



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**REABILITAÇÃO ORAL TOTAL IMPLANTO SUPORTADA  
ATRAVÉS DE CIRURGIA GUIADA DIGITAL; É HOJE UMA  
REALIDADE?**

Trabalho submetido por  
**Ivan Miguel Branco Nunes**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

**outubro de 2022**





**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**REABILITAÇÃO ORAL TOTAL IMPLANTO SUPORTADA  
ATRAVÉS DE CIRURGIA GUIADA DIGITAL; É HOJE UMA  
REALIDADE?**

Trabalho submetido por  
**Ivan Miguel Branco Nunes**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por  
**Prof. Doutor Sérgio Félix**

**outubro de 2022**



## **Dedicatória**

Miguel e Rafael, vocês são a luz da minha vida!



## **Agradecimentos**

Ao Prof. Doutor Sérgio Félix do IUEM, por ter aceite orientar esta tese, pela sua disponibilidade e pelo seu precioso contributo através de opiniões e sugestões dadas durante a realização deste trabalho.

A todos os Professores, colegas e funcionários do IUEM, que me acompanharam e me ajudaram neste percurso académico

À minha mulher e aos meus filhos, por serem quem são, pela força e motivação que me dão todos os dias. Amo-vos muito!

Aos meus avós, que me criaram, educaram, que me deram todo o conforto, amor e ajuda quando precisei.

Ao meu pai, por me ter ajudado a pagar o curso e de ser a pessoa espetacular que é.

À minha mãe, por todas as aventuras e bons momentos vividos e por ser a guerreira que é.

À minha irmã, por ser o exemplo de pessoa que sempre segui.

Ao meu tio e prima, por todos os bons momentos vividos.

Às pessoas do meu local de trabalho, que me proporcionaram a possibilidade de conciliar o trabalho e os estudos.

Aos meus amigos e colegas, por serem quem são.

.



## Resumo

Nesta revisão bibliográfica, o tema Reabilitação oral total implanto suportada através de cirurgia guiada digital foi o foco principal da revisão. Ao longo da revisão, foram descritos aspectos em relação ao tema. Esses aspectos incluem, obtenção de dados, sobreposição de dados e processamento que integram num fluxo de trabalho digital de cirurgia guiada.

Através de Softwares específicos a sobreposição das imagens de CBCT em formato DICOM com imagens em formato STL obtidas através de *scanners* IOS ou EOS, permitem a possibilidade de um planeamento virtual de colocação de implantes e de uma reabilitação imediata através de cirurgia guiada.

A tecnologias de CAD/CAM traz o design virtual para a realidade, e permite que processos aditivos ou subtrativos sejam utilizados durante a confecção da guia cirúrgica e da reabilitação.

Através de guias empilháveis é possível que a cirurgia seja guiada desde a osteotomia ou da regeneração óssea à colocação dos implantes e da reabilitação imediata conforme o planeamento virtual.

O protocolo de cirurgia guiada permite em algumas condições, a colocação de implantes sem abertura de retalho o que possibilita uma cirurgia minimamente invasiva tornando-se o pós-operatório mais cómodo para o paciente.

Esta técnica é sensível a uma acumulação de erros em todas as suas etapas que se podem traduzir numa posição dos implantes e da reabilitação diferente da planeada.

Objetivos: Com base na literatura científica publicada sobre reabilitação oral total implanto suportada através de cirurgia guiada digital, este trabalho pretende avaliar de que forma o procedimento torna os tratamentos menos invasivos, bem como melhora a precisão e previsibilidade de sucesso, quando comparado com métodos convencionais.

Metodologia: Propomo-nos a realizar uma revisão, na qual iremos ter em conta artigos publicados disponíveis nas bases de dados Pubmed, Cochrane, Biomed-Central, EBD, CEBD, JEBDP em B-On, com MeSH *Words*: “*computer-guided implant surgery*”, “*planning for oral rehabilitation*”, “*CAD-CAM*”, “*Implant-supported Prosthesis*”.



## **Abstract**

The main focus of this paper review was the topic Total implant oral rehabilitation supported through digital guided surgery. Throughout the review, different aspects related to the topic were described. These include data collection, recording and processing, which integrate a digital guided surgery workflow.

Through specific software, overlaying CBCT images in DICOM format with images in STL format obtained through IOS or EOS *scanners*, allows the possibility of virtual planning of implant placement and immediate rehabilitation through guided surgery.

CAD/CAM technologies turn virtual design into reality. Additive or subtractive processes are used during the preparation of the surgical guide and rehabilitation.

Through stackable guides, it is possible for surgery to be guided from osteotomy or bone regeneration to implant placement and immediate rehabilitation according to the virtual planning.

In some conditions, the guided surgery protocol allows flapless implants placement, which allows a minimally invasive surgery, making the postoperative period more comfortable for the patient.

The technique is sensitive to error accumulation in all its stages, which can translate into a position of the implants and rehabilitation different than planned.

Objective: Based on the published scientific literature on implant-supported total oral rehabilitation through digitally guided surgery, this work aims to evaluate how the procedure makes treatments less invasive, as well as improves the accuracy and predictability of success, when compared to conventional methods.

Method: We propose to carry out a review that will take into account articles published and available in Pubmed, Cochrane, Biomed-Central, EBD, CEBD, JEBDP databases in B-On, with MeSH Words: “computer-guided implant surgery”, “planning for oral rehabilitation”, “CAD-CAM”, “Implant-supported Prosthesis”.



# Índice Geral

Resumo.....	1
Abstract .....	3
Índice de Figuras .....	7
Lista de Siglas .....	9
I. Introdução.....	11
II. Objetivos e Método .....	13
III. Desenvolvimento.....	15
3.1. Fluxo de Trabalho Digital .....	15
3.2. Recolha de Dados.....	16
3.2.1. CBCT.....	16
3.2.2. <i>Scanner</i> Intraoral e Extraoral - IOS e EOS.....	18
3.2.3. Desenho Digital do Sorriso - DSD .....	20
3.3. Planeamento e <i>Design</i> Digital .....	24
3.3.1. <i>Softwares</i> de planeamento .....	24
3.3.2. Registo.....	27
3.3.3. Considerações anatómicas.....	30
3.3.4. Design da guia .....	32
3.3.5. Articulador virtual .....	33
3.4. Confeção.....	35
3.5. Conversão de Próteses Totais Convencionais em Guias.....	36
3.6. Guias Empilháveis.....	37
3.6.1. Guias de redução óssea.....	39
3.6.2. Guia de elevação de seio maxilar .....	40
3.7. Esterilização de Guias Cirúrgicas.....	41
3.8. Navegação Dinâmica.....	43
IV. Discussão.....	45
4.1. Ausência de Referências Anatómicas .....	45
4.2. Método de Confeção .....	46
4.3. Sistema de Implantes.....	47
4.4. Experiência do Operador.....	48
4.5. Design da Guia.....	49
4.6. Sobreaquecimento na Cirurgia Guiada.....	50
Conclusão.....	53
Bibliografia .....	55



## Índice de Figuras

Figura 1. <i>Softwares</i> de DSD disponíveis no fluxo de trabalho digital. (Adaptado de Jafri et al., 2020).....	21
Figura 2. Principais dados de imagem para criar um DSD .....	23
Figura 3. Softwares de planeamento digital em cirurgia guiada de implantes .....	24



## Lista de Siglas

ALARA: Exposição à radiação do paciente tão baixa quanto razoavelmente possível

AM: Fabrico Aditivo

CAD: Desenho Assistido por Computador

CAM: Fabrico Assistido por Computador

CBCT: Tomografia Computorizada de Feixe de Cônico

CDX: *coDiagnostiX™, DentalWings, Canada*

CLIP: Produção Contínua de Interface Líquida

CT: Tomografia Computorizada

DICOM: Imagem Digital e Comunicação em Medicina

DMD: Dispositivo Digital de Micro Espelho

DLP: Processamento de Luz Digital

DLS: *Scanner* de Laboratório Dentário

DMLS: Digitalização Direta a Laser de Metal

DSD: Desenho Digital do Sorriso

EBM: Fusão por Feixe de Eletrões

EOS: *Scanner* Extraoral

FDA: Food and Drug Administration

FDM: Filamento Contínuo de Polímero semifundido

FFF: Técnica de Fabricação com Filamento fundido

FOV: Campo de Visão

HU: Unidade Hounsfield

IOS: *Scanner* intraoral

IST: *ImplantStudio, 3Shape, Denmark*

MPD: Dispositivo de posicionamento mecânico

NC: *NobelClinician™, Nobel Biocare, Switzerland*

OBJ: Ficheiro em Formato de Geometria

PLY: Ficheiro em Formato de Polígono

PMMA: Polimetilmetacrilato

s-CAIS: Cirurgia Estática de Implantes Assistida por Computador

SIM: *Simplant Pro™, Dentsply, Sweden*

SLA: Estereolitografia

SLM: Fusão Seletiva a Laser

SMP: *Smop™, Swissmeda, Switzerland*

STL: Linguagem Triangular de Superfície

## I. Introdução

A reabilitação com Próteses Totais Implanto Suportadas é cada dia mais uma opção de tratamento para reabilitar pacientes edêntulos, em especial quando as próteses mucos suportadas não apresentam retenção, suporte e estabilidade devido à atrofia óssea (Hobkirk, & Zarb, 2012).

A previsibilidade da reabilitação imediata sobre implantes de arcadas completas é descrita com sucesso na literatura científica desde a década de 1990, apresentando taxas de sucesso de 85 a 97% (Schnitman et al., 1997).

Os protocolos de carga imediata de uma prótese provisória permitem apenas uma cirurgia, reduzindo o desconforto do paciente. Além disso, permitem a redução da reabsorção de tecidos nos dois terços da redução, que ocorre nos três primeiros meses, para além de orientar a cicatrização do tecido para uma posição estética ideal, aproveitando então a cicatrização dos alvéolos após as extrações dentárias (Schropp et al., 2003).

A carga imediata de próteses totais sobre implantes pode representar um grande desafio para o paciente, médico dentista e o técnico de laboratório. Obter referências estáveis e um registo oclusal preciso após a colocação de implantes para fornecer uma prótese provisória é uma tarefa difícil e pode desviar-se do plano de tratamento inicial (Espona et al., 2021).

Determinados protocolos convencionais foram baseados na conversão de uma prótese total removível existente ou prótese imediata em uma prótese total provisória fixa, como acontece com a técnica de captação. Essa conversão é intensiva em mão-de-obra, muito sensível à técnica, e muitas vezes o resultado pode ser imprevisível (Espona et al., 2021).

Para prever da melhor forma o sucesso de um tratamento, é fundamental o seu planeamento, um correto posicionamento dos implantes, e que o mesmo que não comprometa estruturas anatómicas tais como o nervo alveolar inferior e o seio maxilar. Deveremos deste modo prevenir consequências estéticas e/ou funcionais comprometedoras (D'Haese et al., 2017).

As tecnologias digitais utilizadas na Medicina Dentária, em particular na cirurgia guiada de implantes possibilita a resolução de alguns desses riscos (Colombo et al., 2017).

A colocação de implantes direcionados a partir de uma guia de perfuração cirúrgica, planeada através de sistemas de design e de confecção assistida por computador (CAD/CAM), pode inclusive possibilitar um protocolo de cirurgia sem retalho, permitindo o posicionamento de implantes específicos em locais determinados pré-cirurgicamente, e tudo isto pode ser programado através das imagens prévias por exemplo de uma tomografia computadorizada (CT). Desta forma há a possibilidade de se realizar um tratamento minimamente invasivo (Vercruyssen et al., 2008).

Em 2002, o conceito de planeamento em *software* e a realização de técnicas cirurgicamente guiadas combinadas com o conceito e protocolo de carga imediata foi clinicamente introduzido em Leuven, Bélgica. Estes primeiros tratamentos foram limitados à maxila edêntula e exigiram um retalho de espessura total. Posteriormente, o procedimento foi melhorado para incluir a colocação de implantes numa abordagem sem retalho, através do planeamento virtual, produzindo uma guia cirúrgica estereolitográfica e incorporando mangas de precisão em titânio para a perfuração (Van Steenberghe et al., 2005).

## II. Objetivos e Método

Com base na literatura científica publicada sobre reabilitação oral total implanto suportada através de cirurgia guiada digital, este trabalho tem como objetivo avaliar de que forma o procedimento torna os tratamentos menos invasivos, bem como melhora a precisão e previsibilidade de sucesso, quando comparado com métodos convencionais.

A metodologia aplicada baseou-se numa revisão da literatura, a qual teve em conta artigos publicados disponíveis nas bases de dados Pubmed, Cochrane, Biomed-Central, EBD, CEBD, JEBDP em B-On, com MeSH *Words*: “*computer-guided implant surgery*”, “*planning for oral rehabilitation*”, “*CAD-CAM*”, “*Implant-supported Prosthesis*”.



### III. Desenvolvimento

#### 3.1. Fluxo de Trabalho Digital

O fluxo de trabalho digital de planeamento de implantes pré-operatório para cirurgia de implantes guiada inclui a aquisição e o processamento de dados digitais, através de um design assistido por computador (CAD) e pela confecção assistida por computador (CAM) (Flügge et al., 2022).

Através do planeamento da posição dos implantes, baseada na anatomia óssea residual e na reabilitação protética ideal, a informação é transferida para a confecção de uma guia cirúrgica (Bornstein et al., 2017).

Atualmente, existem dois protocolos para a colocação de implantes assistida por computador: os protocolos totalmente guiados (FG) e os guiados apenas por broca piloto (PG). O protocolo FG tem a vantagem de todo o procedimento ser controlado desde a perfuração até à colocação dos implantes através de guia cirúrgica. O protocolo PG é uma forma abreviada no qual só a broca piloto é guiada, e as restantes fases do procedimento cirúrgico no protocolo PG são concluídas à mão livre.

O protocolo PG está frequentemente relacionado a programas de *software* de código aberto que permitem orientar a produção das guias cirúrgicas em impressoras a três dimensões (3D), daí o protocolo PG ser geralmente mais económico do que o protocolo FG. No entanto, e como já foi dito anteriormente, o protocolo PG não permite controlar todas as etapas da colocação dos implantes (Abduo & Lau, 2020).

Os vários meios digitais disponíveis na Medicina Dentária possibilitam uma perspetiva virtual craniofacial a 3D. A sobreposição de tomografia computadorizada de Feixe de Cónico (CBCT) em formato de ficheiros de Imagem Digital e Comunicação em Medicina (DICOM), com a digitalização em formato de ficheiro de Linguagem Triangular de Superfície (STL), e com ficheiros de fotografias digitais, possibilita o planeamento da reabilitação oral, através de sistema de desenho e confecção assistida por computador (Joda & Gallucci, 2015).

Com os sistemas de *software* específicos, é possível então a configuração da prótese de uma forma virtualmente projetada e os implantes serem posicionados em relação à

configuração da prótese e anatomia individual de modo a alcançar uma posição ideal dos implantes (D'Haese et al., 2017).

### **3.2. Recolha de Dados**

#### **3.2.1. CBCT**

A vantagem geral do uso da CBCT na cirurgia de implantes dentários está relacionada com a sua capacidade de adquirir dados de imagem volumosas e detalhadas da região maxilofacial para fins de diagnóstico e planeamento pré-cirúrgico (Jacobs et al., 2018).

Doses de radiação eficazes da CBCT são tipicamente muito mais baixas dos níveis de tomografia espiral CT, sendo assim consideradas como uma verdadeira vantagem. Infelizmente, os sistemas CBCT disponíveis comercialmente parecem variar enormemente. É importante salientar que a CBCT pode apresentar uma enorme gama de configurações de parâmetros, também criando uma enorme variação na saída de dose e qualidade da imagem (Jacobs, 2011).

