

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Faculdade de Odontologia
Colegiado de Pós-Graduação em Odontologia

Ana Luísa Machado Batista

**PROTOCOLO DE CIRURGIA GUIADA POR TOMOGRAFIA
COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO NA FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA UFMG**

Belo Horizonte

2024

Ana Luísa Machado Batista

**PROTOCOLO DE CIRURGIA GUIADA POR TOMOGRAFIA
COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO NA FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA UFMG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado de Pós-graduação em Odontologia da Universidade Federal Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Radiologia e Imaginologia Odontológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Roselaine Moreira
Coelho Milagres

Belo Horizonte

2024

Ficha Catalográfica

B333p Batista, Ana Luísa Machado.
2024 Protocolo de cirurgia guiada por tomografia
MP computadorizada de feixe cônico na Faculdade de Odontologia
da UFMG / Ana Luísa Machado Batista. -- 2024.

46 f. : il.

Orientadora: Roselaine Moreira Coelho Milagres.

Monografia (Especialização) -- Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Odontologia.

1. Tomografia computadorizada de feixe cônico. 2. Cirurgia assistida por computador. 3. Cirurgia bucal. 4. Impressão tridimensional. 5. Desenho assistido por computador. I. Milagres, Roselaine Moreira Coelho. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Odontologia. III. Título.

BLACK - D74



Ata da Comissão Examinadora para julgamento de Monografia da aluna **ANA LUISA MACHADO BATISTA**, do Curso de Especialização em RADIOLOGIA ODONTOLÓGICA E IMAGINOLOGIA, realizado no período de 22/08/2022 a 02/07/2024.

Aos 02 dias do mês de julho de 2024, às 11:00 horas, na sala de Pós-Graduação (Sala 3418) da Faculdade de Odontologia, reuniu-se a Comissão Examinadora, composta pelos professores Profa. Roselaine Moreira Coelho Milagres (orientador), Prof. Evandro Guimarães de Aguiar e Marco Aurélio Camargo da Rosa. Em sessão pública foram iniciados os trabalhos relativos à Apresentação da Monografia intitulada "**Protocolo de cirurgia guiada por Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico**". Terminadas as arguições, passou-se à apuração final. A nota obtida pela aluna foi 100 (cem) pontos, e a Comissão Examinadora decidiu pela sua aprovação. Para constar, eu, Profa. Roselaine Moreira Coelho Milagres, Presidente da Comissão, lavrei a presente ata que assino, juntamente com os outros membros da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 02 de julho de 2024.

Prof. Profa. Roselaine Moreira Coelho Milagres
Orientador

Prof. Prof. Evandro Guimarães de Aguiar

Prof. Marco Aurélio Camargo da Rosa

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas que tornaram possível a conclusão desta monografia. Agradeço a Deus, cuja orientação e providência estiveram presentes em cada passo desta caminhada acadêmica.

Agradeço de coração aos meus pais, Alessandra e Jairo, pelo amor incondicional e apoio inabalável ao longo desta jornada. Tenho muito orgulho de poder me inspirar em pessoas e profissionais tão incríveis.

Ao meu querido irmão, cuja presença foi fundamental para enfrentar os desafios deste percurso. Sua confiança em mim e seu exemplo de determinação me incentivam todos os dias a crescer como pessoal e profissional.

Aos meus colegas de especialização, Isadora, Paula, Victor e Xana, cuja parceria e amizade foram um presente inestimável ao longo destes anos. Agradeço pela troca de conhecimento, pela colaboração, pelas conversas enriquecedoras e pelo apoio mútuo durante todo este período. Cada um de vocês contribuiu de maneira única com a minha formação e com meu desenvolvimento como pessoa.

Em especial, quero dedicar uma gratidão especial à Ciça, que esteve do meu lado no desenvolvimento deste protocolo, enfrentando desafios e celebrando conquistas. Sua dedicação e devoção à profissão e à universidade foram fundamentais para moldar este trabalho de uma maneira que eu nunca poderia ter alcançado sozinha.

Aos professores Rogéli, Ranulfo, Ricardo, Hugo e Esdras, minha profunda gratidão por investirem seu tempo, conhecimento e recursos utilizados na elaboração deste estudo.

Ao professor Evandro e ao meu colega Mateus, que foram fundamentais para a validação do protocolo estabelecido, tendo realizado com maestria o procedimento cirúrgico e a documentação do caso.

Agradeço a todos os professores Cláudia, Maurício, Tânia e, sobretudo à minha orientadora Roselaine, que engrandeceram enormemente a minha formação. Suas orientações e conhecimentos foram fundamentais para me moldar na profissional que sou hoje.

RESUMO

A cirurgia guiada representa um avanço significativo na Odontologia moderna, especialmente na implantodontia, onde a precisão e previsibilidade são fundamentais para o sucesso dos procedimentos. Os passos dentro da sequência de fluxo de trabalho digital para cirurgia guiada são: aquisição de dados volumétricos, procedimentos de escaneamento de superfície via escaneamento intraoral ou escaneamento de modelo extraoral, software de planejamento computacional, design e manufatura de guias cirúrgicos via impressão 3D. A cirurgia guiada está cada vez mais rotineira na Odontologia contemporânea, demonstrando como a integração de tecnologias digitais pode transformar significativamente a prática clínica, elevando os padrões de precisão, previsibilidade e qualidade dos resultados em implantodontia. Além disso, esta técnica permite uma abordagem personalizada para cada caso clínico, adaptando-se às particularidades anatômicas e às necessidades específicas do paciente. O objetivo do estudo foi estabelecer um protocolo completo para o planejamento e execução de implantes guiados, com as tecnologias e recursos disponíveis na Faculdade de Odontologia da UFMG.

Palavras-chave: tomografia computadorizada; cirurgia guiada por imagem; cirurgia oral; impressão 3D; CAD/CAM.

ABSTRACT

Guided surgery protocol by Cone Beam Computerized Tomography at the Faculty of Dentistry of UFMG.

Guided surgery represents a significant advancement in modern dentistry, particularly in implantology, where precision and predictability are crucial for procedural success. The steps within the digital workflow sequence for guided surgery include: volumetric data acquisition, surface scanning procedures via intraoral scanning or extraoral model scanning, computational planning software, and design and manufacture of surgical guides via 3D printing. Guided surgery is increasingly becoming routine in contemporary dentistry, showcasing how the integration of digital technologies can substantially transform clinical practice by enhancing standards of precision, predictability, and quality of outcomes in implantology. Moreover, this technique allows for a personalized approach to each clinical case, adapting to anatomical particularities and specific patient needs. The aim of this study was to establish a comprehensive protocol for the planning and execution of guided implants, utilizing the technologies and resources available at the Faculty of Dentistry of UFMG.

