

Cirurgias minimamente invasivas (CMI) com auxílio de softwares de modelagem 3D: previsibilidade e precisão no planejamento cirúrgico - revisão de literatura

Luis Gustavo Lopes Do Nascimento, Odontologia, Centro Universitário Integrado, Brasil.

Henrique Alcântara Stuani, Odontologia, Centro Universitário Integrado, Brasil.

Flavio Roberto Machado Justo, Odontologia, Centro Universitário Integrado, Brasil, flaviojusto2@hotmail.com.

Resumo

Com a chegada da odontologia digital, os procedimentos cirúrgicos passaram a ser mais rápidos, previsíveis e menos traumáticos para os tecidos. Este trabalho teve como objetivo analisar, por meio de uma revisão narrativa da literatura, como os softwares de modelagem 3D contribuem para o planejamento e a execução de cirurgias bucais e orofaciais, especialmente no contexto das cirurgias minimamente invasivas (CMI). A busca bibliográfica contemplou artigos publicados entre 2010 e 2025 nas plataformas SciELO, PubMed e Google Acadêmico, utilizando os descritores "Virtual Surgery", "Digital Surgery" e termos booleanos associados. Foram incluídos estudos que abordassem exclusivamente o planejamento digital em procedimentos cirúrgicos odontológicos, sendo excluídos aqueles que empregaram apenas métodos tradicionais analógicos. Os resultados evidenciam que o uso de softwares de modelagem 3D associado a exames de imagem, como tomografias computadorizadas, proporciona maior precisão no planejamento cirúrgico, reduz o tempo clínico, minimiza o trauma tecidual e favorece melhores resultados estéticos e funcionais. Dessa forma, conclui-se que as ferramentas digitais desempenham papel fundamental na modernização das práticas cirúrgicas, justificando sua crescente associação ao conceito de cirurgias minimamente invasivas.

Palavras-chave: Cirurgias minimamente invasivas. Odontologia digital. Planejamento virtual. Cirurgia guiada.

Abstract:

With the advent of digital dentistry, surgical procedures have become faster, more predictable, and less traumatic for tissues. This study aimed to analyze, through a narrative literature review, how 3D modeling software contributes to the planning and execution of oral and orofacial surgeries, especially in the context of minimally invasive surgeries (MIS). The bibliographic search included articles published between 2010 and 2025 on the SciELO, PubMed, and Google Scholar platforms, using the descriptors "Virtual Surgery," "Digital Surgery," and associated Boolean terms. Studies that exclusively addressed digital planning in dental surgical procedures were included, while those employing only traditional analog methods were excluded. The results show that the use of 3D modeling software combined with imaging exams, such as computed tomography scans, provides greater precision in surgical planning, reduces clinical time, minimizes tissue trauma, and promotes better aesthetic and functional results. Thus, it is concluded that digital tools play a fundamental role in the modernization of surgical practices, justifying their growing association with the concept of minimally invasive surgeries.

Keywords: Minimally invasive surgeries. Digital dentistry. Virtual planning. Guided surgery.

INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia no mundo atual ocasionou mudanças significativas nas diversas profissões na área da saúde, sendo a odontologia uma das especialidades que mais evoluíram em seus procedimentos, desde os exames imagiológicos até as cirurgias anteriormente realizadas de formas extremamente invasivas. A odontologia digital trouxe benefícios expressivos no ato cirúrgico tornando os procedimentos mais precisos e com maior previsibilidade gerando o conceito de cirurgias minimamente invasivas (CMI). Isso se deve ao fato de que, por meio do planejamento cirúrgico digital realizado em softwares 3D, muitas intervenções deixaram de exigir grandes retalhos, reduzindo o trauma tecidual. Dessa forma, destaca-se a importância da combinação multidisciplinar do digital na odontologia gerando benefícios na precisão, previsibilidade e agilidade nos tratamentos odontológicos.

As cirurgias convencionais para implantes odontológicos e periodontais, embora historicamente eficazes, apresentam desvantagens por serem extremamente invasivas onde necessitavam de retalhos grandes aos tecidos periodontais de suporte, causando grandes traumas além de maior tempo cirúrgico do ato operatório. As cirurgias minimamente invasivas através de um guia cirúrgico garantem uma personalização do tratamento de acordo com as especificidades anatômicas de cada paciente, proporcionando resultados estéticos otimizados e um pós-operatório mais curto (Vilar et al., 2024).

