JNT FACIT BUSINESS AND TECHNOLOGY JOURNAL
ISSN: 2526-4281 - ANO 2026 - MÊS DE OUTUBRO
Ed. 78. Vol. 1 - Págs. 329-354
DOI: 10.5281/zenodo.23349727



CAPES

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

QUALIS A2



PLANEJAMENTO VIRTUAL E CIRURGIA GUIADA NAS REABILITAÇÕES COM IMPLANTES DENTÁRIOS: UMA REVISÃO DE LITERATURA INTEGRATIVA[1]

VIRTUAL PLANNING AND GUIDED SURGERY IN DENTAL IMPLANT REHABILITATIONS: AN INTEGRATIVE LITERATURE REVIEW

José Carlos SILVA JÚNIOR
Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade Federal do Ceará (UFC)
E-mail: dr.jcarlosjr@gmail.com
ORCID: http://orcid.org/0009-0004-5999-9821

Maria Eduarda Alves VIDAL
Centro Universitário INTA (UNINTA) – Campus Sobral
E-mail: mariaeduardaa353@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-4884-6862

Igor Iuco CASTRO-SILVA
Programa de Pós-graduação em Odontologia e Biotecnologia da Universidade Federal do Ceará (UFC)
E-mail: igor.iuco@sobral.ufc.br
ORCID: http://orcid.org/0000-0003-4815-6357

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo geral realizar uma revisão integrativa de literatura sobre o uso de softwares de planejamento, prototipagem 3D e técnicas cirúrgicas guiadas no aprimoramento, precisão, previsibilidade e eficiência nos tratamentos reabilitadores totais com implantes dentários. Trata-se de uma pesquisa integrativa que contém artigos publicados entre 2020 e 2026, identificados nas bases PubMed e BVS, seguindo critérios de inclusão e exclusão para garantir a relevância dos dados analisados. A investigação destaca que a introdução do planejamento digital, por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico, scanners intraorais e softwares tridimensionais, possibilita diagnósticos mais detalhados e seguros. A fabricação de guias cirúrgicos personalizados por impressão 3D foi responsável por aumentar a precisão na execução clínica e pela transferência de campo do planejamento virtual para o campo operatório, reduzindo erros e promovendo melhores resultados protéticos e cirúrgicos. Além disso, observou-se maior

[1] COMO CITAR: (ABNT): SILVA JÚNIOR, J. C.; VIDAL, M. E. A.; CASTRO-SILVA, I. I. Planejamento Virtual e Cirurgia Guiada nas Reabilitações com Implantes Dentários: Uma Revisão de Literatura Integrativa. **JNT Facit Business and Technology Journal.** Qualis A2. ISSN: 2526-4281, Mês de Outubro de 2026 - Ed. 78. VOL. 01. Págs. 329-354. Disponível: http://revistas.faculdadefacit.edu.br. Acesso em: ___/___/___.

previsibilidade estética, funcional e redução da morbidade associada, com benefícios confirmados por estudos clínicos e relatos de casos. Os protocolos digitais completos possibilitam diminuir o tempo cirúrgico, aumentar as taxas de sucesso e a confiabilidade mesmo em arcos totais edêntulos e situações complexas. Entretanto, foram identificados desafios que limitam a adoção global dessas tecnologias, como o elevado custo de implementação, a necessidade de treinamento profissional contínuo, a adequação da infraestrutura e a padronização dos protocolos de uso. Conclui-se que a integração plena entre imaginação digital, softwares de planejamento e prototipagem 3D elevou significativamente o padrão da implantodontia reabilitadora, favorecendo tratamentos mais seguros, rápidos, individualizados e eficazes, impactando positivamente a qualidade de vida dos pacientes.

Palavras-chave: Planejamento digital. Prototipagem 3D. Cirurgia guiada. Implantodontia. Reabilitação oral.

ABSTRACT

This integrative literature review aimed to analyze the use of digital planning software, 3D prototyping, and guided surgical techniques in enhancing precision, predictability, and efficiency in full-mouth implant rehabilitation treatments. The research included studies published between 2020 and 2025, retrieved from PubMed and BVS databases, following strict inclusion and exclusion criteria to ensure data relevance. The findings highlight that the incorporation of digital planning through cone-beam computed tomography, intraoral scanners, and three-dimensional software enables more accurate and safer diagnoses. The production of customized surgical guides via 3D printing significantly improved clinical precision, allowing an effective transfer from virtual planning to the operative field, minimizing errors and optimizing prosthetic and surgical outcomes. Moreover, increased esthetic and functional predictability and reduced morbidity were consistently reported across clinical studies and case reports. Complete digital workflows have been shown to shorten surgical time, improve success rates, and ensure reliability even in complex edentulous arches. Nonetheless, barriers such as high implementation costs, continuous professional training, infrastructure requirements, and protocol standardization remain challenges for broader adoption. In conclusion, the integration of digital imaging, planning software, and 3D prototyping has significantly

elevated the standards of rehabilitative implant dentistry, fostering safer, faster, and more individualized treatments that positively impact patients' quality of life.
Keywords: Digital planning. 3D prototyping. Guided surgery. Implant dentistry. Oral rehabilitation.

INTRODUÇÃO

A implantodontia tem experimentado avanços significativos nas últimas décadas, impulsionados principalmente pela integração de tecnologias digitais ao planejamento e à execução dos procedimentos clínicos. Tradicionalmente, a instalação de implantes dentários é realizada por meio de técnicas convencionais, guiadas pela experiência do cirurgião, pelo uso de modelos diagnósticos, guias de acrílico e tomografias computadorizadas. Entretanto, esse método apresenta limitações importantes, como a possibilidade de desvios no posicionamento final dos implantes, dificultando a previsibilidade dos resultados protéticos (Pereira *et al*., 2024).

Com a introdução da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e o desenvolvimento de softwares de planejamento tridimensional, tornou-se possível adotar uma abordagem proteticamente guiada, na qual a posição do implante é definida com base no planejamento da futura reabilitação. Esse fluxo digital viabiliza maior previsibilidade, segurança e redução de riscos intraoperatórios, como relatam Jorba-García *et al*. (2023). A integração entre imagens digitais e softwares avançados tem, portanto, transformado o processo de diagnóstico e planejamento na implantodontia, permitindo uma visão mais detalhada das estruturas anatômicas e das necessidades protéticas Jorba-García *et al*. (2023).

De acordo com Morón-Conejo *et al*. (2024) a aplicação da prototipagem foi um marco de evolução tecnológica. A prototipagem por meio da impressão 3D possibilita a confecção de guias cirúrgicos personalizados, estes guias produzidos por manufatura aditiva apresentam elevada precisão dimensional, tornando possível transferir fielmente o planejamento virtual para o campo cirúrgico. Associada a esses avanços, a utilização de técnicas cirúrgicas guiadas, tanto estáticas quanto dinâmicas, contribui para reduzir o tempo operatório, minimizar a morbidade e oferecer maior conforto ao paciente, conforme demonstrado por Younis *et al.* (2024).

A justificativa para a realização deste estudo fundamenta-se na necessidade de aprofundar a compreensão acerca do impacto das tecnologias digitais na prática da implantodontia. Apesar da literatura científica consolidar evidências sobre os benefícios da cirurgia guiada e da impressão 3D, persistem desafios relacionados à

padronização dos protocolos, à variabilidade dos resultados e aos custos de implementação dessas tecnologias na rotina clínica. Fatores como o tipo de guia utilizado, a estabilidade do suporte e a curva de aprendizado do profissional influenciam diretamente na precisão dos implantes (Shi *et al.,*2023).

A relevância desta pesquisa consiste na oferta de uma análise atualizada dos principais recursos que sustentam a implantodontia digital, incluindo imaginologia, softwares de planejamento, prototipagem 3D e técnicas cirúrgicas guiadas. Esses elementos constituem a base da prática contemporânea, promovendo diagnósticos mais precisos e resultados clínicos mais previsíveis. Além disso, ao explorar estudos recentes, como o de Younis *et al.* (2024) torna-se possível identificar tanto os ganhos em termos de precisão e segurança quanto às limitações inerentes a cada técnica, proporcionando uma avaliação crítica fundamentada sobre sua aplicação clínica.

Diante desse contexto, formula-se a seguinte questão norteadora: "De que modo a cirurgia guiada influencia na precisão, previsibilidade e eficiência nas reabilitações com implantes dentários"?

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Realizar uma revisão integrativa de literatura sobre o uso de softwares de planejamento, prototipagem 3D e técnicas cirúrgicas guiadas no aprimoramento, precisão, previsibilidade e eficiência nos tratamentos reabilitadores com implantes dentários.