As imagens CBCT são geralmente consideradas oferecendo uma alta resolução espacial com tamanhos *voxel* de conjuntos de dados de CBCT reconstruídos variando entre 0,08 e 0,4 mm, os pequenos tamanhos de *voxel* podem ser diagnosticamente úteis para casos em que pequenas estruturas, como canais radiculares e tecidos periodontais que precisam de ser tratados. A variação também é observada quando se trata de precisão de segmentação, sendo que este é um fator crucial para um planeamento virtual integrado, incluindo modelos maxilo faciais, fabricação de guias radiográficas e cirúrgicas, bem como outros componentes protéticos. A CT muitas vezes tem uma melhor resolução de contraste, auxiliando a segmentação e diminuindo as taxas de erro em comparação com a CBCT (Jacobs, 2011).

A CBCT usa uma fonte em forma de feixe-cônico de radiação ionizante, e o feixe é direcionado através do meio da área de interesse (campo de visão, ou FOV). O feixe cobre todo o FOV; portanto, apenas é necessária uma rotação do pórtico. O campo de visão depende do tamanho e forma do detetor, da geometria da projeção do feixe e da capacidade de colimação do feixe.

A CBCT pode ser categorizada pelo FOV disponível, que geralmente varia de 4 a 30 cm, e quanto maior o FOV, mais pobre a resolução. A CBCT geralmente resulta numa dose

menor de radiação do que a CT, mas as doses variam amplamente entre diferentes sistemas e entre diferentes protocolos de imagem. Recomenda-se que os médicos utilizem critérios adequados de seleção, juntamente com protocolos de imagem que utilizam as doses mínimas que garantem qualidades diagnósticas aceitáveis (Fraass et al., 2016).

A CBCT é mais amplamente utilizada para o planejamento de implantes. A sobreposição dos dados de imagem da CBCT com dados clínicos tridimensionais obtidos da digitalização de *scanners* de modelos ou da cavidade oral, é obtida através marcadores fiduciais ou com pontos anatômicos correspondentes. Os marcadores fiduciais permitem obter uma sobreposição mais precisa quando a presença de artefactos causa dispersão na imagem da CBCT, e também permitem uma visualização mais precisa do nível gengival, o que facilita a confecção das guias cirúrgicas (Fraass et al., 2016).

Uma faixa de erro superior a 1 mm é geralmente notada durante a realização de medições lineares das estruturas anatômicas, e esta margem de erro pode levar a complicações clínicas durante a execução cirúrgica, portanto, uma zona de segurança de 2 mm é geralmente recomendada ao medir a distância entre o implante proposto e as estruturas anatômicas vitais. Outros fatores dependentes da CBCT que podem influenciar a precisão das medições lineares incluem a filtração, distância do objeto-alvo e sensor, algoritmos de reconstrução utilizados e diferentes dispositivos de estabilização da cabeça do paciente durante o exame de CBCT (Alqallaf, 2021).

Os dados de imagem volumétrica são exibidos em imagens transversais 2D alinhadas à posição prospectiva do implante. Os modelos de superfície 3D de dados de CT ou CBCT são exibidos usando segmentação. Cada *voxel* no conjunto de dados volumosos é atribuído um valor cinza após sua atenuação de radiação, dependendo das características específicas do tecido. A exibição de uma gama limitada de valores cinzentos permite a exibição seletiva de estruturas anatômicas específicas numa segmentação (Kernen et al., 2020).

A produção de artefatos nas imagens de CBCT é um fator prejudicial para a interpretação do exame e diagnóstico, sendo que um artefato de imagem é uma estrutura que não está presente no objeto da tomografia, mas é visualizada ao lado da imagem formada pelos dados utilizados na reconstrução. É necessário estar familiarizado com os vários tipos de artefatos e suas causas para minimizá-los.

Os artefatos têm origens diferentes; podem ser causados por fatores relacionados à aquisição de imagens ou por fatores físicos do dispositivo. Quando causados pelo paciente, estão relacionados com a presença de materiais metálicos tais como restaurações em amálgama ou implantes, à área de exame e ao movimento do paciente durante a aquisição de imagens (Terrabuio et al., 2021).

Alguns fatores que influenciam a formação de artefatos são o tamanho do campo de visão (FOV), mil amperagem, quilovoltagem de pico (kVp) e o tamanho de *voxel*. O artefato de endurecimento de feixe é minimizado em protocolos com um FOV menor, *voxel* e kVp mais altos (Terrabuio et al., 2021).

A imagem de CBCT é apresentada em graus de cinza de acordo com as suas Unidades Hounsfield (HUs) (Chackartchi et al., 2020). As HUs são definidas como transformações lineares de coeficientes de atenuação de raios X medidos de um material com referência, a água (0HU) (Reeves et al., 2012). O ar será representado como preto, medido como (-1,000) HU, e o metal será apresentado como branco, medido como (+1,000) HU. O protocolo de retração total com retratores ou rolos de algodão é utilizado para afastar a mucosa bucal, a língua e os lábios da gengiva durante a realização da CBCT, criando uma câmara de ar em torno dos tecidos moles do paciente. Isto permite delinear as fronteiras dos tecidos moles sobrepostos aos tecidos duros. O contorno dos tecidos moles será utilizado como referência para sobrepor o modelo de trabalho digitalizado e o enceramento na imagem da CBCT em casos edêntulos, onde não há dentes para servirem como referência (Chackartchi et al., 2020).

### **3.2.2. Scanner Intraoral e Extraoral - IOS e EOS**

Graças aos *scanners* intraorais (IOS), é possível ter um modelo digital imediato e preciso das arcadas dentárias. As vantagens de uma impressão digital envolvem a ausência de mudanças dimensionais do material de impressão, a eficiência da manipulação, compartilhamento e armazenamento, bem como a possibilidade de realizar configurações virtuais personalizadas. Como limitação, alguns estudos têm demonstrado que a veracidade e a precisão dos *scanners* intraorais podem ser controversas para impressões digitais de arco completo, pois algumas imprecisões podem ocorrer especialmente em áreas com menor definição (Gallucci et al., 2019).

Por outro lado, os *scanners* de laboratório dentário (DLS) são usados para digitalizar

impressões ou modelos; no entanto, qualquer mudança dimensional do material de impressão ou gesso é reproduzida no conjunto de dados tridimensionais (STL) (Winkler & Gkantidis, 2020).

O formato padrão de ficheiro dos *scanners* intraorais é o ficheiro STL (Linguagem Triangular de Superfície). Este ficheiro descreve a geometria da superfície de objetos tridimensionais através de um código binário em triangulação. O ficheiro STL foi criado quando o primeiro processo de estereolitografia foi desenvolvido.

A digitalização da cavidade oral cria uma "*point cloud*", que é um conjunto de pontos de dados num sistema de coordenadas tridimensional, geralmente coordenadas X, Y e Z, destinado a representar a superfície externa de um objeto. As nuvens de pontos são geralmente modelos de malha de polígonos ou triângulos, convertidos através de um processo comumente referido como reconstrução de superfície para formar o STL.

A criação do arquivo STL vincula a geometria contínua de pequenos triângulos à forma pretendida. Este processo pode ser impreciso se o tamanho dos triângulos da malha for muito grande para encaixar no contorno da forma desejada, já triangulações menores alcançam uma forma mais realista do objeto. Como a forma geométrica de um triângulo tem arestas vivas, arestas adicionais às vezes são adicionadas ao contorno geral, que precisam de ser ajustadas para se enquadrarem à forma final. Este processo também pode causar imprecisão no arquivo, pois o algoritmo substitui o contorno contínuo, produzindo contornos discretos na superfície (Gallucci et al., 2019).

Os erros acumulativos no *scanner* intraoral podem então ocorrer devido ao alinhamento e sobreposição das imagens obtidas durante o processo de digitalização. Esses erros tendem a ocorrer com mais frequência em pacientes edêntulos, não tendo o paciente uma anatomia distinta, e quando uma área maior tem de ser digitalizada, uma vez que mais imagens são obtidas, logo, mais imagens precisam ser alinhadas pelo *software* do *scanner* (Gan et al., 2016).

A digitalização de uma morfologia intraoral complexa pode ser conseguida através de três processos distintos: um *scanner* extraoral e digitalização de um modelo de gesso obtido através de técnicas de impressão convencionais; através de um *scanner* extraoral e digitalização de uma impressão convencional; ou através de *scanners* intraorais, que realizam *scanner* ótico diretamente das estruturas orais (Gallucci et al., 2019).

Na digitalização de impressões, a informação é traduzida num modelo virtual em formato

STL que transfere as informações obtidas. Os ficheiros dos *scanners* intraorais que contêm cores geralmente estão num formato de geometria OBJ ou formato polígono PLY (Alqallaf, 2021).

Dependendo da tecnologia do *scanner* utilizada, o reflexo gerado que dificulta a digitalização, pode ser corrigido utilizando um pó de dióxido de titânio nas superfícies que geram o reflexo (Flügge et al., 2018).

### **3.2.3. Desenho Digital do Sorriso - DSD**

A harmonia entre os dentes, lábios e componentes faciais é um objetivo do tratamento de reabilitação com próteses, seja realizado por métodos de fluxo de trabalho convencionais ou digitais (Coachman et al., 2017).

O DSD é uma ferramenta técnica que é usada para planejar e modificar digitalmente o sorriso dos pacientes e ajudar a visualização, através da criação e apresentação de uma maquete digital do sorriso ideal antes do tratamento começar. Desta forma, a técnica ajuda na comunicação visual e no envolvimento dos pacientes no seu próprio processo de desenho de sorriso, garantindo assim um desfecho previsível do tratamento e aumentando a aceitação de casos de reabilitação.

Através de um DSD, o paciente pode avaliar, dar o seu parecer e aprovar a forma final do seu novo sorriso antes que quaisquer procedimentos de tratamento sejam realizados, aumentando assim a sua satisfação. O paciente também ajuda a avaliar e comparar as alterações pré e pós-tratamento.

O DSD não só melhora a comunicação entre médico e paciente, mas também entre membros da equipa multidisciplinar, ou seja, entre médicos dentistas, outros clínicos e técnicos de laboratório. Todos os membros da equipa interdisciplinar podem aceder a essas informações, sempre que necessário, para rever, alterar ou adicionar componentes durante as fases de diagnóstico e tratamento (Figura 1). Desta forma, o DSD melhora a comunicação visual, melhora a transparência, cria um melhor trabalho em equipa e um planeamento interdisciplinar do tratamento (Jafri et al., 2020).

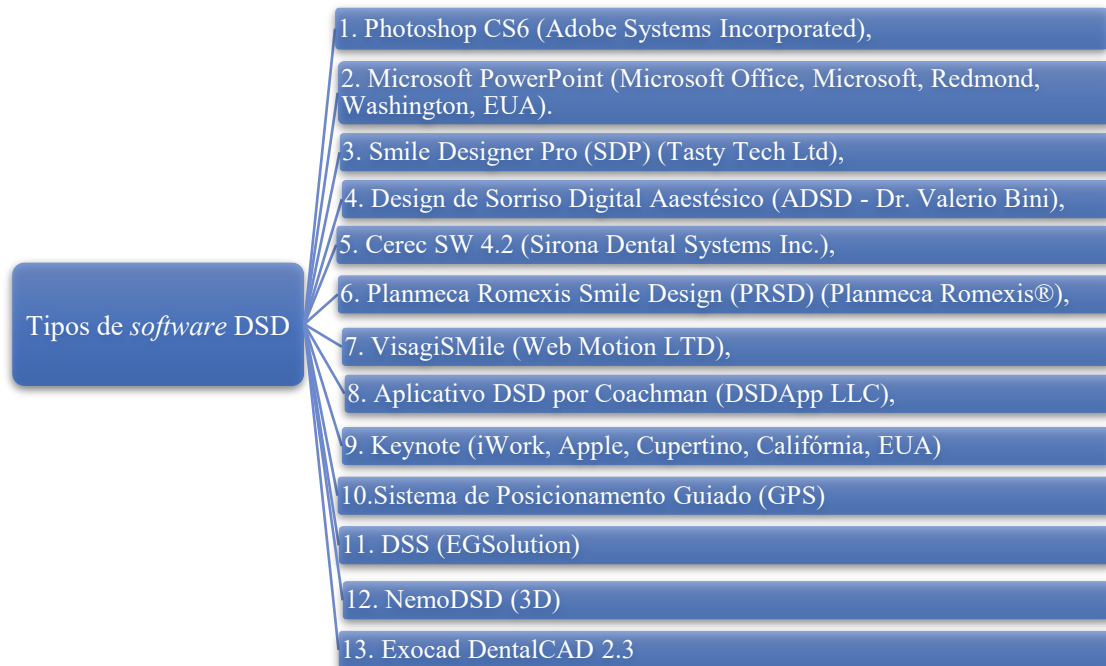


Figura 1. *Softwares* de DSD disponíveis no fluxo de trabalho digital. (Adaptado de Jafri et al., 2020)

Uma das limitações do uso da cirurgia guiada para reabilitação de arco total está relacionada aos casos em que é necessária a realização de osteotomias prévias à colocação de implantes.

O *Digital Smile Design ClicGuide* (DSD *ClicGuide*) é um sistema de planeamento de reabilitação digital recomendado na reabilitação de maxilares de desdentados totais, que orienta os procedimentos de colocação de implantes e a carga imediata de uma provisória com base num desenho tridimensional ideal. Este sistema consiste em uma sequência de guias cirúrgicas utilizadas durante os procedimentos clínicos que podem incluir exodontias, osteotomias, colocação de implantes e instalação imediata de próteses fixas aos implantes, aumentando o nível de previsibilidade dos procedimentos reabilitadores em casos clínicos complexos (Coachman et al., 2021).

Papaspyridakos et al. (2021) descrevem um fluxo de trabalho digital completo executado para a uma mandíbula edêntula, em que foi aplicado um protocolo de tratamento em três consultas, desde a colocação de implantes guiados digitalmente planeados até à entrega da prótese definitiva. A vantagem deste protocolo foi que, através da técnica de DSD,

todas as informações necessárias para a confecção da prótese definitiva são adquiridas a partir da prótese provisória de carga imediata. A técnica DSD e os pinos de ancoragem das guias permitem a sobreposição dos ficheiros STL das digitalizações, independentemente da presença de mucosa queratinizada na mandíbula edêntula. Os pinos de ancoragem servem como marcadores fiduciais para facilitar a sobreposição dos dois ficheiros STL. Isto leva a um ficheiro STL principal que é utilizado para a confecção em CAD/CAM do protótipo da prótese em polimetilmetacrilato (PMMA).

A técnica DSD também permite fazer simultaneamente os registos intermaxilares e incorporar toda a informação de diagnóstico na prótese provisória, isto encurta o tempo de tratamento, tornando-se os registos oclusais desnecessários e passando da impressão diretamente à prova do protótipo da prótese definitiva.

A DSDApp 3D é uma DSDApp simples e uma ferramenta versátil para executar um planeamento digital, e, como não requer qualquer programa de software complexo, o clínico pode facilmente utilizá-la por meio de um telemóvel, reduzindo os custos e o tempo e minimizando a curva de aprendizagem. Para aumentar a análise do sorriso, a aplicação também pode ser utilizada em combinação com outras tecnologias digitais. Além disso, o planeamento estético pode ser otimizado através da digitalização do rosto e da boca, fazendo um vídeo facial com sorriso (Coachman et al., 2020).

A DSDApp 3D pode ser utilizada em dois processos diferentes na fase de tratamento. A primeira fase é anterior à aceitação do tratamento, a aplicação é utilizada para comunicar com o paciente através da simulação de um sorriso e fazer uma restauração experimental, criando uma ligação ao motivar o paciente a compreender os benefícios de um sorriso melhorado. Na segunda fase, durante o tratamento restaurativo, a aplicação é utilizada para uma simulação e restauração de ensaio seguindo o plano inicial, permitindo ajustar a forma e o contorno da restauração, reduzindo o tempo de ajustes na consulta de avaliação clínica.

Este método traz elevada previsibilidade desde o planeamento inicial até à colocação da reabilitação. Os ficheiros gerados podem ser abertos utilizando qualquer *software* CAD para continuar o processo de restauração. Uma outra vantagem proporcionada pela aplicação é a utilização de uma gravação em vídeo durante o ensaio da restauração para orientar o processo de desenho do sorriso. Ao utilizar esta ferramenta, a precisão do tratamento planeado pode ser aumentada através da captura do sorriso dinâmico. Considerando que o sorriso do paciente pode não ser espontâneo nas fotografias, o sorriso

dinâmico capturado na gravação vídeo é mais realista e pode ser útil na definição das necessidades reais do paciente, especialmente para reabilitações complexas.