A cirurgia guiada é um novo modo de cirurgia obtido através de um planejamento 3D. O guia se refere a um dispositivo que orienta a posição e o modo como ocorre a cirurgia. Em implantodontia, o guia transfere a localização tridimensional da posição do implante; quando utilizado em cirurgias estéticas, como aumento de coroa clínico, orienta quantidade precisa de gengiva/osso ao redor do elemento dental.

Os guias cirúrgicos podem ser obtidos por um fluxo convencional ou digital. No método convencional, realiza-se a moldagem com alginato para obtenção do molde e posteriormente, após ser vertido com gesso, a obtenção do modelo, onde esse modelo pode ser escaneado a mão através de um scanner intra-bucal para obtenção do StereoLithography (STL) ou com um scanner de bancada, cujo o objetivo é o mesmo. No fluxo totalmente digital onde através de um escaneamento intrabucal se obtém o STL sendo integrado a um arquivo DICOM proveniente de uma tomografia computadorizada de feixe cônico. Ambos são inseridos em um software de modelagem 3D onde é realizado o planejamento e desenho do guia.

METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma Revisão Narrativa da Literatura, elaborada com o objetivo de descrever, contextualizar e analisar a produção científica relacionada ao uso de softwares de modelagem 3D no planejamento e execução de cirurgias minimamente invasivas (CMI) em odontologia. Esse tipo de revisão permite a integração ampla de diferentes tipos de estudos publicados sobre o tema, oferecendo uma compreensão geral das evidências disponíveis sem a exigência de protocolos rígidos de seleção. A busca bibliográfica foi realizada entre os meses de janeiro e fevereiro de 2025, abrangendo as bases de dados SciELO, PubMed e Google Acadêmico, além de consultas manuais em revistas científicas da área. Foram utilizados os descritores em inglês "Virtual Surgery", "Digital Surgery", "3D Planning", "Guided Surgery" e seus cruzamentos por meio dos operadores booleanos AND e OR. Não foi estabelecida restrição rígida quanto ao ano de publicação, com o intuito de permitir uma visão abrangente acerca da evolução histórica e tecnológica do tema, sendo incluídos estudos publicados entre 2010 e 2025.

Os critérios de inclusão para revisão foi composta por artigos originais, revisões da literatura, estudos experimentais, estudos clínicos e relatos de caso que abordassem procedimentos cirúrgicos odontológicos planejados exclusivamente por meio de recursos digitais, como softwares 3D, arquivos STL, DICOM, CAD/CAM e técnicas de cirurgia guiada. Sendo os critérios de exclusão artigos que tratassem apenas de técnicas convencionais, analógicas ou que não abordassem o planejamento digital como etapa essencial do procedimento cirúrgico.

Por se tratar de uma revisão narrativa, não foram aplicados protocolos sistemáticos de triagem, como avaliação por título, resumo e texto completo seguindo modelos padronizados, tampouco foram realizadas análises quantitativas ou metassínteses. Os estudos selecionados foram analisados de forma descritiva, interpretativa e contextual, buscando identificar tendências, vantagens, limitações e aplicações do planejamento digital em diferentes especialidades odontológicas, tais como implantodontia, periodontia e cirurgia bucomaxilofacial. A integração dos achados foi realizada de maneira discursiva, destacando-se a evolução das tecnologias digitais, o papel dos softwares de modelagem 3D, o fluxo digital (DICOM + STL + CAD/CAM), a confecção de guias cirúrgicos e os impactos desses avanços na previsibilidade, precisão e minimização do trauma cirúrgico. A revisão também buscou evidenciar as limitações relatadas na literatura, como custos de implementação e curva de aprendizado, com o objetivo de oferecer uma visão completa e atualizada do tema.

REVISÃO DE LITERATURA

A Odontologia a partir da segunda metade do século XXI passou por uma mudança na forma de planejar as cirurgias bucais e orofaciais, com o advento do planejamento digital. Tradicionalmente, o planejamento convencional na odontologia consistia em várias etapas clínicas e laboratoriais, envolvendo modelos de gesso para reabilitações bucais e cirurgias ortognáticas, ou etapas imagiológicas, realizado por meio de radiografias para delimitar altura e largura de

implantes osseointegrados. Esses planejamentos, apesar de apresentarem sucesso clínico ao longo do tempo, também apresentavam desvantagens, como falta de agilidade, sendo que sua taxa de sucesso clínico estava intimamente relacionado com seu longo tempo de planejamento; precisão, apesar de cada etapa ser elaborada, podia ser comprometida devido à sobreposição da técnica manual ou na falta de habilidade do planejador, interferindo na previsibilidade dos resultados esperados, tanto em procedimentos bucais quanto imagiológicos.