Objetivos Específicos

a) Relatar o fluxo digital de planejamento 3D e técnica cirúrgica guiada;
b) Identificar os benefícios e limitações das cirurgias guiadas em relação às técnicas convencionais de instalação de implantes dentários;
c) Analisar o impacto das tecnologias digitais na acurácia, previsibilidade e otimização dos resultados clínicos em reabilitações orais com implantes.

REFERENCIAL TEÓRICO

Imaginologia

O avanço da tecnologia de imagem para além das abordagens bidimensionais tradicionais é um fator transformador. A capacidade de transpor a anatomia do paciente para um ambiente virtual, utilizando softwares específicos, otimiza a

qualidade do diagnóstico e a tomada de decisão. Essa migração para o domínio digital permite a visualização detalhada de todas as estruturas e o planejamento preciso da colocação do implante, estabelecendo a base para intervenções previsíveis e seguras. (Saini *et al.,* 2024).

A introdução da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) revolucionou a prática clínica ao proporcionar visualização tridimensional da anatomia do paciente com alta resolução e baixa exposição à radiação. Tal tecnologia é considerada essencial para o planejamento virtual de implantes, permitindo a análise da espessura óssea, estruturas anatômicas adjacentes e densidade óssea local, contribuindo para decisões clínicas mais assertivas (Neves *et al.,* 2016).

Conforme Barros *et al.* (2015), a combinação da TCFC com softwares de planejamento implantodôntico, como o SimPlant, possibilita a geração de modelos digitais em formato STL a partir de dados DICOM. Essa integração favorece o planejamento reverso, no qual a posição do implante é definida com base na posição ideal da prótese, otimizando aspectos estéticos, funcionais e na distribuição das cargas mastigatórias.

Com isso, a imagiologia contribui diretamente para a fabricação de guias cirúrgicos estereolitográficos, que possibilitam procedimentos sem retalho gengival (flapless), reduzindo tempo cirúrgico, morbidade e desconforto do paciente. Tal protocolo também favorece a instalação imediata de próteses, promovendo maior eficiência no processo de reabilitação (Romandini *et al.,* 2024).

De acordo com Neves et al., (2016), em seu livro Fundamentos da Prótese Sobre Implantes, o uso de imagens digitais no diagnóstico e planejamento permite controle mais rigoroso sobre profundidade, inclinação e posição tridimensional dos implantes, minimizando riscos de insucesso e elevando as taxas de sucesso em tratamentos implantodônticos.

Nos últimos anos, estudos demonstram elevada precisão nas cirurgias guiadas fundamentadas em imagiologia digital. Um exemplo desse fato é o estudo de meta-análise realizado por Younis *et al.,* (2024) que indicou uma taxa de sobrevivência de implantes de 97,3%, utilizando protocolos guiados por imagem, com desvio médio na entrada do implante de 1,12 mm e no ápice de 1,39 mm em relação ao planejamento virtual.

A evolução tecnológica da imaginologia odontológica nos últimos anos tem promovido significativos avanços na precisão e previsibilidade de tratamentos com implantes dentários. A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) continua sendo a base principal para planejamento virtual, e estudos recentes confirmam que,

mesmo com os avanços dos softwares e guias cirúrgicos, a qualidade da imagem obtida na fase inicial é determinante para o sucesso da cirurgia guiada. Segundo Barros *et al.* (2015), a acurácia da cirurgia sem retalho, baseada em imagens de TCFC integradas a arquivos STL, permite a instalação precisa de implantes e próteses em um único dia, com elevado grau de previsibilidade e excelente resultado estético, especialmente em áreas anteriores da maxila.

Atenta-se, com o objetivo de reduzir a exposição à radiação, pesquisas mais atuais vêm explorando a viabilidade de protocolos de baixa dose de TCFC. Um estudo recente demonstrou que imagens obtidas com esse tipo de protocolo mantêm qualidade suficiente para todas as etapas do tratamento com implantes, inclusive para cirurgias guiadas (Kaaber *et al.,* 2024). Esses achados mostram que o avanço em qualidade de sensores e algoritmos de reconstrução está tornando os exames mais seguros e acessíveis, sem comprometer os resultados clínicos.

Complementa-se que outro avanço significativo é a integração da inteligência artificial no processamento das imagens odontológicas. Essa tecnologia está sendo utilizada para segmentar estruturas anatômicas de forma automática, reduzindo o tempo de planejamento e aumentando a repetibilidade dos resultados. Segundo Elgarba *et al.* (2024), a IA aplicada ao planejamento cirúrgico guiado em implantodontia aumenta a precisão da posição final do implante, especialmente quando utilizada em conjunto com guias estereolitográficos. Essa automação proporciona benefícios tanto para profissionais experientes quanto para iniciantes, além de minimizar falhas humanas.

Além disso, a pesquisa de Shi *et al.* (2023) comparou diferentes tipos de suporte para guias cirúrgicos, dentário, mucoso e ósseo, e concluiu que os guias apoiados em dentes apresentam os menores desvios angulares e lineares.

Também é válido destacar o surgimento de alternativas livres de radiação, como o uso experimental da ultrassonografia para cirurgias guiadas. Segundo Qiu e*t al.* (2024), o método mostrou-se eficaz na orientação da posição do implante com auxílio de sistemas de navegação por imagem ao vivo, e poderá futuramente ser combinado com impressoras 3D para a confecção de guias baseadas em ultrassonografia, ampliando o leque de opções para casos específicos.

Os scanners intraorais têm desempenhado um papel fundamental no aprimoramento do planejamento digital em implantodontia. Esses dispositivos permitem a obtenção de imagens tridimensionais da arcada dentária do paciente com alta resolução e conforto, eliminando a necessidade de moldagens convencionais. A captura digital facilita a integração com softwares de planejamento, garantindo maior

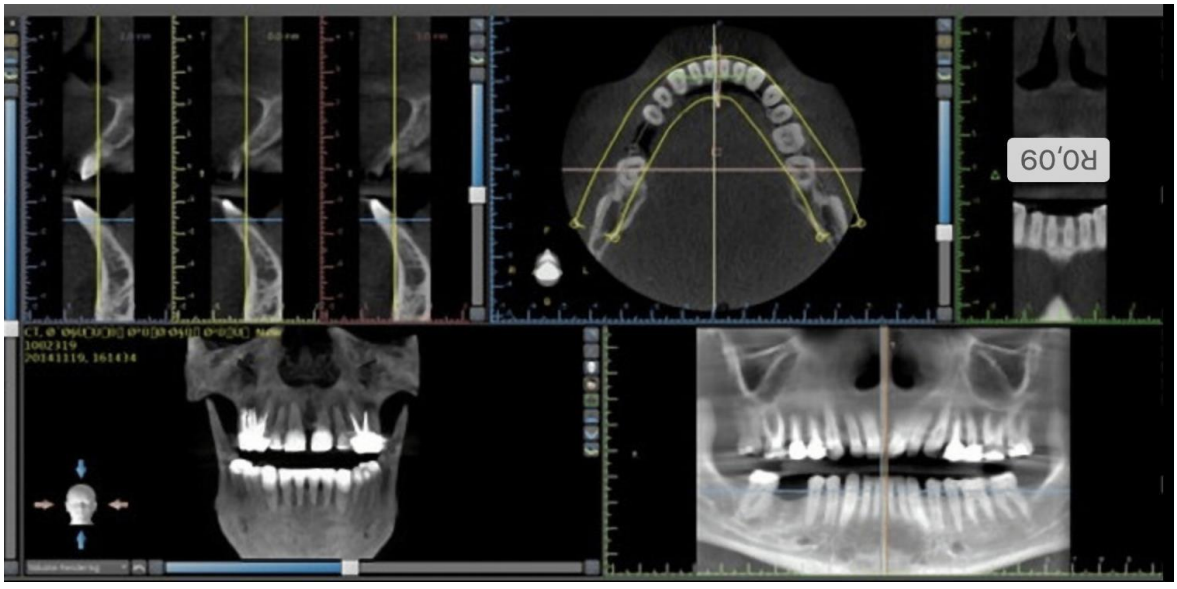
precisão na sobreposição de imagens com tomografias (DICOM) para definição do posicionamento dos implantes. Segundo Elgarba *et al.* (2024), a combinação entre scanners intraorais e tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) forma a base do fluxo digital em cirurgias guiadas, proporcionando maior acurácia nas reabilitações totais. Além disso, essa tecnologia reduz etapas laboratoriais e aumenta a eficiência no preparo dos guias cirúrgicos e das próteses.

