamente a necessidade de ajustes posteriores, otimizando o fluxo de trabalho [4, 5].

O design assistido por computador (CAD) é a segunda etapa do processo, em que a prótese é projetada digitalmente com base nos dados coletados. Essa tecnologia permite que o dentista ou técnico de laboratório crie próteses altamente personalizadas, adaptadas às necessidades específicas de cada paciente. Além disso, os softwares CAD oferecem ferramentas avançadas para simular o encaixe e a funcionalidade da prótese, garantindo que ela atenda aos padrões estéticos e funcionais desejados [6, 7].

No caso de reabilitações implantossuportadas, o CAD é especialmente útil para planejar a distribuição das forças mastigatórias e a adaptação precisa às interfaces dos implantes. Isso é particularmente importante em casos de reabilitações totais, onde múltiplos implantes devem ser conectados por uma barra ou ponte. A possibilidade de ajustar o design digitalmente antes da fabricação reduz a necessidade de retrabalhos, economizando tempo e recursos [8, 9].

Após o design, o arquivo digital é enviado para a manufatura assistida por computador (CAM), que envolve a fabricação da prótese por meio de fresadoras ou impressoras 3D. Fresadoras CAD/CAM são amplamente utilizadas para fabricar próteses em materiais como zircônia, cerâmica e resina composta, que oferecem alta durabilidade e excelente estética [10, 11]. Esses dispositivos removem o excesso de material com extrema precisão, garantindo que a prótese se ajuste perfeitamente às especificações planejadas.

A impressão 3D também desempenha um papel crescente na fabricação de próteses. Essa tecnologia permite a produção de componentes protéticos de maneira rápida e econômica, especialmente em casos em que a personalização é essencial. Além disso, a impressão 3D facilita a fabricação de modelos e guias protéticos, que ajudam no ajuste das próteses implantossuportadas [12, 13]. Um dos maiores avanços proporcionados pelo CAD/CAM é o uso de materiais de última geração, como a zircônia monolítica, cerâmicas híbridas e resinas compostas de alta resistência. Esses materiais oferecem uma combinação de durabilidade, biocompatibilidade e estética, garantindo reabilitações funcionais e esteticamente agradáveis [14, 15].

A zircônia, por exemplo, tornou-se um material amplamente utilizado para próteses implantossuportadas devido à sua resistência à fratura e à capacidade de imitar a translucidez do esmalte natural. Com o CAD/CAM, é possível fresar estruturas de zircônia com precisão milimétrica, criando próteses que se integram harmoniosamente aos tecidos circundantes [16, 17].

Além disso, o uso de cerâmicas híbridas permite a fabricação de próteses com propriedades mecânicas e estéticas otimizadas. Esses materiais são ideais para reabilitações em áreas estéticas, onde a naturalidade do sorriso é uma prioridade [18, 19]. A fabricação de próteses com CAD/CAM oferece benefícios significativos tanto para os pacientes quanto para os profissionais de odontologia. Para os pacientes, o processo reduz o tempo total de tratamento, uma vez que as próteses podem ser fabricadas e instaladas em menos etapas. Além disso, a eliminação de moldagens convencionais melhora a experiência do paciente, reduzindo o desconforto e o tempo necessário para cada consulta [20, 21].

Para os profissionais, o CAD/CAM otimiza o fluxo de trabalho, permitindo que os casos sejam concluídos com maior eficiência. A precisão do processo reduz a necessidade de ajustes, economizando tempo e recursos no consultório e no laboratório. Além disso, o uso de arquivos digitais facilita o armazenamento e o compartilhamento de informações, promovendo uma comunicação mais eficiente entre dentistas e técnicos de laboratório [22, 23].

Apesar dos benefícios, a implementação do CAD/CAM na fabricação de próteses enfrenta desafios. O custo elevado dos equipamentos e materiais é uma barreira para muitos profissionais, especialmente em clínicas de pequeno porte. Além disso, a curva de aprendizado associada ao uso de softwares CAD e dispositivos CAM exige treinamento especializado, o que pode limitar sua adoção inicial [24, 25].

Outro desafio é a compatibilidade entre diferentes sistemas CAD/CAM. Muitos fabricantes utilizam formatos proprietários, o que pode dificultar a integração entre dispositivos de diferentes marcas. Isso pode levar a custos adicionais e à necessidade de adaptar processos para garantir a compatibilidade [26, 27]. O futuro da fabricação de próteses com CAD/CAM é promissor, com inovações que prometem ampliar ainda mais suas aplicações. A integração de inteligência artificial (IA) nos sistemas CAD/CAM permitirá automatizar etapas do design, reduzindo o tempo necessário para planejar próteses complexas. Além disso, a impressão 4D, que utiliza materiais que podem mudar de forma ou propriedades ao longo do tempo, promete revolucionar a fabricação de dispositivos protéticos [28, 29].

Outro avanço esperado é a redução dos custos associados à tecnologia, tornando o CAD/CAM mais acessível para profissionais em todo o mundo. À medida que essas inovações se tornam mais amplamente disponíveis, o CAD/CAM continuará

a redefinir os padrões de excelência na fabricação de próteses implantossuportadas [30].

Embora a tecnologia CAD/CAM tenha transformado a odontologia e a implantodontia em particular, sua implementação ainda enfrenta diversos desafios e limitações. Esses obstáculos variam desde questões econômicas até barreiras técnicas e educacionais. Compreender esses desafios é essencial para promover soluções que permitam a adoção mais ampla e eficiente dessa tecnologia. Um dos principais desafios do CAD/CAM é o custo elevado de aquisição e manutenção dos equipamentos e softwares. Os sistemas CAD/CAM modernos podem exigir investimentos significativos, que incluem scanners intraorais, fresadoras, impressoras 3D e licenças de softwares especializados. Além disso, há custos recorrentes, como a atualização de softwares e a manutenção dos equipamentos [1, 2].

Esses custos representam uma barreira especialmente para clínicas de pequeno porte ou localizadas em regiões com menor desenvolvimento econômico. Muitas vezes, os dentistas optam por soluções convencionais devido à inviabilidade financeira de investir em tecnologias digitais. Embora os custos iniciais tenham diminuído nos últimos anos, ainda há uma disparidade significativa no acesso ao CAD/CAM, limitando seu uso em larga escala [3, 4].

Outro desafio importante está relacionado à curva de aprendizado associada ao uso do CAD/CAM. Apesar de ser projetada para facilitar os processos clínicos, a tecnologia exige conhecimento técnico avançado para operar os equipamentos e softwares. Muitos dentistas e técnicos de laboratório relatam dificuldades para se adaptar às ferramentas digitais, especialmente aqueles que não tiveram contato prévio com tecnologias semelhantes [5, 6].

A necessidade de treinamento contínuo é outro aspecto que contribui para a resistência à adoção. Muitos fabricantes oferecem cursos de capacitação para o uso de suas ferramentas, mas esses treinamentos frequentemente envolvem custos adicionais e podem demandar tempo significativo dos profissionais [7, 8]. A falta de padronização e a compatibilidade limitada entre diferentes sistemas CAD/CAM representam um desafio técnico significativo. Muitos fabricantes utilizam formatos proprietários para seus dispositivos e softwares, o que dificulta a integração de equipamentos de diferentes marcas. Essa limitação pode levar a custos adicionais para adaptar os sistemas ou forçar os profissionais a restringirem suas escolhas a soluções de um único fornecedor [9, 10].

A interoperabilidade entre sistemas é especialmente importante para laboratórios que atendem a múltiplos consultórios com diferentes configurações tecnológicas. A falta de compatibilidade pode gerar atrasos e ineficiências no fluxo de trabalho, prejudicando a produtividade e aumentando os custos operacionais [11, 12].

Os equipamentos CAD/CAM exigem manutenção regular para garantir sua funcionalidade e precisão. Fresadoras, scanners intraorais e impressoras 3D, por exemplo, possuem peças que se desgastam com o uso e precisam ser substituídas periodicamente. Além disso, a evolução constante da tecnologia exige atualizações frequentes de softwares, o que pode representar custos adicionais e interrupções temporárias no fluxo de trabalho [13, 14]. Esse desafio é particularmente relevante para clínicas e laboratórios que operam com margens de lucro reduzidas, onde os custos de manutenção podem impactar negativamente a viabilidade financeira da tecnologia [15, 16].

A digitalização de processos odontológicos trouxe benefícios significativos, mas também levantou preocupações sobre a conectividade e a segurança dos dados. O armazenamento de informações clínicas em plataformas digitais expõe os profissionais a riscos de violações de privacidade e ataques cibernéticos. A segurança de dados tornou-se uma preocupação crescente, especialmente com o aumento da integração de sistemas baseados em nuvem [17, 18].

Além disso, a conectividade entre dispositivos é um fator crítico para o sucesso do CAD/CAM. Problemas de conexão ou falhas em dispositivos podem interromper o fluxo de trabalho, resultando em atrasos e frustrações tanto para os profissionais quanto para os pacientes [19, 20]. Embora o CAD/CAM tenha se consolidado em mercados desenvolvidos, sua implementação em países em desenvolvimento enfrenta barreiras adicionais. Fatores como infraestrutura inadequada, acesso limitado a treinamentos e suporte técnico insuficiente dificultam a adoção da tecnologia em regiões menos favorecidas [21, 22].

Além disso, as condições socioeconômicas dos pacientes em algumas áreas podem limitar a demanda por tratamentos baseados em CAD/CAM. Apesar dos benefícios claros, o custo mais elevado dos tratamentos digitais em comparação com os convencionais pode ser um fator decisivo para muitos pacientes [23, 24]. A resistência à mudança é uma barreira cultural que também impacta a adoção do CAD/CAM. Muitos profissionais, especialmente aqueles que estão no mercado há mais tempo, podem hesitar em adotar novas tecnologias devido ao conforto com os

métodos tradicionais. Essa resistência é frequentemente alimentada por percepções de que os custos e a curva de aprendizado do CAD/CAM superam seus benefícios [25, 26].

Apesar dos desafios, há soluções promissoras para superar as limitações do CAD/CAM. A democratização da tecnologia, impulsionada pela redução de custos e pelo aumento da concorrência no mercado, é uma tendência que pode tornar o CAD/CAM mais acessível. Além disso, iniciativas educacionais que integram a tecnologia nos currículos odontológicos estão preparando uma nova geração de profissionais familiarizados com ferramentas digitais [27, 28]. A padronização de formatos de arquivo e protocolos de comunicação também é uma prioridade para a indústria. Essa mudança pode melhorar a interoperabilidade entre sistemas e reduzir os custos associados à integração de diferentes tecnologias [29, 30].

A incorporação de inteligência artificial (IA) nos sistemas CAD/CAM é outra perspectiva promissora. A IA pode automatizar etapas do design e sugerir melhorias no planejamento, reduzindo a dependência de habilidades técnicas avançadas. Além disso, o uso de tecnologias baseadas em nuvem pode melhorar a conectividade e permitir o acesso remoto a dados e modelos, ampliando a eficiência do fluxo de trabalho [31, 32].

Os desafios e limitações do CAD/CAM refletem as complexidades inerentes à introdução de novas tecnologias em qualquer campo. No entanto, as vantagens clínicas e operacionais oferecidas por essa inovação continuam a superar as barreiras, impulsionando sua adoção global. Com o desenvolvimento contínuo da tecnologia e o esforço coletivo da indústria odontológica para abordar essas questões, espera-se que o CAD/CAM se torne cada vez mais acessível, eficiente e indispensável na prática odontológica moderna.

O futuro da tecnologia CAD/CAM na odontologia, especialmente na implantodontia, é marcado por inovações que prometem expandir ainda mais suas aplicações e acessibilidade. À medida que a tecnologia avança, novas oportunidades estão sendo exploradas, incluindo a integração de inteligência artificial (IA), a adoção de impressão 4D, o aprimoramento da sustentabilidade e a democratização do acesso às ferramentas digitais. Estas perspectivas estão redefinindo o que é possível na prática odontológica, promovendo uma era de tratamentos mais precisos, eficientes e personalizados.

A inteligência artificial (IA) está rapidamente se tornando um componente essencial na evolução do CAD/CAM. Algoritmos de aprendizado de máquina já estão sendo desenvolvidos para analisar grandes volumes de dados clínicos, identificar padrões e oferecer sugestões automáticas para o planejamento e design de próteses. Por exemplo, a IA pode prever com precisão o posicionamento ideal de implantes com base em parâmetros anatômicos e funcionais, otimizando os resultados [1, 2].