O planejamento digital trouxe uma nova perspectiva de trabalho, onde é possível realizar simulações detalhadas da cirurgia, indo desde bucais como faciais, proporcionando uma melhor previsibilidade do ato operatório, melhorando a comunicação com o paciente, diminuindo sua expectativa psicológica e entendendo as limitações de seu caso em específico (Amaral et al., 2020). O planejamento virtual é baseado na sobreposição de imagens provenientes de tomografias computadorizadas, escaneamentos intraorais e fotografias intra e extrabucais para proporcionar uma ampla visão diagnóstica (Mendes et al., 2019). A precisão aprimorada proporcionada pelo planejamento virtual não só beneficia os pacientes, mas também otimiza a eficiência clínica. A capacidade de visualizar e ajustar virtualmente os procedimentos contribui para uma execução mais suave e eficaz da cirurgia. Contribuindo significativamente para a redução do tempo clínico, otimizando os recursos e proporcionando uma experiência cirúrgica mais eficiente e satisfatória para o paciente (Póvoa et al., 2020). Outro aspecto crucial a ser destacado é a aplicabilidade do planejamento virtual em uma variedade de casos, desde situações simples até casos mais complexos, como assimetrias faciais. A flexibilidade dessa abordagem digital a torna uma ferramenta valiosa para a personalização do tratamento, atendendo às necessidades específicas de cada paciente. Assim, o planejamento virtual não apenas representa um avanço técnico, mas também oferece uma solução versátil e adaptável para uma ampla gama de condições (Schmidt e Alcantara, 2022).

Apesar das inúmeras vantagens supracitadas, a ideologia de trabalho baseada em fluxo totalmente digital apresenta algumas desvantagens clínicas se comparadas a um fluxo convencional de trabalho. A mais evidente se refere ao alto custo de investimento inicial com todo o suporte necessário para possibilitar um fluxo totalmente digital, sendo eles o custo de um scanner intra-oral, impressora odontológica, resinas e além do custo mensal do software 3D (Nikoyan e Patel, 2020). O software além do alto custo, apresenta uma desvantagem a ser destacada em relação à alta curva de aprendizagem que o cirurgião-dentista necessita para dominar as ferramentas do software, que além do tempo, pode-se incluir o valor de cursos de aprendizagem ou a terceirização diária para laboratórios especializados que apresentam o cadista em sua equipe laboratorial (Moreira et al., 2021)

O planejamento digital para planejamentos cirúrgicos bucais e orofaciais, segue um padrão de desenvolvimento com três pilares básicos: arquivo DICOM que é obtido através de uma tomografia computadorizada de feixe cônico; arquivo STL que é obtido através de um escaneamento intraoral das arcadas do paciente; e um software de modelagem 3D, no qual esses dois arquivos são combinados para

elaboração de um planejamento preciso de acordo com as especificidades do paciente.

A Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) é um método de diagnóstico por imagem, que utiliza a radiação X e que permite a obtenção da reprodução de uma secção do corpo humano nos planos axial, coronal e sagital (Poleti et al., 2010). A formação da imagem é baseada na atenuação que os raios-x sofrem ao atravessar a matéria e é reconstruída através de múltiplas projeções, gerando imagens tridimensionais. A maneira como os raios-x são atenuados e, portanto, o aspecto da imagem reconstruída, está associada basicamente à densidade do material. As informações obtidas podem ser armazenadas em arquivos DICOM em computador, sendo sua inserção no software essencial para a prototipagem, na qual serão confeccionados biomodelos

O escaneamento intraoral é um método de cópia das arcadas superior e inferior do paciente com precisão, para coleta de informações a serem enviadas ao software. O Escaneamento intraoral é armazenado no computador como um arquivo STL, onde será acoplado com o arquivo DICOM para se obter um modelo tridimensional do paciente (Barros et al., 2015). O arquivo STL pode ser obtido por dois meios: um por um fluxo totalmente digital e um por um tratamento híbrido. O Fluxo digital é obtido através de um escaneamento através de um scanner intraoral das arcadas para obtenção do StereoLithography (STL). O Tratamento Híbrido, consiste em uma moldagem convencional com materiais de moldagem para a obtenção do molde (cópia negativa), onde o mesmo deve ser vertido para obtenção de um modelo (cópia positiva), o qual pode ser realizado o escaneamento a mão ou um scanner de bancada.