Softwares

O uso de softwares digitais tornou-se indispensável no planejamento e execução das reabilitações com implantes dentários, especialmente em protocolos guiados. A integração entre imagens tridimensionais obtidas por tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e modelos digitais intraorais tem permitido uma previsibilidade cirúrgica sem precedentes. Segundo Neves *et al.* (2016), a utilização de softwares de planejamento virtual favorece a definição da posição ideal do implante a partir de critérios protéticos, considerando tanto aspectos anatômicos quanto funcionais.

Nos últimos anos, a evolução das plataformas digitais proporcionou maior usabilidade, acurácia e integração com sistemas de CAD/CAM. Programas como Blue Sky Plan, têm sido utilizados na odontologia contemporânea. Essas ferramentas permitem desde a análise de volume ósseo até a confecção de guias cirúrgicos estereolitográficos com alta precisão (Morón-Conejo *et al.*. 2024).

Figura 1: Reconstrução de imagens axiais, sagitais, transversais e panorâmicas no programa de software Blue Sky.



Fonte: Borzangy et al. (2021).

Além disso, a figura 1 mostra a interface do software Blue Sky Plan utilizada no planejamento de implantes dentários a partir de exames de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). Nela é possível visualizar os cortes axiais, sagitais e coronais do volume, com a sobreposição do implante virtual, permitindo avaliar a posição tridimensional do implante em relação às estruturas anatômicas adjacentes e facilitando um planejamento cirúrgico mais preciso e seguro (Borzangy *et al.*, 2021).

Outro aspecto relevante é a integração dos softwares de planejamento com impressoras 3D, que possibilitam a confecção de guias cirúrgicos personalizados. Conforme estudo recente de Shi *et al*. (2023), a combinação entre software e manufatura aditiva garante maior precisão na transferência do planejamento virtual para o ambiente clínico, diminuindo falhas humanas durante a cirurgia. Essa integração também reduz custos laboratoriais e tempo de tratamento, otimizando o fluxo de trabalho digital.

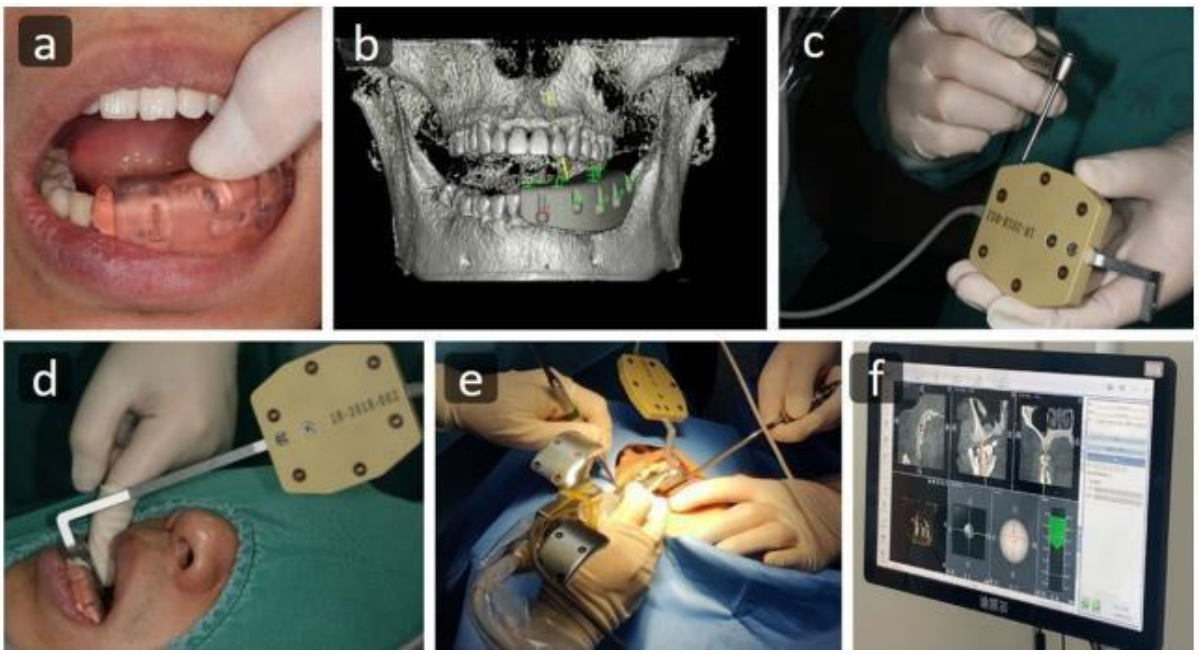
Entretanto, apesar das vantagens, ainda existem desafios associados ao uso de softwares. A necessidade de treinamento adequado dos profissionais, custos elevados de licenciamento e a dependência de equipamentos de alta performance podem limitar a adoção em larga escala. Mesmo assim, a tendência global é de crescente digitalização dos protocolos em implantodontia, com o desenvolvimento de plataformas mais acessíveis e integradas a dispositivos móveis (Kafedzhieva *et al.,* 2025).

Recentemente, diversos estudos têm comparado diferentes sistemas de planejamento de implantes e guias cirúrgicos para identificar quais ferramentas oferecem melhor precisão, usabilidade e segurança clínica. Por exemplo, Marquez Bautista *et al.* (2024) avaliou dados de mais de 20 estudos e encontrou que, para guias do tipo suportado por mucosa, os desvios coronal ficaram entre 0,87 mm a 2,05 mm, e desvios angulares entre 2,7° a 5,14°, enquanto para guias apoiados em dentes os desvios coronal foram menores (0,39 mm a 1,63 mm) embora os máximos apicais pudessem atingir ~1,84 mm.

Somado a isso, outro estudo relevante é de Younis *et al.* (2024), que comparou três técnicas clínicas: navegação dinâmica, guias cirúrgicos estáticos, e cirurgia livre à mão (freehand). Os resultados mostraram que tanto a navegação dinâmica quanto os guias estáticos tiveram desempenho superior ao freehand para plataformas, ápice e desvios angulares. Por exemplo, no grupo de guia estático os desvios angulares foram em média 2,52° (±1,18°), enquanto no freehand foram ~5,82° (±2,79°). Isto indica que os softwares de planejamento usados para guias estáticos associados ao

uso de imagens pré-operatórias (TCFC) oferecem ganho significativo de precisão clínica.

Figura 2: Etapas da cirurgia guiada por software de navegação dinâmica.



Legenda: (a) posicionamento do guia, (b) planejamento virtual com TCFC, (c–d) calibração do sistema de navegação, (e) procedimento cirúrgico em andamento e (f) monitoramento da posição do implante em tempo real. **Fonte:** Younis, H. et al. (2024)

Há também estudos voltados a educação e usabilidade, como o de Einsiedel et al. (2024), que comparou implantes com planejamento feito por estudantes usando software (coDiagnostiX) com guias totalmente guiados (full-guided) vs meio-guiados (half-guided). O estudo revelou que o grupo full-guided teve menor desvio no eixo vestibular (no modelo experimental) (≈ 1,39 mm vs ≈1,57 mm), e os avaliadores consideraram o software com boa usabilidade. Isso sugere que o treinamento com esses softwares pode reduzir a curva de aprendizado e melhorar a precisão mesmo para iniciantes.