Keywords: computerized tomography; image guided surgery; oral surgery; three-dimensional printing; CAD/CAM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Remoção do aparelho ortodôntico. O paciente foi submetido a escaneamento e exame tomográfico sem a coroa provisória.....	24
Figura 2 - Coroa provisória em posição.....	24
Figura 3- Exame tomográfico do paciente em tomógrafo Orthophos SL (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).....	25
Figura 4- Escaneamento intraoral da maxila do paciente no <i>software</i> Sidexis (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).....	26
Figura 5- Arquivo .stl do escaneamento intraoral da maxila e da mandíbula do paciente.....	26
Figura 6- Escolha do tipo do dente no <i>software</i> Cerec (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).....	27
Figura 7- Desenho da prótese no <i>software</i> Cerec (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).....	27
Figura 8- <i>Software</i> Galileos (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).....	28
Figura 9- Alinhamento de modelos no <i>software</i> Galileos.....	28
Figura 10- Vista do implante nos cortes axial (A), sagital (B) e coronal (C).....	29
Figura 11- Reconstrução tridimensional da posição do implante.....	29
Figura 12- Posicionamento do implante nos cortes coronal, sagital e axial no <i>software</i> Galileos (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).....	29
Figura 13- Escolha da anilha e do <i>offset</i> no <i>software</i> Galileos (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).....	30
Figura 14- <i>Offset</i> da anilha (Neodent)	30
Figura 15- Exportação do planejamento no <i>software</i> Galileos (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).....	31

Figura 16- Parâmetros do guia cirúrgico no <i>software</i> Cerec (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).....	31
Figura 17- Delimitação da área de cobertura da guia no <i>software</i> Cerec (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).....	32
Figura 18- Inclusão das janelas de visualização.....	32
Figura 19- Planejamento do guia finalizado <i>software</i> Cerec (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).....	32
Figura 20- Impressora 3D AnyCubic Photon Mono X 6K e a resina biocompatível Prizzma BioGuide.....	32
Figura 21- Calibrador hexagonal, arquivo .STL (A, B) e impresso para calibração da resina (C,D)	34
Figura 22- Suportes nos guias cirúrgicos e no calibrador no <i>software</i> Chitubox V1 9.3.....	34
Figura 23- Parâmetros de impressão da resina Bioguide para a impressora AnyCubic Photon Mono X 6K fornecidas pelo fabricante.....	33
Figura 24- Parâmetros de impressão da resina Bioguide para a impressora AnyCubic Photon Mono X 6K no <i>software</i> Chitubox V1 9.3.....	35
Figura 25- Lavadora (A) e curadora (B) da AnyCubic. Guias submetidas ao processo de cura (C).....	36
Figura 26- Guia com suporte (A), guia sem suporte (B), guia após o polimento e com a anilha (C).....	36
Figura 27- Correto assentamento do guia após a abertura de retalho no procedimento cirúrgico	37
Figura 28- Sequência de brocas especificada pelo fabricante (A, B), conferência do posicionamento do implante com um paralelômetro (C)	37
Figura 29- Implante escolhido (A); instalação do implante (B, C); implante em posição (D) e com o <i>cover</i> (E)	38
Figura 30- Sutura	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Tridimensional / Três dimensões
3DP	Impressão Tridimensional
AM	Manufatura Aditiva
CAD-CAM	Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing
CVG	Cirurgia Virtual Guiada
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DLP	Digital Light Processing
FAO	Faculdade de Odontologia
FDM	Fused Deposition Modeling
ICP	Iterative Closest Point
IOS	Escaneamento Intraoral
s-CAIS	Cirurgia Guiada Assistida por Computador Estática
SLA	Stereolithography
SLS	Selective Laser Sintering
STL	Standard Tessellation Language
TC	Tomografia Computadorizada
TCCB	Tomografia Computadorizada Cone Beam
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 Moldagens digitais.....	12
2.2 <i>Softwares</i> de planejamento 3D.....	14
2.3 Impressão 3D.....	16
2.4 Implantodontia guiada.....	16
3 OBJETIVOS.....	19
3.1 Objetivo geral.....	19
3.2 Objetivos específicos.....	19
4 PROTOCOLO DO FLUXO DIGITAL EM IMPLANTODONTIA NA FAO UFMG.....	20
5 APLICAÇÃO DO PROTOCOLO EM CASO CLÍNICO.....	24
6 DISCUSSÃO.....	40
7 CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS.....	43
APÊNDICE A – Fluxograma do protocolo de cirurgia guiada.....	45
ANEXO A – Termo de consentimento livre e esclarecido assinado	46

1 INTRODUÇÃO

O uso da informática tornou-se essencial nas fases de diagnóstico e terapêutica, incluindo o planejamento pré-operatório para cirurgia de implantes. Avanços tecnológicos proporcionaram ganhos significativos na previsibilidade e longevidade dos resultados obtidos em procedimentos cirúrgicos e reabilitadores na prática clínica odontológica (Gocke *et al.*, 2020).

A evolução das tecnologias digitais está redefinindo os padrões na Odontologia, desde a transição de imagens bidimensionais para tridimensionais, até a adoção de cirurgias guiadas por computador em substituição às técnicas convencionais. (Hall *et al.*, 2023).

A tecnologia de design e manufatura assistidos por computador (CAD-CAM) tem sido amplamente utilizada na Odontologia, especialmente na implantodontia, por meio da prototipagem com o uso da tecnologia estereolitográfica. Essa técnica tornou-se um recurso válido no diagnóstico, planejamento do tratamento e cirurgia, proporcionando ao cirurgião-dentista e ao paciente uma melhor compreensão do planejamento, melhor visualização do resultado, aumentando a previsibilidade do tratamento e reduzindo a morbidade (Gocke *et al.*, 2020).