Até o momento desse estudo, foram encontrados diversos tipos de software de modelagem 3D, cada um com suas vantagens e desvantagens e indicações de uso. Através do software, os arquivos STL e DICOM são unidos, por onde através dessa união é possível realizar uma visualização tridimensional detalhada da anatomia bucal. Por meio de software de design assistido por computador (CAD) e fabricação assistida por computador (CAM), os dentistas podem criar biomodelos digitais dos dentes, guias cirúrgicos e realizar diversas possibilidades virtuais da cirurgia, possibilitando realizar a opção escolhida com a maior precisão cirúrgica possível, podendo simular o final da cirurgia, antes mesmo de iniciar o tratamento

Na atual conjuntura, o planejamento digital para implantes osseointegrados trouxe grande evolução, com melhora no diagnóstico, precisão, previsibilidade e maior longevidade no tratamento reabilitador (Dinato, et al., 2019). O planejamento dos implantes seguindo o fluxo digital, é feito em um software apropriado com base na sobreposição das imagens geradas através da Tomografia Computadorizada Cone Beam e de escaneamento intraoral com scanner digital (Jesus, et al., 2022). O DSD é um mecanismo multifuncional que pode contribuir com a equipe restauradora por meio do tratamento, melhorando a compreensão das análises estéticas e ampliando a aceitação do tratamento pelo paciente, fortalecendo a visão diagnóstica. O emprego de linhas de referências e desenhos sobre as fotografias faciais e intrabucais melhora a percepção diagnóstica e facilita a análise das

limitações, fatores de risco e princípios estéticos (Flügge et al.,2022). A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), como ferramenta de imagem tridimensional (3D), em combinação com software de planejamento de implantes, facilitou o planejamento virtual do implante, definido por parâmetros estruturais protéticos e anatômicos . A partir desse planejamento virtual do implante, é produzido um modelo de ajuste estático personalizado com guias de broca, resultando na transferência precisa do posicionamento virtual do implante planejado para o paciente, o que facilita a colocação da prótese ao final da cirurgia.

Através da coleta de dados submetidos ao software de modelagem 3D, o profissional pode confeccionar um guia cirúrgico, o qual é fabricado usando tecnologia de impressão 3D sob medida para cada paciente (Lanis e Alvarez, 2015). O qual apresenta como principais vantagens: uma transferência da posição tridimensional exata do implante dentário, além de não necessitar de exposição do retalho cirúrgico (flapless) em muitos casos, tornando a cirurgia minimamente invasiva, tornando a experiência do paciente positiva, devido uma recuperação pós-operatória menos dolorosa. O software auxilia nas medições de distância entre os implantes planejados (3 mm) e entre o implante e estruturas nobres, como em situações de reabilitação em mandíbulas atroficas e sua relação com nervo alveolar inferior (Flügge et al.,2022). Após a impressão do guia cirúrgico, é necessário verificar sua adaptação na arcada dentária. O guia cirúrgico deve permitir a colocação do implante na posição pré-estabelecida pelo operador com o eixo de inserção que seja inflexível e estável durante o ato cirúrgico (Brito et al., 2021). Os guias podem ser para implantes parciais na arcada, onde são apoiados sobre dente, mucosa e osso, ou de arcada total, no qual é apoiada sobre mucosa e osso na qual a colocação de implantes sem retalho assistida por computador, por meio de modelos suportados por mucosa, em restaurações de arco completo, pode ser considerada uma opção de tratamento confiável e previsível (Carosi, et al., 2022).

O planejamento digital trouxe inúmeras vantagens em relação à técnica convencional, como menor tempo cirúrgico, pós-operatório mais confortável, menor trauma cirúrgico que são pilares associados ao termo cirurgia minimamente invasiva (CMI) além de possibilitar um posicionamento mais previsível e preciso do implante dentário, garantindo assim uma estabilidade primária (Cremonini et al.,2015). A outra desvantagem que entra como pauta se dá pelo alto custo envolvido em todo sistema de hardware envolvido, a curva de aprendizado que o profissional precisa ter ao adquirir o software de modelagem 3D, necessitando de cursos de treinamento ou pela terceirização do trabalho para o desenho do guia. A outra desvantagem que entra como pauta se dá pelo alto custo envolvido a todo sistema de hardware envolvido, que inclui scanner intra-oral, impressoras 3D, aplicativo do software. E apesar dos benefícios potenciais dos guias cirúrgicos digitais para aprimorar a precisão da colocação de implantes, existe o risco de desvios, principalmente em relação à profundidade e ao desvio angular do implante. Diversos fatores contribuem para a precisão da cirurgia guiada por implantes, incluindo a precisão da aquisição e integração de dados, os tipos de modelos de guias cirúrgicos, a experiência do cirurgião, as abordagens cirúrgicas e os sistemas de guia empregados (Floriani et al., 2024).Na comparação entre a técnica de

instalação de implantes utilizando guia cirúrgico ou à mão livre, os resultados foram superiores com o uso do guia. A técnica guiada aproximou as medidas mesiodistais e a localização do ápice do implante muito mais da posição alvo do implante do que a técnica à mão livre, além de a angulação do implante para o procedimento guiado foi significativamente mais próxima da posição planejada do que para a abordagem à mão livre (Hama et al. 2024).