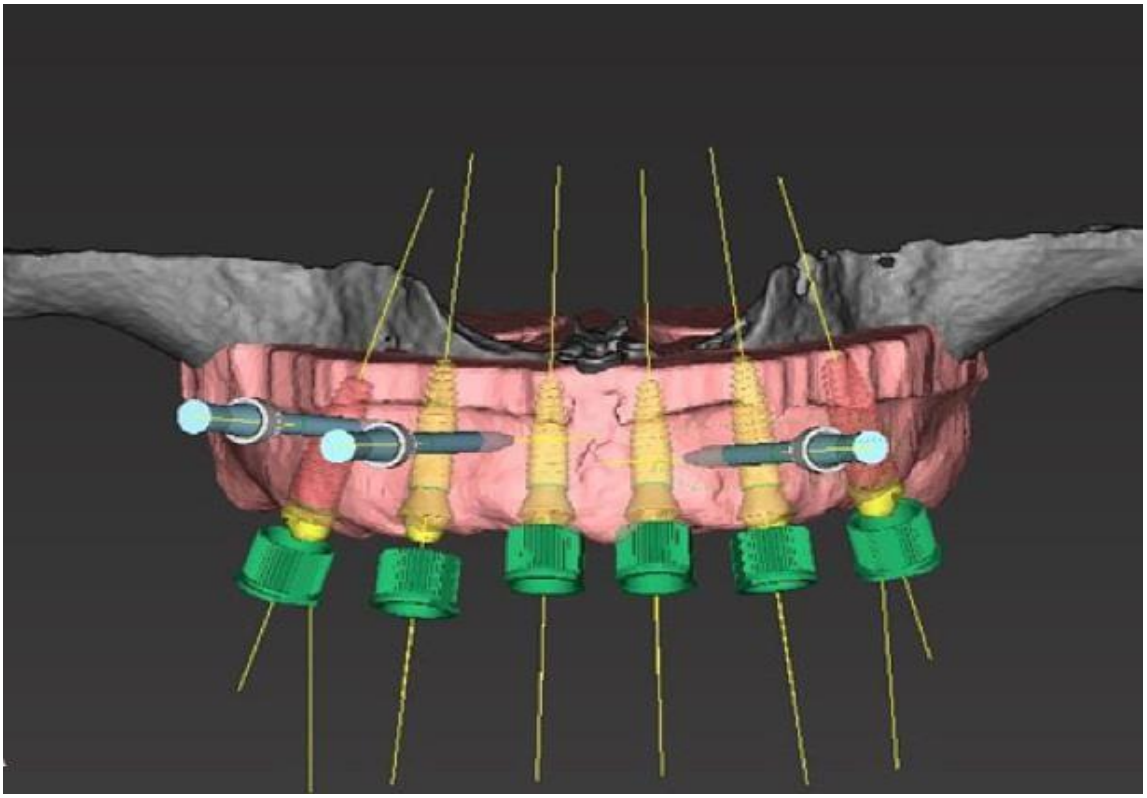
Prototipagem

A prototipagem tridimensional tornou-se uma das ferramentas mais inovadoras na implantodontia contemporânea, pois permite a materialização do planejamento virtual em modelos físicos de alta precisão. Essa tecnologia, fundamentada nos processos de manufatura aditiva (3D printing), possibilita desde a confecção de guias cirúrgicos personalizados até modelos anatômicos para estudo e ensaio cirúrgico. Conforme destacado por Vara et al. (2023), a integração entre imagens obtidas por TCFC, softwares de planejamento e impressão 3D viabiliza a

cirurgia guiada, permitindo que o planejamento digital seja transferido com exatidão para a prática clínica, com elevada previsibilidade.

Os implantes dentários estão sendo planejados, a partir do melhor posicionamento protético e implantológico visto em 3D no software usando TCFC. Seguindo o protocolo de inserção cirúrgica, as réplicas de implantes digitais serão colocadas através da guia cirúrgica nos espaços projetados, respeitando a profundidade planejada dos implantes em estudo realizado por Lanis et al., (2018), observado na (Figura 3, a seguir).

Figura 3: Guia cirúrgico estereolitográfico confeccionado por impressão 3D, evidenciando as áreas de perfuração previamente planejadas no software digital.



Fonte: Lanis, et al. (2018).

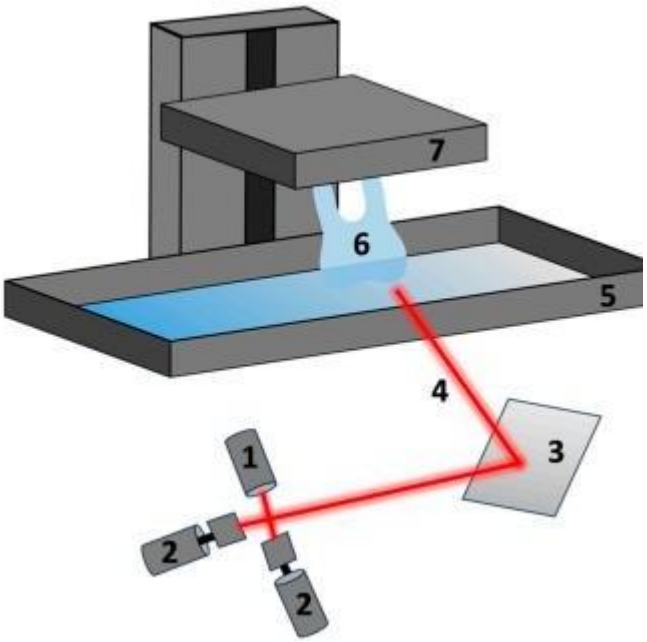
Outro avanço recente é a utilização de materiais biocompatíveis inovadores para impressão 3D, como resinas com maior estabilidade dimensional e polímeros reforçados. Essas novas gerações de materiais ampliam a durabilidade dos guias e aumentam a confiabilidade do procedimento. Segundo Vara et al. (2023), a escolha do material influencia diretamente na precisão final, sendo as resinas estereolitográficas as que apresentam melhor desempenho clínico.

Além do uso em guias, a prototipagem tem sido aplicada na confecção de modelos anatômicos personalizados que permitem ao cirurgião simular a cirurgia previamente, ensaiando a sequência de brocas e a posição do implante antes do ato clínico. De acordo com Younis et al. (2024), esses modelos proporcionam um

aprendizado prático, reduzem riscos intraoperatórios e favorecem a comunicação entre cirurgião e paciente.

Nos últimos anos, diferentes tecnologias de impressão 3D vêm sendo aplicadas na confecção de guias cirúrgicos e modelos anatômicos, destacando-se a estereolitografia (SLA), a fusão por filamento fundido (FDM) e a sinterização seletiva a laser (SLS). Cada uma dessas técnicas apresenta vantagens e limitações quanto à precisão dimensional, custo e tempo de produção. Segundo Jeong et al. (2023), a estereolitografia oferece maior exatidão e detalhamento, sendo mais indicada para guias cirúrgicos de implantes, enquanto a FDM se destaca pelo menor custo, porém com precisão inferior. Como na Figura 4, que representa o funcionamento da tecnologia de estereolitografia (SLA), utilizada na odontologia para a confecção de guias cirúrgicos.

Figura 4: Diagrama de Estereolitografia (SLA).



Legenda: 1 Laser– emite o feixe de luz que irá iniciar a polimerização da resina; 2- Galvanômetros – espelhos móveis que direcionam o feixe de laser; 3- Espelho (Mirror) – reflete o feixe para a posição correta no tanque.4- Feixe refletid (Reflected Beam) – caminho de luz que atinge a resina; 5- Tanque de resina (Resin Tank) – recipiente com resina fotopolimerizável líquida; 6-Espécime impresso (Printed Specimen) – peça em formação, camada a camada. 7- Plataforma de construção (Build Platform) – base onde a peça é construída. **Fonte:** Jeong *et al*. (2023).

Estudos recentes também avaliaram o impacto dos parâmetros de impressão na qualidade final dos guias. Kim et al. (2022) demonstraram que a espessura de camada e a orientação da peça durante a impressão influenciam diretamente na exatidão dos furos guias, sendo recomendadas camadas mais finas (≤ 50 µm) para reduzir desvios. Isso reforça a importância não apenas do tipo de tecnologia, mas também do protocolo de fabricação adotado.

Apesar das vantagens, a prototipagem 3D ainda apresenta limitações. Entre elas, estão os custos elevados de equipamentos, a necessidade de treinamento técnico e a variação de resultados entre diferentes impressoras e materiais. Além disso, estudos como o de Kafedzhieva et al. (2025) alertam que, em ambiente clínico, pequenos desvios acumulados no fluxo digital (desde a aquisição de imagem até a impressão) podem comprometer a exatidão final.

Quanto às perspectivas futuras, o desenvolvimento de impressão multi material e bioimpressão 3D já começa a ser explorado em implantodontia. Essas tecnologias prometem a fabricação de guias com zonas diferenciadas de rigidez, ou mesmo a impressão de modelos ósseos com características semelhantes ao osso humano. De acordo com Mohd *et al.* (2023), tais avanços poderão revolucionar não apenas a cirurgia guiada, mas também o treinamento acadêmico e a previsibilidade reabilitadora.

Técnica Cirúrgica

Segundo Barros *et al.* (2015) a evolução da implantodontia tem sido marcada pela busca de técnicas cirúrgicas cada vez mais previsíveis, seguras e minimamente invasivas. A utilização de guias cirúrgicos, associada ao planejamento digital, trouxe um novo paradigma, permitindo maior precisão na instalação dos implantes e redução do tempo cirúrgico. Assim, a cirurgia guiada também possibilita a instalação imediata de próteses, dor pós-operatória e promovendo maior conforto ao paciente.

A técnica convencional depende da experiência do cirurgião e, embora utilizada, apresenta maior risco de desvios no posicionamento do implante. Em contrapartida, a cirurgia guiada estática, baseada em guias estereolitográficos, apresenta resultados superiores em termos de precisão linear e angular. Em estudo clínico recente, Younis *et al.* (2024) observaram que o desvio angular médio foi de 2,52° na técnica guiada estática, contra 5,82° na técnica convencional, demonstrando ganhos significativos de previsibilidade.