Mesmo em casos de cirurgia guiada, existem questões a serem avaliadas. Primeiramente, como todo novo método, esse tipo de cirurgia requer uma curva de aprendizado para o cirurgião-dentista e, em geral, para toda a equipe odontológica. Além disso, o tempo necessário para o planejamento pré-cirúrgico do implante guiado é definitivamente maior em comparação aos protocolos tradicionais, assim como os aspectos econômicos. (Colombo *et al.*, 2017)

Diante deste contexto desafiador na adoção eficaz da tecnologia CAD-CAM, enfatizando a necessidade da utilização dos recursos tecnológicos de forma conjunta e da capacitação dos profissionais para o correto aproveitamento das tecnologias disponíveis, no presente trabalho busca-se demonstrar e estabelecer um protocolo para a realização de planejamento virtual de implantes e confecção de guias cirúrgicos impressos, para serem usados em Implantodontia por meio dos equipamentos e softwares disponíveis na Faculdade de Odontologia da UFMG.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A cirurgia guiada de implantes foi inicialmente introduzida no final dos anos 90 e, em consequência aos recentes avanços tecnológicos, tem sido cada vez mais utilizada para atingir um posicionamento protético e biológico ideal do implante (Romandini *et al.*, 2023).

A introdução da tomografia computadorizada (TC) na implantodontia, em especial a Tomografia Computadorizada Cone Beam (TCCB), aperfeiçoou os resultados do tratamento com implantes dentários, ao permitir uma análise tridimensional (3D) da geometria óssea para o planejamento pré cirúrgico (Khorsandi, *et al.*, 2021; Kessler *et al.*, 2020). O posicionamento preciso dos implantes é essencial para evitar lesões em estruturas anatômicas e otimizar a reabilitação protética, levando a um sucesso clínico a longo prazo (Khorsandi, *et al.*, 2021; L'Alzit, *et al.*, 2022).

Adicionalmente, a implementação de ferramentas de imagem tridimensional de superfície levou a um grande avanço no planejamento virtual. Combinando um software de planejamento, com os dados de tomografia computadorizada e os dados de escaneamentos, torna-se possível planejar virtualmente a posição ideal do implante, levando em consideração as estruturas anatômicas vitais adjacentes e os requisitos protéticos futuros. Este processo resulta, em última instância, na transferência da posição virtual planejada do computador para o paciente (D'Haese, *et al.*, 2017).

O planejamento cirúrgico reverso tem sido objeto de interesse para a Odontologia. O posicionamento correto do implante apresenta vantagens evidentes, como resultados estéticos e protéticos favoráveis, estabilidade a longo prazo dos tecidos peri-implantares e o potencial para garantir oclusão e carga ideais do implante. Além disso, vários requisitos, como a distância inter implante desejada, distância dente implante, profundidade e angulação do implante, entre outros aspectos, tornaram o planejamento virtual uma ferramenta importante quando se busca o sucesso do tratamento (D'Haese, *et al.*, 2017).

As cirurgias guiadas tem sido comumente classificadas de acordo com o nível da orientação (parcialmente x completamente guiadas) e na capacidade de permitir decisões intraoperatórias (estática x dinâmica) (Romandini *et al.*, 2023).

Nessa abordagem, são necessários *softwares* específicos para o planejamento e o desenho de um guia cirúrgico prototipado, que visa orientar o posicionamento de implantes com maior precisão. Geralmente, o programa de *software* se comunica com uma impressora 3D que produz o guia com mínimas distorções em relação ao plano inicial. Tais programas de computador foram desenvolvidos e testados para o grau de precisão em relação ao planejamento dos implantes em um modelo virtual, o grau de segurança do guia prototipado e a replicabilidade cirúrgica (Cunha *et al.*, 2021).

A cirurgia guiada estática requer um guia cirúrgico físico, que é impresso em 3DP e reproduz o planejamento virtual de perfuração diretamente a partir de dados tomográficos computadorizados e de superfície. Comparada às técnicas tradicionais, a cirurgia guiada permite um posicionamento do implante mais preciso, especialmente o método "totalmente guiado", que oferece garantias adicionais no controle da angulação da perfuração, profundidade e localização do implante. Esta técnica está associada a um tempo cirúrgico reduzido, menor invasividade e resultados protéticos ideais, sendo atualmente considerada a técnica mais reproduzível para o posicionamento de implantes (Gjelvold *et al.*, 2019). Dessa forma, temos pleno aproveitamento do conceito de engenharia reversa sendo aplicado na implantodontia, onde a necessidade protética irá ditar os rumos do planejamento (Shibli *et al.*, 2018).

Embora a cirurgia de implantes convencional exige menos tempo de planejamento e tem um menor custo, os resultados são altamente variáveis. A cirurgia guiada, por outro lado, é um método confiável, reproduzível e seguro. À medida que a tecnologia para a fabricação de guias avança e os softwares digitais são aprimorados, o custo da cirurgia guiada diminui e este método se torna ainda mais preciso (L'Alzit, *et al.*, 2022).

2.1 Moldagens digitais

Os modelos digitais vêm oferecendo resultados tão confiáveis quanto os modelos de gesso. Para que os modelos digitais alcancem ampla aceitação clínica, é essencial que funcione igualmente bem ou melhor do que os modelos de gesso derivados de impressões convencionais (Shibli *et al.*, 2018).

Do ponto de vista do paciente, as impressões digitais têm demonstrado menor ansiedade e maior conforto, além de prover menor propensão à náuseas.

Atualmente, os modelos digitais são obtidos de duas formas distintas: pela técnica extraoral ou pela técnica intraoral.

No escaneamento extraoral, é realizada a moldagem convencional e a moldagem ou o modelo resultante em gesso é digitalizado com o escâner de mesa laboratorial. Durante este procedimento podem ocorrer distorções decorrentes do processo de moldagem e/ou da expansão da cristalização do gesso durante a confecção do modelo (Shibli et al., 2018).

No escaneamento intraoral, um modelo virtual tridimensional é obtido reproduzindo as estruturas anatômicas com precisão. Durante o procedimento de escaneamento, o profissional, por meio do leitor ótico, incide uma luz nas superfícies intra-orais do paciente, que é refletida e capturada por um sensor que possui uma distância fixa e calcula o ângulo de reflexão do feixe luminoso incidente por um processo chamado de triangulação. Assim, digitalmente, são calculadas as distâncias entre as superfícies bucais analisadas, permitindo o registro tridimensional virtual da condição clínica do paciente (Shibli et al., 2018).

Inevitavelmente, erros ainda podem ocorrer durante esse procedimento em algumas situações clínicas, como presença de saliva, limitação de abertura bucal e posicionamento dos dentes na arcada, o que pode contribuir para a imprecisão do modelo digital. Tais condições intrabucais dificultam a reflexão da luz, promovendo a imprecisão da técnica (Shibli et al., 2018).