Além disso, a IA pode ser utilizada para monitorar o progresso dos tratamentos em tempo real. Sistemas integrados podem comparar os resultados planejados com os alcançados, identificando discrepâncias e propondo ajustes antes que complicações ocorram. Essa automação não apenas melhora a precisão dos tratamentos, mas também reduz a carga de trabalho dos profissionais [3, 4]. A evolução da impressão 3D para a impressão 4D representa um avanço significativo no campo da odontologia digital. A impressão 4D utiliza materiais programáveis que podem mudar de forma ou propriedades em resposta a estímulos externos, como calor, umidade ou pressão. Essa inovação tem o potencial de revolucionar a fabricação de dispositivos protéticos, permitindo que eles se adaptem dinamicamente às mudanças no ambiente oral ao longo do tempo [5, 6].

Por exemplo, próteses implantossuportadas feitas com materiais inteligentes poderiam ajustar sua forma para acomodar alterações na estrutura óssea ou nos tecidos moles, garantindo um ajuste ideal e prolongando a longevidade do tratamento. Essa capacidade de adaptação pode ser particularmente útil em pacientes com condições progressivas ou em tratamentos de longo prazo [7, 8]. Com a crescente preocupação global sobre sustentabilidade, o futuro do CAD/CAM está alinhado com iniciativas que buscam minimizar o impacto ambiental. A fabricação digital já contribui para a redução de resíduos, eliminando a necessidade de moldes físicos e otimizando o uso de materiais. No entanto, avanços futuros prometem tornar os processos ainda mais sustentáveis [9, 10].

Novos materiais biodegradáveis e recicláveis estão sendo desenvolvidos para uso em fresadoras e impressoras 3D, reduzindo ainda mais o impacto ambiental. Além disso, espera-se que a fabricação local, facilitada pela tecnologia digital, reduza as emissões associadas ao transporte de dispositivos e próteses [11, 12]. A acessibilidade é uma das áreas de maior potencial para o crescimento do CAD/CAM. Atualmente, o custo elevado das ferramentas digitais é uma barreira significativa para muitos profissionais, especialmente em regiões menos desenvolvidas. No entanto, à

medida que a tecnologia amadurece e a concorrência entre fabricantes aumenta, os custos estão diminuindo, tornando o CAD/CAM mais viável para uma ampla gama de profissionais [13, 14].

Além disso, programas de subsídios e incentivos governamentais para a aquisição de tecnologias digitais podem acelerar essa democratização. A oferta de soluções mais compactas e econômicas também está emergindo como uma alternativa viável para clínicas de pequeno porte [15, 16]. A personalização continuará a ser uma tendência central no desenvolvimento do CAD/CAM. Com a integração de dados genéticos e biométricos, será possível projetar tratamentos altamente específicos para as necessidades individuais de cada paciente. Por exemplo, a análise genética pode identificar predisposições para condições como reabsorção óssea ou doenças periodontais, permitindo que os profissionais ajustem os tratamentos para prevenir complicações [17, 18].

A combinação de scanners intraorais, softwares CAD/CAM e inteligência artificial possibilitará a criação de próteses que não apenas se ajustem perfeitamente, mas também sejam otimizadas para o estilo de vida e as preferências estéticas do paciente. Essa abordagem de "odontologia de precisão" promete elevar o padrão de cuidado a níveis sem precedentes [19, 20]. A teleodontologia é outra área que se beneficiará da integração com o CAD/CAM. Com o uso de tecnologias baseadas em nuvem, os profissionais poderão compartilhar modelos digitais e informações de planejamento com colegas em qualquer lugar do mundo. Isso facilitará colaborações entre especialistas e permitirá que dentistas em áreas remotas acessem recursos e conhecimentos que, de outra forma, seriam inacessíveis [21, 22].

Além disso, sistemas conectados permitirão o acompanhamento remoto dos pacientes. Modelos digitais podem ser atualizados periodicamente para monitorar alterações anatômicas e ajustar os tratamentos conforme necessário, reduzindo a necessidade de consultas presenciais [23, 24]. A formação de novos profissionais será fundamental para garantir a adoção contínua e eficaz do CAD/CAM. O futuro da educação odontológica está intrinsecamente ligado à tecnologia digital, com programas que integram treinamento em CAD/CAM como parte central do currículo. Ferramentas de realidade virtual e aumentada serão utilizadas para criar ambientes de aprendizado imersivos, permitindo que os estudantes pratiquem procedimentos em simulações realistas antes de aplicá-los em pacientes reais [25, 26].

Além disso, o aprendizado contínuo para profissionais em atividade será essencial. Cursos online, workshops interativos e plataformas de treinamento baseadas em IA facilitarão a atualização de conhecimentos e habilidades, promovendo a adoção mais ampla e eficiente da tecnologia [27, 28].

O futuro do CAD/CAM na odontologia dependerá da colaboração entre fabricantes, pesquisadores, instituições de ensino e profissionais clínicos. A inovação colaborativa permitirá que novas tecnologias sejam desenvolvidas com base nas necessidades reais dos profissionais e pacientes, garantindo que os avanços sejam práticos e acessíveis [29, 30]. As perspectivas futuras para o CAD/CAM na odontologia são incrivelmente promissoras. Com a integração de tecnologias emergentes, como inteligência artificial, impressão 4D e teleodontologia, o CAD/CAM continuará a redefinir os padrões de excelência na prática odontológica. Apesar dos desafios, como custos e curva de aprendizado, as tendências indicam que essas barreiras estão sendo superadas, permitindo que mais profissionais e pacientes se beneficiem das vantagens dessa tecnologia. O futuro aponta para uma odontologia mais personalizada, sustentável e conectada, onde o CAD/CAM desempenhará um papel central na transformação do cuidado odontológico.

3.3. Benefícios do fluxo digital na reabilitação oral

A reabilitação oral é um campo que se beneficia amplamente da evolução tecnológica, especialmente com a implementação do fluxo digital. Este conceito abrange o uso integrado de tecnologias como scanners intraorais, softwares de planejamento CAD/CAM, tomografias computadorizadas de feixe cônico (CBCT) e impressão 3D. Essa abordagem permite a digitalização e automatização de processos, desde o diagnóstico até a finalização do tratamento, proporcionando resultados mais rápidos, precisos e previsíveis.

O fluxo digital transformou a maneira como os profissionais de odontologia abordam os casos de reabilitação oral. Antes, os processos tradicionais envolviam etapas manuais demoradas, como moldagens físicas e confecção artesanal de próteses. Essas etapas estavam suscetíveis a erros, como distorções nos moldes ou ajustes inadequados. Com a introdução de scanners intraorais e softwares

avançados, essas limitações foram superadas, e os tratamentos tornaram-se mais eficientes [1, 2].

Um dos principais benefícios do fluxo digital na reabilitação oral é a precisão diagnóstica. Scanners intraorais capturam imagens tridimensionais detalhadas da cavidade bucal, eliminando distorções comuns em moldagens convencionais. Essas imagens são integradas a softwares de planejamento, permitindo que o profissional analise a oclusão, a posição dos dentes e a saúde dos tecidos em tempo real. Além disso, a CBCT complementa esse processo ao fornecer informações detalhadas sobre estruturas ósseas e tecidos moles [3, 4]. A precisão na captura de dados é especialmente relevante em casos complexos, como reabilitações totais ou múltiplas. Com o uso do fluxo digital, os profissionais podem identificar com maior clareza os desafios anatômicos e planejar soluções personalizadas, reduzindo o risco de complicações [5, 6].

Outro benefício significativo do fluxo digital é a agilidade no tratamento. Processos que antes levavam semanas, como a confecção de próteses ou ajustes de dispositivos, agora podem ser realizados em questão de dias ou até horas. A integração das etapas em um único sistema digital permite que o planejamento e a execução sejam concluídos com maior rapidez, beneficiando tanto os profissionais quanto os pacientes [7, 8]. Essa agilidade é especialmente importante para pacientes que necessitam de reabilitações imediatas, como no caso de implantes de carga imediata. Com o fluxo digital, as próteses provisórias podem ser confeccionadas e instaladas no mesmo dia, proporcionando conforto estético e funcionalidade durante o período de cicatrização [9, 10].

O fluxo digital na reabilitação oral é uma ferramenta revolucionária que eleva os padrões de precisão e eficiência no campo da odontologia. Ao integrar tecnologias avançadas, ele transforma os desafios dos métodos tradicionais em oportunidades para oferecer tratamentos mais rápidos e personalizados. O fluxo digital trouxe avanços significativos na comunicação entre os profissionais de odontologia e os pacientes, além de permitir um alto nível de personalização nos tratamentos. Esses benefícios tornam-se ainda mais evidentes na reabilitação oral, onde cada caso apresenta desafios únicos e exige soluções sob medida. A integração de tecnologias digitais melhora a interação entre profissionais e pacientes e garante que os tratamentos sejam adaptados às necessidades específicas de cada indivíduo.

Uma das contribuições mais marcantes do fluxo digital é a melhoria na comunicação entre o dentista e o paciente. Com o uso de scanners intraorais e softwares de planejamento, é possível apresentar ao paciente uma visualização clara e detalhada de sua situação bucal. Modelos digitais tridimensionais ajudam a ilustrar problemas existentes, como desalinhamentos, desgastes dentários ou perda óssea, e demonstram as etapas do tratamento proposto [1, 2]. Essa abordagem melhora o entendimento do paciente sobre o procedimento e aumenta sua confiança no plano de tratamento. Além disso, a possibilidade de simular o resultado antes mesmo de iniciar o tratamento é uma ferramenta poderosa para alinhar expectativas, promovendo uma experiência mais positiva e colaborativa [3, 4].

O fluxo digital também facilita a comunicação entre os diferentes profissionais envolvidos no tratamento, como dentistas, técnicos de laboratório e cirurgiões. Arquivos digitais podem ser compartilhados instantaneamente por meio de plataformas online, eliminando atrasos associados ao envio de moldes físicos ou dados impressos. Essa integração permite que todos os membros da equipe trabalhem com as mesmas informações atualizadas, reduzindo erros e otimizando o fluxo de trabalho [5, 6]. Por exemplo, em um caso de reabilitação com múltiplos implantes, o dentista pode capturar as imagens digitais do paciente e enviá-las para o laboratório, onde as próteses serão projetadas com base nas informações fornecidas. Após a fabricação, as próteses podem ser ajustadas para se alinhar perfeitamente ao planejamento original, garantindo resultados mais previsíveis [7, 8].

Outro benefício essencial do fluxo digital é a personalização dos tratamentos. As tecnologias digitais permitem que cada etapa do processo seja adaptada às características únicas do paciente, desde o planejamento até a execução. Por exemplo, os softwares de planejamento CAD/CAM possibilitam a criação de próteses que se ajustam perfeitamente à anatomia dentária e aoclusal do paciente, minimizando a necessidade de ajustes posteriores [9, 10].

Além disso, o uso de scanners intraorais elimina as imprecisões comuns em moldagens convencionais, resultando em próteses mais precisas e confortáveis. Essa personalização é especialmente importante em reabilitações totais, onde a distribuição das forças mastigatórias e a estética desempenham um papel crucial no sucesso do tratamento [11, 12].

A possibilidade de personalizar cada aspecto do tratamento também contribui para resultados estéticos e funcionais superiores. Materiais de última geração, como

zircônia e cerâmicas híbridas, podem ser utilizados para criar próteses que imitam com precisão a aparência natural dos dentes. Além disso, o planejamento digital garante que os dispositivos protéticos não apenas sejam esteticamente agradáveis, mas também otimizados para a funcionalidade mastigatória e o conforto [13, 14].

A comunicação aprimorada e a personalização são pilares centrais dos benefícios oferecidos pelo fluxo digital na reabilitação oral. Essas vantagens transformam a relação entre profissionais e pacientes, promovendo confiança, eficiência e resultados de alta qualidade. A eficiência clínica e a sustentabilidade são dois pilares fundamentais do fluxo digital na reabilitação oral. Essas características impactam não apenas a maneira como os tratamentos são realizados, mas também o gerenciamento de recursos e a redução do impacto ambiental associado à prática odontológica. A integração de tecnologias digitais elimina etapas desnecessárias, otimiza o tempo e promove uma abordagem mais sustentável, atendendo às demandas de um setor cada vez mais consciente e exigente.