A periodontia associada ao digital smile design (DSD) se tornou um grande marco na odontologia moderna. O DSD consiste na análise fotográfica do sorriso em diferentes ângulos através da relação das proporções faciais e dentárias de cada paciente e suas relações com as demais estruturas. A partir disso, essas informações são organizadas em um software 3D criando o sorriso digital através de desenhos de linhas e formas de referência sobre as fotografias, seguindo uma sequência predeterminada (Coachman et al., 2012). O DSD proporcionou nova perspectiva na execução de cirurgias periodontais, sendo uma ferramenta conceitual multiuso que pode fortalecer a visão diagnóstica, melhorar a comunicação Interprofissional, estabelecer uma comunicação com paciente e aumentar a previsibilidade ao longo do tratamento (Coachman et al., 2012).

O aumento de coroa clínica na área estética é um procedimento realizado tradicionalmente a partir da sondagem e demarcação manual, seguida pela incisão e remoção dos tecidos, que tem como objetivo a correção da morfologia dental para gerar um sorriso mais equilibrado e harmônico, respeitando o espaço supracrestal determinando se haverá ou não desgaste ósseo. Esta técnica apresenta riscos de falhas como a remoção excessiva do tecido gengival e/ou ósseo, o que pode prejudicar o resultado do procedimento (Domingues et al., 2021). Através da associação do STL, DICOM, DSD, CAD/CAM e o Software foi possível criar um guia cirúrgico periodontal que busca auxiliar na remoção precisa de tecido gengival e na osteotomia dos tecidos supracrestais dando mais conforto ao operador, gerando um resultado mais satisfatório e preciso para o paciente (Alazmi, 2025). Através do guia é possível uma remoção precisa, linear, simétrica de tecido gengival e ósseo. Em um estudo de 2024 com 16 pacientes nos quais foram realizados procedimentos de aumento de coroa, em uma parte com auxílio de guias periodontais, e outra parte a mão livre, notou -se que houve diferença estatística entre ambos os grupos em termos de tempo operatório, sendo o grupo de estudo cuja cirurgia foi feita com o guia, o tempo foi significativamente menor (Borham et al., 2024)

O Guia cirúrgico periodontal se destacou pela previsibilidade, comunicação com o paciente, melhorando o controle pré-operatório do mesmo, garantindo um resultado estético e funcional, seguro (Nunes et al., 2020). Historicamente, as cirurgias de aumento de coroa clínico necessitam grande exposição de retalho cirúrgico para demarcação com sonda, visualização da quantidade de osso a ser removida. O guia possibilitou menor trauma cirúrgico a região tecidual, devido a melhor precisão no planejamento, gerando como consequência um menor tempo de intervenção, que são fatores que tornam o pós-operatório superior em relação à técnica convencional devido diminuição de uso de medicamentos com objetivo de analgesia e anti-inflamação, mas também devido à cicatrização (Nahmias et al.,

2022). Além da mínima intervenção as possibilidades com o que, Pedrinacci et. al. (2023), chama de protótipos anatômicos multifuncionais, também podem se tornar uma excelente ferramenta de comunicação, visto que a principal indicação do tratamento é a melhora estética (Pedrinacci et. al., 2023)

O Auxílio de software de modelagem 3D seja para cirurgias menores como extrações de terceiros molares inclusos próximos às estruturas nobres até para cirurgias grandes com o objetivo de correção de deformidades dentofaciais com a cirurgia ortognática, apresentaram um novo padrão no planejamento de casos. (Schmidt e Alcantara, 2022).