Uma alternativa em ascensão é a navegação dinâmica, que funciona de forma semelhante ao GPS, permitindo que o cirurgião visualize em tempo real a posição da broca e do implante em relação ao planejamento virtual. Essa técnica proporciona flexibilidade intraoperatória e alta precisão, sobretudo em regiões anatômicas críticas. Embora a navegação dinâmica e a cirurgia guiada estática apresentem precisão semelhante, a navegação oferece a vantagem da adaptação em tempo real, especialmente quando ocorrem variações anatômicas inesperadas (Khaoheon *et al.,* 2024).

A escolha da técnica cirúrgica deve considerar fatores como disponibilidade óssea, suporte do guia, custo e curva de aprendizado. Vara et al. (2023) ressaltam que guias apoiados em dentes apresentam maior precisão em comparação aos suportados em mucosa, devido à estabilidade mecânica, mas que cada caso clínico exige avaliação individualizada.

A técnica cirúrgica guiada segue um protocolo estruturado que integra planejamento digital e execução clínica. O processo inicia-se na fase pré-operatória, por meio da obtenção de imagens tridimensionais com tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) associada a escaneamentos intraorais. Esses dados são integrados em softwares de planejamento que permitem definir a posição, a angulação e a profundidade ideais para o implante, alinhando-se ao conceito de cirurgia proteticamente guiada. Esse fluxo digital garante que a instalação seja conduzida de forma precisa e previsível, minimizando falhas relacionadas à anatomia local e ao resultado protético final Neves *et al.* (2016).

Após o planejamento, confecciona-se o guia cirúrgico estereolitográfico, peça essencial no protocolo clínico. A primeira etapa do procedimento é a adaptação e estabilização desse guia na cavidade oral do paciente. A estabilidade é determinante para o sucesso da técnica, pois qualquer movimentação pode comprometer a trajetória de fresagem e o posicionamento final do implante. Guias podem ser suportados por dentes, mucosa ou osso, e no caso de guias mucossuportados, frequentemente é necessária a utilização de pinos de estabilização para compensar a compressibilidade do tecido. Estudos recentes demonstram que guias dentossuportados apresentam maior precisão, enquanto guias mucossuportados apresentam maior variabilidade nos resultados (Marquez Bautista *et al.,* 2024).

Na sequência, inicia-se a fase de fresagem, realizada com brocas específicas que são conduzidas por cilindros metálicos presentes no guia, denominados sleeves. Esses cilindros funcionam como limitadores da trajetória, reduzindo desvios angulares e coronais durante a perfuração. Em muitos casos, a técnica flapless, ou seja, sem abertura de retalho gengival, pode ser empregada. Essa modalidade, quando aplicável, apresenta vantagens relevantes, redução do tempo cirúrgico e melhor cicatrização tecidual, além de maior conforto ao paciente, resultados confirmados por investigações clínicas comparativas recentes (Romandini *et al.,* 2024).

Após a fresagem do leito ósseo, ocorre a instalação do implante, também conduzida pelo guia cirúrgico. O implante é posicionado de acordo com as coordenadas estabelecidas no planejamento digital, respeitando limitações anatômicas e garantindo alinhamento com a futura prótese. Em alguns protocolos, é

possível associar a técnica guiada à carga imediata, em que uma prótese provisória é instalada no mesmo ato cirúrgico. Essa possibilidade confere maior eficiência ao tratamento, reduzindo o tempo total de reabilitação e oferecendo benefícios estéticos e funcionais desde o início (Barros *et al.,* 2015).

Logo, quando a cirurgia requer abertura de retalho, realiza-se a sutura para reposicionamento dos tecidos. Entretanto, na maioria dos casos guiados, especialmente nos protocolos flapless, a sutura não é necessária, o que torna o procedimento menos invasivo. O pós-operatório inclui acompanhamento clínico e radiográfico, além de cuidados medicamentosos e orientações específicas ao paciente. O seguimento é essencial para monitorar a osseointegração, garantindo estabilidade do implante a longo prazo. De forma geral, a integração entre o planejamento digital, a confecção do guia e a execução clínica padronizada permite resultados altamente previsíveis, segurança ao cirurgião e maior satisfação para o paciente, como ilustra a Figura 5 que mostra o uso de fresas guiadas durante a osteotomia (Romandini *et al.,* 2024).

Figura 5: Uso de fresas com guia cirúrgico estereolitográfico durante a fase de osteotomia.



Fonte: Adaptado de Romandini et al. (2024)

METODOLOGIA

Tipo de Estudo

O presente estudo, visou realizar uma pesquisa nas bases científicas acerca do impacto do planejamento virtual e cirurgia guiada em reabilitações orais com implantes dentários.

Ele consiste em uma revisão de literatura de aspecto integrativo dos diferentes planejamentos para a reabilitação dos pacientes, o uso de softwares de planejamento 3D, o uso de guias confeccionadas a partir desse planejamento e a técnica cirúrgica de

instalação de implantes na instalação de implantes dentários guiados virtualmente e sua influência na precisão, previsibilidade, eficiência além dos aspectos estéticos e funcionais.

A revisão integrativa terá como objetivo pesquisar nas bases científicas as principais técnicas de aplicação dos guias cirúrgicos na implantação de implantes dentários guiados em pacientes que necessitam de reabilitações orais. Nesse sentido, foram adotados critérios para obtenção dessas informações seguindo as seguintes etapas.

Etapa 1- Identificação da situação problema e formulação da pergunta principal.

Etapa 2- Estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão dos artigos científicos.

Fase 3- seleção dos artigos de interesse. Fase 4- Avaliação da literatura selecionada.

Fase 5- Interpretação dos resultados e discussão.

Nesse sentido, o tema de estudo foi delimitado e diante do contexto, identificou-se a seguinte pergunta norteadora: “De que modo a cirurgia guiada e o planejamento reverso influenciam na precisão, previsibilidade e eficiência nas reabilitações com implantes dentários”?

Coleta de Dados

A Coleta foi realizada através de artigos publicados nos últimos seis anos, nas seguintes bases de dados: PubMed utilizando-se os descritores; "Dental Implants" OR "Implant Dentistry","Dynamic Navigation" OR "Computer-Assisted Surgery", "Digital Planning" OR "Virtual Planning" OR "Computer-Aided Design" OR "CAD/CAM", com o operador booleano AND. Portal Regional da BVS utilizando-se os descritores; "Dental Implants", "Digital Planning", "Computer-Assisted Surgery", com o operador booleano AND.

Critérios de Inclusão e Exclusão

Foram incluídos os artigos que estiveram disponíveis em inglês, que apresentaram ano de publicação de 2020 a 2026, possuindo texto na íntegra e apresentando assuntos interessantes para o estudo. Foram excluídos artigos repetidos, monografias, teses, dissertações que não se enquadram no objetivo da pesquisa e que fujam da temática da pergunta norteadora.

Análise de Dados

Foi desenvolvido um quadro sistemático destinado à organização e análise dos artigos selecionados, contendo informações essenciais, tais como: autores, ano de publicação, título, objetivo e conclusão. A avaliação dos artigos foi realizada levando-se em consideração o tipo de planejamento realizado para a reabilitação dos pacientes, o uso de softwares de planejamento 3D, o uso de guias confeccionadas a partir desse planejamento e a técnica cirúrgica de instalação dos implantes. Bem como também foi avaliado os resultados obtidos a partir dessas tecnologias em comparação com o método a mão livre de cirurgia com campo aberto.

A seleção das publicações foi efetuada mediante a leitura criteriosa dos títulos, resumos e palavras-chave de todos os artigos gratuitos identificados por meio das estratégias de busca previamente definidas. Essa metodologia foi aplicada em conformidade com a pergunta norteadora e com os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos.

Quadro 1: Fluxograma quantitativo de artigos incluídos e excluídos.

Etapa	Informações
Etapa 1 - Pergunta norteadora	De que modo a cirurgia guiada e o planejamento reverso influenciam na precisão, previsibilidade e eficiência nas reabilitações com implantes dentários?
Etapa 2 - Busca de artigos	
Estratégia de busca PUBMED	"Dental Implants" OR "Implant Dentistry" AND "Dynamic Navigation" OR "Computer-Assisted Surgery" AND "Digital Planning" OR "Virtual Planning" OR "Computer-Aided Design" OR "CAD/CAM"
Estratégia de busca-BVS	"Dental Implants" AND "Digital Planning" AND "Computer-Assisted Surgery"
PUBMED - Quantidade de artigos encontrados	**545 artigos**
BVS - Quantidade de artigos encontrados	**32 artigos**
Etapa 3 - Artigos selecionados após leitura de título e resumo	PUBMED: 73 artigos BVS: 21 artigos
Etapa 4 - Artigos selecionados após aplicação final dos critérios de exclusão	PUBMED: 7 artigos BVS: 2 artigos
Total de artigos utilizados na revisão	**9 artigos**

Fonte: Autoria própria (2026).