A evolução dos escâneres intraorais tem possibilitado a captura de imagens sem a necessidade de uso de substâncias opacificadoras que geravam uma distorção da superfície.

As variações em uma malha triangular podem ser analisadas através da densidade e regularidade da triangulação, além das variações de altura.

O arquivo STL contém dados que descrevem a forma de um objeto tridimensional. Em termos simples, o formato de arquivo STL usa uma série de triângulos vinculados para recriar a geometria de superfície de um modelo sólido (Shibli et al., 2018).

Para um modelo básico, suas superfícies podem ser representadas usando alguns triângulos. Para modelos de resolução mais alta, são necessários mais triângulos para replicar a superfície do modelo. Quanto mais triângulos formam um modelo, maior o tamanho do arquivo e mais detalhado o objeto.

Cada face do triângulo é descrita por uma direção perpendicular em três pontos que representam os cantos do triângulo. Um arquivo STL fornece uma listagem completa das coordenadas x, y e z desses cantos e perpendiculares (Shibli et al., 2018).

Os modelos virtuais podem também ser utilizados para reabilitações complexas de próteses, planejamentos ortodônticos, de cirurgia guiada para implantodontia e também como ferramentas para diagnóstico e comunicação com os pacientes.

O escaneamento intraoral, além de eliminar etapas clínicas, evita erros causados pelas distorções dos materiais de moldagem e dos materiais para a confecção de modelos, garantindo maior previsibilidade e agilidade ao processo (Shibli et al., 2018).

A precisão para obter modelos digitais por meio do escaneamento intraoral requer habilidade, que será alcançada ao longo da curva de aprendizado do operador.

2.2 Softwares de planejamento 3D

Atualmente, uma diversidade de softwares especializados em Odontologia está disponível, abrangendo várias áreas com o objetivo de melhorar a acurácia, reduzir riscos, otimizar o tempo de trabalho e aprimorar os resultados clínicos (Cen et al., 2023).

Os softwares podem ser genericamente classificados em:

- Gratuitos: abertos ao público. Ex: Blender, MeshLab, Meshmixer, Slicer.
- Parcialmente pagos: oferecem algumas ferramentas de forma gratuita e outras de forma paga. Ex: BluSky Plan, Implastation.
- Completamente pagos: só funcionam por meio de licenças previamente adquiridas. Ex: Implant Studio, Galileos/InLab, ExoPlan, CoDiagnostix.

Os softwares de planejamento cirúrgico conseguem ler arquivos de exames tomográficos (DICOM) e de escaneamento de superfície intraoral/extraoral (STL, PLY), permitindo assim a reconstrução virtual do paciente. A fusão desses dois tipos de arquivo (DICOM e STL) é realizada mediante o uso de estruturas anatômicas similares, como os dentes (Abad-Coronel et al., 2023).

Os softwares de CAD (Computer-Aided Design) desempenham um papel fundamental no processo de criar digitalmente objetos que serão posteriormente

fabricados usando CAM (Computer-Aided Manufacturing) (Abad-Coronel *et al.*, 2023).

2.3 Impressão 3D

Devemos relacionar o conceito de impressão 3D como sendo o de manufatura de adição: confecção de um modelo por adição de camadas. Partindo de um projeto realizado em 3D, o software de controle da máquina divide a peça a ser fabricada em fatias finas e define as camadas de deposição de material que são necessárias. Essas camadas são planejadas individualmente, possibilitando geometrias extremamente complexas, difíceis de serem obtidas por meio de processos tradicionais de manufatura (Shibli *et al.*, 2018).

A manufatura aditiva apresenta-se com um grande potencial de utilização na área de manufatura de produtos de alta complexidade geométrica e de propriedades mecânicas.

A manufatura de redução, processo mais tradicional, consiste na usinagem de um bloco rígido com dimensão inicialmente maior até a peça alcançar o seu formato final. Seja por fresagem ou por torneamento, esse método tem como desvantagem o grande desperdício de material utilizado, além de não oferecer geometrias utilizadas (Shibli *et al.*, 2018).

Podemos dividir as impressoras em caseiras, profissionais e industriais, sendo diferenciadas pelo tipo de ação e do material utilizado. Impressoras mais simples são de baixo custo, utilizando materiais de impressão plásticos, com um resultado limitado em relação a previsibilidade. As impressoras mais complexas, além de tecnologia mais avançada, possuem melhor definição e controle das propriedades geométricas dos materiais (Shibli *et al.*, 2018).

Embora uma variedade de materiais possa ser utilizada com essas tecnologias, plásticos e materiais à base de resina são os mais comumente utilizados para aplicações odontológicas (Gjelvold *et al.*, 2019).

Dentre várias tecnologias de impressão, quatro se destacam como sendo as mais utilizadas em Odontologia: FDM, SLA, LCD e DLP.

Fused Deposition Modeling – FDM

É um processo demorado, mas que permite a produção de protótipos funcionais ou até mesmo produtos finais, dependendo do material utilizado. Estas impressoras

funcionam com filamentos de polímeros que são esquentados e depositados camada a camada. Ao tomar contato com a camada anterior, o plástico esfria e se funde, formando o objeto.

A maioria das impressoras utiliza esta técnica, sendo considerada de baixo custo comparada com outras impressoras.

Stereolithography, Liquid Crystal Display e Digital Light Processing – SLA, LCD e DLP

As impressoras 3D que empregam tecnologias como SLA, LCD e DLP possuem processos semelhantes na manufatura de objetos tridimensionais. Uma resina líquida é depositada em um reservatório, enquanto uma plataforma realiza movimentos alternados de elevação e descida. A cada ciclo, uma fonte de luz, seja ultravioleta ou laser, é projetada para iniciar a fotopolimerização da resina, que endurece progressivamente, formando camadas sucessivas e resultando na criação do objeto tridimensional.

2.4 Implantodontia guiada

A implantodontia guiada pela prótese é a maneira ideal de reabilitar pacientes com implantes. Isso requer um planejamento pré cirúrgico detalhado para que seja definida uma posição tridimensional ideal do implante, dentro do osso alveolar, em relação à restauração protética planejada. Um modelo 3D ou arquivo digital e a anatomia alveolar adjacente pode ser gerada por meio de uma TC ou TCCB. Além disso, a introdução da tecnologia dos escaneamentos de superfície, seja por uma abordagem intra ou extraoral, gera um modelo 3D da condição intra oral do paciente, que pode ser super imposta com a base de dados radiográfica a fim de criar um paciente 3D virtual realístico (Tahmaseb t al., 2018).