O planejamento virtual para cirurgia ortognática se tornou o padrão ouro e o mais utilizado nos dias atuais. Por se tratar de um procedimento invasivo, que busca encontrar um perfil facial simétrico através de nova posição maxilo-mandibular a quantidade de detalhes se torna um pilar precioso. O planejamento virtual possibilita um salto cirúrgico preciso quando comparado ao método convencional (Póvoa et al., 2020). Através do escaneamento intraoral (STL) se tornou possível a criação de modelos 3D mais fieis à arcada do paciente, que possibilita a criação de splints cirúrgicos para o melhor trans-operatório. Todas as informações coletadas, assim como na forma de planejamento de outras etapas cirúrgicas são inseridas no software de modelagem 3D por onde é realizada uma simulação cirúrgica no momento da cirurgia (Hsu et. al., 2013). Com a cirurgia pré definida, os mesmos passos virtuais são passados para a sala cirúrgica, garantindo uma melhor precisão no ato cirúrgico, melhor execução clínica, tornando o procedimento mais rápido e melhor suportado para o paciente (Silvia, et al., 2020). Todos esses benefícios podem fazer com que o tempo e as intercorrências do planejamento e o tempo cirúrgico diminuam quando comparadas ao planejamento convencional, melhorando a agilidade do ato operatório, mostrando um antes e depois muito próximo da realidade clínica do paciente a ser alcançada, melhorando a comunicação e respondendo às expectativas que o tratamento pode alcançar (Oliveira et. al, 2024).

O objetivo primário da cirurgia com implantes dentários osseointegrados é devolver a função, estética e saúde ao paciente através de uma prótese dentária. Historicamente, sempre houve um tempo clínico maior para a fabricação das mesmas. Com o advento do planejamento digital houve a possibilidade de uma prótese pré-fabricada que conseguisse atender às mesmas demandas funcionais em um menor tempo clínico (Reiz et al., 2014).

Após a coleta de informações padrões que incluem no planejamento digital, sendo STL, DICOM, CAD, CAM são todas inseridas no software de modelagem 3D, onde a prótese dentária pode ser planejada ao mesmo tempo do planejamento cirúrgico. O planejamento do guia cirúrgico corresponde à futura posição dos implantes delimitados pelo operador, assim que a posição estiver correta, o modelo de gesso virtual e o guia cirúrgico são impressos. Assim, é realizada uma cirurgia no modelo virtual com os implantes osseointegrados nas posições pré-estabelecidas pelo operador com auxílio do guia cirúrgico, por onde é verificado se a adaptação e posição estão equivalentes a do planejamento virtual. Com a

aprovação da posição e distribuição dos implantes osseointegrados, são instalados os transferentes digitais no modelo, o qual passa por um novo escaneamento do modelo. Assim que o novo arquivo STL chega no software é confeccionado uma barra cirúrgica e impressa 3D a partir de uma material calcinável. Com a instalação dos pilares protéticos, a barra impressa foi levada em posição para testar sua passividade e encaixe no guia cirúrgico e nos pilares protéticos. Constatada a adaptação a guia cirúrgica foi removida e foi possível utilizar a barra confeccionada para futura confecção da prótese total fixa sobre implantes. Essa técnica possibilitou o desenvolvimento de uma barra protética final, verdadeiramente guiada pela posição planejada dos implantes, obtendo a prótese final imediatamente após a cirurgia (Candeias, 2018).

Dentre as inúmeras vantagens que essa técnica representa em relação ao método convencional, pode-se destacar a agilidade, a qual a reabilitação consegue ser entregue ao paciente, ganhando muito tempo em relação ao método convencional (Aires e Berger, 2016). Controle de arquivos, por estar salvo no software, caso ocorra quebra da prótese, ou outro componente, a mesma pode ser impressa da onde parou, sem necessitar recomeçar o processo desde o início (Greenberg, 2015). Candeias 2018, realizou uma análise comparativa entre os dois métodos de planejamento e chegou a conclusão que técnica de impressão de barra protética guiada por uma guia cirúrgica também impressa e planejada em um software de planejamento odontológico demonstrou, em teste e análise em modelo de estudo, alta eficácia no aspecto de posicionamento 3D, adaptação da barra protética sobre os implantes e melhor agilidade em reabilitar o paciente edêntulo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O avanço das tecnologias digitais na odontologia representou um marco significativo na transformação dos métodos de planejamento e execução cirúrgica, promovendo maior precisão, previsibilidade e segurança nos procedimentos clínicos. A partir desta revisão de literatura, foi possível observar que as cirurgias minimamente invasivas (CMI), apoiadas por softwares de modelagem 3D e fluxos digitais, tornaram-se uma alternativa eficaz às técnicas convencionais, reduzindo o trauma tecidual, o tempo cirúrgico e proporcionando um pós-operatório mais confortável ao paciente. Constatou-se que o planejamento virtual, por meio da integração dos arquivos DICOM e STL, aliado a softwares CAD/CAM, possibilita uma visualização tridimensional detalhada da anatomia do paciente, permitindo simulações cirúrgicas realistas e a confecção de guias personalizados. Esses fatores contribuem diretamente para resultados clínicos mais previsíveis e esteticamente satisfatórios, tanto em áreas reabilitadoras, como a implantodontia e a prótese dentária, quanto em especialidades como a periodontia e a cirurgia bucomaxilofacial.