RESULTADOS

Após aplicar os critérios de inclusão e exclusão aos artigos e considerando os artigos analisados e suas datas de publicação, foi elaborado o Quadro 2, que sintetiza as principais informações dos estudos. Este quadro facilita a visualização dos resultados e apoia uma discussão mais detalhada sobre o tema.

Quadro 2: Dados obtidos através dos artigos incluídos na revisão integrativa.

Autor / Ano	Título	Tipo de estudo	Objetivo	Conclusão
SIQUEIRA, R.; et al. (2020)	Does a fully digital workflow improve the accuracy of computer-assisted implant surgery in partially edentulous patients?	Estudo clínico comparativo	Avaliar se o fluxo totalmente digital melhora a precisão na cirurgia de implantes assistida por computador.	O fluxo digital completo aumenta a precisão e previsibilidade do posicionamento dos implantes.
FLÜGGE, T.; et al. (2022)	Digital implantology – A review of virtual planning software for guided implant surgery.	Revisão de literatura	Revisar softwares de planejamento virtual aplicados à cirurgia guiada por implantes.	Softwares CAD/CAM melhoram o planejamento reverso e a integração protético-cirúrgica.
HÖLKEN, F.; et al. (2022)	Digital Workflow for Implant Placement and Immediate Chairside Provisionalization of a Novel Implant System without Abutment.	Relato de caso clínico	Relatar um caso clínico de fluxo digital completo para colocação de implantes e provisão imediata em sistema sem pilar.	O protocolo digital mostrou-se previsível, eficiente e viável clinicamente, reduzindo o tempo de reabilitação.
JORBA-GARCÍA, A.; et al. (2023)	Accuracy of dental implant placement with or without the use of a dynamic navigation-assisted system.	Estudo clínico	Comparar a precisão entre navegação dinâmica e cirurgia estática assistida por computador.	Ambas as técnicas apresentaram alta precisão, mas a navegação dinâmica permitiu ajustes em tempo real.

MENEGHET TI, P. C.; et al. (2023)	Digital planning for two-implant-supported overdenture and bone reduction guide using cone-beam computed tomography: Simple features for predictable outcomes.	Série de Casos Clínicos	Exibir a eficácia do guia cirúrgico utilizando dados de TCFC para protocolo suportadas por dois implantes.	O uso combinado de imagem 3D e simulação virtual aumenta a previsibilidade e reduz erros cirúrgicos.
SAINI, R.S.; et al. (2024)	Impact of 3D imaging techniques and virtual patients on the accuracy of digital workflow for guided implant surgery.	Estudo experimental	Analisar o impacto das técnicas de imagem 3D e pacientes virtuais na cirurgia guiada.	O uso combinado de imagem 3D e simulação virtual aumenta a previsibilidade e reduz erros cirúrgicos.
LOPS, D.; et al. (2024)	Guided versus freehand single-implant placement: A 3-year randomized clinical trial.	Ensaio clínico randomizado	Comparar a precisão e estabilidade de implantes guiados versus técnica livre em 3 anos.	Implantes posicionados com cirurgia guiada apresentaram maior precisão e estabilidade clínica.
KIVOVICS, M.; et al. (2025)	A retrospective study evaluating the success of implant-supported overdentures after fully guided static computer-assisted implant surgery.	Estudo retrospectivo	Avaliar o sucesso clínico de sobredentaduras após cirurgia guiada totalmente assistida por computador.	Cirurgias totalmente guiadas apresentaram alta taxa de sucesso e previsibilidade protética.
BÖSE, M.W.H.; et al. (2025)	Accuracy of two computer-assisted static implant surgery systems in partially dentate patients.	Estudo clínico comparativo	Avaliar a acurácia de dois sistemas estáticos de cirurgia guiada com dados de escaneamento intraoral.	Ambos os sistemas mostraram alta acurácia; integração com scanners intraorais aumenta a eficiência.

Fonte: Autoria própria (2026).

Os estudos analisados evidenciaram o papel determinante das tecnologias digitais na melhoria dos resultados clínicos em implantodontia. O fluxo de trabalho totalmente digital demonstrou-se uma ferramenta essencial para aumentar a precisão e a previsibilidade cirúrgica. Siqueira et al. (2020) verificaram, por meio de uma revisão sistemática de ensaios clínicos, que a integração de escaneamentos intraorais, softwares de planejamento e guias cirúrgicos impressos em 3D resultou em menor desvio linear e angular dos implantes. Os autores destacaram que o uso

combinado dessas tecnologias reduz significativamente erros humanos e favorece a fidelidade entre o planejamento virtual e a execução cirúrgica.

Flügge et al. (2022) também observaram que o uso de softwares de planejamento virtual, como coDiagnostiX, Blue Sky Plan e SimPlant, é fundamental para o sucesso da cirurgia guiada. Em sua revisão narrativa, os autores abordaram o funcionamento e a compatibilidade desses programas com os sistemas CAD/CAM, destacando que eles permitem o planejamento reverso e a integração entre as etapas protéticas e cirúrgicas. O estudo concluiu que a utilização de softwares dedicados facilita a visualização tridimensional das estruturas anatômicas, minimizando riscos e aumentando a padronização dos procedimentos.

A aplicabilidade clínica desse fluxo digital foi demonstrada por Hölken *et al*. (2022), que relataram um caso clínico de reabilitação implantossuportada com provisão imediata, utilizando escaneamento intraoral, planejamento virtual e impressão 3D do guia cirúrgico. O protocolo eliminou a necessidade de pilares intermediários e reduziu o número de etapas laboratoriais. Os autores observaram excelente adaptação protética e destacaram que o fluxo digital promove maior previsibilidade clínica e diminuição significativa no tempo de tratamento.

A evolução tecnológica também trouxe o sistema de navegação dinâmica, cuja precisão foi comparada com a cirurgia estática por Jorba-García *et al.* (2023) em um ensaio clínico randomizado. A análise dos desvios coronais, apicais e angulares revelou que a precisão final foi similar entre as duas abordagens. Contudo, os autores destacaram que a navegação dinâmica demonstrou a capacidade de permitir ajustes em tempo real frente a variações anatômicas. Entretanto, esta tecnologia demanda maior tempo de aprendizado por parte do operador e requer investimento inicial mais elevado em equipamentos de rastreamento e softwares dedicados, o que pode restringir sua acessibilidade.

A confiabilidade do fluxo digital na reabilitação de arcadas totais com carga imediata foi validada por Meneghetti *et al.,* (2023) em uma avaliação retrospectiva. O sucesso clínico de reabilitação foi realizado em pacientes tratados com quatro implantes por arcada, utilizando um protocolo digital que incluiu tomografia computadorizada, planejamento virtual e guias estereolitográficos. Com um acompanhamento de quatro anos, os resultados confirmaram uma alta taxa de sobrevivência dos implantes (96,9%) e sucesso protético de 100%. Apesar da alta previsibilidade, o protocolo totalmente guiado pode apresentar limitações no acesso e na irrigação da fresa, principalmente em regiões posteriores com pouca abertura de boca, e o guia exige planejamento de espaço protético maior do que a técnica livre.

O impacto das técnicas de imagem tridimensional na precisão da cirurgia guiada foi analisado por Saini *et al.,* (2024), o estudo discutiu a integração da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e do escaneamento intraoral com softwares de simulação 3D. Os achados indicaram que a combinação dessas tecnologias otimiza o planejamento reverso, promove a redução de erros de posicionamento e, consequentemente, aumenta a previsibilidade cirúrgica. Assim, os autores concluíram que a imagiologia digital é um componente essencial para o avanço da implantodontia guiada.

Ao comparar a técnica guiada com a técnica livre, Lops *et al.* (2024) realizaram um acompanhamento de três anos na colocação de implantes unitários. Os resultados demonstraram que o grupo submetido à cirurgia guiada apresentou menores desvios coronais e angulares, além de maior estabilidade e satisfação dos pacientes. A longo prazo, a técnica guiada se associou a uma maior preservação óssea e previsibilidade protética, levando os autores a concluírem que o método guiado supera o livre em termos de precisão e eficiência clínica, reforçando sua recomendação. Apesar das vantagens, o uso do guia cirúrgico é inerentemente rígido, o que significa que o operador não consegue alterar o trajeto da fresa durante a osteotomia, e a qualidade do guia prototipagem pode influenciar a precisão final, necessitando de fornecedores e impressoras 3D de alta qualidade.