Esse paciente virtual pode ser visualizado no software de planejamento, onde os dados dos tecidos duros e moles, o tratamento protético proposto e a informação do volume ósseo podem ser visualizados como diferentes camadas. Dentro do software de planejamento, o clínico pode executar um planejamento virtual do implante em concordância com as futuras necessidades protéticas, enquanto respeita a situação anatômica existente (Tahmaseb t al., 2018).

Essa informação pode ser usada para desenhar e fabricar guias cirúrgicos, que auxiliam o implantodontista na inserção dos implantes nas posições previamente

determinadas. Sistemas de cirurgia guiada estáticos são definidos como sistemas que transferem a posição de implante pré determinada para o campo cirúrgico, usando um guia cirúrgico rígido (Tahmaseb *et al.*, 2018).

Vários designs de guias cirúrgicos estão disponíveis e diferem no tipo de suporte ou na forma como são posicionados. Em geral, os seguintes tipos são descritos na literatura, com base em suas superfícies de suporte:

- Guias cirúrgicos dentosuportados: o guia cirúrgico é apoiado nos dentes remanescentes.
- Guias cirúrgicos mucosuportados: o guia cirúrgico é apoiado na mucosa do paciente. Geralmente utilizado em pacientes edêntulos totais.
- Guias cirúrgicos osseosuportados: o guia cirúrgico é apoiado no osso do paciente, com a abertura de um retalho mucoperiosteal. Aplicável em casos onde uma cirurgia mais extensa é indicada.
- Guias cirúrgicos suportados por implantes: o guia cirúrgico é apoiado em implantes inseridos antes ou durante a intervenção cirúrgica.

O cirurgião dentista deve avaliar o paciente e decidir o suporte ideal para o guia cirúrgico. Caso o paciente possua dentes suficientes para apoiar o guia, o guia dentosuportado é o ideal, por ser mais preciso e exigir menor exposição cirúrgica. Se o paciente for edêntulo, deve-se avaliar a necessidade de um guia mucosuportado ou osseosuportado (Come *et al.*, 2020; Tahmaseb *et al.*, 2018).

Quando o cirurgião finaliza o planejamento e escolhe o design do guia, pode-se iniciar a manufatura.

Atualmente, diversas empresas de implantes dentários têm kits cirúrgicos específicos para a cirurgia guiada, que permitem a inserção de diferentes tamanhos de anilhas no guia cirúrgico com o objetivo específico de controlar a largura e a direção desde a broca inicial até a inserção do implante, assim como o controle da posição vertical e da profundidade (Come *et al.*, 2020; Gjelvold *et al.*, 2019).

A implementação do fluxo digital de planejamentos para cirurgia guiada na Faculdade de Odontologia da UFMG (FAO UFMG), aliada à impressão de guias para a realização dos tratamentos cirúrgicos, representam um avanço significativo no processo educacional dentro da instituição de ensino. Essa iniciativa não apenas proporciona aos alunos acesso a essa técnica inovadora, mas também amplia o acesso a pacientes com menos recursos. Isso não só enriquece o aprendizado, mas

também promove tratamentos mais seguros e eficazes, aproveitando as vantagens da tecnologia digital na Odontologia em prol dos alunos e dos pacientes.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O objetivo geral neste estudo é estabelecer um protocolo de planejamento de cirurgia guiada e impressão 3D de guia cirúrgico para implantodontia, com os equipamentos disponíveis na FAO-UFMG.

3.2 Objetivos específicos

- Protocolo para aquisição de imagens;
- Protocolo para o planejamento de cirurgia guiada;
- Protocolo para impressão 3D de guia cirúrgico.
-

4 PROTOCOLO DO FLUXO DIGITAL EM IMPLANTODONTIA NA FAO UFMG

O processo consiste nas seguintes etapas: aquisição de imagens (TCCB e escaneamento intraoral), manipulação de imagens, enceramento digital, planejamento cirúrgico reverso, design do guia e impressão 3D.

Aquisição de Dados por Meio da Tomografia Computadorizada Cone Beam

Após o diagnóstico clínico-radiográfico, deve-se solicitar uma TCCB. O exame deve ser feito de todo o arco (mandíbula ou maxila, dependendo da área de interesse) com a maior resolução possível e com afastamento dos tecidos moles por meio de roletes de algodão e *expandex*.

Os parâmetros de aquisição da tomografia devem ser seguidos de acordo com as recomendações do fabricante.

Escaneamento Intraoral

O escaneamento da cavidade oral do paciente deverá ser posteriormente realizado de maneira direta (IOS) e de toda a arcada do paciente.

Deve-se escanear com o mínimo de saliva possível e seguindo as recomendações do fabricante.

O protocolo de escaneamento do Omnicam deve seguir os seguintes passos:

1. Região oclusal da arcada inferior
2. Região vestibular da arcada inferior
3. Região lingual da arcada inferior
4. Região oclusal da arcada superior
5. Região vestibular da arcada superior
6. Região lingual da arcada superior
7. Registro de mordida

Design da Prótese

Deve-se importar o arquivo do escaneamento intraoral do paciente na extensão .dxd para o software Cerec (Dentsply Sirona; Charlotte, USA).

Seleciona-se um dente artificial na biblioteca disponível e então ele é alterado em forma e posição até que um resultado protético satisfatório seja alcançado.

Posteriormente, deve ser exportado um arquivo em extensão .ssi (formato sem cor) ou .sixd (formato com cor) para ser importado no software de planejamento Galileos (Dentsply Sirona; Charlotte, USA).

Alinhamento dos Modelos Virtuais

O arquivo DICOM gerado pela tomografia deverá ser alinhado com o arquivo gerado pelo escaneamento intraoral. No caso da Dentsply Sirona, o arquivo gerado é em extensão .dxd, que será exportado para o software de planejamento Galileos (Dentsply Sirona; Charlotte, USA).

Caso seja utilizado outro software de planejamento, a extensão que o arquivo deverá ser exportado é .stl.

Para o procedimento de alinhamento, apenas dentes sem artefatos de imagem evidentes devem ser selecionados e recortados para criar um modelo virtual 3D "limpo".

Posteriormente, por meio da utilização de pontos, seleciona-se pelo menos três áreas de superfície correspondentes entre os dois arquivos.