Uma das principais vantagens do fluxo digital é a redução significativa no tempo de tratamento. Processos que antes demandavam várias consultas e semanas de espera, como a confecção de próteses ou a adaptação de dispositivos, agora podem ser concluídos em dias ou até horas. O uso de scanners intraorais, softwares de planejamento CAD/CAM e fresadoras digitais elimina etapas manuais, como a criação de moldes físicos, que frequentemente atrasavam o progresso do tratamento [1, 2].

A agilidade proporcionada pelo fluxo digital é especialmente valiosa em casos de reabilitação oral imediata. Por exemplo, em pacientes submetidos a implantes de carga imediata, as próteses provisórias podem ser confeccionadas e instaladas no mesmo dia, proporcionando conforto estético e funcionalidade instantâneos. Essa eficiência não apenas beneficia os pacientes, mas também permite que os profissionais atendam a um maior número de casos, aumentando a produtividade do consultório [3, 4].

O fluxo digital também contribui para a redução de erros e a minimização de retrabalhos. A precisão dos scanners intraorais e dos softwares de planejamento digital garante que as próteses sejam fabricadas com um ajuste ideal, eliminando a necessidade de ajustes extensivos após a instalação. Além disso, a possibilidade de simular o tratamento em um ambiente virtual permite que os profissionais identifiquem e corrijam problemas antes de iniciar o procedimento clínico [5, 6].

Estudos indicam que a redução de erros no fluxo digital melhora os índices de sucesso a longo prazo, especialmente em reabilitações complexas. Ao minimizar inconsistências no ajuste e na funcionalidade das próteses, o fluxo digital promove maior estabilidade e conforto para o paciente [7, 8]. Outro benefício notável do fluxo digital é sua contribuição para a sustentabilidade na odontologia. A eliminação de moldagens físicas e modelos de gesso reduz significativamente o uso de materiais descartáveis, que representam uma grande parte dos resíduos gerados pela prática odontológica tradicional. Além disso, a fabricação digital otimiza o uso de materiais, minimizando desperdícios e promovendo uma abordagem mais consciente [9, 10].

A fabricação local, possibilitada pela integração de fresadoras e impressoras 3D, também reduz a necessidade de transporte de moldes e dispositivos entre consultórios e laboratórios, diminuindo as emissões de carbono associadas à logística. Essa abordagem não apenas beneficia o meio ambiente, mas também melhora a eficiência do fluxo de trabalho, acelerando a entrega de próteses e dispositivos [11, 12]. Embora o investimento inicial em tecnologias digitais possa ser elevado, a economia de recursos a longo prazo é um benefício considerável. A redução de retrabalhos, o menor uso de materiais descartáveis e a eficiência no fluxo de trabalho contribuem para uma operação mais econômica e sustentável. Além disso, o armazenamento digital de informações clínicas elimina a necessidade de espaço físico para guardar moldes e documentos, promovendo maior organização e praticidade [13, 14].

A eficiência clínica e a sustentabilidade são aspectos essenciais que tornam o fluxo digital uma ferramenta indispensável na reabilitação oral. Ao otimizar o tempo de tratamento, reduzir erros e promover práticas sustentáveis, o fluxo digital não apenas melhora a experiência dos pacientes, mas também contribui para uma odontologia mais eficiente e responsável. A previsibilidade e o controle dos tratamentos são pilares fundamentais do fluxo digital na reabilitação oral. Esses aspectos tornam-se possíveis graças à integração de tecnologias avançadas, como scanners intraorais, softwares de planejamento digital e fabricação CAD/CAM, que permitem aos profissionais odontológicos planejarem e executar tratamentos com um alto grau de precisão e confiança. Essa abordagem é especialmente valiosa em casos complexos, onde a margem de erro é mínima e a previsibilidade é essencial para o sucesso clínico. O planejamento digital é um dos principais fatores que garantem a previsibilidade no fluxo digital. Com o uso de scanners intraorais e tomografias computadorizadas de

feixe cônico (CBCT), é possível capturar imagens tridimensionais detalhadas da cavidade bucal e das estruturas subjacentes. Esses dados são integrados a softwares avançados, que permitem ao profissional simular cada etapa do tratamento, desde a colocação dos implantes até a adaptação das próteses [1, 2].

A possibilidade de visualizar o resultado do tratamento antes mesmo de iniciar o procedimento clínico é uma das maiores vantagens dessa abordagem. O planejamento digital não apenas reduz incertezas, mas também permite ajustes precisos no design das próteses, garantindo que elas atendam aos requisitos estéticos e funcionais do paciente [3, 4]. Na reabilitação oral, especialmente em casos que envolvem implantes dentários, a precisão é essencial. O fluxo digital permite a criação de guias cirúrgicos personalizados, fabricados com base no planejamento digital. Esses dispositivos orientam a colocação dos implantes, garantindo que eles sejam posicionados exatamente como planejado, com a profundidade e o ângulo corretos [5, 6].

Os guias cirúrgicos eliminam a necessidade de ajustes intraoperatórios, reduzindo o tempo de cirurgia e minimizando os riscos de complicações. Além disso, eles são especialmente úteis em casos em que a anatomia do paciente apresenta desafios, como reabsorção óssea significativa ou proximidade de estruturas anatômicas críticas [7, 8]. Outra vantagem do fluxo digital é a possibilidade de monitoramento em tempo real durante o tratamento. Sistemas integrados permitem que o profissional acompanhe o progresso de cada etapa, comparando os resultados alcançados com o planejamento original. Essa funcionalidade oferece um controle maior sobre o tratamento, permitindo ajustes imediatos quando necessário [9, 10].

Por exemplo, em casos de reabilitação com múltiplos implantes, o uso de scanners intraorais permite verificar se as próteses provisórias estão alinhadas corretamente antes de finalizar o caso. Isso reduz a necessidade de revisões posteriores e garante maior estabilidade e conforto ao paciente [11, 12].

A previsibilidade garantida pelo fluxo digital não apenas melhora a eficiência do tratamento, mas também contribui para resultados de longa duração. Estudos mostram que reabilitações realizadas com base em planejamento digital apresentam maior estabilidade e funcionalidade a longo prazo, graças à precisão no posicionamento dos implantes e na adaptação das próteses [13, 14].

Além disso, a possibilidade de personalizar cada aspecto do tratamento, desde o design das próteses até a escolha dos materiais, garante que os resultados atendam

às expectativas estéticas e funcionais do paciente. Essa abordagem de "odontologia de precisão" aumenta a satisfação do paciente e reduz significativamente as complicações [15, 16].

A previsibilidade e o controle proporcionados pelo fluxo digital representam um avanço significativo na reabilitação oral. Com ferramentas que permitem simular, monitorar e ajustar cada etapa do tratamento, os profissionais podem oferecer resultados mais confiáveis e personalizados. A integração e a interdisciplinaridade são elementos fundamentais do fluxo digital na reabilitação oral. A tecnologia digital tem facilitado a colaboração entre diferentes especialistas, como dentistas, cirurgiões, ortodontistas e técnicos de laboratório, promovendo uma abordagem mais holística e eficiente no planejamento e execução dos tratamentos. Além disso, a integração de ferramentas digitais permite que as informações fluam de maneira rápida e precisa entre as etapas, reduzindo atrasos e aumentando a eficácia dos procedimentos. No modelo tradicional de reabilitação oral, a comunicação entre os membros da equipe frequentemente enfrentava desafios, como atrasos no envio de moldes físicos ou divergências nos registros clínicos. O fluxo digital eliminou essas barreiras ao permitir o compartilhamento instantâneo de arquivos digitais, como modelos tridimensionais, planejamentos virtuais e simulações de tratamento [1, 2].

Por exemplo, um dentista pode capturar imagens digitais da boca do paciente com um scanner intraoral e enviá-las imediatamente para o técnico de laboratório ou cirurgião. Esses dados são precisos e padronizados, reduzindo o risco de erros de interpretação ou inconsistências no planejamento. Essa integração garante que todos os envolvidos no caso estejam alinhados, otimizando o fluxo de trabalho e melhorando os resultados [3, 4].

O fluxo digital também facilita a abordagem interdisciplinar nos casos de reabilitação oral, onde frequentemente são necessários múltiplos especialistas. Por exemplo, em um caso de reabilitação total, o ortodontista pode usar os modelos digitais para planejar a movimentação dos dentes antes da instalação dos implantes. Em seguida, o cirurgião utiliza esses dados para posicionar os implantes com precisão, e o técnico de laboratório projeta as próteses para garantir a funcionalidade e a estética [5, 6].

Essa colaboração é crucial para o sucesso de tratamentos complexos, onde as etapas estão interligadas e dependem de uma coordenação eficiente. O fluxo digital elimina a fragmentação das informações, promovendo uma integração contínua entre

as disciplinas [7, 8]. A integração promovida pelo fluxo digital não apenas melhora a comunicação entre os profissionais, mas também aumenta a eficiência no fluxo de trabalho. A possibilidade de compartilhar informações digitais em tempo real reduz atrasos e elimina a necessidade de refazer etapas devido a erros ou inconsistências. Além disso, o uso de softwares integrados permite que diferentes especialistas trabalhem simultaneamente no mesmo caso, economizando tempo e recursos [9, 10].

Por exemplo, enquanto o dentista planeja o tratamento no consultório, o técnico de laboratório pode começar a projetar as próteses com base nos dados recebidos, garantindo que tudo esteja pronto para a instalação no menor tempo possível. Essa sincronização é especialmente valiosa em casos em que o tempo é um fator crítico, como em implantes de carga imediata [11, 12].

A integração e a interdisciplinaridade também impactam positivamente a experiência do paciente. Com todos os especialistas trabalhando de forma coordenada, os tratamentos tornam-se mais rápidos, precisos e eficazes. Além disso, a comunicação clara entre os membros da equipe reduz o risco de complicações e aumenta a previsibilidade dos resultados, proporcionando maior tranquilidade ao paciente [13, 14].

A possibilidade de visualizar o planejamento e os resultados antes do início do tratamento também fortalece a confiança do paciente na equipe, promovendo uma relação mais colaborativa e transparente [15, 16]. A integração e a interdisciplinaridade no fluxo digital são fatores que transformam a reabilitação oral em um processo mais eficiente, colaborativo e centrado no paciente. A tecnologia digital elimina barreiras na comunicação e permite que diferentes especialistas trabalhem em conjunto, garantindo que cada etapa do tratamento seja conduzida com precisão e alinhamento. Esses benefícios destacam o fluxo digital como uma ferramenta essencial na prática odontológica moderna.

3.4. Uso de scanners intraorais: precisão e eficácia

O avanço da tecnologia na odontologia trouxe inovações que transformaram a prática clínica, e os scanners intraorais estão entre as ferramentas mais revolucionárias nesse contexto. Esses dispositivos substituíram os métodos tradicionais de moldagem física, proporcionando maior conforto para os pacientes e

precisão para os profissionais. Além disso, os scanners intraorais são fundamentais para o fluxo digital, integrando etapas de diagnóstico, planejamento e execução de tratamentos de maneira eficiente e eficaz.

Os scanners intraorais são dispositivos que capturam imagens tridimensionais da cavidade bucal, criando modelos digitais precisos das estruturas dentárias e dos tecidos moles. Esses modelos podem ser utilizados em diversas aplicações, como o planejamento de próteses, ortodontia, implantodontia e reabilitações complexas. A tecnologia elimina erros comuns associados às moldagens tradicionais, como distorções causadas por materiais ou técnicas inadequadas, e reduz significativamente o tempo necessário para obter resultados [1, 2]. A introdução dos scanners intraorais mudou significativamente a maneira como os tratamentos odontológicos são conduzidos. No passado, as moldagens físicas eram desconfortáveis para os pacientes e exigiam múltiplas etapas, incluindo a fabricação de modelos de gesso. Esses processos não apenas eram demorados, mas também apresentavam uma margem considerável de erro. Os scanners intraorais resolveram esses problemas ao fornecer imagens precisas em tempo real, permitindo que os profissionais avaliassem imediatamente a qualidade do escaneamento e realizassem ajustes, se necessário [3, 4].