A utilização de dados de escaneamento intraoral para planejar e avaliar a acurácia da instalação dos implantes. Foi observado que ambos os sistemas testados demonstraram resultados clínicos similares, com desvios médios consistentemente inferiores a 1 mm. Os autores destacaram, assim, que a integração entre scanners intraorais e softwares cirúrgicos aprimora a eficiência e contribui significativamente para a redução de falhas humanas. Uma desvantagem técnica comum é que a presença do guia e suas anilhas pode dificultar o resfriamento da fresa e a visualização direta do campo cirúrgico, potencialmente aumentando o risco de superaquecimento ósseo se a irrigação não for rigorosamente controlada (Böse et al., 2025).

O sucesso clínico de sobredentaduras implantossuportadas, instaladas após cirurgias estáticas totalmente guiadas, foi avaliado por Kivovics et al., (2025). A análise de estabilidade, taxa de sobrevivência e complicações protéticas revelou uma taxa de sucesso superior a 95% e uma mínima necessidade de ajustes pós-operatórios. Os autores concluíram que o emprego da cirurgia guiada em reabilitações com sobredentaduras confere previsibilidade e maior longevidade clínica aos implantes, confirmando a eficácia do método em casos de reabilitação total.

DISCUSSÃO

A seguir, será apresentada de forma integrativa a influência dessas tecnologias digitais no aprimoramento, precisão, previsibilidade e eficiência dos tratamentos reabilitadores com implantes perdidos. Este tópico introduz uma discussão sobre como a incorporação do planejamento virtual, softwares específicos e impressão tridimensional de tópicos cirúrgicos estão mudando a prática clínica na implantodontia contemporânea.

Planejamento Digital, Prototipagem 3D e Cirurgia Guiada

Os estudos analisados confirmam que o fluxo de trabalho totalmente digital se estabeleceu como uma ferramenta essencial para elevar a precisão e a previsibilidade cirúrgica na implantodontia contemporânea. Siqueira *et al.* (2020) verificaram que a integração entre escaneamentos intraorais, softwares de planejamento e guias impressos em 3D resulta em um desvio linear e angular significativamente menor dos implantes, evidenciando a capacidade do método digital em mitigar falhas humanas e maximizar a fidelidade entre o planejamento virtual e a execução. Corroborando essa perspectiva, Lops *et al.* (2024) demonstraram, em um acompanhamento de três anos, que a técnica guiada superou o método livre (freehand) em todos os parâmetros de precisão, além de promover maior satisfação do paciente e maior preservação óssea a longo prazo.

A fundamentação teórica para essa precisão reside no planejamento virtual. Flügge *et al.* (2022) ressaltam que softwares como coDiagnostiX e SimPlant são cruciais, pois facilitam a visualização tridimensional das estruturas anatômicas e permitem o planejamento reverso em conjunto com sistemas CAD/CAM. Essa metodologia garante o alinhamento preciso entre os requisitos protéticos e o posicionamento cirúrgico, elevando a padronização do procedimento.Similarmente, Saini *et al.* (2024) destacam que a correta integração de técnicas de imagem tridimensional (TCFC e escaneamento intraoral) no conceito de paciente virtual é indispensável, pois otimiza o planejamento reverso, promove a redução de erros de posicionamento e, consequentemente, aumenta a previsibilidade cirúrgica.

A eficiência do fluxo digital se manifesta em protocolos que visam a redução do tempo de tratamento. Hölken *et al.* (2022) demonstraram, em relato de caso, que o protocolo digital completo permitiu a instalação de implantes e a provisão imediata sem pilares intermediários, resultando em excelente adaptação protética e redução significativa no tempo de tratamento. Em reabilitações de arcadas totais, a

confiabilidade também é alta: Meneghetti et a. (2023) validaram o protocolo guiado com carga imediata, confirmando uma taxa de sobrevivência de implantes de 96,9% e sucesso protético de 100% após quatro anos. Kivovics *et al.* (2025) estenderam essa comprovação ao demonstrar o alto sucesso clínico de sobredentaduras implantossuportadas instaladas após cirurgias totalmente guiadas, com mínima necessidade de ajustes pós-operatórios.

Entretanto, a previsibilidade da cirurgia estática guiada está sujeita a limitações técnicas e operacionais que devem ser consideradas (Lops et al., 2024). A rigidez inerente ao guia cirúrgico impede que o operador altere o trajeto da fresa durante a osteotomia, exigindo uma aderência total ao planejamento inicial. Além disso, a presença do guia e suas anilhas pode dificultar o acesso e a irrigação da fresa, particularmente em regiões posteriores e em casos de abertura de boca limitada, elevando o potencial risco de superaquecimento ósseo e necrose térmica (Böse *et al.,* 2025).

No âmbito da execução cirúrgica, a navegação dinâmica surge como uma alternativa à cirurgia estática. Jorba-García *et al.* (2023) observaram que a precisão final entre as duas abordagens é similar. Contudo, a navegação dinâmica oferece a capacidade de realizar ajustes em tempo real frente a variações anatômicas, conferindo maior flexibilidade e controle intraoperatório. Essa vantagem, porém, é ponderada por desvantagens logísticas, visto que a tecnologia dinâmica exige um investimento inicial mais elevado em hardware e softwares, além de demandar maior tempo de aprendizado por parte do cirurgião, o que pode restringir sua acessibilidade em comparação com a cirurgia estática.

Em suma, embora a precisão cirúrgica digital seja amplamente corroborada pelos achados de Böse *et al.* (2025), que reportaram desvios médios consistentemente inferiores a 1 mm, os desafios do fluxo digital persistem na fase inicial. A qualidade da prototipagem do guia pode influenciar a precisão final (Lops 2024) e, em reabilitações totais onde o guia é ósseo-suportado, a necessidade de um grande retalho pode eliminar o benefício de uma cirurgia minimamente invasiva e aumentar o desconforto e o tempo de cicatrização do paciente (Kivovics *et al.,* 2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que a integração entre planejamento digital, softwares especializados, prototipagem 3D e técnicas cirúrgicas guiadas representa uma verdadeira revolução na reabilitação oral com implantes dentários. Uma análise integrativa da literatura evidenciou ganhos relevantes em precisão, previsibilidade e

eficiência clínica, com impactos diretos na redução de riscos, na otimização de resultados funcionais e estéticos e no conforto dos pacientes. Os relatos de casos, estudos comparativos e aplicações clínicas analisados demonstram consenso quanto à superioridade do fluxo digital frente às técnicas convencionais, especialmente em situações complexas e em protocolos de carga imediata, consolidando a cirurgia guiada como o padrão-ouro na implantodontia contemporânea.

Apesar dos avanços inequívocos, a universalização desses protocolos enfrenta desafios significativos que merecem atenção. A implementação plena do fluxo digital demanda investimento inicial em equipamentos de imagem (TCFC), scanners intraorais e softwares específicos, além da necessidade de treinamento e atualização contínua dos profissionais para dominar a correta fusão de dados e a execução cirúrgica. Adicionalmente, aspectos técnicos como a rigidez inerente do guia e a dificuldade de irrigação em campo restrito, bem como a necessidade de retalhos em casos de guias ósseo-suportados, são barreiras que requerem rigoroso controle clínico e a busca por soluções tecnológicas complementares.

Diante disso, evidencia-se que o desenvolvimento futuro da implantodontia está intrinsecamente ligado ao avanço tecnológico e à formação contínua das equipes profissionais. Recomenda-se a realização de estudos longitudinais adicionais com o objetivo de avaliar o desempenho e os resultados funcionais dos protocolos digitais em diferentes contextos clínicos, bem como desenvolver estratégias para ampliar o acesso e reduzir os custos das tecnologias, garantindo que os benefícios da cirurgia guiada sejam estendidos a um maior número de pacientes.

Consequentemente, os achados deste estudo contribuem para fundamentar práticas clínicas mais seguras, eficientes e previsíveis, promovendo a excelência na reabilitação oral com implantes dentários e impactando positivamente a qualidade de vida dos pacientes.

AGRADECIMENTO

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001."

REFERÊNCIAS

BARROS, Victor de Miranda et al. Definitive Presurgical CAD/CAM-Guided Implant-Supported Crown in an Esthetic Area. **Brazilian Dental Journal**, [S. l.], v. 26, n. 6, p. 695–700, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0103-6440201300437. Acesso em: 26 out. 2025.