Idealmente, esses marcos esféricos devem ser colocados apenas na parte coronal dos dentes e – se possível – devem ser espalhados o máximo possível nas regiões anterior e posterior para garantir uma correspondência, por meio de um algoritmo de ponto mais próximo iterativo (ICP).

Após concluir o procedimento de correspondência, um "paciente digital" é criado exibindo dentes, gengivas e osso subjacente.

Planejamento Cirúrgico

O implante deve ser planejado na posição protética ideal, considerando o design da prótese, o osso subjacente do paciente e as regiões anatômicas de interesse, com uma zona de segurança de 2 mm.

O implante deve ser posicionado observando sempre as três vistas (sagital, axial e coronal) e deve-se atentar ao tipo de implante utilizado (Cone Morse, Gran Morse, Hexágono Externo, Hexágono Interno).

Em seguida, seleciona-se a anilha ideal, de acordo com o diâmetro do implante e a marca escolhida.

Levando em conta a espessura gengival do paciente e as opções geradas pela marca de implantes eleita, deve-se escolher o *offset* da anilha. Quanto maior a espessura gengival do paciente, maior deve ser o *offset*.

Atente-se para o posicionamento da anilha e se ela não está tocando no tecido mole ou no osso do paciente.

O guia cirúrgico específico para cada implante deve ser utilizado no momento da cirurgia.

Design do Guia Cirúrgico

Após o procedimento do planejamento cirúrgico, o arquivo deverá ser exportado na extensão .dxd ou .ssi, para o software Cerec (Dentsply Sirona; Charlotte, USA), para a confecção do design do guia cirúrgico.

Nesse software serão definidas a espessura do guia (2 mm), sua região de assentamento, a quantidade de alívio (60 micrômetros) e serão posicionadas as janelas de inspeção.

O tipo de suporte e design do guia cirúrgico deve ser escolhido de acordo com a ausência/presença de dentes e sua estabilidade na cavidade oral.

Janelas de inspeção devem ser confeccionadas, a fim de possibilitar a conferência do correto assentamento do guia no momento da cirurgia.

Após o design do guia, o arquivo deve ser exportado em .cam para ser importado no software InLab (Dentsply Sirona; Charlotte, USA) para que então, possa ser exportado na extensão .stl e ser realizada a manufatura do guia.

Prototipagem da Guia Virtual

Antes da manufatura do guia cirúrgico, é necessário parametrizar a impressora para o lote da resina de escolha, seguindo os parâmetros de impressão fornecidos pela empresa. Isso pode ser feito por meio da impressão de calibradores disponibilizados por diversas empresas, como a Makertech Labs.

No caso da Makertech Labs, o calibrador possui uma peça com cinco encaixes numerados e um pino hexagonal com a dimensão de 6 mm que utiliza-se para verificar o encaixe em cada número. Se as peças forem impressas com os parâmetros corretos, o pino não deve encaixar nos números 1 e 2, já que os mesmos foram desenhados com uma dimensão de encaixe inferior aos 6mm do pino. O encaixe ideal é na entrada de número 3, que foi desenhada para dar o dimensional de encaixe exato do pino; este encaixe deve ser levemente apertado. As entradas 4 e 5 devem encaixar com folga, pois o desenho de ambas é maior.

Então, se o calibrador for impresso e o encaixe das peças for melhor nos números 1 e 2, isso indica que sua peça está ficando menor que o ideal, e será necessário aumentarmos seu tempo de exposição ou potência da luz. Se o encaixe for melhor nos números 4 e 5, sua peça está ficando maior que o ideal e para resolver isso será necessário reduzir tempo de exposição ou potência.

Em seguida, o arquivo .stl do guia cirúrgico será enviado para um software de fatiamento (Chitubox V1 9.3), onde serão definidos os parâmetros de impressão seguindo as recomendações do fabricante da resina utilizada.

Os softwares de fatiamento são responsáveis por transformar o objeto 3D em uma linguagem interpretada pela máquina. Nesse ponto, o programa pega a peça e literalmente fatia em inúmeras camadas, que serão impressas uma após a outra até formar o modelo.

Nessa etapa é definido velocidade, altura das fatias (camadas), total de preenchimento, perímetros, camadas sólidas, diâmetro do material e muito mais. Além disso, são definidas as posições dos suportes, que devem abranger todas as áreas que não apresentam sustentação.

Após a impressão do guia, deve-se realizar o ciclo de lavagem e cura, como indicado pelo fabricante da resina. Após esse passo, é necessário remover os suportes, estando atento para não estragar o guia.

Depois, a anilha escolhida durante o planejamento cirúrgico deve ser corretamente inserida no local indicado. Pode-se utilizar ciano acrilato para garantir a fixação da anilha durante todo o procedimento cirúrgico.

5 APLICAÇÃO DO PROTOCOLO EM CASO CLÍNICO

Paciente E.J., do sexo masculino, de 26 anos de idade, com histórico de traumatismo dento-alveolar e avulsão dentária há aproximadamente 12 anos, com reimplante no mesmo dia. Posteriormente, o dente 11 foi extraído devido a reabsorção radicular extensa. Foram realizados, conforme descrito acima, tomografia e escaneamento intraoral específicos para este paciente, obtidos e autorizados anteriormente. Em seguida, foram realizadas as seguintes etapas:

- Remoção do aparelho ortodôntico: O paciente encontrava-se com aparelho ortodôntico sem movimentação ativa, apenas para manutenção da coroa provisória do dente 11 em posição (FIGURA 1). O aparelho foi removido para minimizar a presença de artefatos na tomografia e permitir uma adequada estabilização da guia em boca e foi confeccionada uma coroa provisória fixada nos dentes 12 e 21 (FIGURA 2).

Figura 1 – Remoção do aparelho ortodôntico. O paciente foi submetido a escaneamento e exame tomográfico sem a coroa provisória.