Os scanners intraorais desempenham um papel central no fluxo digital, que é o processo integrado de digitalização, planejamento e fabricação na odontologia. Eles são frequentemente utilizados em conjunto com softwares de planejamento CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing), permitindo que o dentista projete próteses, guias cirúrgicos ou outros dispositivos diretamente a partir dos dados capturados. Essa integração não apenas melhora a precisão dos tratamentos, mas também acelera o processo, eliminando etapas intermediárias [5, 6].

Por exemplo, em casos de reabilitação oral, o dentista pode capturar um modelo digital da boca do paciente, transferir os dados para um software CAD/CAM e projetar uma prótese personalizada no mesmo dia. A prótese é então fabricada por fresadoras ou impressoras 3D, permitindo que o paciente receba o tratamento de forma rápida e eficiente [7, 8]. Do ponto de vista do paciente, os scanners intraorais oferecem uma experiência muito mais confortável em comparação com as moldagens tradicionais. Os materiais de moldagem frequentemente causavam desconforto, náuseas e até fobia em alguns pacientes. Com os scanners, esse processo é substituído por uma varredura rápida e não invasiva, que captura a anatomia bucal

em poucos minutos. Essa abordagem não apenas melhora a satisfação do paciente, mas também aumenta sua confiança no tratamento [9, 10].

Os scanners intraorais modernos possuem recursos avançados que ampliam suas aplicações e benefícios. Muitos dispositivos agora oferecem tecnologia de captura em cores, que ajuda a identificar diferenças nos tecidos e nas restaurações existentes, facilitando o diagnóstico e o planejamento. Além disso, os scanners de última geração são mais compactos, leves e fáceis de usar, o que reduz a curva de aprendizado para os profissionais [11, 12]. Outro avanço importante é a conectividade dos scanners com plataformas baseadas em nuvem. Isso permite que os modelos digitais sejam compartilhados instantaneamente com técnicos de laboratório ou outros membros da equipe odontológica, promovendo uma comunicação mais eficiente e reduzindo os tempos de espera. Essa conectividade também facilita o armazenamento e o acesso a registros digitais, eliminando a necessidade de arquivos físicos [13, 14].

Embora os benefícios dos scanners intraorais sejam evidentes, sua implementação enfrenta alguns desafios. O custo inicial elevado é uma barreira significativa para muitos profissionais, especialmente em clínicas de pequeno porte. Além disso, a curva de aprendizado associada ao uso dos dispositivos pode desestimular a adoção, embora a maioria dos fabricantes ofereça treinamentos e suporte para novos usuários [15, 16]. Outro desafio é a compatibilidade entre scanners e softwares de diferentes fabricantes. Muitos sistemas utilizam formatos proprietários, o que pode dificultar a integração em fluxos de trabalho existentes. Apesar dessas limitações, a evolução constante da tecnologia está tornando os scanners intraorais cada vez mais acessíveis e fáceis de usar [17, 18].

Os scanners intraorais representam uma inovação transformadora na odontologia, oferecendo precisão, eficiência e conforto tanto para os profissionais quanto para os pacientes. Sua integração ao fluxo digital permite uma abordagem mais moderna e eficaz para o planejamento e execução de tratamentos odontológicos.

Os scanners intraorais se destacam como ferramentas indispensáveis na odontologia moderna, proporcionando uma ampla gama de benefícios clínicos e operacionais. Esses dispositivos não apenas otimizam o fluxo de trabalho, mas também aprimoram a precisão dos tratamentos e a experiência do paciente. A seguir, serão explorados os principais benefícios que tornam os scanners intraorais uma tecnologia essencial para os profissionais da área odontológica.

Um dos benefícios mais significativos dos scanners intraorais é a precisão na captura de imagens tridimensionais das arcadas dentárias e dos tecidos moles. Essa precisão é crucial para diagnósticos detalhados e para o planejamento de tratamentos complexos, como reabilitações orais e procedimentos ortodônticos. Os modelos digitais capturados pelos scanners eliminam os erros associados às moldagens físicas, como distorções e bolhas, garantindo que o profissional tenha uma visão clara e detalhada da situação bucal do paciente [1, 2]. Além disso, os scanners intraorais permitem a integração com softwares de planejamento digital, como CAD/CAM, que ampliam as possibilidades de análise e simulação. Essa integração permite que os profissionais visualizem o resultado do tratamento antes mesmo de iniciá-lo, aumentando a previsibilidade e a segurança do procedimento [3, 4].

Do ponto de vista operacional, os scanners intraorais oferecem uma eficiência incomparável. A captura digital das arcadas dentárias é realizada em poucos minutos, eliminando a necessidade de moldagens físicas e reduzindo o tempo total de tratamento. Isso é particularmente vantajoso em casos que exigem múltiplas consultas, como a confecção de próteses ou aparelhos ortodônticos, onde o fluxo digital permite que várias etapas sejam concluídas em uma única sessão [5, 6]. Além disso, a integração dos scanners com plataformas digitais permite o compartilhamento imediato dos modelos com técnicos de laboratório ou outros especialistas. Essa conectividade elimina atrasos no envio de moldes físicos e acelera a produção de dispositivos, como coroas, pontes e alinhadores, otimizando o tempo para os profissionais e pacientes [7, 8].

Os scanners intraorais também contribuem significativamente para a redução de erros e retrabalhos. A captura digital de alta precisão elimina as distorções comuns nas moldagens físicas, garantindo que os modelos sejam fiéis à anatomia do paciente. Isso resulta em próteses e dispositivos que se ajustam perfeitamente, minimizando a necessidade de ajustes posteriores [9, 10]. Estudos mostram que o uso de scanners intraorais aumenta as taxas de sucesso em tratamentos que exigem precisão, como a instalação de coroas e implantes. Além disso, a possibilidade de visualizar e corrigir eventuais falhas durante o processo de escaneamento reduz os custos associados a retrabalhos e desperdícios de materiais [11, 12].

Do ponto de vista do paciente, os scanners intraorais oferecem uma experiência muito mais confortável em comparação com os métodos tradicionais de moldagem. Os materiais de moldagem frequentemente causavam desconforto e

náuseas, especialmente em pacientes com reflexo de vômito acentuado. Em contraste, os scanners intraorais realizam o processo de captura de forma rápida e não invasiva, melhorando significativamente a satisfação do paciente [13, 14]. Além disso, a possibilidade de visualizar o planejamento do tratamento em tempo real aumenta a confiança do paciente na equipe odontológica. A apresentação de modelos digitais detalhados e simulações do resultado ajuda a alinhar expectativas e promove uma comunicação mais clara entre o profissional e o paciente [15, 16].

Outro benefício importante dos scanners intraorais é a sustentabilidade. A substituição das moldagens físicas por modelos digitais reduz significativamente o uso de materiais descartáveis, como alginatos e gessos, contribuindo para uma prática odontológica mais sustentável. Além disso, o armazenamento digital elimina a necessidade de espaço físico para guardar modelos e moldes, promovendo maior organização e eficiência no consultório [17, 18].

Embora os scanners intraorais sejam dispositivos avançados, muitos fabricantes têm investido em interfaces intuitivas e treinamento acessível para facilitar sua adoção. Os modelos mais recentes são compactos, leves e fáceis de operar, reduzindo a curva de aprendizado e permitindo que os profissionais integrem rapidamente a tecnologia ao seu fluxo de trabalho. Além disso, os treinamentos online e os recursos oferecidos pelos fabricantes garantem que os profissionais estejam capacitados para explorar ao máximo o potencial dos scanners [19, 20].

Os benefícios clínicos e operacionais dos scanners intraorais consolidam sua posição como uma das ferramentas mais valiosas na odontologia contemporânea. A precisão, a agilidade e a sustentabilidade proporcionadas por esses dispositivos transformam a maneira como os tratamentos são planejados e executados, promovendo uma odontologia mais eficiente e centrada no paciente. Os scanners intraorais têm aplicações abrangentes em diversas áreas da odontologia, consolidando-se como ferramentas versáteis e indispensáveis na prática clínica moderna. Sua capacidade de capturar imagens tridimensionais de alta precisão permite que sejam utilizados em procedimentos que vão desde o planejamento de reabilitações orais até tratamentos ortodônticos e implantológicos. A seguir, serão exploradas as principais aplicações desses dispositivos, destacando seu impacto em diferentes especialidades.

Na implantodontia, a precisão é essencial para o sucesso dos tratamentos, e os scanners intraorais desempenham um papel crucial nesse contexto. Esses

dispositivos permitem que os profissionais capturem modelos digitais detalhados das arcadas dentárias e das estruturas ósseas do paciente, fornecendo uma base sólida para o planejamento cirúrgico e protético. Os dados obtidos pelos scanners podem ser integrados a softwares de planejamento digital, como CAD/CAM, permitindo que o profissional simule a colocação dos implantes em relação às estruturas anatômicas. Além disso, os scanners são utilizados para criar guias cirúrgicos personalizados, que orientam a colocação dos implantes com precisão milimétrica, reduzindo a margem de erro e o risco de complicações [1, 2].

Outra aplicação importante é na confecção de próteses implantossuportadas. Os modelos digitais capturados pelos scanners eliminam a necessidade de moldagens físicas, garantindo que as próteses se adaptem perfeitamente aos implantes e aos tecidos peri-implantares. Isso resulta em tratamentos mais rápidos, precisos e confortáveis

Na ortodontia, os scanners intraorais transformaram o processo de diagnóstico e planejamento de tratamentos. Eles substituem as moldagens tradicionais por modelos digitais, que podem ser usados para criar planos de tratamento personalizados e fabricar alinhadores ortodônticos invisíveis.

Os modelos digitais permitem que os ortodontistas simulem a movimentação dos dentes ao longo do tratamento, visualizando os resultados esperados antes mesmo de iniciar o procedimento. Essa capacidade de planejamento detalhado aumenta a previsibilidade dos resultados e melhora a experiência do paciente [5, 6]. Além disso, os scanners são amplamente utilizados para monitorar o progresso do tratamento ortodôntico. Os dados capturados em diferentes etapas podem ser comparados para avaliar a eficácia do tratamento e realizar ajustes quando necessário, garantindo resultados mais precisos e eficientes [7, 8].

A reabilitação oral é outra área em que os scanners intraorais têm um impacto significativo. Eles são utilizados para capturar modelos digitais que servem como base para o planejamento e a confecção de próteses, como coroas, pontes e próteses totais. Os dados capturados pelos scanners são integrados a softwares CAD/CAM, permitindo que o profissional projete próteses personalizadas que se ajustem perfeitamente à anatomia do paciente. Além disso, a precisão dos modelos digitais reduz a necessidade de ajustes posteriores, garantindo que as próteses sejam instaladas de forma rápida e eficaz [9, 10].

Em casos de reabilitações totais, os scanners intraorais são utilizados para planejar a distribuição das forças mastigatórias e otimizar a funcionalidade e a estética das próteses. Essa abordagem melhora significativamente a qualidade dos tratamentos e aumenta a satisfação do paciente [11, 12]. Na odontologia estética, os scanners intraorais são utilizados para planejar e executar tratamentos que envolvem restaurações cerâmicas, facetas e lentes de contato dental. A precisão dos modelos digitais permite que os profissionais criem restaurações que se integram harmoniosamente à dentição natural do paciente, promovendo resultados estéticos de alta qualidade.

Além disso, os scanners são utilizados para simular o resultado do tratamento antes de sua execução, permitindo que o paciente visualize como ficará seu sorriso. Essa funcionalidade não apenas aumenta a confiança do paciente, mas também facilita o alinhamento das expectativas entre o profissional e o paciente [13, 14].

Os scanners intraorais também desempenham um papel importante no monitoramento e na documentação de tratamentos odontológicos. Os modelos digitais capturados ao longo do tempo permitem que os profissionais acompanhem a evolução de condições bucais, como desgaste dentário, recessão gengival e alterações ósseas.

Além disso, os registros digitais facilitam a comunicação entre os membros da equipe odontológica, permitindo que diferentes especialistas acessem os mesmos dados e colaborem no planejamento do tratamento. Essa integração promove uma abordagem interdisciplinar e melhora a qualidade dos resultados [15, 16].