Hoje em dia, a elevada qualidade dos telemóveis atuais proporciona uma ótima ferramenta para fazer o vídeo, a fotografia frontal e o *scanner* facial, tudo com um dispositivo. O telemóvel permite que um *scanner* facial seja feito e exclui a necessidade de diferentes ângulos de fotografia, uma vez que pode ser rodado para avaliação durante o desenho do sorriso 3D (Coachman et al., 2020).

Os *scanners* intraorais geram imagens 3D com excelente cor, eliminando a necessidade de fotografia intraoral para planeamento de tratamento. Por conseguinte, um sorriso guiado num rosto completo pode ser concebido com quatro ficheiros, conforme indicado na figura 2.



Figura 2. Principais dados de imagem para criar um DSD

Além disso, os modelos de resina podem ser impressos para fabricar um ensaio da restauração. Esta abordagem permite que a restauração virtual, o plano de tratamento e a avaliação clínica sejam realizados na mesma consulta.

As limitações neste protocolo são, nomeadamente, as restaurações de ensaio não serem apropriadas para pacientes em que a dentição atual tenha sobreposição horizontal ou vertical com a restauração planeada, porque no ensaio as restaurações requerem uma abordagem aditiva. Além de que o ficheiro STL para avaliar a oclusão não está disponível, restringindo a utilização da aplicação para o planeamento oclusal das reabilitações (Coachman et al., 2020).

### 3.3. Planejamento e *Design Digital*

#### 3.3.1. *Softwares de planejamento*

Uma vez adquiridos dados DICOM e STL, é utilizado um *software* de planejamento de cirurgia guiada, para delinear a posição dos implantes, tendo em consideração a relação protética e anatômica. Embora possa haver alguma variação na ordem das etapas, a sequência básica é semelhante em todos os *softwares* de planejamento de cirurgia guiada de implantes (Alqallaf, 2021)

A visualização de dados radiográficos dos dados volumétricos 3D obtidos a partir de ficheiros DICOM são geralmente exibidos como imagens em planos transversais bidimensionais: vestibulo-lingual ou palatina (sagital), ântero-posterior (axial) e mesiodistal. Para se poder melhor avaliar as estruturas ósseas e dentárias no planejamento de implantes, esses planos são segmentados e exibidos num modelo 3D (Alqallaf, 2021).

Os sistemas de planejamento de implantes virtuais integram dados de CBCT para avaliar a quantidade óssea e os modelos virtuais para o desenho das próteses fixas por implantes e guia de perfuração.

A figura 3 apresenta alguns exemplos de sistemas de *software* de planejamento digital de cirurgia de implantes guiada.

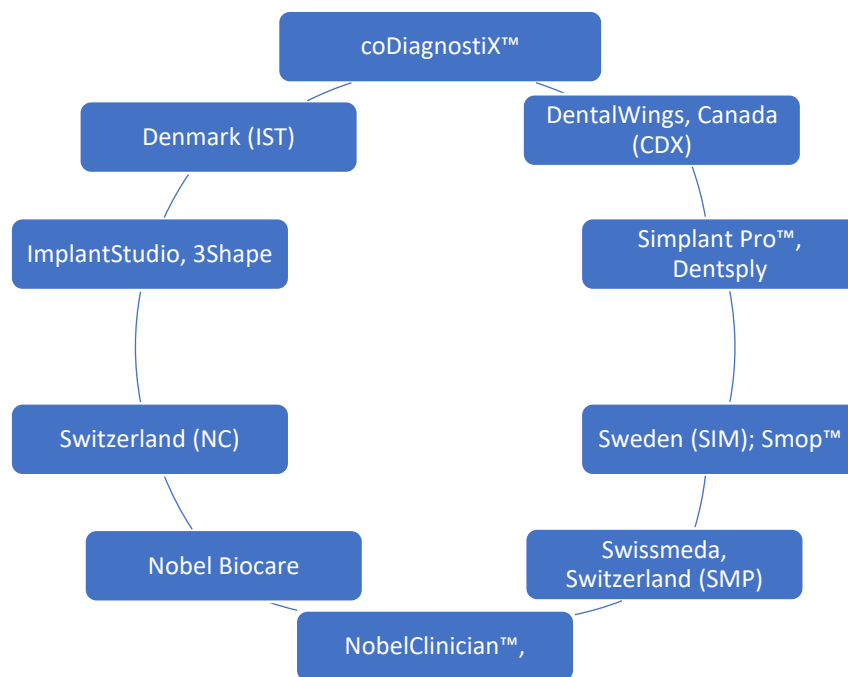


Figura 3. *Softwares* de planejamento digital em cirurgia guiada de implantes

Todos eles possuem uma interface DICOM para importação de dados radiográficos e a exportação do plano virtual para a fabricação da guia cirúrgica. Nestes sistemas, os artefatos de imagem podem ser reduzidos, mas não eliminados pelo processamento manual de dados. A importação de modelos virtuais, obtidos por *scanner* intra ou extraoral, em formato universal (STL), é possível na maioria dos sistemas, sendo que alguns só podem ser usados com um formato de dados do operador (Kernen et al., 2020).

Os sistemas CDX, SIM, SMP, NC, IST são exemplos de sistemas que utilizam o formato DICOM universal para importação de dados de CT ou de CBCT. Estes sistemas permitem a importação de dados de digitalização no formato STL universal (Kernen et al., 2020).

Todos estes sistemas apresentam reconstruções tridimensionais ou seções transversais bidimensionais com orientação variada para colocação de implantes virtuais (Flügge et al., 2022).

O sistema IST é compatível apenas para digitalização intraoral e *scanners* de laboratório (*Trios*, *3Shape*). Os sistemas de *software* ofereceram diferentes protocolos para registo de dados de CT ou CBCT e de modelos de superfície obtidos através da digitalização com *scanner* intraoral. Para *scanners* simples sem marcadores de referência, são aplicados algoritmos de registo semiautomáticos no CDX, SMP e SIM ou automáticos no NC, utilizando a superfície dentária como estrutura comum em ambas as imagens. Num processo de registo semiautomático, as áreas correspondentes nas superfícies segmentadas a partir de dados CT ou CBCT e no modelo superficial dos dentes são selecionadas. Em caso de desvio visível entre os modelos, há sistemas que exigem que o usuário ajuste o registo movendo manualmente os modelos no espaço tridimensional (Kernen et al., 2020).

O design e a fabricação auxiliados por computador (CAD/CAM) das guias cirúrgicas podem ser realizados pelo usuário com a ajuda de parâmetros padrão ou exclusivamente pelo *software*, e, portanto, sem a influência do usuário. As bases de dados de sistemas de implante comumente usados estão disponíveis em *softwares*, no entanto, nem todos os sistemas permitem planejar e executar a colocação totalmente guiada dos implantes (Kernen et al., 2020).

Os sistemas de *software* variaram na disponibilidade de sistemas de implante, sendo que mais de 50 fabricantes diferentes foram anexados no CDX, SIM, IST, 33 no SMP e quatro no NC. As informações mais recentes sobre a disponibilidade dos fabricantes de

implantes são complementadas num ficheiro adicional para versões atualizadas no CDX com 86, no SIM com 120, no SMP com 52, no NC (*DTX Studio Implant*) com sete e no IST com 100 fabricantes de implantes disponíveis. A colocação de implantes totalmente guiada ou pelo menos a perfuração da broca piloto guiada foi possível para um número limitado de fabricantes de implantes: 26 com CDX, 24 com SIM, 36 com SMP, um com NC e 66 com IST (Flügge et al., 2022).

O trajeto do nervo alveolar inferior é reconhecido de forma semiautomática pela seleção de suas porções mais anteriores e posteriores e pode ser ajustado manualmente no CDX, SIM, SMP, NC, IST. Após a segmentação do nervo alveolar inferior, uma notificação é visível quando a posição do implante está numa distância mínima de 2 mm do trajeto do nervo alveolar inferior. Um espaço mínimo de 2 mm circunferencial aos implantes é exibido no CDX, SMP, SIM, NC, IST (Flügge et al., 2022)

Defeitos ósseos no local da posição planeada do implante podem ser medidos com um sistema para planear um aumento e detetar o volume de aumento ósseo no SMP (Flügge et al., 2022).

Um design individual e a fabricação da guia de perfuração só está disponível em alguns sistemas de *software* (Kernen et al., 2020).

Os sistemas CDX, SIM, SMP permitem projetar guias suportadas por dentes, por osso ou por mucosas. Os sistemas NC, IST permitem projetar guias suportadas por dentes ou mucosas. As guias de perfuração para colocação de implantes totalmente guiados podem ser projetadas e produzidas no CDX, SMP, SIM, IST, e o sistema NC permite a guia para a broca piloto, mas de implantes específicos. Os sistemas para desenhar a guia de perfuração no IST, CDX, SMP permitem ao usuário definir a superfície das mangas de rolamento das brocas, a espessura do material (IST, CDX), a tolerância entre a superfície dentária e a guia de perfuração e a tolerância para a inserção das mangas da broca, respetivamente (CDX) (Kernen et al., 2020).

A superfície de rolamento é escolhida de forma diferente em cada sistema. Com o NC e SIM, o operador pode escolher a extensão selecionando com os dentes. No IST e CDX, a extensão da guia pode ser definida com base em marcadores que definem o bordo da guia.

No sistema SMP, a superfície de rolamento é escolhida apenas em áreas selecionadas devido ao “design aberto” da guia final. O desenho individual das guias de perfuração permite que o usuário selecione as superfícies de rolamento, dependendo de cada caso,

considerando que um design de guia fechada é sugerido pela maioria dos sistemas (NC, SIM, CDX, IST), um design de guia aberto pode ser vantajoso para uma maior visibilidade, acessibilidade e menos risco de interferência com os tecidos duros ou moles (Kernen et al., 2020).

Quando a imagem radiográfica dentária é prejudicada por artefatos, por exemplo, restaurações metálicas, os sistemas *software* permitem segmentar manualmente os dados CT ou CBCT, como, por exemplo, o CDX. O SIM e o NC e ainda a redução de artefatos de imagem por meio do processamento manual dos dados (Kernen et al., 2020).

A interface de *software* para uma configuração de uma prótese virtual individual é disponibilizada por dois sistemas (CDX, IST), enquanto a configuração dos dentes padronizados é disponibilizada por quatro sistemas (CDX, SIM, SMP, IST). Alternativamente, uma configuração convencional da prótese pode ser digitalizada e importada.

O sistema NC pode trabalhar apenas com a digitalização de uma configuração convencional para o planeamento de implantes virtuais. Os pilares sobre os implantes também podem ser exibidos para o planeamento dos implantes (Flügge et al., 2022).

### 3.3.2. Registo

O processo de alinhamento dos múltiplos conjuntos de dados de imagens entre si é definido como registo (Flügge et al., 2017).

O processo de registo de dados e sobreposição da informação registada é essencial para criar uma plataforma digital de plano de tratamento num *software* específico. A sobreposição da informação registada pode incluir a existência de potenciais erros que podem influenciar a posição final dos implantes (Flügge et al., 2017).

O protocolo DICOM-DICOM, ou protocolo de duplo *scanner*, é amplamente documentado na literatura e está entre os métodos mais utilizados (Kernen et al., 2020). Neste caso, um modelo radiográfico (com marcadores radiopacos) é usado para obter dois conjuntos de dados DICOM. O primeiro é obtido da CBCT realizada no paciente com o modelo radiográfico inserido. O segundo é obtido da CBCT realizada apenas no modelo radiográfico (sem o paciente). Os dois conjuntos de dados são então sobrepostos através dos pontos comuns (marcadores radiopacos) em ambos os conjuntos de dados (Kernen et al., 2020).

O protocolo DICOM-STL baseia-se na sobreposição entre os dados DICOM obtidos a partir da CBCT do paciente e os dados de STL obtidos a partir de uma impressão digital (digitalização intra ou extraoral) (Kernen et al., 2020). Os pontos comuns, como as áreas visíveis tanto no DICOM quanto no ficheiro STL, são utilizados para sobrepor os dois conjuntos de dados. Essas áreas são representadas pelos dentes em caso de pacientes parcialmente edêntulos e por marcadores radiopacos ligados à prótese do paciente em casos totalmente edêntulos. Uma técnica em casos de pacientes totalmente edêntulos é a utilização de um marcador extraoral radiopaco de referência que está ligado à prótese e, portanto, visível em imagens DICOM obtidas da CBCT. Além disso, esse marcador apresenta uma forma geométrica conhecida que pode ser detetada pelo *scanner* para a obtenção da imagem em ficheiro STL e permitir a sobreposição das imagens entre os ficheiros DICOM e STL (Kernen et al., 2020).

Em casos de desdentados parciais, os dentes presentes na arcada são utilizados como áreas compatíveis para a correspondência das imagens obtidas através da CBCT e do *scanner* intraoral para criar um ficheiro digital de planeamento. Quando os dentes restantes são insuficientes ou ausentes, a precisão da sobreposição de imagens diminui consideravelmente (Flügge et al., 2017).

Para alguns pacientes, devido a um extenso efeito de artefato de restaurações metálicas na imagem CBCT ou um número inadequado de dentes remanescentes, o alinhamento correto das imagens da tomografia computadorizada e do *scanner* intraoral é desafiador e difícil de se obter através da superfície dentária. Nesse caso, é adotado um protocolo semelhante ao procedimento convencional. Um modelo radiográfico estereolitográfico (SLA) com marcadores fiduciais radiopacos em que é projetado e fabricado de acordo com os dados digitais do *scanner* intraoral. Cinco a seis marcadores fiduciais são distribuídos uniformemente em cada lado (vestibular e palatino/lingual) de um modelo radiográfico confeccionado. Os marcadores são distanciados das restaurações metálicas para facilitar o mapeamento correto. É realizada uma tomografia com o modelo radiográfico SLA colocado no paciente. Desta forma, a posição do modelo radiográfico pode ser identificada pelos marcadores fiduciais radiopacos na CBCT. Como a imagem digital do modelo radiográfico pode coincidir bem com o *scanner* intraoral, a posição da imagem de *scanner* intraoral e a sua geometria podem ser alcançadas através do modelo radiográfico. Esta imagem CBCT, portanto, pode ser mais corretamente sobreposta com o *scanner* intraoral, correspondendo os marcadores fiduciais no modelo radiográfico (Lin

et al., 2020).

Em casos de edêntulos totais, não há dentes ou componentes rígidos para servir como referência. O contorno do tecido mole revelado pelo contraste na separação do tecido duro será utilizado como referência para as sobreposições das imagens da CT e de STL (Chackartchi et al., 2020).

Num fluxo de trabalho digital descrito por, Li et al. (2021a) é utilizado um polivinil siloxano como material de referência radiográfica. Este material não serve apenas como referência para registo da imagem, mas também melhora o ajuste entre a prótese e a crista edêntula, eliminando assim a necessidade de confecção de uma nova prótese. Além disso, o polivinil siloxano define a forma do tecido para o paciente virtual. O revestimento da prótese deve ser feito com um material de viscosidade média, uma vez que uma camada espessa do material pode aumentar a dimensão vertical da oclusão e alterar a posição da prótese. O método para esta técnica passa por espalhar o polivinil siloxano radiopaco (por exemplo, o *Blu-Bite Fast Set Complete; Henry Schein, Inc*) sobre a superfície da base da prótese e inseri-la. De seguida, o paciente é orientado a ocluir em relação cêntrica (RC) e orientado para mudar as posições do maxilar entre ocluir em RC, movimentando a língua sobre o lábio superior até o material polimerizar. Após a polimerização do material, a prótese é retirada e é verificado se o material está espalhado uniformemente numa fina camada sobre a base da prótese. As próteses devem ser revestidas em etapas separadas. Se apenas uma prótese sobre implantes está planeada para um maxilar, só se reveste a base da prótese que será fixa aos implantes. Com as próteses colocadas, é aplicado um material de registo oclusal na superfície oclusal e o paciente é orientado a ocluir em RC. Para a obtenção de dados de imagem é realizado um CBCT com as próteses colocadas com o material de revestimento e um *scanner* extraoral usando um IOS (*TRIOS Color Pod; 3Shape*) das próteses revestidas com o polivinil siloxano. As imagens de CBCT e do *scanner* extraoral são abertas num *software* de planeamento de implantes (*Blue Sky Plan; Blue Sky Bio*). É ajustada a superfície de reconstrução 3D, no limiar de definição, para mostrar a imagem radiopaca e é criado um modelo de superfície da CBCT. São selecionadas as imagens da prótese, para as alinhar com a imagem da CBCT. Para se obter o *scanner* da superfície dos tecidos moles, exportam-se os *scanners* alinhados a partir do *software* de planeamento de implantes para um *software* CAD (*Meshmixer; Autodesk*), inverte-se a malha e exporta-se sob a forma de ficheiro STL. As malhas invertidas representam a superfície dos tecidos moles.