Fonte: Da autora, 2024

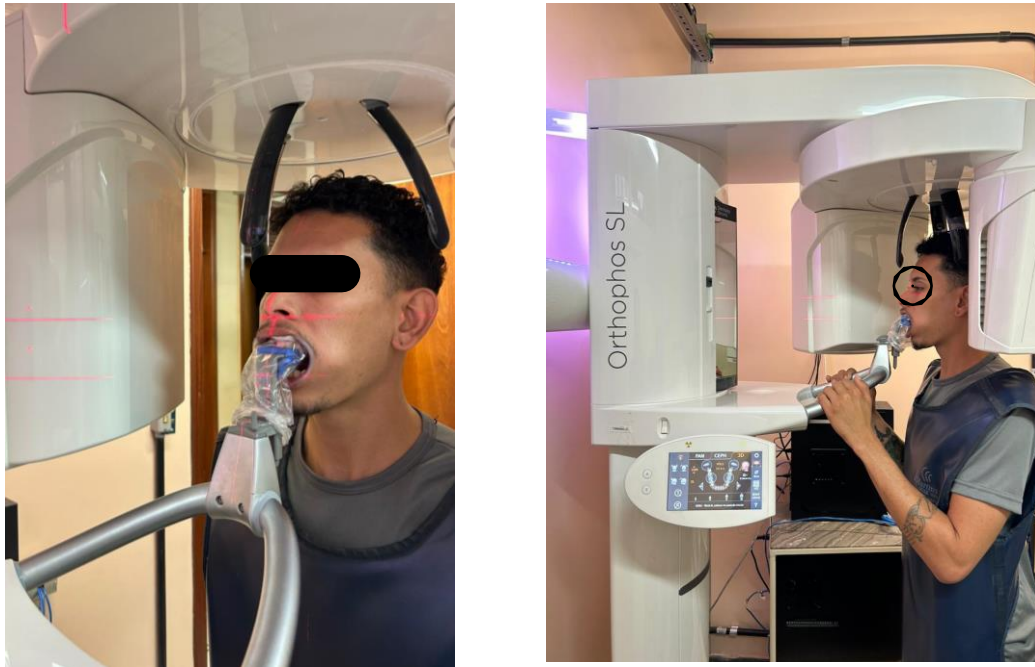
Figura 2 – Coroa provisória em posição.



Fonte: Da autora, 2024

- Realização da TCFC de maxila total em alta definição, com afastamento dos tecidos moles, com o tomógrafo Orthophos SL (Dentsply Sirona; Charlotte, EUA); realizando-se o afastamento de tecidos moles por meio de rolos de algodão e afastador labial (FIGURA 3), com os seguintes parâmetros:
 - 85 kV
 - 10 mA
 - 14180 ms
 - FOV de 8 x 5 cm

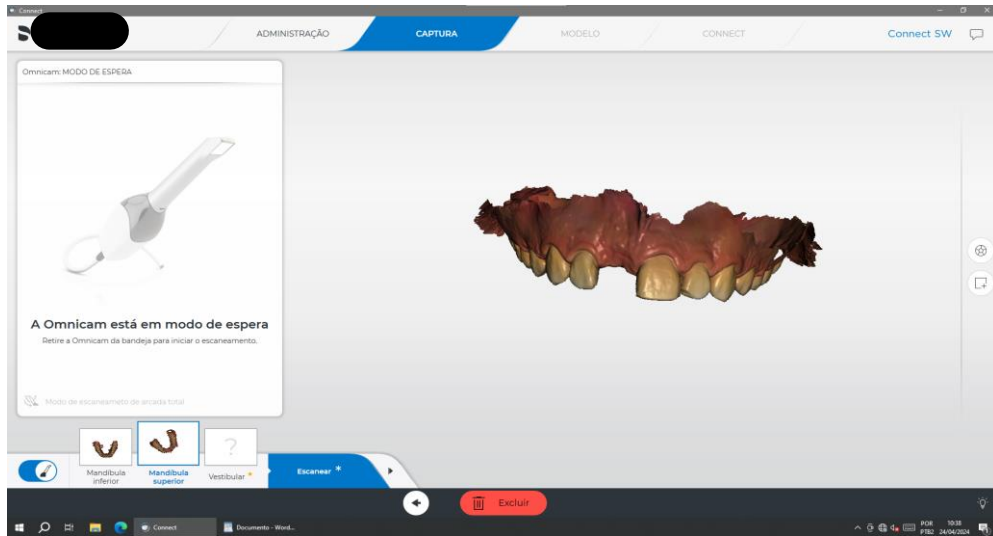
Figura 3 – Exame tomográfico do paciente em tomógrafo Orthophos SL (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).



Fonte: Da autora, 2024

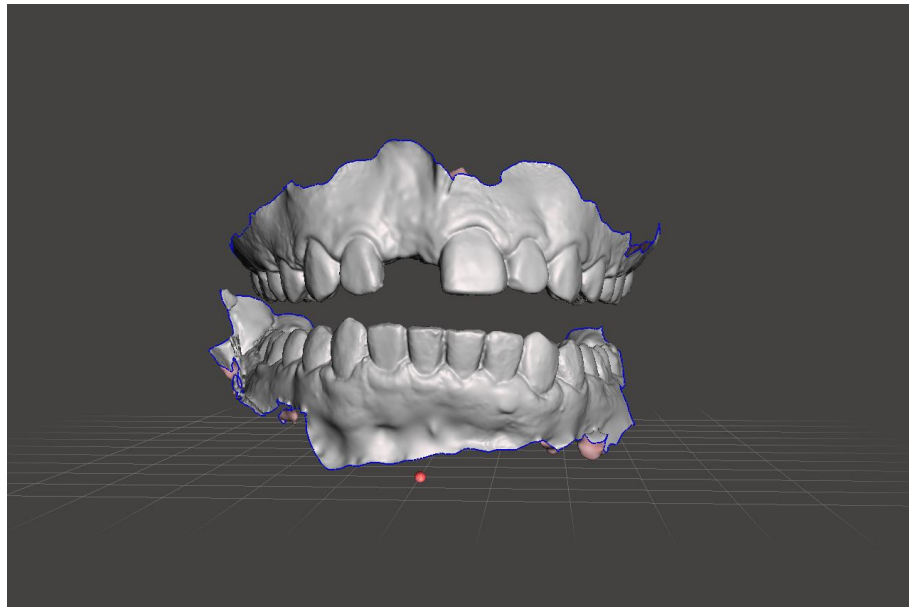
- As arcadas superior e inferior do paciente foram escaneadas por meio do escâner intraoral Omnicam (Dentsply Sirona; Charlotte, EUA) (FIGURAS 4 E 5).

Figura 4 – Escaneamento intraoral da maxila do paciente no *software* Sidexis (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).