As aplicações específicas dos scanners intraorais abrangem uma ampla gama de especialidades odontológicas, destacando sua versatilidade e eficiência. Na implantodontia, ortodontia, reabilitação oral e estética dental, esses dispositivos transformaram a maneira como os tratamentos são planejados e executados, promovendo precisão, conforto e resultados previsíveis. Os scanners intraorais evoluíram significativamente desde sua introdução na odontologia, com avanços tecnológicos que ampliaram suas capacidades e facilitaram sua integração no fluxo de trabalho clínico. Essas inovações têm melhorado a precisão, a eficiência e a experiência tanto para os profissionais quanto para os pacientes, tornando os scanners intraorais uma ferramenta indispensável na prática odontológica moderna. Uma das principais melhorias nos scanners intraorais é a capacidade de capturar imagens em alta definição, oferecendo detalhes excepcionais das estruturas bucais. Os dispositivos modernos conseguem captar as superfícies dentárias e os tecidos

moles com precisão submilimétrica, garantindo modelos digitais altamente confiáveis para planejamento e execução de tratamentos [1, 2].

Além disso, muitos scanners agora possuem sensores aprimorados que capturam imagens em cores reais. Isso permite uma identificação mais precisa de restaurações existentes, cáries e diferenças nos tecidos bucais, auxiliando tanto no diagnóstico quanto na estética [3, 4]. Outro avanço significativo é a redução do tempo necessário para capturar imagens completas da cavidade bucal. Os scanners modernos oferecem maior velocidade de captura, permitindo que um arco completo seja escaneado em poucos minutos. Essa agilidade é especialmente benéfica em tratamentos que exigem reabilitações extensas ou planejamento cirúrgico, onde a eficiência é essencial [5, 6].

Além disso, o feedback em tempo real oferecido pelos dispositivos permite que os profissionais identifiquem imediatamente áreas que precisam ser ajustadas, evitando a necessidade de repetir o escaneamento completo [7].

Os scanners intraorais mais recentes são projetados para serem mais leves, compactos e ergonômicos. Isso facilita seu uso em consultórios odontológicos de diferentes tamanhos e melhora a experiência do profissional durante o manuseio. Muitos modelos modernos possuem pontas menores e rotativas, que permitem o acesso a áreas de difícil alcance, como os dentes posteriores [8, 9]. Além disso, os designs mais compactos tornam esses dispositivos mais acessíveis para clínicas menores, que anteriormente enfrentavam dificuldades em integrar tecnologias maiores e mais caras [10].

A conectividade dos scanners intraorais é outro avanço importante. Muitos dispositivos agora permitem que os modelos digitais sejam compartilhados instantaneamente com técnicos de laboratório, especialistas ou plataformas de armazenamento na nuvem. Essa conectividade elimina a necessidade de transferir dados manualmente, reduzindo atrasos e aumentando a eficiência do fluxo de trabalho [11, 12]. O armazenamento na nuvem também facilita o acesso remoto aos modelos digitais, permitindo que os profissionais acompanhem os casos a qualquer momento e de qualquer lugar. Essa funcionalidade é particularmente útil em clínicas com múltiplas unidades ou em casos que envolvem colaboração interdisciplinar [13].

A inteligência artificial (IA) está começando a desempenhar um papel importante nos scanners intraorais, adicionando funcionalidades avançadas que melhoram ainda mais sua utilidade. Por exemplo, algoritmos de IA podem identificar

automaticamente áreas de interesse no escaneamento, como lesões cariosas, fraturas ou problemas oclusais, oferecendo sugestões diagnósticas e de planejamento em tempo real [14, 15]. Além disso, a IA facilita a análise preditiva, permitindo que os profissionais avaliem possíveis complicações ou resultados de longo prazo antes de iniciar o tratamento. Essa integração com IA está redefinindo a maneira como os scanners intraorais são usados, transformando-os em ferramentas de diagnóstico e planejamento ainda mais poderosas [16].

Os avanços nos scanners intraorais também estão impulsionando o uso de realidade aumentada (RA) e realidade virtual (RV) na odontologia. Esses recursos permitem que os profissionais visualizem modelos digitais diretamente sobre o campo operatório ou em ambientes simulados, melhorando a precisão durante a execução de tratamentos. Por exemplo, a RA pode ser usada para orientar a colocação de implantes ou o preparo de dentes para restaurações, enquanto a RV é útil para treinamento e planejamento de casos complexos. Essas tecnologias complementam o uso dos scanners intraorais, tornando os tratamentos mais precisos e interativos [17, 18].

A sustentabilidade é uma preocupação crescente na odontologia, e os avanços nos scanners intraorais estão alinhados com essa tendência. Muitos dispositivos agora consomem menos energia e são projetados para serem mais duráveis, reduzindo o impacto ambiental associado à fabricação e descarte de equipamentos. Além disso, a eliminação de moldagens físicas contribui para a redução de resíduos odontológicos, tornando os scanners uma escolha mais sustentável [19, 20].Os avanços tecnológicos nos scanners intraorais transformaram esses dispositivos em ferramentas altamente versáteis, precisas e eficientes. Recursos como captura em alta definição, conectividade avançada e integração com inteligência artificial ampliaram significativamente suas aplicações e benefícios, consolidando sua posição como uma das inovações mais importantes na odontologia moderna.

Os scanners intraorais têm transformado profundamente a prática odontológica, impactando não apenas a execução dos tratamentos, mas também a forma como os profissionais interagem com pacientes, colegas e tecnologias complementares. Com as inovações já implementadas e as promessas de avanços futuros, esses dispositivos estão redefinindo os padrões de excelência na odontologia.

O uso de scanners intraorais introduziu uma nova era de precisão e eficiência no diagnóstico e tratamento. Os profissionais relatam uma redução significativa no

tempo necessário para planejar e executar procedimentos, graças à capacidade de capturar modelos digitais em tempo real e integrá-los diretamente em softwares de planejamento. Na implantodontia, os scanners têm permitido um planejamento mais preciso da posição dos implantes, melhorando a previsibilidade dos resultados. Estudos demonstram que a combinação de dados obtidos por scanners intraorais com tomografias computadorizadas de feixe cônico (CBCT) resultou em guias cirúrgicos mais precisos, reduzindo complicações e tempo de cirurgia [1, 2].

Em reabilitações orais, os scanners eliminam a necessidade de múltiplos ajustes em próteses, já que os modelos digitais garantem um encaixe perfeito. Isso não apenas aumenta a eficiência, mas também promove maior conforto e satisfação para os pacientes [3, 4].

Apesar dos benefícios, alguns desafios ainda precisam ser superados. O custo inicial dos scanners intraorais continua sendo uma barreira para muitos profissionais, especialmente aqueles em clínicas menores. Além disso, a integração entre diferentes sistemas e a curva de aprendizado associada ao uso de tecnologias digitais são pontos que exigem atenção contínua [9, 10].

O futuro dos scanners intraorais é promissor, com uma série de inovações emergentes que prometem expandir ainda mais suas capacidades e aplicações. A integração com inteligência artificial (IA) é uma dessas inovações, permitindo que os scanners identifiquem automaticamente áreas de interesse, como cáries, fraturas ou problemas oclusais. Isso transformará os scanners em ferramentas de diagnóstico ainda mais eficazes [11, 12]. A realidade aumentada (RA) e a realidade virtual (RV) também estão ganhando espaço no uso de scanners intraorais. Essas tecnologias permitirão que os profissionais visualizem os modelos digitais diretamente sobre o campo operatório ou em ambientes simulados, aumentando a precisão e a interatividade dos tratamentos. Além disso, a RA poderá ser usada para treinar novos profissionais, simulando cenários clínicos em tempo real [13, 14].

A acessibilidade é outra área de foco para o futuro dos scanners intraorais. À medida que os custos dos dispositivos diminuem e a tecnologia se torna mais amplamente disponível, espera-se que um número maior de clínicas e profissionais possa adotar essas ferramentas. Isso democratizará os benefícios da odontologia digital, tornando-a acessível a uma população mais ampla [15, 16].

A pesquisa em novos materiais também desempenhará um papel importante no futuro dos scanners intraorais. A utilização de dispositivos mais eficientes em

termos energéticos e fabricados com materiais recicláveis reflete a crescente preocupação com a sustentabilidade. Além disso, a integração de scanners com impressoras 3D e tecnologias emergentes, como impressão 4D, abrirá novas possibilidades para a fabricação de próteses e dispositivos personalizáveis [17, 18].

O impacto dos scanners intraorais na prática clínica é indiscutível, revolucionando o diagnóstico, o planejamento e a execução de tratamentos odontológicos. Com sua precisão, eficiência e capacidade de melhorar a experiência do paciente, esses dispositivos já são indispensáveis na odontologia moderna. O futuro promete ainda mais avanços, com a integração de inteligência artificial, realidade aumentada e acessibilidade ampliada, consolidando os scanners intraorais como pilares centrais da odontologia digital.

3.5. Cirurgia guiada em implantodontia: vantagens e limitações

A cirurgia guiada em implantodontia representa uma evolução significativa na prática odontológica, proporcionando maior precisão, eficiência e segurança nos tratamentos com implantes. Essa técnica, baseada em planejamento digital e no uso de guias cirúrgicos personalizados, tem revolucionado a abordagem tradicional, reduzindo margens de erro e promovendo resultados mais previsíveis. A seguir, serão discutidas as principais vantagens dessa metodologia.

Uma das maiores vantagens da cirurgia guiada é o planejamento digital. Por meio de scanners intraorais e tomografias computadorizadas de feixe cônico (CBCT), os profissionais obtêm modelos tridimensionais detalhados da cavidade bucal e das estruturas ósseas do paciente. Esses dados são integrados em softwares específicos que permitem simular o posicionamento ideal dos implantes em relação à anatomia do paciente, considerando fatores como densidade óssea, proximidade de nervos e estética final [1, 2].

Essa abordagem reduz significativamente a margem de erro, garantindo que os implantes sejam colocados com precisão milimétrica. Estudos mostram que o uso de guias cirúrgicos personalizados reduz desvios angulares e lineares, resultando em melhores índices de sucesso a longo prazo [3, 4]. A previsibilidade é um dos principais benefícios da cirurgia guiada. O planejamento digital permite que o profissional visualize o resultado do tratamento antes mesmo de iniciá-lo. Isso inclui a posição dos implantes, a adaptação das próteses e a distribuição das forças mastigatórias. Essa

capacidade de simulação elimina incertezas e garante que o tratamento seja conduzido de forma mais eficiente [5, 6].

Essa previsibilidade também é vantajosa para os pacientes, que podem compreender melhor o processo e ter maior confiança no procedimento. Além disso, a possibilidade de visualizar o resultado estético final aumenta a satisfação do paciente [7, 8]. A cirurgia guiada é conhecida por reduzir significativamente o tempo de procedimento. Os guias cirúrgicos personalizados orientam o profissional durante a colocação dos implantes, eliminando a necessidade de ajustes intraoperatórios. Isso não apenas torna o processo mais rápido, mas também reduz o desconforto do paciente e o risco de complicações [9, 10].

Essa agilidade é especialmente importante em casos de implantes de carga imediata, onde a rapidez e a precisão são essenciais para garantir a estabilidade inicial do implante e o sucesso do tratamento [11]. Outra vantagem notável da cirurgia guiada é a minimização do trauma cirúrgico. Como o planejamento digital permite identificar com precisão a posição dos implantes, os profissionais podem optar por técnicas minimamente invasivas, evitando incisões extensas e reduzindo a manipulação dos tecidos. Isso resulta em menor sangramento, menos dor pós-operatória e uma recuperação mais rápida para o paciente [12, 13].

Em casos em que o volume ósseo é limitado, a cirurgia guiada também permite que os implantes sejam colocados de forma estratégica, evitando a necessidade de procedimentos adicionais, como enxertos ósseos ou levantamento do seio maxilar [14]. A cirurgia guiada também melhora a comunicação entre os membros da equipe odontológica. O planejamento digital permite que dentistas, cirurgiões e técnicos de laboratório trabalhem com os mesmos dados, promovendo uma abordagem interdisciplinar. Isso reduz erros de comunicação e garante que todas as etapas do tratamento estejam alinhadas [15, 16].

A integração digital na cirurgia guiada contribui para uma prática mais sustentável e organizada. A eliminação de moldagens físicas e modelos de gesso reduz o uso de materiais descartáveis, enquanto o armazenamento digital facilita o acesso e o gerenciamento de informações clínicas [17, 18]. A cirurgia guiada em implantodontia oferece uma série de vantagens que a tornam uma escolha preferencial para muitos profissionais e pacientes. A precisão, a previsibilidade e a redução do tempo e do trauma cirúrgico são benefícios que transformam a experiência clínica e elevam os padrões de qualidade na implantodontia.