As limitações da técnica descrita incluem a necessidade da existência das próteses, mas se o paciente não tiver próteses, podem ser utilizadas bases de registo no seu lugar. Além disso, este fluxo de trabalho também utiliza um exame de CBCT com a mandíbula do paciente em RC. O processo de registo de dados e sobreposição da informação registada é essencial para criar uma plataforma digital de plano de tratamento num *software* específico. A sobreposição da informação registada inclui a existência de potenciais erros que podem influenciar a posição final dos implantes (Flügge et al., 2017).

Através de marcadores padronizados armazenados em *softwares*, é possível aplicar uma técnica de um único *scanner* do paciente usando uma base protética radiográfica (*radiographic splint*) (protocolo de *scanner* único) (Fortin et al., 2004). No *software*, o marcador de referência armazenado é alinhado com a imagem digitalizada do respetivo marcador (Kernen et al., 2020). Com marcadores personalizados é utilizado um protocolo de duplo *scanner*; Após a aquisição da CT ou CBCT do paciente com a base protética radiográfica (*radiographic splint*), é realizada uma digitalização extraoral só com a base protética (Katsoulis et al., 2009).

Ao mesmo tempo, os marcadores radiopacos utilizados para a calibração das imagens podem criar uma imagem dispersa na CT, comprometendo a capacidade de executar uma correspondência precisa das imagens. Chackartchi et al. (2020) sugeriram a inserção de marcadores de resina na gengiva palatina antes da digitalização da CBCT, aumentando os pontos de correspondência e, por conseguinte, melhorando a precisão do registo da CBCT e da digitalização da superfície.

### **3.3.3. Considerações anatómicas**

A avaliação pré-operatória do paciente e o planeamento dos implantes são necessários para que a cirurgia de implantes dentários seja previsivelmente bem-sucedida, e as perspectivas restauradoras com a utilização de implantes têm crescido ao longo dos anos, no entanto, as crescentes reabilitações baseadas nos implantes colocados levaram ao aparecimento de complicações associadas aos implantes, a maioria das quais ocorrem devido à avaliação pré-operatória inadequada e ao tratamento mal planeado. Como já foi dito anteriormente um trabalho pré-operatório minucioso e um plano de tratamento abrangente devidamente projetado podem prevenir problemas protéticos ou cirúrgicos (Stevens & Frazier, 2021).

Para o planejamento pré-operatório dos implantes, são necessários implantes virtuais que representem as dimensões exatas. Com as informações da configuração da prótese e da anatomia individual, os implantes são virtualmente posicionados em imagens transversais e modelos de superfície tridimensionais reconstruídos a partir do volume 3D radiográfico (Flügge et al., 2022).

O tipo de prótese rege o número, a localização e angulações dos implantes a serem colocados (Stevens & Frazier, 2021).

O *software* de planejamento auxilia nas medições da distância de 3 mm entre implantes planejados e 2 a 5 mm entre implante e o canal do nervo alveolar inferior (Stevens & Frazier, 2021).

O tecido mole periodontal é considerado como um dos fatores-chave, particularmente nas áreas estéticas, sendo que na avaliação dos tecidos moles no pré-operatório deveremos ter informações precisas sobre a saúde e o biótipo dos tecidos moles, pois apresentam respostas diferentes à manipulação cirúrgica e restaurações (Stevens & Frazier, 2021).

O posicionamento dos implantes em casos edêntulos depende também da avaliação da forma das arcadas e da sua relação. O espaço interoclusal é uma região importante a ter em consideração. Um implante integrado com sucesso com angulação ideal, mas sem espaço inter-arcada adequado para a reabilitação protética é considerado como uma falha no planejamento protético (Stevens & Frazier, 2021).

Um conhecimento adequado das estruturas anatômicas e das suas variações antes da colocação dos implantes é indispensável para garantir um procedimento cirúrgico preciso e prevenir o paciente de complicações iatrogênicas. A avaliação precisa de estruturas anatômicas, como a posição do canal mandibular, o seio maxilar, a largura das corticais ósseas, a densidade óssea existente, entre outras, é muito importante para a seleção adequada dos implantes e para o planejamento da posição mais adequada dos mesmos na condição clínica existente. Estruturas anatômicas importantes na maxila são o soalho nasal, canal nasopalatino e o seio maxilar, uma perfuração sinusal iatrogênica é uma complicação possível mas, que pode ser prevenida com a seleção de implantes curtos e a aplicação de um procedimento de elevação do seio maxilar e aumento ósseo através de regeneração. A consideração anatômica mais importante ao colocar um implante no arco mandibular é a localização do canal alveolar inferior que contém nervo alveolar inferior e artéria (Gupta et al., 2022).

### 3.3.4. Design da guia

Os designs de guias cirúrgicas diferem quer no tipo de apoio quer na forma como estão posicionadas. Em geral, os seguintes tipos de guias cirúrgicos são descritos na literatura, baseados em suas superfícies de apoio:

- Guias cirúrgicas com suporte dentário: a guia é apoiada nos dentes remanescentes (D'Haese et al., 2017). As guias estabilizadas pelos dentes remanescentes em comparação com as guias cirúrgicas suportadas pela mucosa e apoiadas pelo osso, têm uma base sólida para o assento intraoral correto da guia, o que é importante para alcançar a precisão (Lin et al., 2020a);
- Guias cirúrgicas suportadas na mucosa: a guia é posicionada no rebordo edêntulo da mucosa, e são utilizadas principalmente em pacientes desdentados totais, no entanto, a resiliência e a espessura da mucosa podem afetar o assentamento correto da guia cirúrgica (D'Haese et al., 2017);
- Guia cirúrgica com suporte ósseo: a guia cirúrgica é colocada no osso após a abertura do retalho mucoperiosteal (D'Haese et al., 2017). O uso de guias de sustentação óssea é um pouco mais invasivo, uma vez que é necessário um retalho mucoperiosteal para expor o osso subjacente, o que, por sua vez, resulta num maior desconforto pós-operatório e numa possível perda óssea devido à diminuição do suprimento sanguíneo (Rosenfeld et al., 2006). São utilizadas em pacientes que necessitam de cirurgia óssea mais extensa, e a aba refletida pode dificultar o posicionamento intraoperatório correto da guia (Raico Gallardo et al., 2017);
- Guias cirúrgicas apoiadas sobre implantes: o suporte da guia também pode ser obtido com micro-implantes ou pinos de ancoragem (D'Haese et al., 2017). Em comparação aos modelos de guias suportadas pela mucosa estas são menos invasivos e podem reduzir o desconforto pós-operatório, o tempo cirúrgico e o tempo de cicatrização (Rosenfeld et al., 2006).

O número, a localização e a anatomia dos dentes que suportam a guia podem influenciar significativamente a precisão da s-CAIS. Guias cirúrgicas apoiados por dentes posteriores produzem melhor precisão quando comparados com guias cirúrgicas apoiadas pelo mesmo número de dentes anteriores (El Kholy et al., 2019a).

Os dentes sem esperança de se manterem e que não apresentam sinais de infecção, nos

casos em que é planeada uma cirurgia guiada, não devem ser extraídos, pois podem suportar as guias cirúrgicas (Mouhyi et al., 2019). Um mínimo de três dentes com anteriores e posteriores ou até quatro unidades é necessário para evitar que a estrutura se incline (Yang et al., 2021).

Para se obter a precisão, um bom encaixe no tecido subjacente e a configuração correta da guia cirúrgica durante a cirurgia são cruciais (Lin et al., 2020a).

### 3.3.5. Articulador virtual

Os articuladores virtuais foram implementados em *software* CAD para a análise da oclusão estática e dinâmica substituindo articuladores mecânicos. De acordo com os articuladores mecânicos e dependendo do articulador virtual escolhido, podem ser ajustadas configurações como o ângulo *bennett* e a inclinação condilar. Além disso, podem ser simulados movimentos mastigatórios, por exemplo, as excursões protrusivas ou laterais. A oclusão é marcada em cores para um alinhamento automático ou manual da configuração virtual (Flügge et al., 2022).

Segundo Li et al. (2020), num relato de caso clínico, este autor começou por na primeira consulta obter as digitalizações intra-orais utilizando um *scanner* intraoral (*TRIOS; 3Shape, Denmark*). Após a consulta inicial, para alinhar os *scanners* com a RC e DVO aproximadas, foi feito um arco de cera, utilizado para suportar a oclusão, e foi feito um *scanner* óptico oclusal, a partir destes *scanners* e utilizando um módulo *bite splint* de um *software* CAD são confeccionadas as bases de articulação personalizadas para delinear o arco gótico. Numa segunda consulta, foi realizado um traçado de arco gótico para determinar a DVO e RC. A DVO estimada com menos 3 mm do que a dimensão vertical do repouso. Depois, o registo é efetuado através da injeção de material de silicone para registo de mordidas entre as bases articulares confeccionadas para o maxilar superior e inferior (Li et al., 2020).

Os modelos são posteriormente montados em articulador usando o registo e é realizado um *scanner* e CBCT do conjunto de bases de articulação, suportando a DVO e RC. Posteriormente, os registos da RC e da DVO da CBCT foram exportados em ficheiros de DICOM. Na imagem da CBCT, a maxila, a mandíbula, o ponto infraorbitário e área do meato acústico externo, ao serem capturados, permitem a montagem de um articulador virtual. Um *scanner* 3D é utilizado para capturar o rosto do paciente durante um sorriso

e, subsequentemente, exportado num formato de ficheiro STL (Li et al., 2020) e a reconstrução tridimensional da face é concluída utilizando um *software* de planeamento de implantes (*Blue Sky Plano; Blue Sky Bio, Libertyville, IL*).

De acordo com as dimensões do espaço a reabilitar, são planeadas a redução da crista óssea e a posição 3D dos implantes, dado que a forma dos tecidos moles após a cirurgia é bastante imprevisível, um espaço de 4 mm entre a crista reduzida e a base da prótese provisória foi concebido (Li et al., 2020).

Quando o paciente tem dentes restantes, a obtenção de um registo oclusal com aumento da DVO usando um registo de traçado gótico de arcadas é difícil. Nesta situação, a DVO deve ser reduzida no articulador virtual antes de se conceberem as próteses, mas este problema pode ser totalmente evitado através da utilização de componentes de traçado de arcos góticos de menor tamanho (Li et al., 2020).

Na técnica introduzida por Gartner e Kordass (2003), seguiram a abordagem convencional, foi feito um *scanner* ótico aos modelos montados num articulador e foram, posteriormente, convertidos num articulador virtual.

Atualmente, essa modalidade tem sido adotada pela maioria dos sistemas CAD/CAM, contudo, não é um fluxo de trabalho totalmente digital e apresenta várias desvantagens. Primeiro, ainda é necessário a utilização de arco facial e a montagem num articulador, exigindo tempo adicional de tratamento. Em segundo lugar, esta abordagem não pode evitar imprecisões, como a expansão do gesso e a deformação do material de registo de mordida, derivada de procedimentos convencionais (Ferrin et al., 2012).

Recentemente, foram introduzidas abordagens totalmente digitais. Solaberrieta et al (2013) utilizaram um "arco facial virtual" para alinhar a digitalização intraoral com a digitalização facial 3D e orientar os modelos digitais para um articulador virtual combinando os pontos de referência da face.

Na clínica, a posição da maxila e do eixo da ATM é principalmente transferida usando um arco facial. A reconstrução 3D das imagens de CBCT podem fornecer os pontos de referência, bem como a posição do arco maxilar, tornando-se viável o funcionamento como um arco facial (Lepidi et al., 2019).

No entanto, a necessidade nesta técnica de um CBCT com um FOV contendo a maxila e os canais auditivos externos, em conformidade com o princípio ALARA (exposição à

radiação do paciente tão baixa quanto razoavelmente possível), torna-se numa limitação da aplicação desta técnica de forma simples (Jaju & Jaju, 2015).

A coordenação da fase cirúrgica e restaurativa é essencial para a reabilitação de arcadas completas sobre implantes. Para isso, é essencial que a cirurgia de implantes seja planeada de forma protética de modo a estabelecer um plano de restauração com a estética e a oclusão adequadas (Li et al., 2021b).

### **3.4. Confeção**

O uso da tecnologia CAD/CAM traz o design virtual para a realidade. Processos aditivos ou subtrativos são utilizados durante a confeção. A tecnologia subtrativa (ou seja, a fresagem) utiliza instrumentos de corte para moldar o material que vem do fabricante em bloco (Beuer et al., 2008), enquanto os processos aditivos, ou seja, impressoras 3D utilizam materiais de resina para construir camada por camada (Duda & Raghavan, 2016).

As tecnologias de impressão 3D mais comumente utilizadas para confeccionar guias cirúrgicas são a estereolitografia (SLA), o Processamento de Luz Digital (DLP) e o jato de tinta e seu derivado PolyJet. No entanto, existem outras tecnologias AM disponíveis, como a Sinterização Seletiva a Laser (SLS), Impressão Tridimensional (3DP) e Modelagem de Deposição Fundida (FDM).

A SLA era até recentemente a tecnologia mais utilizada para a confeção de guias, e as guias de resina eram frequentemente chamadas de "guias estereolitográficas" na literatura cirúrgica. (Rouzé l'Alzit et al., 2022)

A SLA é um processo baseado na polimerização da resina monómera por um raio laser, depois de criar uma camada, a plataforma móvel baixa para dentro do tanque do reservatório, continuando esse processo camada por camada até que a peça impressa seja concluída. O DLP também é uma tecnologia de fotopolimerização. A principal diferença entre SLA e DLP verifica-se na fonte de luz. O sistema DLP aproveita um Dispositivo Digital de Micro Espelho (DMD) para projetar uma máscara de luz que permite que uma camada seja polimerizada em poucos segundos (Revilla-León & Özcan, 2019). A SLA fornece um tamanho mínimo de características graças a um tamanho do ponto de laser menor do que o tamanho mínimo de pixel do DMD (Rouzé l'Alzit et al., 2022).

A impressão PolyJet é baseada numa tecnologia de impressão camada por camada, o

processo consiste na deposição seletiva de gotículas de resina fotopolimerizável na plataforma de construção e uma solidificação imediata por uma fonte de luz (geralmente uma lâmpada ultravioleta anexada às cabeças de impressão), permitindo que as camadas sejam construídas (Kim et al., 2018).

A confecção da guia cirúrgica pode ser feita num centro de produção específico, laboratório especializado ou em consultório se este tiver as impressoras adequadas ao processo em causa (Flügge et al., 2022).

### **3.5. Conversão de Próteses Totais Convencionais em Guias**

Uma técnica de cirurgia de implantes guiada para pacientes edêntulos é a possibilidade de converter a prótese completa convencional numa guia para a CT, numa guia para a cirurgia e, posteriormente, numa prótese provisória fixa a implantes. Este método elimina a necessidade de obter guias cirúrgicas auxiliadas por computador e garante que tanto as guias da tomografia e com as de cirurgia estejam localizadas exatamente na mesma posição. Além disso, à medida que a prótese total é convertida em guias tomográfica e cirúrgica e, posteriormente, em uma prótese provisória fixa por implante, o tempo e os custos do procedimento podem ser reduzidos (Camargos et al., 2021).