BORZANGY, S. et al. Evaluation of Implant Placement Risk Levels in Partially Edentulous Patients Using Cone Beam Computed Tomography. **Cureus**, [S. l.], v. 15, n. 10, e47893, 29 out. 2023. DOI: 10.7759/cureus.47893. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10682683/. Acesso em: 30 set. 2025.

BÖSE, M. W. H. et al. Accuracy of two computer-assisted static implant surgery systems in partially dentate patients: A randomized clinical trial using intraoral scan data. **Journal of Dentistry**, [S. l.], v. 159, p. 105814, 2025. Disponível em : https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40360023/. Acesso em 17 de Nov. 2025.

EINSIEDEL, I. et al. Dental implant placement with full-guided vs half-guided templates by undergraduate students: an in vitro study. **BMC Medical Education**, [S. l.], v. 24, Art. 380, 2024. Disponível em: https://bmcmededuc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12909-024-06280-7. Acesso em: 19 set. 2025.

ELGARBA, Bahaaeldeen M. et al. Artificial intelligence serving pre-surgical digital implant planning: A scoping review. **Journal of Dentistry**, [S. l.], v. 143, 104862, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.104862. Acesso em: 14 set. 2025.

FLÜGGE, T. et al. Digital implantology — A review of virtual planning software for guided implant surgery. Part II: Prosthetic and virtual implant planning. **BMC Oral Health**, v. 22, n. 1, p. 23, 2022. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32912273/. Acesso em: 12.Nov. 2025.

HÖLKEN, F. et al. Digital workflow for implant placement and immediate chairside provisionalization of a novel implant system without abutment—Case report. **Medicina (Kaunas)**, [S. l.], v. 58, n. 11, p. 1612, 2022. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9693217/. Acesso em 03. Nov. 2025.

JEONG, Min et al. Materials and Applications of 3D Printing Technology in Dentistry: An Overview. **Dentistry Journal**, [S. l.], v. 12, n. 1, 1, jan. 2023. DOI: 10.3390/dj12010001. Disponível em: https://doi.org/10.3390/dj12010001. Acesso em: 26 out. 2025.

JORBA-GARCÍA, A. et al. Accuracy of dental implant placement with or without the use of a dynamic navigation system: A randomized clinical trial. **Clinical Oral Implants Research**, [S. l.], v. 34, n. 5, p. 438–449, 2023. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36794798/. Acesso: 24 Nov. 2025.

KAABER, Laurits et al. Low-dose CBCT protocols in implant dentistry: a systematic review. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology**, [S. l.], v. 138, n. 3, p. 427-439, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.oooo.2024.03.013. Acesso em: 19 ago. 2025.

KAFEDZHIEVA, A.; VLAHOVA, A.; CHUCHULSKA, B. Digital Technologies in Implantology: A Narrative Review. **Bioengineering**, [S. l.], v. 12, n. 9, 927, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.3390/bioengineering12090927. Acesso em: 26 out. 2025.

KHAOHEON, A. et al. Accuracy of implant placement with computer-aided static, dynamic, and robot-assisted surgery: a systematic review and meta-analysis of clinical trials. **BMC Oral Health**, [S. l.], v. 24, n. 359, 2024. DOI: 10.1186/s12903-024-04033-y. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s12903-024-04033-y. Acesso em: 26 out. 2025.

KIM, H. et al. Accuracy of 3D-printed surgical guides depending on layer thickness and build orientation. **Journal of Advanced Prosthodontics**, Seoul, v. 14, n. 3, p. 1-8, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.4047/jap.2022.14.3.1. Acesso em: 8 set. 2025.

KIVOVICS, M. et al. A retrospective study evaluating the success of implant-supported overdentures after fully guided static implant surgery. **Journal of Dentistry**, [S. l.], v. 160, p. 105924, 2025. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40545229/. Acesso em 22. Nov. 2025.

LANIS, A. et al. Computer-guided implant surgery and full-arch immediate loading with prefabricated-metal framework-provisional prosthesis created from a 3D printed model. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, Hoboken, v. 31, n. 3, p. 199-208, maio 2019. DOI: 10.1111/jerd.12458. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30790431/. Acesso em: 12 abr. 2025.

LOPS, D. et al. Guided versus freehand single implant placement: A 3-year parallel randomized clinical trial. **Journal of Dentistry**, [S. l.], v. 149, p. 105317, 2024. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39181431/. Acesso: 12. Set. 2025.

MARQUEZ BAUTISTA, J. et al. Accuracy of different systems of guided implant surgery and methods for quantification: a systematic review. **Applied Sciences**, Basel, v. 14, n. 24, p. 11479, 2024. Disponível em: https://www.mdpi.com/2076-3417/14/24/11479. Acesso em: 8 set. 2025.

MENEGHETTI, P. C. et al. Digital planning for two-implant-supported overdenture and bone reduction guide using cone-beam computed tomography: Simple features for predictable outcomes. **Journal of Prosthodontics**, Hoboken, NJ, v. 32, n. 4, p. 361-370, abr. 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/368357492_Digital_planning_for_two-implant-supported_overdenture_and_bone_reduction_guide_using_cone-beam_computed_tomography_Simple_features_for_predictable_outcomes. Acesso em 17. Ago. 2025.

MOHD, N. et al. Current Advances of Three-Dimensional Bioprinting Application in Dentistry: A Scoping Review. **Materials**, [S. l.], v. 15, n. 18, 6398, set. 2022. DOI: 10.3390/ma15186398. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ma15186398. Acesso em: 26 out. 2025.

MORÓN-CONEJO, B. et al. Accuracy of surgical guides manufactured with four different 3D printers. A comparative in vitro study. **Journal of Dentistry**, [S. l.], v.148, p. 105226, 2024. DOI: 10.1016/j.jdent.2024.105226. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38971459/. Acesso em: 26 out. 2025.

NEVES, Flávio Domingues das; BARBOSA, Gustavo Augusto Seabra; BERNARDES, Sérgio Rocha. **Fundamentos da prótese sobre implantes**. Rio de Janeiro: Elsevier,

2016. Disponível em: https://shop.elsevier.com/books/fundamentos-da-protese-sobre-implantes/barbosa/978-85-352-8172-9. Acesso em: 10. jun. 2025.

PEREIRA, Tatiana Cursino et al. How reverse planning and the use o digital devices revolutionize implantology?–Case report. **Brazilian Dental Science**, v. 27, n. 2, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.4322/bds.2024.e4327. Acesso em: 23 mai. 2025.

QIU, X. et al. Ultrasound-guided dental implant surgery: a pilot feasibility study. **Journal of Oral Implantology**, [S. l.], v. 50, n. 1, p. 103–111, 2024. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11739851. Acesso em: 18 set. 2025.

ROMANDINI, Mario et al. Minimal invasiveness at dental implant placement: a systematic review with meta-analyses on flapless fully guided surgery.**Periodontology 2000**, [S. l.], v. 91, n. 1, p. 89-112, 2024. DOI: 10.1111/prd.12440. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35906928/. Acesso em: 26 out. 2025.

SAINI, R. S. et al. Impact of 3D imaging techniques and virtual patients on the accuracy of planning and surgical placement of dental implants: A systematic review. **Digital Health**, [S. l.], v. 10, p. 20552076241253550, 2024. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38726220/. Acesso em: 12 jul. 2025.

SHI, Y. et al. A systematic review of the accuracy of digital surgical guides for dental implantation. **International Journal of Implant Dentistry**, [S. l.], v. 9, n. 38, 2023.Disponível em: https://doi.org/10.1186/s40729-023-00507-w. Acesso em: 26 out. 2025.

SIQUEIRA, R. A. et al. Does a fully digital workflow improve the accuracy of computer-assisted implant surgery in partially edentulous patients? A systematic review of clinical trials. **Clinical Implant Dentistry and Related Research**, [S. l.], v. 22, n. 6, p. 660–671, dez. 2020. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32964614/. Acesso em: 10 set. 2025.

VARA, R. et al. Assessing the Impact of Resin Type, Post-Processing Technique, and Arch Location on the Trueness and Precision of 3D-Printed Full-Arch Implant Surgical Guides. **Applied Sciences**, [S. l.], v. 13, n. 4, 2491, fev. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/app13042491. Acesso em: 26 out. 2025.

YOUNIS, H. et al. Accuracy of dynamic navigation compared to static surgical guides and the freehand approach in implant placement: a prospective clinical study. **Head & Face Medicine**, [S. l.], v. 20, 30, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s13005-024-00433-1. Acesso em: 20 set. 2025.