Apesar das inúmeras vantagens da cirurgia guiada em implantodontia, a técnica apresenta algumas limitações e desafios que precisam ser considerados pelos profissionais. Esses aspectos envolvem desde questões técnicas e econômicas até fatores relacionados à curva de aprendizado e à dependência de tecnologias digitais. Compreender essas limitações é essencial para maximizar os benefícios e evitar complicações durante os procedimentos. Uma das principais limitações da cirurgia guiada é o custo inicial elevado. O investimento necessário para adquirir scanners intraorais, softwares de planejamento digital e equipamentos para fabricação de guias cirúrgicos pode ser proibitivo, especialmente para clínicas de pequeno porte ou localizadas em regiões menos desenvolvidas [1, 2].

Além disso, os custos contínuos associados ao uso da tecnologia, como atualizações de software, manutenção dos equipamentos e impressão dos guias cirúrgicos, também são fatores que podem dificultar a adoção em larga escala [3].

A cirurgia guiada depende inteiramente de tecnologias digitais, o que pode ser uma limitação em ambientes onde a infraestrutura tecnológica é inadequada. Problemas como conectividade limitada, falhas de hardware ou incompatibilidade entre sistemas podem interromper o fluxo de trabalho e comprometer a eficiência do tratamento [4, 5]. Além disso, a falta de padronização entre os sistemas de diferentes fabricantes pode dificultar a integração de dispositivos e softwares, resultando em custos adicionais para adaptar ou substituir equipamentos [6].

Embora a cirurgia guiada ofereça maior precisão e previsibilidade, sua implementação exige um treinamento específico para os profissionais. A curva de aprendizado associada ao uso de softwares de planejamento digital e à fabricação de guias cirúrgicos pode desestimular alguns profissionais, especialmente aqueles que estão habituados a métodos convencionais [7, 8]. Mesmo após o treinamento, a falta de experiência com a técnica pode levar a erros, como a interpretação incorreta dos dados digitais ou o uso inadequado dos guias cirúrgicos. Esses fatores podem comprometer os resultados e gerar retrabalhos [9].

Embora a cirurgia guiada seja projetada para oferecer precisão, existem limitações anatômicas que podem dificultar sua aplicação. Em casos de reabsorção óssea severa ou alterações anatômicas complexas, a estabilidade dos guias cirúrgicos pode ser comprometida, reduzindo sua eficácia [10, 11]. Além disso, a precisão do guia depende da qualidade dos dados digitais capturados. Scanners

intraorais e tomografias de baixa resolução podem introduzir erros no planejamento, afetando o resultado [12].

Embora a cirurgia guiada reduza o tempo de execução durante o procedimento, o planejamento inicial pode ser mais demorado. A captura de dados digitais, a integração em softwares e a fabricação dos guias cirúrgicos exigem tempo e atenção aos detalhes. Esse tempo adicional pode ser um fator limitante em casos que demandam intervenções urgentes [13, 14]. Outro desafio é a dependência excessiva de tecnologias digitais, que pode levar à negligência em habilidades fundamentais da prática odontológica, como a avaliação clínica e o manejo intraoperatório. O uso de guias cirúrgicos não substitui a necessidade de conhecimento anatômico e habilidade prática, e os profissionais devem estar preparados para lidar com imprevistos que possam surgir durante o procedimento [15, 16].

Embora os guias cirúrgicos sejam projetados para oferecer precisão, erros na fabricação ou no posicionamento durante a cirurgia podem comprometer o resultado. Por exemplo, guias mal adaptados ou fixados de forma inadequada podem desviar o posicionamento do implante, aumentando o risco de complicações [17, 18].

Além disso, o desgaste ou a deformação dos guias, especialmente em materiais menos resistentes, pode afetar a precisão ao longo de procedimentos mais longos ou complexos [19]. Por fim, a cooperação do paciente também pode ser um fator limitante. Pacientes com reflexo de vômito acentuado, dificuldade em permanecer imóveis ou condições anatômicas específicas podem dificultar a captura de dados digitais precisos e a adaptação dos guias cirúrgicos [20]. Embora a cirurgia guiada em implantodontia ofereça inúmeras vantagens, é fundamental reconhecer e abordar suas limitações e desafios. O custo elevado, a dependência tecnológica, a curva de aprendizado e as limitações anatômicas são fatores que exigem atenção para garantir a eficácia da técnica.

Embora a cirurgia guiada em implantodontia apresente desafios e limitações, diversas estratégias têm sido desenvolvidas para superá-los, garantindo que os profissionais aproveitem ao máximo os benefícios dessa técnica. Além disso, as perspectivas futuras apontam para inovações que prometem tornar a cirurgia guiada ainda mais acessível, precisa e eficiente. Uma das principais estratégias para superar a barreira financeira é a popularização das tecnologias digitais. À medida que a demanda por scanners intraorais, softwares de planejamento e impressoras 3D aumenta, os custos associados a esses equipamentos tendem a diminuir. Além disso,

fabricantes têm investido em soluções mais econômicas e em modelos de assinatura para softwares, permitindo que clínicas de pequeno porte adotem a tecnologia sem grandes investimentos iniciais [1, 2].

Programas de financiamento e incentivos governamentais também têm sido implementados em algumas regiões, tornando a cirurgia guiada mais acessível para profissionais e pacientes [3]. A capacitação de profissionais é fundamental para superar a curva de aprendizado associada à cirurgia guiada. Cursos específicos, workshops e treinamentos oferecidos por fabricantes de equipamentos e associações odontológicas têm desempenhado um papel importante na disseminação do conhecimento sobre a técnica [4, 5].

Além disso, as instituições de ensino odontológico estão incorporando tecnologias digitais em seus currículos, preparando uma nova geração de profissionais familiarizados com o planejamento e a execução de cirurgias guiadas [6]. A padronização entre sistemas de diferentes fabricantes é essencial para melhorar a compatibilidade e reduzir custos adicionais associados à adaptação de equipamentos. A colaboração entre empresas para desenvolver protocolos abertos e interoperáveis é uma tendência crescente, que promete facilitar a integração de dispositivos e softwares no fluxo de trabalho clínico [7, 8].

Os avanços tecnológicos desempenham um papel central na superação das limitações da cirurgia guiada. A inteligência artificial (IA), por exemplo, está sendo integrada a softwares de planejamento digital, permitindo que o sistema identifique automaticamente as melhores posições para os implantes com base em dados anatômicos e funcionais [9, 10]. A realidade aumentada (RA) e a realidade virtual (RV) também estão sendo exploradas como ferramentas auxiliares na cirurgia guiada. Essas tecnologias permitem que os profissionais visualizem modelos digitais diretamente no campo operatório ou simulem procedimentos antes de executá-los, aumentando a precisão e a confiança durante o tratamento [11, 12].

A pesquisa em materiais para fabricação de guias cirúrgicos está focada em desenvolver opções mais resistentes e econômicas. Materiais biodegradáveis e recicláveis também estão sendo explorados, alinhando-se às demandas de sustentabilidade e reduzindo os custos associados ao descarte [13, 14].

Além disso, impressoras 3D mais rápidas e precisas têm acelerado a fabricação de guias cirúrgicos, permitindo que eles sejam produzidos em menor tempo e com maior qualidade [15]. O futuro da cirurgia guiada em implantodontia é promissor, com

inovações que prometem ampliar suas aplicações e acessibilidade. A integração de dados genéticos e biométricos ao planejamento digital é uma dessas inovações, permitindo que os tratamentos sejam personalizados não apenas com base na anatomia, mas também nas características individuais do paciente [16, 17].

Outra tendência é a incorporação de sensores em guias cirúrgicos, que podem fornecer feedback em tempo real durante o procedimento, alertando o profissional sobre desvios ou ajustes necessários [18]. Com o aumento da acessibilidade, a cirurgia guiada está se expandindo para contextos que antes eram limitados. Clínicas públicas e programas sociais estão começando a adotar a tecnologia, oferecendo tratamentos de alta qualidade a pacientes que antes não tinham acesso a procedimentos avançados [19, 20].

A cirurgia guiada também está alinhada com iniciativas de sustentabilidade na odontologia. A redução de desperdícios, o uso de materiais mais ecológicos e a eliminação de moldagens físicas são exemplos de como a técnica está contribuindo para práticas odontológicas mais conscientes e responsáveis [21]. As estratégias para superar os desafios da cirurgia guiada em implantodontia e as inovações emergentes demonstram que essa técnica continuará a evoluir, tornando-se cada vez mais acessível e eficaz. A redução de custos, a educação contínua, a padronização de sistemas e os avanços tecnológicos são fatores que consolidam a cirurgia guiada como uma ferramenta indispensável na prática odontológica moderna. Com um futuro promissor, a técnica está preparada para redefinir os padrões de excelência na implantodontia.

4 DISCUSSÃO

4.1. Caso Clínico 1 – Reabilitação com Implantes Guiados em Paciente com Atrofia Óssea Moderada

Este caso clínico apresenta a reabilitação de um paciente do sexo masculino, 55 anos, com atrofia óssea moderada na região posterior da mandíbula, tratado com cirurgia guiada para instalação de dois implantes. O objetivo foi restaurar a função mastigatória e melhorar a qualidade de vida do paciente, minimizando o trauma cirúrgico e o tempo de recuperação.

Os dados do paciente foram coletados por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) e escaneamento intraoral. O planejamento digital foi realizado com software específico, permitindo simular a posição ideal dos implantes considerando a densidade óssea e as características anatômicas. Um guia cirúrgico personalizado foi fabricado por meio de impressão 3D e utilizado durante o procedimento.

Os implantes foram instalados com precisão, e a prótese definitiva foi adaptada após um período de osseointegração de 12 semanas. O procedimento foi concluído sem complicações, com menor tempo cirúrgico em comparação à técnica convencional.

Tabela 1: Dados do Caso Clínico 1

Parâmetro Avaliado	Valor Obtido
Idade do Paciente	55 anos
Região de Implante	Mandíbula posterior

Número de Implantes	2
Tempo Cirúrgico	45 minutos
Tempo de Osseointegração	12 semanas
Complicações Pós-operatórias	Nenhuma

Fonte: o autor (2025).

Os dados coletados demonstram que a cirurgia guiada reduziu o tempo de intervenção, tradicionalmente estimado em 60 a 90 minutos para casos similares, para apenas 45 minutos. O uso do guia cirúrgico foi essencial para evitar desvios no posicionamento dos implantes, assegurando um resultado funcional e estético satisfatório.

O paciente relatou dor leve no período pós-operatório, com retorno às atividades normais em três dias, destacando o benefício de uma abordagem minimamente invasiva. Além disso, a ausência de complicações, como infecção ou falha de osseointegração, confirma a eficácia do planejamento digital e da execução guiada. Este caso clínico destaca as vantagens da cirurgia guiada na reabilitação de pacientes com atrofia óssea moderada, especialmente no que diz respeito à precisão, redução do tempo cirúrgico e conforto pós-operatório. O próximo caso clínico abordará um paciente com necessidade de reabilitação estética na região anterior.

4.2. Caso Clínico 2 – Técnica Guiada em Reabilitação Estética na Região Anterior

Este caso clínico descreve a reabilitação estética de uma paciente do sexo feminino, 43 anos, com perda de um incisivo central superior devido a trauma. A técnica de cirurgia guiada foi utilizada para garantir o posicionamento preciso do implante e a harmonia estética, com o planejamento integrado ao uso de scanner intraoral e guia cirúrgico impresso em 3D.

O escaneamento intraoral foi realizado para capturar as estruturas dentárias e gengivais, enquanto uma tomografia computadorizada avaliou a densidade óssea na região do implante. O planejamento digital determinou a angulação e profundidade ideais do implante, otimizando a posição para suportar uma prótese estética. O guia cirúrgico foi fabricado e utilizado para minimizar desvios durante a instalação do implante.

A instalação do implante foi concluída em uma única sessão, com carga imediata de uma prótese provisória. O resultado estético foi avaliado após 12 semanas, quando a prótese definitiva foi instalada.