Camargos et al. (2021) descrevem a técnica de converter uma prótese convencional numa guia para a colocação de implantes e posteriormente numa prótese provisória fixa a implantes. Segundo a técnica, através da prótese total é produzida primeiro uma guia de CT para indicar posteriormente o local a perfurar na prótese, referente às posições planeadas dos implantes. É obtida uma matriz utilizando uma folha de copolímero de acetato-etileno que se adapta à face oclusal da prótese através de um molde formado a vácuo. Em seguida, um suporte radiográfico que permitirá dar as coordenadas dos implantes planeados em relação à prótese é fixado na superfície oclusal da matriz da prótese. A guia de tomografia é então estabilizada na arcada edêntula, colocando temporariamente micro-implantes de estabilização, através da posição dada pela prótese na oclusão. Os micro-implantes permitem que a prótese seja colocada exatamente na mesma posição durante a tomografia e cirurgia guiada. Antes de ser efetuada a tomografia computadorizada, é aplicada uma solução radiopaca nos dentes artificiais da prótese e na base da prótese, permitindo que a posição artificial dos dentes e a espessura gengival sejam vistas nas imagens da CT, que é efetuada com o suporte que permite as coordenadas

dos implantes planejados fixado à matriz da prótese na boca. Nas imagens da CT, além de se visualizarem as posições artificiais dos dentes e espessura gengival, os micro-implantes de fixação da matriz do suporte para a CT também podem ser vistos e posteriormente utilizados como pontos de referência no planejamento virtual.

As imagens da CT são exportadas no formato de ficheiro DICOM para um programa de *software* específico para planejar virtualmente a colocação dos implantes. Neste programa de *software*, primeiro, são alinhadas as imagens da CT ao plano de referência do suporte fixado na matriz utilizada para efetuar a CT e são determinadas as posições dos implantes nas direções vestibular, lingual ou palatina e nas posições mesial e distal. Em seguida, é estabelecida a altura transmucosa dos pilares com base nas imagens da tomografia computadorizada da região cervical dos dentes artificiais e na altura da crista óssea. Por fim, é determinada a direção corono-apical da posição do tubo guia e a profundidade do implante em relação ao tubo, tendo em consideração a disponibilidade óssea e a localização ideal da prótese. São utilizadas as coordenadas espaciais dos implantes (eixos cartesianos  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) para calibrar um dispositivo de posicionamento mecânico. O dispositivo de posicionamento mecânico (MPD) permite movimentos lineares e angulares nas direções mesio-distal, vestibulo-lingual e corono-apical, reproduzindo assim as posições dos implantes virtualmente planejadas. Para cada posição de implante determinada, são feitas as perfurações na guia da CT e são fixos os tubos guias de acordo com os implantes a colocar e a posição.

Por fim, a guia cirúrgica é convertida numa prótese fixa provisória suportada por implantes, após os tubos-guia terem sido removidos da guia cirúrgica, terem sido aparafusados os cilindros protéticos aos implantes e ter sido capturada a posição dos implantes anteriores com resina acrílica autopolimerizável, enquanto a prótese é estabilizada pelos micro-implantes. Em seguida, são removidos os micro-implantes e é feita a captura da relação dos implantes posteriores à prótese. A prótese é retirada para acabamento e polimento para ser novamente fixa aos implantes (Camargos et al., 2021).

### **3.6. Guias Empilháveis**

A utilização de guias empilháveis permite uma abordagem cirúrgica minimamente invasiva sem retalho e uma redução do tempo da cirurgia proporcionando maior conforto

pós-operatório ao paciente (Creagh et al., 2020).

Baruffaldi et al. (2020) descrevem um protocolo de colocação de implantes guiados e carga imediata sem retalho e sem necessidade de aumento ósseo, em desdentados parciais. É obtido o plano digital ideal através da integração dos dados protéticos com a anatomia do paciente, tendo em consideração estruturas nobres, tecidos moles e duros. As guias cirúrgicas são planeadas com mangas-guias para a fixação de pinos de ancoragem, *attachement* para a fixação de guias secundárias, uma guia suportada por dentes para a fixação da guia de referência, uma guia para colocação de implantes e uma guia para colocação de pilares. Os dentes residuais são usados como pontos de referência para permitir o correto assentamento da guia suportada por dentes, conectada à guia de referência. São fixados os pinos da guia cirúrgica de referência na face vestibular do processo alveolar e é removida a guia suportada por dentes para serem realizadas as exodontias. Os implantes são colocados através da guia de colocação de implantes, conectada à guia de referência. Após a colocação dos implantes, é removida a guia dos implantes e conectada a guia de pilares à guia de referência para permitir a posição axial e o paralelismo dos pilares conforme o exigido pela prótese. São colocados cilindros nos pilares, e é assente a prótese, conectada à guia de referência. Os cilindros são fixados à prótese e é removida a guia cirúrgica de referência. Através de uma guia de referência com dispositivos de ancoragem para fixar todas as guias subsequentes, é possível manter a posição de acordo com o planeamento digital. Desta forma, é possível manter a função e a dimensão vertical oclusal de acordo com o enceramento digital (Baruffaldi et al., 2020).

Este sistema de guia empilhável pode utilizar íman como um meio de conectar diferentes guias cirúrgicas. A guia cirúrgica é fixada com pinos de ancoragem que contêm discos ímanes que se encaixam firmemente nos acessórios, permitindo um ajuste preciso e uma estabilidade da guia de redução óssea para a guia seguinte de colocação dos implantes. Após a colocação dos implantes, a guia cirúrgica dos implantes é destacada e os cilindros são conectados e aparafusados aos implantes. A prótese provisória em PMMA é conectada magneticamente à guia de redução óssea, a fim de serem captados os cilindros retidos nos implantes, através de resina bis-acrílica. Após fixada a prótese provisória aos cilindros dos implantes, estes são desparafusados e a prótese provisória é destacada para que a guia de redução óssea possa ser removida. Por fim, a prótese provisória é ajustada, polida e imediatamente fixada aos implantes (Costa et al., 2020).

Ao utilizar uma guia estática, é necessário um *kit* cirúrgico apropriado, para o sistema de implantes, a escolha destes não pode ser alterada facilmente uma vez que a guia foi fabricada para o paciente em tratamento. Assim, durante a cirurgia, a posição de colocação dos implantes não pode ser alterada, a menos que se abandone a utilização da guia (Block & Emery, 2016).

### **3.6.1. Guias de redução óssea**

No planejamento de uma reabilitação protética de arco completo, regiões específicas dos arcos alveolares são considerados ideais. Esses locais estratégicos são os locais dos incisivos centrais, caninos, primeiros pré-molares e primeiros molares. A análise radiográfica cuidadosa dessas regiões é essencial. A região anterior dos arcos maxilar e mandibular têm geralmente recessos anatómicos apicalmente, que podem precisar de um enxerto pré-operatório para facilitar a inserção e angulação ideal de implantes. A regeneração óssea guiada pode ser necessária antes da cirurgia de implante em locais com altura ou largura óssea insuficientes. Por outro lado, a remoção óssea pode ser necessária em alguns locais antes da inserção dos implantes. A regeneração ou a osteotomia são prevalentes quando há a necessidade de aumentar o espaço interoclusal ou aumentar a largura do cume na crista alveolar, achatando a crista alveolar (Stevens & Frazier, 2021). A redução óssea muitas vezes remove referências anatómicas das quais dependem a colocação de implantes na técnica convencional e, portanto, representa um desafio para colocar implantes na posição planejada, evitando danos em estruturas vitais adjacentes (Ganz, 2006).

Para alcançar um osso alveolar nivelado para a colocação subsequente de implantes dentários, a redução óssea pode ser realizada com a técnica convencional, ou com uma guia cirúrgica confeccionada por CAD/CAM (Salama et al., 2018).

O objetivo da redução óssea é diminuir a topografia irregular da crista alveolar, com o objetivo de criar uma superfície óssea plana que permite atingir uma altura e largura óssea suficientes para a colocação dos implantes. Além disso, o osso deve ser reduzido para estabelecer um espaço intermaxilar adequado para a reabilitação planejada, referido como "espaço protético", bem como para criar um plano oclusal nivelado (Ganz, 2006).

Quando o paciente apresenta uma linha de sorriso alto, ou o chamado "sorriso gengival", pode ser necessário considerar a redução óssea para melhorar o resultado estético e funcional (Mijiritsky et al., 2021). Ao planejar a prótese fixa suportada por implantes, a

linha do sorriso deve ser considerada durante o processo de planeamento para garantir que a junção dos tecidos com a prótese não seja perceptível quando é feito o sorriso máximo pelo paciente (Tonellini et al., 2018).

Esta consideração da linha do sorriso é também importante devido à complexidade relacionada com a correspondência precisa de cores da gengiva protética com a gengiva natural, independentemente do material utilizado (Tonellini et al., 2018).

A principal vantagem do uso de uma guia cirúrgica de redução óssea é que esta pode ser virtualmente pré-planeada exatamente quanto é necessário remover osso em relação ao plano restaurador desejado, ao mesmo tempo assegura que permanecem altura e largura óssea suficientes para a estabilidade e colocação precisa dos implantes (Ganz, 2006).

A sub-redução do osso pode resultar numa estética comprometida devido à falta de espaço para os componentes protéticos dos implantes, falha protética como resultado de espaço restaurador insuficiente e possíveis fraturas dos materiais devido à diminuição para compensar a sub-redução óssea (Mijiritsky et al., 2021). A redução excessiva pode levar à necessidade de material adicional para compensar uma dimensão vertical aumentada da restauração, pode também exigir mudanças nos comprimentos e trajetórias dos implantes, aumentando o risco de lesão em estruturas anatómicas adjacentes vitais (Tonellini et al., 2018).

### **3.6.2. Guia de elevação de seio maxilar**

Na zona posterior da maxila, devido à presença de seios maxilares, uma altura óssea residual inferior a 3 mm é um fator crítico que pode afetar a estabilidade e a sobrevivência do implante nesta região. O uso de cirurgia guiada pode facilitar os procedimentos cirúrgicos e a inserção do implante em caso de maxilas atroficas. A elevação do seio maxilar tornou-se um procedimento cirúrgico amplamente aceite para melhorar a quantidade de volume ósseo antes da colocação do implante (Pistilli et al., 2022).

De acordo com os princípios de regeneração óssea, no procedimento de elevação do seio, o enxerto ósseo é colocado sobre o espaço dado pela elevação da membrana sinusal (Lundgren et al., 2004). Essa consideração biológica destaca a importância da propriedade osteocondutora do material de enxerto colocado. A fonte osteogénica para a cicatrização óssea deriva de dois locais anatómicos diferentes, o osso basal da cavidade sinusal e o perióstio representado como camada celular basal da membrana de Schneider.

Seguindo este princípio biológico, Mish (2020) desenvolveu uma classificação para o tratamento de maxila posterior edêntula com base na quantidade de osso disponível abaixo da cavidade e da largura (Resnik, 2020). Tendo em conta essa classificação e a possibilidade de estabilizar o implante na primeira cirurgia, do ponto de vista clínico, o limiar para uma cirurgia de um estágio é de 3 mm de altura da crista óssea nativa e a decisão de utilizar técnicas de um ou dois estágios baseia-se na quantidade de osso residual disponível e na possibilidade de alcançar estabilidade primária para os implantes inseridos. Com uma crista mais alta, foi sugerida uma técnica de um estágio usando uma abordagem lateral ou transalveolar. Por outro lado, abaixo desse limite, recomenda-se uma técnica de dois estágios com uma abordagem lateral da janela, seguida de colocação de implante após um período de cicatrização (Pistilli et al., 2022).

Através do fluxo de trabalho totalmente digital, um planeamento para uma abordagem guiada de preparação da osteotomia de janela lateral usando guias cirúrgicas de impressão 3D pode reduzir a incidência de complicações intraoperatórias em casos simples e complexos. O conjunto de dados radiológicos 3D no *software* de planeamento de implantes permite a precisão no posicionamento dos implantes e facilita o pré-planeamento do procedimento de elevação do seio maxilar. O fluxo de trabalho totalmente digital, para além de incluir uma guia cirúrgica para a colocação de implantes de acordo com a posição protética ideal, pode incluir também uma segunda guia para uma preparação da osteotomia guiada de janela lateral do seio maxilar quando necessário (Strbac et al., 2020).

Com a técnica apresentada, estruturas anatómicas críticas em casos complexos podem ser consideradas no planeamento pré-operatório, ou seja, a presença de septos sinusais amplos ou canais arteriais na parede óssea lateral podem ser diagnosticados no pré-operatório e indicados no modelo da guia de osteotomia de janela lateral. De acordo com os requisitos anatómicos, vários pontos cirúrgicos representando a dimensão e os limites da osteotomia, podem ser posicionados virtualmente com exatidão e a guia fabricada em conformidade (Strbac et al., 2020).

### **3.7. Esterilização de Guias Cirúrgicas**

A maioria das guias cirúrgicas são formadas por dois tipos de materiais, o PMMA ou resinas copolímeros de polietileno (Sennhenn-Kirchner et al., 2008). Um dos fatores que

pode levar a um erro inevitável é a esterilização pelo calor a vapor da guia cirúrgica (Zhou et al., 2018). A guia cirúrgica é um dispositivo médico que entra em contato com o sangue, osso e fluidos orais do paciente durante o procedimento cirúrgico de colocação de implantes. Pode causar infecções graves se estiver contaminada por quaisquer agentes extraorais que sejam patógenos. Portanto, diferentes regulamentos e diretrizes foram desenvolvidos para reduzir efetivamente a possível propagação de infecções cruzadas durante o procedimento. A Food and Drug Administration (FDA) dos EUA e os Centros de Controle e Prevenção de Doenças categorizam os itens médicos em acrílicas, semi-críticas e críticas (American Dental Association Council on Scientific Affairs and American Dental Association Council on Dental Practice, 1996). As guias cirúrgicas são consideradas um item crítico que deve ser esterilizado pelo calor a vapor, de acordo com a American Dental Association (Centers for Disease Control and Prevention, 1993). No entanto, diferentes estudos sugeriram que, devido à termosensibilidade da guia cirúrgica, ela não deve ser esterilizada, mas sim imersa numa solução esterilizadora aprovada pela FDA (American Dental Association Council on Scientific Affairs and American Dental Association Council on Dental Practice, 1996). Além disso, a disponibilidade de impressoras 3D com diferentes materiais de impressão a preços razoáveis mudou parcialmente a produção de guias cirúrgicas de fornecedores de laboratório conhecidos, como o *Simplant (DENTSPLY Implants NV, Hasselt, Belgium)*, *NobelGuide (Nobel Biocare, Göteborg, Sweden)*, *Facilitate (Astra Tech Inc., Waltham, MA)* e *Straumann (Institute Straumann AG, Basel, Switzerland)*, para a produção em consultório, o que tende ainda mais a uma falta de padronização sobre os protocolos de esterilização que devem ser seguidos (Marei et al., 2019).

Geralmente, a esterilização de itens críticos pode ser alcançada em autoclaves através de vapor sobre pressão, calor seco ou calor/vapor químico (American Dental Association Council on Scientific Affairs and American Dental Association Council on Dental Practice, 1996).

A *Simplant (DENTSPLY Implants NV)* recomenda a esterilização pelo calor a vapor da guia cirúrgica em autoclave a 121 °C por 20 minutos ou 134 °C por 4 minutos, enquanto a *NobelGuide (Nobel Biocare)* recomenda o uso de desinfetantes de alto nível, como o álcool etílico a 70 % diluído, por 40 minutos. Por outro lado, a *Formlabs*, uma fornecedora de impressoras, recomenda a esterilização por calor a vapor da guia cirúrgica num ciclo a 121 °C por 15 minutos ou 138 °C por 3 minutos (Marei et al., 2019).

A esterilização pelo calor a vapor é superior à desinfecção química na sua capacidade de diminuir a carga microbiana no dispositivo cirúrgico e, assim, diminuir o número de microrganismos durante a cirurgia, o que acaba por contribuir para a redução de complicações pós-operatórias (Abreu et al., 2006; Omidkhoda et al., 2016).