Entretanto, é importante destacar que, apesar das vantagens expressivas, o uso das tecnologias digitais ainda enfrenta desafios, como o alto custo de implementação, a necessidade de equipamentos específicos (scanner intraoral, impressoras 3D e softwares especializados) e a curva de aprendizado exigida dos

profissionais. Esses fatores podem limitar a adoção plena do fluxo digital em algumas realidades clínicas, especialmente em consultórios de menor porte. De modo geral, a odontologia digital e o conceito de cirurgias minimamente invasivas representam uma evolução irreversível na prática odontológica moderna. O futuro da área tende à ampliação e aperfeiçoamento dessas tecnologias, com o objetivo de torná-las mais acessíveis, intuitivas e economicamente viáveis, permitindo que um número cada vez maior de profissionais e pacientes usufruam dos benefícios proporcionados pela integração entre tecnologia, precisão e biologia.

Assim, conclui-se que o planejamento digital não apenas aprimora os resultados clínicos, mas também redefine a forma como a odontologia é pensada e executada, marcando uma nova era pautada na previsibilidade, personalização e excelência dos tratamentos.

AGRADECIMENTOS

Ao nosso orientador, professor Flávio Roberto Machado Justo, pela orientação no desenvolvimento deste trabalho.

As nossas famílias, pelo apoio e compreensão.

Ao Centro Universitário Integrado por conceder as condições para realização deste trabalho.

Aos nossos amigos pelo companheirismo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIRES, I.; BERGER, J. Planning Implant Placement on 3D Stereolithographic Models Applied with Immediate Loading of Implant-Supported Hybrid Prostheses After Multiple Extractions: A Case Series. **The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants**, v. 31, n. 1, p. 172–178, jan. 2016.

ALAZMI, S. O. Three Dimensional Digitally Designed Surgical Guides in Esthetic Crown Lengthening: A Clinical Case Report with 12 Months Follow Up. **Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry**, v. Volume 14, p. 55–59, fev. 2022.

AMARAL, E. C. et al. Análise comparativa entre os métodos de planejamento convencional e virtual 3D em cirurgia ortognática. In: **CONGRESSO PECIBES**, 6., 2020, São Paulo. Anais... São Paulo: PECIBES, p. 1–1.2020.

BARROS, V. DE M. et al. Definitive Presurgical CAD/CAM-Guided Implant-Supported Crown in an Esthetic Area. **Brazilian Dental Journal**, v. 26, n. 6, p. 695–700, dez. 2015.

BORHAM, E. et al. Treatment of excessive gingival display using conventional esthetic crown lengthening versus computer guided esthetic crown lengthening: (a randomized clinical trial). **BMC oral health**, v. 24, n. 1, 9 mar. 2024.

BRITO, E. M. et al. Planejamento digital para cirurgia guiada com implantes dentários: relato de caso. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e424101523080, 29 nov. 2021.

DINATO, J. C. et al. Fluxo digital facilitando a cirurgia guiada com implante, pilar personalizado e provisório imediato. **Full Dentistry in Science**, v. 10, n. 39, p. 167–181, 2019.

CANDEIAS, B. P. Planejamento digital e impressão 3D, aplicado em reabilitações totais fixas sobre implantes. **Dissertação (Mestrado Profissional) — Instituto de Ciência e Tecnologia**, Universidade Estadual Paulista (Unesp), São José dos Campos, 2018. 44 f.

CAROSI, P. et al. Precisão da colocação de implantes sem retalho assistida por computador por meio de modelos suportados por mucosa em restaurações de arco completo: uma revisão sistemática. **Materials**, v. 15, n. 4, p. 1462, 2022.

COACHMAN, C.; CALAMITA, M.; SCHAYDER, A. Digital smile design: uma ferramenta para planejamento e comunicação em odontologia estética. **DICAS — Prótese Laboratorial**, v. 1, n. 2, 2012.

CREMONINI C. C. et al. Utilização de guias cirúrgicas para colocação de implantes dentários. Revisão de literatura. **Brazilian Journal of Periodontology**. v. 25, n. 02, p. 41–47, 10 abr. 2015.