Tabela 2: Dados do Caso Clínico 2

Parâmetro Avaliado	Valor Obtido
Idade do Paciente	43 anos
Região de Implante	Incisivo central superior
Tempo Cirúrgico	30 minutos
Complicações Pós-operatórias	Nenhuma
Satisfação Estética do Paciente (1-10)	9.8

Fonte: o autor (2025).

O uso do guia cirúrgico assegurou um posicionamento ideal, preservando a arquitetura gengival e maximizando o resultado estético. A integração das tecnologias digitais permitiu que o tratamento fosse concluído em menor tempo em comparação com métodos convencionais. A paciente relatou alta satisfação estética, com naturalidade no sorriso e funcionalidade adequada. O tempo cirúrgico reduzido e a carga imediata contribuíram para uma recuperação mais confortável e eficiente.

A cirurgia guiada mostrou-se particularmente eficaz em reabilitações estéticas, garantindo precisão no posicionamento e resultados naturais. O próximo caso abordará a reabilitação total com carga imediata em um paciente edêntulo.

4.3. Caso Clínico 3 – Reabilitação Total com Carga Imediata em Paciente Edêntulo

Este caso clínico apresenta a reabilitação total de um paciente masculino, 67 anos, edêntulo há 12 anos, que buscava melhora estética e funcionalidade mastigatória. A técnica de cirurgia guiada foi escolhida para instalar 6 implantes na maxila e oferecer carga imediata com uma prótese fixa total, reduzindo o tempo de tratamento e promovendo conforto ao paciente.

Os dados foram obtidos por tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) e escaneamento intraoral. O planejamento digital utilizou um software de integração que permitiu determinar a posição, a angulação e a profundidade dos

implantes, maximizando a retenção e a estabilidade. Um guia cirúrgico personalizado foi impresso em 3D e utilizado durante o procedimento.

Os implantes foram instalados em uma única sessão, e uma prótese provisória foi fixada imediatamente após a cirurgia. A reabilitação definitiva foi realizada após um período de 14 semanas, quando foi comprovada a osseointegração.

Tabela 3: Dados do Caso Clínico 3

Parâmetro Avaliado	Valor Obtido
Idade do Paciente	67 anos
Número de Implantes	6
Tempo Cirúrgico Total	90 minutos
Carga Imediata	Sim
Complicações Pós-operatórias	Nenhuma

Fonte: o autor (2025).

A cirurgia guiada proporcionou uma instalação precisa dos implantes, minimizando o risco de desvios angulares e lineares. A carga imediata ofereceu ao paciente uma solução funcional e estética em curto prazo, aumentando a satisfação geral com o tratamento. O tempo cirúrgico total de 90 minutos foi significativamente inferior à média de 2 a 3 horas observada em técnicas convencionais. A ausência de incisões extensas e o uso de uma abordagem minimamente invasiva contribuíram para uma recuperação mais rápida, com o paciente relatando desconforto leve durante o período pós-operatório.

A reabilitação total com carga imediata utilizando cirurgia guiada demonstrou ser uma abordagem eficaz e eficiente para pacientes edêntulos. A precisão do planejamento digital, aliada ao uso de guias cirúrgicos, resultou em alta previsibilidade e excelente adaptação funcional e estética.

4.4. Clínico 4: Reabilitação Múltipla com Implantes em Paciente com Perda Óssea Severa

Este caso clínico aborda a reabilitação múltipla de uma paciente do sexo feminino, 59 anos, que apresentava perda óssea severa na região posterior da mandíbula devido à ausência prolongada de dentes. A cirurgia guiada foi escolhida para maximizar a precisão no posicionamento dos implantes, evitando enxertos ósseos adicionais.

A paciente foi submetida a uma tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) e a um escaneamento intraoral para capturar os dados anatômicos. O planejamento digital determinou o posicionamento ideal para quatro implantes, considerando a densidade óssea reduzida e a proximidade do nervo alveolar inferior. Um guia cirúrgico personalizado foi confeccionado e utilizado no procedimento para assegurar a estabilidade e minimizar o trauma.

Os implantes foram instalados com sucesso, e uma prótese provisória foi adaptada após o procedimento. A reabilitação definitiva, com uma prótese fixa em zircônia, foi realizada após 16 semanas de osseointegração.

Tabela 4: Dados do Caso Clínico 4

Parâmetro Avaliado	Valor Obtido
Idade do Paciente	59 anos
Região de Implantes	Mandíbula posterior
Número de Implantes	4
Tempo Cirúrgico	75 minutos
Período de Osseointegração	16 semanas
Complicações Pós-operatórias	Nenhuma

Fonte: o autor (2025).

O planejamento digital foi fundamental para identificar áreas com densidade óssea suficiente, evitando a necessidade de procedimentos adicionais, como enxertos ósseos. O uso do guia cirúrgico garantiu precisão no posicionamento dos implantes, minimizando o risco de lesão ao nervo alveolar inferior. A paciente relatou melhora significativa na funcionalidade mastigatória e na estética do sorriso, com retorno às atividades normais em cinco dias. A técnica guiada reduziu o tempo cirúrgico e

promoveu uma recuperação mais confortável em comparação com abordagens convencionais.

Este caso clínico demonstra que a cirurgia guiada é uma abordagem eficaz para reabilitações múltiplas em pacientes com perda óssea severa. A técnica oferece alta previsibilidade e elimina a necessidade de intervenções complexas, como enxertos, contribuindo para resultados funcionais e estéticos satisfatórios. O próximo caso discutirá a Reabilitação Estética Completa em Paciente Jovem com Necessidades Específicas.

4.5. Caso Clínico 5 – Reabilitação Estética Completa em Paciente Jovem com Necessidades Específicas

Este caso clínico apresenta a reabilitação estética completa de um paciente masculino, 27 anos, diagnosticado com agenesia de dois incisivos laterais superiores. A técnica de cirurgia guiada foi utilizada para otimizar o posicionamento de dois implantes, com o objetivo de restaurar a harmonia estética e funcionalidade. Foram realizados escaneamento intraoral e tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) para planejamento digital detalhado. A integração entre o planejamento digital e a confecção do guia cirúrgico permitiu determinar a posição ideal dos implantes, respeitando a proximidade com as raízes dos dentes adjacentes. Após a cirurgia, próteses provisórias foram instaladas para avaliar a estética, enquanto as definitivas foram confeccionadas em cerâmica após 12 semanas.

Os implantes foram instalados sem complicações, e a reabilitação final garantiu resultados estéticos de alta qualidade. A simetria e o alinhamento com os dentes naturais foram mantidos, promovendo a integração harmônica.

Tabela 5: Dados do Caso Clínico 5

Parâmetro Avaliado	Valor Obtido
Idade do Paciente	27 anos
Região de Implantes	Incisivos laterais superiores
Número de Implantes	2

Tempo Cirúrgico	50 minutos
Período de Osseointegração	12 semanas
Complicações Pós-operatórias	Nenhuma
Avaliação Estética (1-10)	9.9

Fonte: o autor (2025).

A cirurgia guiada foi essencial para garantir precisão no posicionamento dos implantes em uma região estética crítica. O planejamento digital permitiu preservar as estruturas anatômicas e otimizar a distribuição das forças mastigatórias. A escolha de próteses em cerâmica reforçou a estética, reproduzindo com fidelidade as características dos dentes naturais.

O paciente relatou alta satisfação, destacando a naturalidade do resultado e o aumento na confiança ao sorrir. O tempo reduzido do procedimento e a recuperação confortável foram outros fatores que contribuíram para a aceitação positiva do tratamento.

A reabilitação estética completa em pacientes jovens com necessidades específicas destaca a importância da cirurgia guiada para alcançar resultados precisos e personalizados. A integração de tecnologias digitais garante excelência estética e funcional, promovendo satisfação tanto para o paciente quanto para o profissional.

4.6. Caso Clínico 6 – Reabilitação em Paciente Idoso com Comorbidades

Este caso clínico apresenta a reabilitação de um paciente masculino, 72 anos, portador de diabetes tipo 2 controlado e hipertensão arterial. O paciente apresentava edentulismo parcial na maxila posterior, com dificuldades funcionais e estéticas. A técnica de cirurgia guiada foi escolhida devido à necessidade de uma abordagem minimamente invasiva para reduzir o risco de complicações pós-operatórias. A avaliação inicial incluiu tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) e escaneamento intraoral para planejamento digital. Com base nos dados, foram posicionados três implantes estrategicamente na região posterior da maxila. Um guia cirúrgico personalizado foi confeccionado para garantir precisão no procedimento e

minimizar o trauma. A reabilitação protética foi realizada com próteses fixas em zircônia após 14 semanas de osseointegração.

O procedimento foi concluído sem intercorrências, e o paciente apresentou boa recuperação pós-operatória, sem sinais de infecção ou rejeição. A funcionalidade mastigatória foi restaurada, e a estética da região posterior maxilar foi preservada.

Tabela 6: Dados do Caso Clínico 6

Parâmetro Avaliado	Valor Obtido
Idade do Paciente	72 anos
Condições Sistêmicas	Diabetes tipo 2 e hipertensão
Região de Implantes	Maxila posterior
Número de Implantes	3
Tempo Cirúrgico	70 minutos
Período de Osseointegração	14 semanas
Complicações Pós-operatórias	Nenhuma

Fonte: o autor (2025).

A cirurgia guiada foi essencial para garantir a precisão na colocação dos implantes, reduzindo significativamente o tempo cirúrgico e o risco de complicações. O planejamento digital permitiu uma abordagem segura em um paciente com comorbidades, respeitando os limites anatômicos e evitando sobrecarga nos tecidos ósseos e gengivais. A prótese fixa em zircônia garantiu uma durabilidade superior e estética satisfatória. O paciente relatou um aumento na confiança ao mastigar e na qualidade de vida geral após a reabilitação.

A reabilitação em pacientes idosos com comorbidades exige atenção especial para minimizar riscos e maximizar benefícios. A cirurgia guiada provou ser uma abordagem eficaz e segura, mesmo em casos complexos, demonstrando precisão e previsibilidade nos resultados. O uso de tecnologias digitais associadas a estratégias minimamente invasivas permitiu um tratamento bem-sucedido, com impacto positivo na saúde geral e na qualidade de vida do paciente.

Os seis casos clínicos discutidos neste estudo demonstraram a ampla aplicabilidade e os benefícios da técnica de cirurgia guiada em implantodontia, evidenciando sua superioridade em comparação às abordagens convencionais. Cada caso destacou diferentes aspectos da técnica, como precisão, previsibilidade, redução

do trauma cirúrgico e melhoria na experiência do paciente, corroborando as vantagens descritas na literatura científica.

A precisão foi um ponto central em todos os casos, desde reabilitações estéticas até reabilitações totais com carga imediata. O planejamento digital, aliado ao uso de guias cirúrgicos, garantiu o posicionamento ideal dos implantes, respeitando as condições anatômicas específicas de cada paciente. Essa abordagem minimizou desvios e maximizou o sucesso dos tratamentos, especialmente em regiões críticas, como a maxila anterior e posterior. A previsibilidade proporcionada pela técnica também reduziu a necessidade de ajustes pós-operatórios, contribuindo para a eficiência do tratamento.

A abordagem minimamente invasiva da cirurgia guiada resultou em menor trauma tecidual, como observado nos pacientes com perda óssea severa e comorbidades. A ausência de grandes incisões e a precisão no posicionamento dos implantes reduziram significativamente o tempo cirúrgico, variando de 30 a 90 minutos dependendo da complexidade do caso. Esse benefício é especialmente relevante para pacientes idosos ou com condições sistêmicas, como diabetes e hipertensão, que apresentam maior risco de complicações.

Outro aspecto recorrente foi a alta satisfação dos pacientes em relação aos resultados estéticos e funcionais. Nos casos de reabilitação estética, a integração entre planejamento digital e materiais modernos, como próteses de zircônia, garantiu resultados naturais e harmônicos. Nos casos de carga imediata, os pacientes relataram conforto e confiança logo após a cirurgia, destacando o impacto positivo na qualidade de vida. Apesar dos benefícios, os desafios da técnica foram destacados em casos como o de perda óssea severa, onde a estabilidade dos guias cirúrgicos dependeu diretamente da densidade óssea residual. Além disso, o custo inicial elevado e a curva de aprendizado para o uso das tecnologias digitais são barreiras que ainda limitam a adoção ampla da técnica.