### 3.8. Navegação Dinâmica

O uso da navegação dinâmica pode eliminar a necessidade de um componente guia estático. A navegação dinâmica é uma forma de cirurgia assistida por computador que conta com uma matriz ligada ao paciente e uma ligada à peça de mão de colocação de implantes, que são detetadas através da posição aérea das câmaras estereo do dispositivo. As câmaras coordenam a posição do paciente e a peça de mão, e exibem as informações no monitor de navegação. As matrizes são sincronizadas antes do início do procedimento, e o cirurgião observa no monitor de navegação a CBCT com a posição dos implantes planejados e a imagem, enquanto efetua a osteotomia e coloca o implante. As informações são exibidas em tempo real durante a cirurgia, incluindo a profundidade da broca, a posição em relação a implantes colocados, o ângulo de desvio do plano virtual e a proximidade com estruturas vitais, como raízes adjacentes, seios ou nervo. Este protocolo tem sido provado ser tão preciso quanto os implantes colocados com guias cirúrgicas estáticas (Wu et al., 2020).

Michael et al. (2022) descrevem um caso clínico no qual foi efetuado na mandíbula um procedimento provisório imediato *all-on-X*, após a extração dos dentes remanescentes, através da utilização de uma guia de fundação e de navegação dinâmica.

Inicialmente, foram adquiridos registos para o planeamento, incluindo fotografias, exames intraorais e a CT do paciente. Foi planeada e confeccionada uma prótese para ajudar no aumento da dimensão vertical oclusal colapsada e para verificar e confirmar o conforto suficiente para o paciente resultante desse aumento.

Os dados da CBCT foram importados para o software de planeamento de tratamento da navegação dinâmica (*X-Guide, X-Nav Technologies*). Os exames intraorais foram alinhados com os dados do CBCT, e os implantes planejados tendo em conta a reabilitação. O plano de tratamento virtual foi exportado do *software* e importado para o *software* CAD (*DentalCAD, exocad*). Foi projetada e confeccionada a prótese provisória, e os implantes foram verificados nas posições adequadas. Usando uma combinação de outros sistemas

de *software* CAD, foi projetada uma prótese provisória e uma guia de fundação com uma referência oclusal da maxila para o posicionamento correto. A guia de fundação inclui um braço de fixação para o conjunto de rastreadores de pacientes da navegação dinâmica. A guia de fundação foi projetada para permitir que o seu bordo superior atue como referência para a redução óssea e o assentamento da provisória, após colocados os implantes. As posições dos pinos de fixação foram projetadas de forma a não se cruzarem com a redução óssea e com as posições dos implantes.

Todos os componentes foram fabricados com uma impressora 3D (*NextDent 5100*, Sistemas 3D). A guia de fundação e o gabarito de posicionamento oclusal foram impressos com resina para guias cirúrgicas (*NextDent SG*, *3D Systems*) e a prótese provisória foi impressa com resina (*NextDent C&B MFH*, *3D Systems*). O pós-processamento foi realizado de acordo com as instruções do fabricante.

Na fase cirúrgica, a guia de posicionamento oclusal/fundação foi assente e verificada a posição correta. Os parafusos de fixação foram colocados para fixar a guia de fundação para a mandíbula. O gabarito de posicionamento oclusal foi removido e o conjunto de rastreador de navegação dinâmica foram anexados ao braço de fixação. O método livre fiducial (*XMark*, *XNav Technologies*) de calibração foi utilizado para calibrar o sistema de navegação dinâmica ao paciente. Uma vez confirmada a calibração por verificação do sistema, os dentes mandibulares restantes foram extraídos e o osso alveolar foi reduzido ao nível superior da guia de fundação projetada para atuar como o nível de redução óssea. A navegação dinâmica foi utilizada para criar as osteotomias e colocar os implantes dentários nas posições de acordo com o plano de tratamento virtual. Após a conclusão da colocação dos implantes, a porção do braço de fixação da guia de fundação foi seccionada e removida com uma broca de fissura. Os cilindros provisórios foram colocados nos implantes e a prótese provisória foi ajustada para assentar passivamente nas ranhuras indexadas da guia de fundação. Por fim os cilindros foram fixados à provisória através de resina fotopolimerizável. A prótese foi então removida para ser polida e após a mucosa suturada, a prótese acabada foi reinsertada.

## **IV. Discussão**

No presente capítulo são discutidos os fatores que influenciam a precisão da técnica de reabilitação com Próteses Totais Implanto Suportadas, nomeadamente a ausência de referências anatómicas, o método de confecção e design das guias cirúrgicas, o sistema de implantes utilizado, a experiência do operador e o sobreaquecimento na cirurgia guiada.

### **4.1. Ausência de Referências Anatômicas**

Para a reabilitação de implantes em arcadas completas, a utilização de um fluxo de trabalho totalmente digital é um desafio. A razão está nos procedimentos de aquisição de dados com IOS e na ausência de referências anatómicas como os dentes (Papaspriidakos et al., 2021).

Para superar o desafio do registo e da sobreposição dos dados no planeamento, Papaspriidakos et al. (2019) num fluxo de trabalho digital completo no arco maxilar, utilizaram marcadores fiduciais ligados à mucosa queratinizada no palato duro para obter a relação maxilar e mandibular e para obter a sobreposição dos diferentes ficheiros (STL). No entanto, no arco mandibular, a presença de mucosa queratinizada é frequentemente limitada, e a fixação de marcadores fiduciais na mucosa não queratinizada pode ser dificultada ou inviável (Papaspriidakos et al., 2021).

Uma dentição comprometida periodontalmente com mobilidade classe III de acordo com o índice de mobilidade de Miller, com condições de estruturas anatómicas instáveis, pode constituir um fator de risco relevante que pode comprometer significativamente o correto posicionamento da guia de referência. Nesses casos, as abordagens do fluxo de trabalho para desdentados totais podem ser consideradas de modo a reduzir o risco de imprecisão relacionado com os dentes residuais instáveis. Além disso, nesses casos, a utilização de três ou mais pontos de referência intraorais fixos, como os micro-implantes, pode ser também considerada de modo a estabilizar as guias radiográficas para o planeamento digital e para estabilizar as guias da cirurgia, melhorando a precisão no procedimento (Baruffaldi et al., 2020).

Para superar a falta de referências e aumentar a precisão da cirurgia guiada em pacientes desdentados totais, Tahmaseb et al. (2012) introduziram um protocolo baseado em referências dadas através de micro-implantes inseridos na fase pré-cirúrgica, de modo a

existirem referências fixas durante todo o fluxo de trabalho, inclusive na fase protética. Os micro-implantes utilizados na técnica são removidos após a colocação do último implante e a remoção da guia de cirurgia, e antes da conexão protética (Tahmaseb et al., 2012). Assim, há referências estáveis desde o início do procedimento até ao final da fase cirúrgica. No entanto, o procedimento de inserção dos micro-implantes é uma pequena cirurgia adicional para os pacientes (Baruffaldi et al., 2020).

#### **4.2. Método de Confeção**

Vários estudos têm tentado identificar o efeito no processo de fabrico aditivo na precisão das guias de s-CAIS, particularmente em relação à precisão interna e posição final do implante, como referem Abduo e Lau (2020). A precisão interna e ajuste das guias s-CAIS são geralmente avaliados utilizando um *software* para comparar as dimensões da guia impressa com o ficheiro STL a partir do qual foi fabricada (Lin et al., 2020).

Em contraste, avaliar a posição pós-operatória de um implante guiado por s-CAIS *versus* a posição planeada digitalmente é menos simples e requer que seja realizada uma CBCT pós-operatória (Elliott et al., 2022). Esta CBCT é sujeita a um potencial de distorção devido ao efeito de artefacto que os implantes causam na imagem adquirida, o que pode ter um impacto negativo na correspondência da imagem pós-operatória com a pré-operatória (Lin et al., 2020).

Abduo et al. (2020) investigaram o efeito da técnica de fabrico sobre a precisão das guias de implantes cirúrgicas antes da colocação de implantes. As guias foram produzidas por fresagem e diferentes impressoras, DLP ou FFF (Técnica de Fabricação com Filamento Fundido). A precisão interna, o ajuste vertical, a distorção do assentamento da guia e os desvios verticais/horizontais da perfuração foram avaliados através de um mapeamento num *software* específico. Observou-se que as guias produzidas por fresagem eram mais precisas e menos vulneráveis à distorção no assentamento do que as produzidas por impressão. Os resultados entre os dois tipos de impressoras foram semelhantes com uma ligeira melhoria da precisão na impressão da DLP.

Sommacal et al. (2018) também avaliaram a precisão de duas impressoras em relação à impressão de guias cirúrgicas de implantes e verificaram que estas eram fortemente dependentes do dispositivo e do método de impressão.

O pós-processamento também é tido em conta no que diz respeito aos seus efeitos nas guias s-CAIS. Ammoun et al. (2021) analisaram o impacto nas dimensões da superfície do pós-processamento automático *versus* as lavagens em combinação com banhos ultra-sônicos. Para um único implante, nas guias s-CAIS com suporte em dentes, as lavagens e os ultra-sons revelaram um resultado consistentemente melhor do que no método automatizado. Os autores notam que esta diferença pode não ser clinicamente significativa, no entanto, vale a pena reiterar que a precisão das guias s-CAIS pode ser afetada por uma acumulação de erros, em vez de um único fator.

### 4.3. Sistema de Implantes

Outro fator que pode ter impacto na precisão das guias s-CAIS é o sistema de implantes a utilizar. Yeung et al. (2020), através um estudo *in vitro* para investigar a precisão de três diferentes sistemas de implantes utilizando guias cirúrgicas de fabricação aditiva, verificaram que a dimensão e as deslocções de angulação estavam dentro dos limites clinicamente aceitáveis, no entanto, verificaram a presença de limites de deslocamento vertical de 2 a 3 mm. Esta implicação leva então à necessidade que os clínicos estejam familiarizados com o sistema particular a utilizar.

Alguns desvios podem ocorrer após a osteotomia e durante a colocação do implante, tal pode-se dever a imprecisões da broca ou uso de diferentes desenhos macro de implantes, ou ambos (Alqallaf, 2021). Verificou-se que os desenhos macro de implantes cónicos têm uma precisão posicional estatisticamente mais significativa quando comparados com implantes cilíndricos. Isso pode ser atribuído ao *design* da broca, rosca ou geometria de inserção (El Kholly et al., 2019b).

A orientação e o desvio da broca desempenham um papel crucial na precisão e no resultado da cirurgia guiada. Pensava-se que os desvios eram devidos a fatores, como altura da manga, distância de perfuração ou altura da chave guia. Essas escolhas diferem em vários sistemas de implante e são feitas pelo médico dentista ou geradas pelo *software* de planeamento de implantes (Alqallaf, 2021).

Foi demonstrado que a precisão da s-CAIS está diretamente relacionada com a distância de perfuração livre apical à manga guia e inversamente relacionada à altura da chave guia usada na manga. Portanto, quando clinicamente possível, um protocolo envolvendo uma broca mais curta, altura da manga inferior e chave guia da broca mais longa pode ter

resultados mais favoráveis na precisão da s-CAIS. Muitas vezes esta escolha é limitada porque a altura da manga é influenciada pela condição dos tecidos moles e duros. Por outro lado, reduzir a altura da manga e o comprimento da broca tem uma potencial vantagem clínica em pacientes com aberturas de boca limitadas, especialmente na colocação de implantes na região posterior. No entanto, em situações clínicas onde múltiplas combinações de instrumentos guiados são possíveis, o protocolo cirúrgico final deve ser escolhido tendo em conta estas considerações (El Kholy et al., 2019c).

Os protocolos de perfuração adequados não devem ser vistos como decisões individuais. Em vez disso, eles devem ser avaliados coletivamente para otimizar os resultados da cirurgia guiada (El Kholy et al., 2019c).

#### **4.4. Experiência do Operador**

Cushen et al. (2013) investigaram o efeito da experiência do operador na precisão da colocação de implantes com guias cirúrgicas estereolitográficas, para tal realizaram um estudo, através de um total de 100 implantes colocados em 20 mandíbulas em resinas fotopoliméricas por 4 operadores (2 experientes e 2 inexperientes na colocação de implantes), com a ajuda da realização de um CBCT no pré e pós-operatório, neles foi medida a quantidade de desvio angular, horizontal e vertical no colo e no ápice dos implantes colocados e virtualmente planeados. Foi observado um desvio angular médio de  $2,6 \pm 1,2^\circ$ , desvios lineares horizontais na plataforma e no ápice de  $0,63 \pm 0,3$  mm e  $0,34 \pm 0,1$  mm, respetivamente, para os operadores experientes. Para operadores inexperientes, os valores correspondentes foram  $3,96 \pm 1,6$  graus de desvio angular médio,  $0,77 \pm 0,3$  mm de desvios lineares horizontais na plataforma e no ápice de  $0,42 \pm 0,2$  mm. Desta forma, concluíram que o nível de experiência do operador contribui para a precisão da colocação de implantes, com operadores mais experientes a colocarem mais implantes com precisão.

A precisão na utilização de guias estáticas geradas por CT difere de clínico para clínico (Block & Emery, 2016). Verifica-se uma diferença estatisticamente significativa comparando operadores quanto às posições em relação ao ápice, profundidade e angulação dos implantes colocados (Van de Wiele et al., 2015).

No entanto, quando os cirurgiões inexperientes foram supervisionados por cirurgiões experientes, não foram encontrada diferença significativa entre eles, em relação à precisão da colocação do implante usando uma guia gerada por CT (Van de Wiele et al., 2015).

#### 4.5. Design da Guia

As guias geradas por CT têm um erro mensurável associado a elas, assim e dependendo da utilização de guias apoiados por mucosa ou dentes, os desvios encontrados variaram de 0,6 a 1,5 mm no ápice do implante para 0,6 a 1,27 mm na plataforma, os desvios da angulação do implante no plano variaram de 2,5 a 5°, e mais de metade dos implantes foram colocados mais superficialmente do que o planejado (Van de Wiele et al., 2015).

Turbush et al. (2012) analisaram a precisão de colocação de implantes usando três tipos diferentes de guias cirúrgicas estereolitográficas (guias suportadas sobre o osso, suportadas sobre dentes e suportadas na mucosa). Um total de 150 implantes foram virtualmente planejados num programa de *software* 3D e, em seguida, colocados em 30 mandíbulas de resina fotopolimérica. Os autores compararam a colocação de implantes virtuais com a colocação real de implantes através da avaliação da sobreposição de dados pré-cirúrgicos e pós-cirúrgicos da CBCT. O desvio angular médio do longo eixo entre os implantes planejados e colocados foi de  $2,2 \pm 1,2^\circ$ . Também notaram que os desvios lineares médios entre os implantes planejados e o colocado foram de  $1,18 \pm 0,4$  mm no colo e  $1,44 \pm 0,6$  mm no ápice, respectivamente, para todos os 150 implantes.

Vercruyssen et al. (2014), num estudo comparando a cirurgia guiada (suportada na mucosa e no osso) e a colocação de implantes à mão livre ou o uso de uma férula cirúrgica em maxilares totalmente desdentados, verificaram no grupo de colocação guiada um desvio de entrada do implante de 1,4 mm, com desvio apical de 1,6 mm, e um desvio angular de 3,0°. Os desvios com métodos à mão livre foram de 2,7 mm na entrada, 2,9 mm no ápice e 9,9° de desvio angular.

A resiliência da mucosa pode levar a que a guia cirúrgica seja assente numa posição com rotação (D'Haese, 2013). Além disso, a mucosa pode estar inchada após a administração da anestesia local, prejudicando o posicionamento correto da guia (Sun et al., 2015).

Verhamme et al. (2015), com o objetivo de determinar a precisão clínica da colocação de implantes usando o planejamento computadorizado e férulas cirúrgicas CAD/CAM, colocaram 150 implantes em 25 pacientes desdentados usando uma técnica cirúrgica sem

retalho. Uma CBCT foi adquirida no pré-operatório e no pós-operatório para determinar a variação nos desvios de implantes planejados e colocados. Eles observaram que o desvio angular e os desvios lineares no colo do implante e no ápice foram  $3,93 \pm 0,8^\circ$ ,  $1,96 \pm 0,23$  mm e  $2,28 \pm 0,27$  mm, respectivamente. Os autores concluíram que os clínicos devem estar cientes de um certo nível de desvios que podem decorrer da utilização de guias cirúrgicas.