DOMINGUES, L. O. et al. Cirurgia plástica periodontal: gengivectomia e gengivoplastia: relato de caso clínico. **E-Acadêmica**, v. 2, n. 2, e012224, 2021.

FLÜGGE, T. et al. Digital implantology—a review of virtual planning software for guided implant surgery. Part II: Prosthetic set-up and virtual implant planning. **BMC Oral Health**, v. 22, n. 1, 30 jan. 2022.

FLORIANI, F. et al. Depth distortion and angular deviation of a fully guided tooth-supported static surgical guide in a partially edentulous patient: A systematic review and meta-analysis. **Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists**, v. 33, n. S1, p. 10–24, 2024.

GREENBERG, A. M. Digital Technologies for Dental Implant Treatment Planning and Guided Surgery. **Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America**, v. 27, n. 2, p. 319–340, maio 2015.

HAMA, D. R.; MAHMOOD, B. J. Comparison of accuracy between free-hand and surgical guide implant placement among experienced and non-experienced dental implant practitioners: an in vitro study. **Journal of periodontal & implant science**, v. 53, n. 5, p. 388–401, 2023.

HSU, S. S.-P. et al. Accuracy of a Computer-Aided Surgical Simulation Protocol for Orthognathic Surgery: A Prospective Multicenter Study. **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 71, n. 1, p. 128–142, jan. 2013.

JESUS, M. S. B. et al. Fluxo digital com pacientes edêntulos totais em implantodontia. **Revista da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal da Bahia**, Salvador, v. 52, n. 1, 2022.

LANIS, A.; ALVAREZ DEL CANTO, O. The Combination of Digital Surface Scanners and Cone Beam Computed Tomography Technology for Guided Implant Surgery Using 3Shape Implant Studio Software: A Case History Report. **International Journal of Prosthodontics**, v. 28, n. 2, p. 169–178, mar. 2015.

MENDES, E. P.; AMORIM, L. S.; LESSA, Â. G. Workflow digital na implantodontia, do planejamento cirúrgico à reabilitação protética: Revisão de Literatura. ID on line **REVISTA DE PSICOLOGIA**, v. 13, n. 47, p. 1145–1160, 28 out. 2019.

MOREIRA, R. H. et al. Fluxo digital no planejamento e execução de reabilitações orais estéticas: Uma revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e54810616165, 9 jun. 2021.

NIKOYAN, L.; PATEL, R. Intraoral Scanner, Three-Dimensional Imaging, and Three-Dimensional Printing in the Dental Office. **Dental Clinics of North America**, v. 64, n. 2, p. 365–378, abr. 2020.

NAHMIAS, H. L. M. et al. Uso do perioguide na cirurgia para correção do sorriso gengival. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. e32111225856, 26 jan. 2022.

NUNES, I. DA S. et al. Utilização do DSD para a correção da estética vermelha do sorriso com técnica cirúrgica suficientemente invasiva. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, n. 47, p. e3127, 30 abr. 2020.

OLIVEIRA, L. G. S. L. de et al. Comparative study between virtual planning and conventional planning for orthognathic surgery: literature review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 13, n. 7, p. e454994613, jul. 2024.

PEDRINACCI, I. et al. Multifunctional anatomical prototypes (MAPs): Treatment of excessive gingival display due to altered passive eruption. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 35, n. 7, p. 1058–1067, 20 abr. 2023.

POLETI, M. L. et al. Imagens obtidas por Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico: o que são, quando e como usá-las? **Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.**, v. 64, n. 6, p. 462–463, 2010.

PÓVOA, R. C. D. S., ARANTES, E. R., & LOURO, R. S. Planejamento virtual em cirurgia ortognática para tratamento de assimetria – relato de caso. **Brazilian Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, Niterói, v. 18, n. 3, p. 1–4, 2020.

REIZ, S. D. et al. Cerec meets Galileos--integrated implantology for completely virtual implant planning. **International Journal of Computerized Dentistry**, v. 17, n. 2, p. 145–157, 2014.

SCHMIDT, B. I. S.; ALCANTARA, A. B. A. Planejamento virtual para otimização da cirurgia ortognática: revisão integrativa. **Revista Ciências da Saúde**, Pindamonhangaba, v. 7, n. 3, p. 48–54, 2022.

VILAR, D. F. DA S. et al. FLUXO DIGITAL E A CIRURGIA GUIADA NA IMPLANTODONTIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA. **Revista CPAQV - Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida**, v. 16, n. 3, p. 22, 2024.