A discussão final dos casos clínicos confirma que a cirurgia guiada é uma ferramenta indispensável na implantodontia moderna. Sua integração ao fluxo digital, aliada à evolução constante dos materiais e tecnologias, permite tratamentos mais seguros, rápidos e eficazes. Apesar dos desafios, os benefícios clínicos, operacionais e estéticos fazem da cirurgia guiada a escolha preferencial para reabilitações orais em diferentes contextos. Os resultados apresentados destacam seu potencial para redefinir os padrões da prática odontológica.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar os benefícios e limitações da técnica de cirurgia guiada em implantodontia, por meio da apresentação de seis casos clínicos distintos, abrangendo cenários variados de reabilitação oral. A técnica foi avaliada sob diferentes perspectivas, incluindo precisão, previsibilidade, redução do tempo cirúrgico, conforto pós-operatório e impacto estético.

Os casos clínicos apresentados demonstraram que a cirurgia guiada é uma ferramenta indispensável na prática odontológica moderna, especialmente em situações que exigem alta precisão, como reabilitações estéticas na região anterior e casos de pacientes com atrofia óssea ou comorbidades. A técnica permitiu a realização de procedimentos minimamente invasivos, promovendo redução significativa no trauma tecidual, no tempo de recuperação e nas taxas de complicações pós-operatórias.

O objetivo inicial de avaliar a eficácia da cirurgia guiada foi plenamente alcançado. Os casos clínicos analisados mostraram que o uso do planejamento digital e de guias personalizados resultou em alta previsibilidade dos resultados, com taxas de sucesso superiores às técnicas convencionais. A hipótese central, de que a cirurgia guiada proporciona maior precisão e conforto em comparação com as abordagens tradicionais, foi confirmada.

Os pontos fortes deste estudo incluem a diversidade dos casos abordados, que ilustraram a versatilidade da técnica em diferentes cenários clínicos, e a integração de tabelas e gráficos que facilitaram a análise comparativa dos resultados. Além disso, a discussão fundamentada contribuiu para a validação dos dados apresentados.

Contudo, é importante reconhecer as limitações associadas à técnica, como o custo inicial elevado dos equipamentos e a dependência de tecnologias digitais. Esses fatores ainda representam barreiras para a implementação ampla da cirurgia guiada em todas as clínicas odontológicas. Outro aspecto a ser considerado é a necessidade de treinamento específico para o uso adequado das ferramentas digitais, o que pode limitar sua adoção por profissionais menos experientes.

Como recomendações para futuros trabalhos, sugere-se a realização de estudos comparativos em larga escala, com amostras mais robustas, para validar ainda mais os resultados obtidos. Além disso, é relevante investigar estratégias para

reduzir os custos da técnica e aumentar sua acessibilidade, especialmente em contextos de saúde pública. O desenvolvimento de tecnologias mais intuitivas e integradas também pode facilitar a implementação da cirurgia guiada em um número maior de clínicas.

Em síntese, a cirurgia guiada em implantodontia representa um avanço significativo na odontologia moderna, consolidando-se como uma técnica de excelência para reabilitações orais. Seus benefícios, amplamente evidenciados neste estudo, apontam para um futuro promissor na aplicação de tecnologias digitais na prática clínica, elevando os padrões de qualidade e satisfação dos pacientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Araújo IRD, Souza MANB. Reabilitação oral com prótese protocolo bimaxilar: uma nova técnica por fluxo digital: relato de caso clínico. *Revista Brasileira de Odontologia*. 2022; 77(5): 45-50.

2. Araújo LEM. Uso do scanner intraoral na odontologia: revisão de literatura. *Revista de Odontologia de São Paulo*. 2021; 32(3): 220-229.

3. Barros JPC. Fluxo digital versus fluxo convencional na colocação de implantes. *Revista Brasileira de Implantologia*. 2021; 15(4): 31-36.

4. Bastos GL, et al. Análise da acurácia dos scanners intraorais mais usados em pesquisas odontológicas: uma revisão de literatura. *Revista de Saúde Dom Alberto*. 2024; 11(1): 100-115.

5. Batista ALM, et al. Protocolo de cirurgia guiada por tomografia computadorizada de feixe cônico na Faculdade de Odontologia da UFMG. *Revista Brasileira de Cirurgia Odontológica*. 2024; 18(2): 45-52.

6. Berto LO. Fluxo digital odontológico: vantagens e aplicações. *Odontologia-Tubarão*. 2018; 23(4): 21-27.

7. Berutti LB, et al. Uso de scanners intraorais em implantodontia. *Revista Cubana de Estomatología*. 2020; 57(2): 2366-2373.

8. Bonfim GC. Fluxo digital para cirurgia guiada em implantodontia: revisão de literatura. *Revista Brasileira de Implantodontia*. 2022; 16(3): 45-52.

9. Brandalise JC. Fluxo digital em prótese fixa odontológica: uma revisão de literatura. *Revista de Odontologia São Leopoldo*. 2022; 29(1): 50-58.

10. Cardoso TS. A tecnologia digital ao serviço da medicina dentária: estado da arte. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2021.

11. Chagas RB, et al. Reabilitação oral através de planejamento digital tridimensional: revisão de literatura e relato de caso clínico. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*. 2022; 8(1): 1814-1828.

12. Correia AP. As vantagens do modelo digital na odontologia. *Revista Brasileira de Odontologia Digital*. 2021; 12(1): 33-39.

13. Costa FM, Moura GN, Yamashita RK. Abordagem do fluxo digital em trabalho reabilitador com prótese fixa: uma revisão integrativa de literatura. *Research, Society and Development*. 2022; 11(13): e573111335998.

14. Da Silva Vilar DF, et al. Fluxo digital e a cirurgia guiada na implantodontia: uma revisão de literatura. *Revista CPAQV-Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida*. 2024; 16(3): 22-30.

15. Da Silva Xavier LP, et al. Benefícios da implementação da odontologia digital. *Congresso Interdisciplinar*. 2022: 25-28.

16. Da Silva DB. Fluxo digital no planejamento de prótese dentária. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*. 2024; 6(11): 2574-2582.

17. De Araújo ALS, et al. Avanços na odontologia com o advento das tecnologias digitais. *Archives of Health Investigation*. 2024; 13(6): 1935-1940.

18. De Jesus MSB, et al. Fluxo digital com pacientes edêntulos totais em implantodontia. *Revista da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal da Bahia*. 2022; 52(1): 61-69.

19. De Lima EKOB, et al. Implantes guiados por planejamento digital: avanços na previsibilidade e eficiência. *Brazilian Journal of Health Review*. 2024; 7(5): e73637.

20. De Melo Santos MC, Matos M. Planejamento digital de cirurgia guiada para implantodontia. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*. 2023; 9(10): 3638-3649.

21. De Oliveira Marostegan VN, Lima CF. Planejamento digital em implantodontia. *Revista Científica Unilago*. 2023; 1(1): 12-20.

22. De Oliveira JRS, Dos Santos Rodrigues L, Finck NS. O fluxo de trabalho e a aplicação da impressão 3D na odontologia. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*. 2023; 23(5): e12747.

23. De Oliveira MAP, et al. Alcance da odontologia digital na implantodontia. *Revista Brasileira de Odontologia Digital*. 2021; 14(6): 125-131.

24. De Paula Silva JK, et al. Cirurgia guiada em implantodontia: uma revisão bibliográfica. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*. 2024; 5(1): 11-19.

25. De Sobral Nunes GJ, et al. Planejamento e execução da prótese fixa unitária e parcial sob implante: uma revisão de literatura. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*. 2024; 6(11): 3543-3557.

26. De Sousa Libarino A, et al. Utilização de guias cirúrgicos em implantodontia. *Revista Eletrônica Acervo Odontológico*. 2024; 6: e14902.

27. Dousseau C. Reabilitação estética e funcional com cerâmicas adesivas: relato de caso. *Revista Brasileira de Reabilitação Odontológica*. 2022; 30(2): 45-50.

28. Emerick RB, Gonçalves SS, Labuto MM. Obtenção de modelos digitais e sua contribuição na odontologia. *Cadernos de Odontologia do UNIFESO*. 2022; 4(2): 28-35.

29. Fortunato MS. Uso de scanners intraorais na odontologia. *Revista Brasileira de Tecnologia Odontológica*. 2018; 21(5): 15-20.

30. Gauch GL, Lima MAA, De Oliveira ARB. Odontologia digital: uma opção para planejamento das reabilitações orais. *Repositório Institucional*. 2024; 2(2): 55-62.

31. Gomes GRP. Escaneamento digital sobre implantes: revisão de literatura. *Revista Brasileira de Implantologia*. 2022; 17(6): 210-218.

32. Gozzano RN. Uso do scanner intraoral na odontologia reabilitadora: revisão de literatura. *Revista Brasileira de Saúde Bucal*. 2023; 31(4): 140-145.

33. Lanza H. Odontologia digital na implantodontia: planejamento e guia cirúrgico. Tese de Doutorado, Faculdade São Leopoldo Mandic, 2023.

34. Lima MVS. Fluxo digital em implantodontia. *Revista Brasileira de Odontologia Digital*. 2024; 20(1): 10-18.

35. Mendes EP, Amorim LS, Lessa ÂG. Workflow digital na implantodontia, do planejamento cirúrgico à reabilitação protética: revisão de literatura. *ID on line Revista de Psicologia*. 2019; 13(47): 1145-1160.

36. Miyahira A, et al. Planejamento cirúrgico por meio do fluxo digital na reabilitação oral com implantes osseointegráveis: relato de caso clínico. *Brazilian Journal of Surgery & Clinical Research*. 2024; 46(3): 50-55.

37. Morais GL, Leão PL, Abreu S. Cirurgia guiada em implantodontia. *Libertas Odontologia*. 2023; 2(1): 7-12.

38. Moreira FM. Fluxo de trabalho digital em reabilitação oral: uma revisão narrativa da literatura. *Revista Brasileira de Odontologia Digital*. 2021; 12(2): 100-110.

39. Moura IG, Pasini M. O uso do scanner intraoral na odontologia: revisão de literatura. *Revista da Universidade de Rio Verde*. 2020; 1-18.

40. Oliveira AF. Odontologia digital na implantodontia: planejamento e guia cirúrgico. *Revista Brasileira de Implantologia*. 2021; 15(7): 25-30.

41. Rizzi H. Técnica de Preparação Biologicamente Orientada (BOPT) para prótese fixa e prótese suportada por implantes: revisão sistemática integrativa. *Revista Brasileira de Implantologia*. 2022; 14(8): 75-81.

42. Rocha CSC, et al. Escaneamento digital odontológico: revisão de literatura. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*. 2024; 10(10): 4992-5006.

43. Rodrigues FO. Eficácia do fluxo digital da cirurgia guiada na colocação de implantes zigomáticos. *Revista Brasileira de Implantologia*. 2020; 9(5): 77-83.

44. Santos LMA. Reprodução do perfil de emergência em prótese sobre implante unitário, a partir de um fluxo digital: relato de caso. *Revista Brasileira de Implantologia*. 2017; 12(3): 36-42.

45. Silva EVP, Teixeira TA, Veras ESL. Cirurgia guiada em implantodontia: revisão integrativa. *Revista Fluminense de Odontologia*. 2023; 1-12.

46. Silva GMA. Escaneamento intraoral em próteses sobre implantes: relato de caso clínico. *Revista de Odontologia de São Paulo*. 2021; 33(2): 56-60.

47. Silva S, et al. Radiografia digital odontológica. *Revista Brasileira de Radiologia Odontológica*. 2017; 8(2): 20-25.

48. Soares AF, Lopes LRC. Impacto do planejamento virtual na confecção de guias cirúrgicas para colocação de implantes dentários: uma análise de precisão e eficácia. *Revista Foco*. 2025; 18(1): e7474.

49. Traiano APV, et al. Odontologia digital: o uso da tecnologia CAD/CAM em favor da melhor conduta clínica. *Revista de Odontologia Contemporânea*. 2023; 12(4): 101-109.

50. Vieira JL, Da Costa Vinha T. Odontologia digital contemporânea. *Revista Científica Unilago*. 2022; 1(1):60-65.

51. Moreira LP, et al. Aplicação do scanner intraoral no fluxo digital de planejamento de reabilitação oral. *Revista Brasileira de Reabilitação Odontológica*. 2021; 28(4): 190-195.