#### **4.6. Sobreaquecimento na Cirurgia Guiada**

O calor provocado pelo atrito é sempre gerado durante a preparação do local do implante com brocas de corte em alta rotação (Calvo-Guirado et al., 2015) e durante a inserção do implante (Stocchero et al., 2019). Quando o osso é exposto a um calor excessivo, pode ser desencadeada a necrose tecidual (Eriksson et al., 1982).

O calor causa uma desidratação do tecido, uma desnaturação de proteínas de membrana, uma diminuição na atividade osteoblástica e osteoclástica e interrompe a microcirculação, contribuindo para a necrose celular. Além disso, o tecido necrosado é mais propenso a infecções bacterianas (Yoshida et al., 2009). Em última análise, uma lesão térmica induz uma reabsorção óssea irreversível (Eriksson et al., 1982), o que pode impedir o processo de osseointegração dos implantes.

Alguns estudos verificaram que um procedimento de perfuração com o uso de um guia cirúrgica pode causar um aumento da temperatura em comparação com um método de perfuração convencional (Misir et al., 2009; Strbac et al., 2014). O osso cortical é mais denso e resistente que o osso trabecular; possui um alto coeficiente de atrito e baixa condutividade térmica, o que dificulta a dissipação de calor (Calttenburg et al., 1975). A broca inicial, na verdade, encontra maior resistência e deve remover quantidades consideráveis de osso cortical no ponto de entrada da broca. Brocas maiores subsequentes, por outro lado, induzem variações de temperatura mais baixas, pois têm de remover quantidades menores de tecido ósseo cortical e os espaços maiores do acesso podem facilitar a irrigação e a remoção óssea (Strbac et al., 2014).

Embora um estudo recente tenha demonstrado que o movimento de perfuração intermitente durante uma osteotomia convencional não diminui a temperatura óssea (Fiore et al., 2018), esse método pode ser relevante durante a cirurgia guiada, uma vez

que aumenta o fluxo de irrigação e remove uma grande quantidade de detritos ósseos do local de perfuração (Markovi'c et al., 2016).

Como relatado, o comprimento da broca e das barreiras físicas, representados pela manga e pela própria guia, pode bloquear o fluxo de fluido de irrigação para o local de perfuração, resultando numa irrigação insuficiente (Misir et al., 2009). Além disso, o possível atrito entre as brocas e as mangas pode aumentar a geração de calor. Por essa razão, várias estratégias têm sido defendidas para um procedimento com refrigeração melhorada, incluindo uma irrigação abundante e contínua, um movimento de broca intermitente e a renovação do *kit* de perfuração após um determinado uso (Tatakis et al., 2019). Outras estratégias cirúrgicas são uma cirurgia guiada por broca-piloto, cirurgia semi-guiada com a inserção de implantes à mão livre e cirurgia guiada com retalho (Vercruyssen et al., 2015).

Num estudo de Liu et al. (2018), foi comparada uma irrigação externa convencional da peça manual, um tubo interno de irrigação na guia cirúrgica e a utilização de brocas com refrigeração interna. Os achados mostraram que a guia cirúrgica com o tubo interno foi um método de irrigação superior à irrigação externa convencional da peça manual, ao mesmo tempo em que foi menos eficiente do que a refrigeração interna na broca (Liu et al., 2018).



## Conclusão

A transição do fluxo de trabalho convencional para um fluxo de trabalho digital exige uma curva de aprendizagem.

O protocolo de cirurgia guiada possibilita uma cirurgia sem retalho no posicionamento de implantes específicos em locais determinados pré-cirurgicamente tendo em consideração o planeamento ideal da reabilitação e a anatomia, o que torna o procedimento minimamente invasivo.

A cirurgia guiada é um procedimento que permite orientar, desde a posição da colocação dos implantes à captação da reabilitação imediata aos implantes. É por isso mais preciso e menos demorado em comparação com algumas técnicas convencionais, contribuindo assim para um maior conforto do paciente durante a cirurgia e para um melhor pós-operatório.

Através da utilização de uma guia de referência com dispositivos de ancoragem para fixar todas as guias subsequentes necessárias, desde a osteotomia ou regeneração óssea à colocação dos implantes e da reabilitação imediata, é possível manter a mesma posição de acordo com o planeamento digital. Desta forma, é possível preservar a estética, a função e a dimensão vertical oclusal de acordo com o planeamento digital ao fixar a reabilitação aos implantes.

Apesar das expectativas em relação à colocação de implantes guiada por computador, alguns relatos identificam o risco de erros e complicações que os clínicos podem enfrentar, desde o planeamento digital à cirurgia de implante propriamente dita.

Desta forma a precisão do procedimento pode ser condicionada por erros acumulados através de todo o fluxo de trabalho digital, que podem resultar numa guia desajustada e num desvio na posição dos implantes e da reabilitação em relação ao planeamento.

A experiência do operador e a familiarização com o sistema de implantes a utilizar também pode condicionar a precisão no posicionamento de implantes através da cirurgia guiada.



## Bibliografia

- Abduo, J., & Lau, D. (2020). Accuracy of static computer-assisted implant placement in anterior and posterior sites by clinicians new to implant dentistry: in vitro comparison of fully guided, pilot-guided, and freehand protocols. *International Journal of Implant Dentistry*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40729-020-0205-3>
- Abreu, M. J., Silva, M. E., & Schacher, L. (2006). 12-recycling of textiles used in the operating theatre. *Recycling in Textiles*, 183–202.
- Alqallaf, H. (2021, may 14). Utilizing a digital workflow for implant treatment planning. *Decisions in Dentistry*. <https://decisionsindentistry.com/article/utilizing-digital-workflow-implant-treatment-%E2%80%A8planning/>
- American Dental Association Council on Scientific Affairs and American Dental Association Council on Dental Practice (1996). Infection Control Recommendations for the Dental Office and the Dental Laboratory. *The Journal of the American Dental Association*, 127(5), 672–680. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1996.0280>
- Ammoun, R., Dalal, N., Abdulmajeed, A. A., Deeb, G. R., & Bencharit, S. (2021). Effects of two postprocessing methods onto surface dimension of in-office fabricated stereolithographic implant surgical guides. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 30(1), 71–75. <https://doi.org/10.1111/jopr.13227>
- Baruffaldi, A., Baruffaldi, A., Baruffaldi, M., Maiorana, C., & Poli, P. P. (2020). A suggested protocol to increase the accuracy of prosthetic phases in case of full-arch model-free fully guided computer-aided implant placement and immediate loading. *Oral and Maxillofacial Surgery*, 24(3), 343–351. <https://doi.org/10.1007/s10006-020-00849-4>
- Beuer, F., Schweiger, J., & Edelhoff, D. (2008). Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *British Dental Journal*, 204, 505–511.
- Block, M. S., & Emery, R. W. (2016). Static or dynamic navigation for implant placement-choosing the method of guidance. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 74(2), 269–277. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2015.09.022>

- Bornstein, M. M., Horner, K., & Jacobs, R. (2017). Use of cone beam computed tomography in implant dentistry: current concepts, indications and limitations for clinical practice and research. *Periodontology 2000*, 73(1), 51–72. <https://doi.org/10.1111/prd.12161>
- Calttenburg, R., Cohen, J., Conner, S., & Cook, N. (1975). Thermal Properties of Cancellous Bone. *Journal of Biomedical Materials Research*, 9, 169–182.
- Calvo-Guirado, J. L., Delgado-Peña, J., Maté-Sánchez, J. E., Bueno, J., Delgado-Ruiz, R. A., & Romanos, G. E. (2015). Novel Hybrid Drilling Protocol: Evaluation for the Implant Healing-Thermal Changes, Crestal Bone Loss, and Bone-to-Implant Contact. *Clinical Oral Implants Research*, 26, 753–760.
- Camargos, G. V., Rangel, E. F., Rangel, K. F., Machado, A. R., Damis, L. F. T., Gonçalves, L. C., & Oliveira, G. J. P. L. (2021). Guided implant surgery workflow in edentulous patients: A precise and rapid technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.12.047>
- Centers for Disease Control and Prevention (1993). Recommended infection-control practices for dentistry. *Recommendations and Reports: Morbidity and Mortality Weekly Report*, 42(RR-8), 1–12.
- Chackartchi, T., Neeman, T., & Zabrovsky, A. (2020). Guided implant placement in fully edentulous patients. The full retraction protocol: Registration technique to improve treatment outcome. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 40(5), 721–729. <https://doi.org/10.11607/prd.4807>
- Coachman, C., Calamita, M. A., Coachman, F. G., Coachman, R. G., & Sesma, N. (2017). Facially generated and cephalometric guided 3D digital design for complete mouth implant rehabilitation: A clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(5), 577–586. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.09.005>
- Coachman, C., Georg, R., Bohner, L., Rigo, L. C., & Sesma, N. (2020). Chairside 3D digital design and trial restoration workflow. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 124(5), 514–520. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.10.015>
- Coachman, F., Petrili, G., Oliveira, G. J. P. L. de, Ghiraldini, B., & Bezerra, F. J. B. (2021). The DSD clicGuide system: a new concept for full-arch implant placement and immediate loading rehabilitation using the digital workflow: a clinical report of three cases. *Revista Odontológica do Brasil Central*, 30(89), 20–32. <https://doi.org/10.36065/robrac.v30i89.1432>

- Colombo, M., Mangano, C., Mijiritsky, E., Krebs, M., Hauschild, U., & Fortin, T. (2017). Clinical applications and effectiveness of guided implant surgery: a critical review based on randomized controlled trials. *BMC oral health*, *17*(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0441-y>
- Costa, A. J. de M., Teixeira Neto, A. D., Burgoa, S., Gutierrez, V., & Cortes, A. R. G. (2020). Fully digital workflow with magnetically connected guides for full-arch implant rehabilitation following guided alveolar ridge reduction. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, *29*(3), 272–276. <https://doi.org/10.1111/jopr.13150>
- Creagh, J., Bohner, L., Sesma, N., & Coachman, C. (2020). Integrating a facially driven treatment planning to the digital workflow for rehabilitation of edentulous arches: A case report. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, *21*(12), 1393–1397. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2985>
- Cushen, S. E., & Turkyilmaz, I. (2013). Impact of operator experience on the accuracy of implant placement with stereolithographic surgical templates: an in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *109*(4), 248–254. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60053-0](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60053-0)
- D'Haese, J. (2013). De Bruyn Effect of smoking habits on accuracy of implant placement using mucosally supported stereolithographic surgical guides Clin Implant Dent Relat Res. *Clin Implant Dent Relat Res*, *15*, 402–411.
- D'Haese, J., Ackhurst, J., Wismeijer, D., De Bruyn, H., & Tahmaseb, A. (2017). Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontology*, *73*(1), 121–133. <https://doi.org/10.1111/prd.12175>
- Duda, T., & Raghavan, L. V. (2016). 3D metal printing technology. *IFAC-PapersOnLine*, *49*(29), 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.11.111>
- El Kholly, K., Lazarin, R., Janner, S. F. M., Faerber, K., Buser, R., & Buser, D. (2019a). Influence of surgical guide support and implant site location on accuracy of static Computer-Assisted Implant Surgery. *Clinical Oral Implants Research*, *30*(11), 1067–1075. <https://doi.org/10.1111/clr.13520>
- El Kholly, K., Ebenezer, S., Wittneben, J.-G., Lazarin, R., Rousson, D., & Buser, D. (2019b). Influence of implant macrodesign and insertion connection technology on the accuracy of static computer-assisted implant surgery. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, *21*(5), 1073–1079. <https://doi.org/10.1111/cid.12836>

- El Kholy, K., Janner, S. F. M., Schimmel, M., & Buser, D. (2019c). The influence of guided sleeve height, drilling distance, and drilling key length on the accuracy of static Computer-Assisted Implant Surgery. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, *21*(1), 101–107. <https://doi.org/10.1111/cid.12705>
- Elliott, T., Hamilton, A., Griseto, N., & Gallucci, G. O. (2022). Additively manufactured surgical implant guides: A review. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, *31*(S1), 38–46. <https://doi.org/10.1111/jopr.13476>
- Eriksson, A., Albrektsson, T., Grane, B., & Mcqueen, D. (1982). Thermal Injury to Bone: A Vital-Microscopic Description of Heat Effects. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, *11*, 115–121.
- Espona, J., Vidal-Ponsoda, C., Quintana, P., Henarejos-Domingo, V., & Roig, M. (2021). A fully digital protocol to provide a fixed interim complete denture for immediate loading for a completely edentulous patient: A dental technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.09.011>
- Fiore, D., Sivoilella, A., Stocco, S., Favero, E., & Stellini, V. (2018). Experimental Analysis of Temperature Differences During Implant Site Preparation: Continuous Drilling Technique Versus Intermittent Drilling Technique. *Journal of Oral Implantology*, *44*, 46–50.
- Flügge, T., van der Meer, W. J., Gonzalez, B. G., Vach, K., Wismeijer, D., & Wang, P. (2018). The accuracy of different dental impression techniques for implant-supported dental prostheses: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, *29* Suppl 16(S16), 374–392. <https://doi.org/10.1111/clr.13273>
- Fraass, B. A., Eisbruch, A., & Feng, M. (2016). Intensity-modulated and image-guided radiation therapy. In *Clinical Radiation Oncology* (pp. 294-324.e5). Elsevier.
- Ferrin, L. M., Millan, J. R., & Oltra, D. P. (2012). Virtual articulator for the analysis of dental occlusion: an update. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, *17*, 160–163.
- Flügge, T., Derksen, W., Poel, T., Hassan, J., Nelson, B., & Wismeijer, K. (2017). Registration of cone beam computed tomography data and intraoral surface scans—A prerequisite for guided implant surgery with CAD/CAM drilling guides. *Clinical Oral Implants Research*, *28*, 1113–1118.

- Flügge, T., Kramer, J., Nelson, K., Nahles, S., & Kernen, F. (2022). Digital implantology—a review of virtual planning software for guided implant surgery. Part II: Prosthetic set-up and virtual implant planning. *BMC Oral Health*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02057-w>
- Fortin, T., Isidori, M., Blanchet, E., Perriat, M., Bouchet, H., & Coudert, J. L. (2004). An image-guided system-drilled surgical template and trephine guide pin to make treatment of completely edentulous patients easier: a clinical report on immediate loading. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 6(2), 111–119. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2004.tb00033.x>
- Gallucci, G., Evans, C., & Tahmaseb (2019). Digital Workflows in Implant Dentistry. In D. Wismeijer, S. Barter, & N. Donos, *ITI Treatment Guide* (Vol. 11). Quintessence Publishing. [https://www.quintessence-publishing.com/downloads/leseprobe\\_21231\\_iti\\_treatment\\_guide\\_volume11.pdf](https://www.quintessence-publishing.com/downloads/leseprobe_21231_iti_treatment_guide_volume11.pdf)
- Gan, N., Xiong, Y., & Jiao, T. (2016). Accuracy of intraoral digital impressions for whole upper jaws, including full dentitions and palatal soft tissues. *PloS One*, 11(7), e0158800. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158800>
- Ganz, S. D. (2006). Techniques for the use of CT imaging for the fabrication of surgical guides. *Atlas of the Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 14(1), 75–97. <https://doi.org/10.1016/j.cxom.2005.11.001>
- Gärtner, C., & Kordass, B. (2003). The virtual articulator: development and evaluation. *International Journal of Computerized Dentistry*, 6(1), 11–24.
- Gupta, R., Gupta, N., & Weber, D. K. K. (2022). *Dental Implants*. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470448/>
- Hobkirk, J., & Zarb, G. A. (2012). The edentulous state. Em G. A. In J. Zarb, S. Hobkirk, & R. Eckert (Eds.), *Prosthodontic Treatment for Edentulous Patients: Complete Dentures and Implant-supported Protheses* (pp. 1–27). Elsevier.
- Jacobs, R., Salmon, B., Codari, M., Hassan, B., & Bornstein, M. M. (2018). Cone beam computed tomography in implant dentistry: recommendations for clinical use. *BMC Oral Health*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0523-5>
- Jacobs, R. (2011). Dental cone beam ct and its justified use in oral health care. *JBR-BTR*, 94(5), 254. <https://doi.org/10.5334/jbr-btr.662>
- Jafri, Z., Ahmad, N., Sawai, M., Sultan, N., & Bhardwaj, A. (2020). Digital Smile Design—An innovative tool in aesthetic dentistry. *Journal of Oral Biology and*

- Craniofacial Research*, 10(2), 194–198. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2020.04.010>
- Jaju, P. P., & Jaju, S. P. (2015). Cone-beam computed tomography: Time to move from ALARA to ALADA. *Imaging Science in Dentistry*, 45(4), 263–265. <https://doi.org/10.5624/isd.2015.45.4.263>
- Joda, T., & Gallucci, G. O. (2015). The virtual patient in dental medicine. *Clinical Oral Implants Research*, 26(6), 725–726. <https://doi.org/10.1111/clr.12379>
- Katsoulis, J., Pazera, P., & Mericske-Stern, R. (2009). Prosthetically driven, computer-guided implant planning for the edentulous maxilla: a model study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 11(3), 238–245. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2008.00110.x>
- Kernen, F., Kramer, J., Wanner, L., Wismeijer, D., Nelson, K., & Flügge, T. (2020). A review of virtual planning software for guided implant surgery - data import and visualization, drill guide design and manufacturing. *BMC Oral Health*, 20(1), 251. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01208-1>
- Kim, S.-Y., Shin, Y.-S., Jung, H.-D., Hwang, C.-J., Baik, H.-S., & Cha, J.-Y. (2018). Precision and trueness of dental models manufactured with different 3-dimensional printing techniques. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics: official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 153(1), 144–153. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2017.05.025>
- Lepidi, L., Chen, Z., Ravida, A., Lan, T., Wang, H.-L., & Li, J. (2019). A full-digital technique to mount a maxillary arch scan on a virtual articulator: Virtual facebow technique. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 28(3), 335–338. <https://doi.org/10.1111/jopr.13023>
- Li, J., Chen, Z., Dong, B., Wang, H.-L., Joda, T., & Yu, H. (2020). Registering maxillomandibular relation to create a virtual patient integrated with a virtual articulator for complex implant rehabilitation: A clinical report. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 29(7), 553–557. <https://doi.org/10.1111/jopr.13204>
- Li, J., Sommer, C., Wang, H.-L., Lepidi, L., Joda, T., & Mendonca, G. (2021a). Creating a virtual patient for completely edentulous computer-aided implant surgery: A dental technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(4), 564–568. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.02.026>

- Li, J., Att, W., Chen, Z., Lepidi, L., Wang, H.-L., & Joda, T. (2021b). Prosthetic articulator-based implant rehabilitation virtual patient: A technique bridging implant surgery and reconstructive dentistry. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.09.013>
- Lin, C.-C., Ishikawa, M., Maida, T., Cheng, H.-C., Ou, K.-L., Nezu, T., & Endo, K. (2020a). Stereolithographic surgical guide with a combination of tooth and bone support: Accuracy of guided implant surgery in distal extension situation. *Journal of Clinical Medicine*, 9(3), 709. <https://doi.org/10.3390/jcm9030709>
- Lin, C.-C., Wu, C.-Z., Huang, M.-S., Huang, C.-F., Cheng, H.-C., & Wang, D. P. (2020b). Fully digital workflow for planning static guided implant surgery: A prospective accuracy study. *Journal of Clinical Medicine*, 9(4), 980. <https://doi.org/10.3390/jcm9040980>
- Liu, Y.-F., Wu, J.-L., Zhang, J.-X., Peng, W., & Liao, W.-Q. (2018). Numerical and experimental analyses on the temperature distribution in the dental implant preparation area when using a surgical guide: Temperature distribution under surgical guide. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 27(1), 42–51. <https://doi.org/10.1111/jopr.12488>
- Lundgren, S., Andersson, S., & Gualini, F. (2004). Sennerby Bone reformation with sinus membrane elevation: a new surgical technique for maxillary sinus floor augmentation. *Clinical Implant Dentistry Related Research*, 6, 165–173.
- Marei, H. F., Alshaia, A., Alarifi, S., Almasoud, N., & Abdelhady, A. (2019). Effect of steam heat sterilization on the accuracy of 3D printed surgical guides. *Implant Dentistry*, 28(4), 372–377. <https://doi.org/10.1097/ID.0000000000000908>
- Marković, A., Lazić, Z., Mišić, T., Šćepanović, M., Todorović, A., Thakare, K., & Glišić, M. (2016). Effect of Surgical Drill Guide and Irrigants Temperature on Thermal Bone Changes During Drilling Implant Sites-Thermographic Analysis on Bovine Ribs. *Vojnosanit. Pregl*, 73, 744–750.
- Michael, J., Md; Gary, M., Klein, D., & Ginter, B. (2022). Plan and Execute A novel full-arch immediate-load protocol for a dynamic navigation dental implant system. *Inside Dental Technology*, 13(7). <https://www.aegisdentalnetwork.com/idt/2022/07/plan-and-execute>
- Mijiritsky, E., Ben Zaken, H., Shacham, M., Cinar, I. C., Tore, C., Nagy, K., & Ganz, S. D. (2021). Variety of surgical guides and protocols for bone reduction prior to

- implant placement: A narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2341. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052341>
- Misir, A. F., Sumer, M., Yenisey, M., & Ergioglu, E. (2009). Effect of surgical drill guide on heat generated from implant drilling. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 67(12), 2663–2668. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2009.07.056>
- Mouhyi, J., Salama, M. A., Mangano, F. G., Mangano, C., Margiani, B., & Admakin, O. (2019). A novel guided surgery system with a sleeveless open frame structure: a retrospective clinical study on 38 partially edentulous patients with 1 year of follow-up. *BMC Oral Health*, 19(1), 253. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0940-0>
- Papaspyridakos, P., Chen, Y.-W., Gonzalez-Gusmao, I., & Att, W. (2019). Complete digital workflow in prosthesis prototype fabrication for complete-arch implant rehabilitation: A technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 122(3), 189–192. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.02.004>
- Papaspyridakos, P., De Souza, A., Bathija, A., Kang, K., & Chochlidakis, K. (2021). Complete digital workflow for mandibular full-arch implant rehabilitation in 3 appointments. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 30(6), 548–552. <https://doi.org/10.1111/jopr.13356>
- Pistilli, R., Canullo, L., Pesce, P., Pistilli, V., Caponio, V. C. A., & Sbricoli, L. (2022). Guided implant surgery and sinus lift in severely resorbed maxillae: A retrospective clinical study with up to 10 years of follow-up. *Journal of Dentistry*, 121(104137), 104137. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104137>
- Raico Gallardo, Y. N., da Silva-Olivio, I. R. T., Mukai, E., Morimoto, S., Sesma, N., & Cordaro, L. (2017). Accuracy comparison of guided surgery for dental implants according to the tissue of support: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 28(5), 602–612. <https://doi.org/10.1111/clr.12841>
- Reeves, T. E., Mah, P., & McDavid, W. D. (2012). Deriving Hounsfield units using grey levels in cone beam CT: A clinical application. *Dentomaxillofacial Radiology*, 41, 500–508.
- Resnik, R. (2020). *Misch's Contemporary Implant Dentistry* (4<sup>th</sup> ed.). Mosby.
- Revilla-León, M., & Özcan, M. (2019). Additive manufacturing technologies used for processing polymers: Current status and potential application in prosthetic dentistry: Polymer additive manufacturing for prosthodontics. *Journal of*

- Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 28(2), 146–158. <https://doi.org/10.1111/jopr.12801>
- Rosenfeld, A. L., Mandelaris, G. A., & Tardieu, P. B. (2006). Prosthetically directed implant placement using computer software to ensure precise placement and predictable prosthetic outcomes. Part 2: rapid-prototype medical modeling and stereolithographic drilling guides requiring bone exposure. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 26, 347–353.
- Rouzé l'Alzit, F., Cade, R., Naveau, A., Babilotte, J., Meglioli, M., & Catros, S. (2022). Accuracy of commercial 3D printers for the fabrication of surgical guides in dental implantology. *Journal of Dentistry*, 117(103909), 103909. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2021.103909>
- Salama, M. A., Pozzi, A., Clark, W. A., Tadros, M., Hansson, L., & Adar, P. (2018). The “scalloped guide”: A proof-of-concept technique for a digitally streamlined, pink-free full-arch implant protocol. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 38(6), 791–798. <https://doi.org/10.11607/prd.3778>
- Schnitman, P. A., Wöhrle, P. S., Rubenstein, J. E., DaSilva, J. D., & Wang, N. H. (1997). Ten-year results for Brånemark implants immediately loaded with fixed prostheses at implant placement. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 12(4), 495–503.
- Schropp, L., Wenzel, A., Kostopoulos, L., & Karring, T. (2003). Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 23(4), 313–323.
- Sennhenn-Kirchner, S., Weustermann, S., Mergeryan, H., Jacobs, H. G., Borg-von Zepelin, M., & Kirchner, B. (2008). Preoperative sterilization and disinfection of drill guide templates. *Clinical Oral Investigations*, 12(2), 179–187. <https://doi.org/10.1007/s00784-007-0153-9>
- Solaberrieta, E., Mínguez, R., Barrenetxea, L., & Etxaniz, O. (2013). Direct transfer of the position of digitized casts to a virtual articulator. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 109(6), 411–414. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60330-3](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60330-3)
- Sommacal, B., Savic, M., Filippi, A., Köhl, S., & Thieringer, F. M. (2018). Evaluation of two 3D printers for guided implant surgery. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 33(4), 743–746. <https://doi.org/10.11607/jomi.6074>

- Stevens, M., & Frazier, K. (2021). Preoperative implant evaluation and virtual treatment planning. *Clinical Dentistry Reviewed*, 5(1). <https://doi.org/10.1007/s41894-021-00110-5>
- Stocchero, M., Jinno, Y., Toia, M., Ahmad, M., Papia, E., Yamaguchi, S., & Becktor, J. P. (2019). Intraosseous temperature change during installation of dental implants with two different surfaces and different drilling protocols: An in vivo study in sheep. *Journal of Clinical Medicine*, 8(8), 1198. <https://doi.org/10.3390/jcm8081198>
- Strbac, G. D., Giannis, K., Schnappauf, A., Bertl, K., Stavropoulos, A., & Ulm, C. (2020). Guided lateral sinus lift procedure using 3-dimensionally printed templates for a safe surgical approach: A proof-of-concept case report. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 78(9), 1529–1537. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.04.042>
- Strbac, G. D., Unger, E., Donner, R., Bijak, M., Watzek, G., & Zechner, W. (2014). Thermal effects of a combined irrigation method during implant site drilling. A standardized in vitro study using a bovine rib model. *Clinical Oral Implants Research*, 25(6), 665–674. <https://doi.org/10.1111/clr.12032>
- Sun, Y., Luebbbers, H. T., Agbaje, J. O., Schepers, S., Politis, C., & Van Slycke, S. (2015). Accuracy of dental implant placement using CBCT-derived mucosa-supported stereolithographic template. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 17, 862–870.
- Tahmaseb, A., De Clerck, R., Aartman, I., & Wismeijer, D. (2012). Digital protocol for reference-based guided surgery and immediate loading: a prospective clinical study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 27(5), 1258–1270.
- Tatakis, D. N., Chien, H.-H., & Parashis, A. O. (2019). Guided implant surgery risks and their prevention. *Periodontology 2000*, 81(1), 194–208. <https://doi.org/10.1111/prd.12292>
- Terrabuio, B. R., Carvalho, C. G., Peralta-Mamani, M., Santos, P. S. da S., Rubira-Bullen, I. R. F., & Rubira, C. M. F. (2021). Cone-beam computed tomography artifacts in the presence of dental implants and associated factors: an integrative review. *Imaging Science in Dentistry*, 51(2), 93. <https://doi.org/10.5624/isd.20200320>

- Tonellini, G., Saez Vigo, R., & Novelli, G. (2018). Double Guided Surgery in All-on-4(®) Concept: When Osteotomy Is Needed. *International Journal of Dentistry*. <https://www.hindawi.com/journals/ijd/2018/2672549/>
- Turbush, S. K., & Turkyilmaz, I. (2012). Accuracy of three different types of stereolithographic surgical guide in implant placement: an in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *108*(3), 181–188. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(12\)60145-0](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(12)60145-0)
- Van de Wiele, G., Teughels, W., Vercruyssen, M., Coucke, W., Temmerman, A., & Quirynen, M. (2015). The accuracy of guided surgery via mucosa-supported stereolithographic surgical templates in the hands of surgeons with little experience. *Clinical Oral Implants Research*, *26*(12), 1489–1494. <https://doi.org/10.1111/clr.12494>
- van Steenberghe, D., Naert, I., Andersson, M., Brajnovic, I., Van Cleynenbreugel, J., & Suetens, P. (2002). A custom template and definitive prosthesis allowing immediate implant loading in the maxilla: a clinical report. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, *17*(5), 663–670.
- Verhamme, L. M., Meijer, G. J., Boumans, T., De Haan, A. F. J., & Bergé, S. J. (2015). Maal TJJ A clinically relevant accuracy study of computer-planned implant placement in the edentulous maxilla using mucosa-supported surgical templates. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, *17*, 343–352.
- Vercruyssen, M., Cox, C., Coucke, W., Naert, I., Jacobs, R., & Quirynen, M. (2014). A randomized clinical trial comparing guided implant surgery (bone- or mucosa-supported) with mental navigation or the use of a pilot-drill template. *Journal of Clinical Periodontology*, *41*(7), 717–723. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12231>
- Vercruyssen, M., Jacobs, R., Van Assche, N., & van Steenberghe, D. (2008). The use of CT scan based planning for oral rehabilitation by means of implants and its transfer to the surgical field: a critical review on accuracy. *Journal of Oral Rehabilitation*, *35*(6), 454–474. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2007.01816.x>
- Vercruyssen, M., Laleman, I., Jacobs, R., & Quirynen, M. (2015). Computer-supported implant planning and guided surgery: a narrative review. *Clinical Oral Implants Research*, *26 Suppl 11*, 69–76. <https://doi.org/10.1111/clr.12638>

- Winkler, J., & Gkantidis, N. (2020). Trueness and precision of intraoral scanners in the maxillary dental arch: an in vivo analysis. *Scientific Reports*, *10*(1), 1172. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58075-7>
- Wu, D., Zhou, L., Yang, J., Zhang, B., Lin, Y., Chen, J., Huang, W., & Chen, Y. (2020). Accuracy of dynamic navigation compared to static surgical guide for dental implant placement. *International Journal of Implant Dentistry*, *6*(1), 78. <https://doi.org/10.1186/s40729-020-00272-0>
- Yang, J.-W., Liu, Q., Yue, Z.-G., Hou, J.-X., & Afrashtehfar, K. I. (2021). Digital workflow for full-arch immediate implant placement using a stackable surgical guide fabricated using SLM technology. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, *30*(8), 645–650. <https://doi.org/10.1111/jopr.13375>
- Yeung, M., Abdulmajeed, A., Carrico, C. K., Deeb, G. R., & Bencharit, S. (2020). Accuracy and precision of 3D-printed implant surgical guides with different implant systems: An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *123*(6), 821–828. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.05.027>
- Yoshida, K., Uoshima, K., Oda, K., & Maeda, T. (2009). Influence of heat stress to matrix on bone formation. *Clinical Oral Implants Research*, *20*(8), 782–790. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2009.01654.x>
- Zhou, W., Liu, Z., Song, L., Kuo, C.-L., & Shafer, D. M. (2018). Clinical factors affecting the accuracy of guided implant surgery-A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Evidence-Based Dental Practice*, *18*(1), 28–40. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2017.07.007>