Fonte: Da autora, 2024

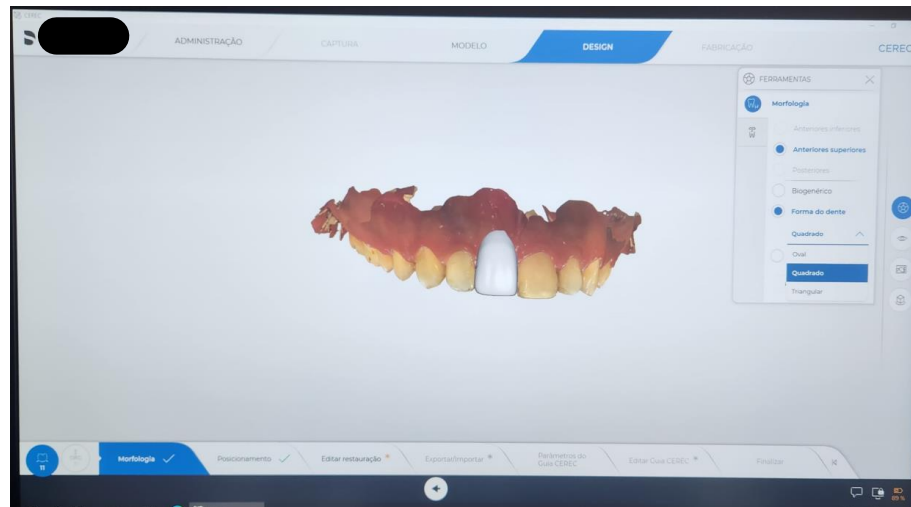
Figura 5 – Arquivo .stl do escaneamento intraoral da maxila e da mandíbula do paciente.



Fonte: Da autora, 2024

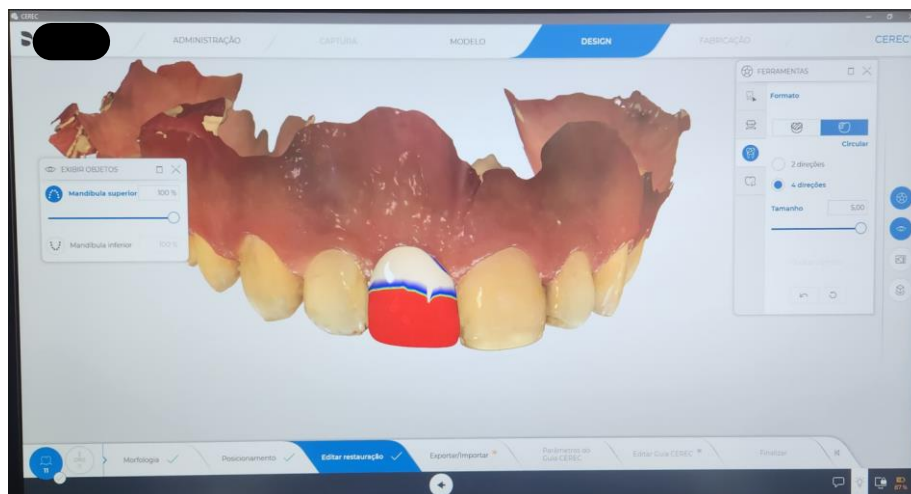
- Na sequência foi importado o arquivo .dxd obtido por escaneamento 3D.
- Desenho da prótese no *software* Cerec do escâner da Sirona (FIGURAS 6 E 7).
 - Dente 11, formato quadrado.

Figura 6 – Escolha do tipo do dente no *software* Cerec (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).



Fonte: Da autora, 2024

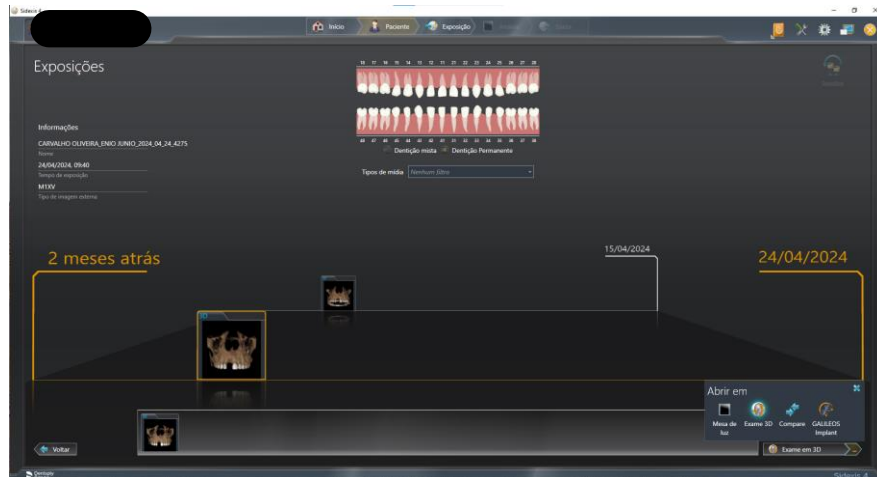
Figura 7 – Desenho da prótese no *software* Cerec (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).



Fonte: Da autora, 2024

- Exportou-se o arquivo em .ssi para o software de planejamento Galileos (Dentsply Sirona; Charlotte, USA), que é um extensão do software Sidexis (FIGURA 8).

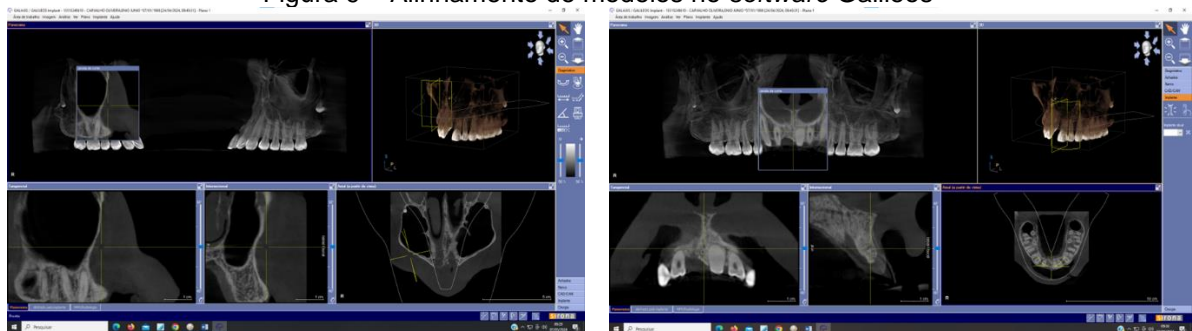
Figura 8 – *Software* Galileos (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).



Fonte: Da autora, 2024

- Para o procedimento de alinhamento foram selecionados três pontos, que foram espalhados o máximo possível (FIGURA 9).

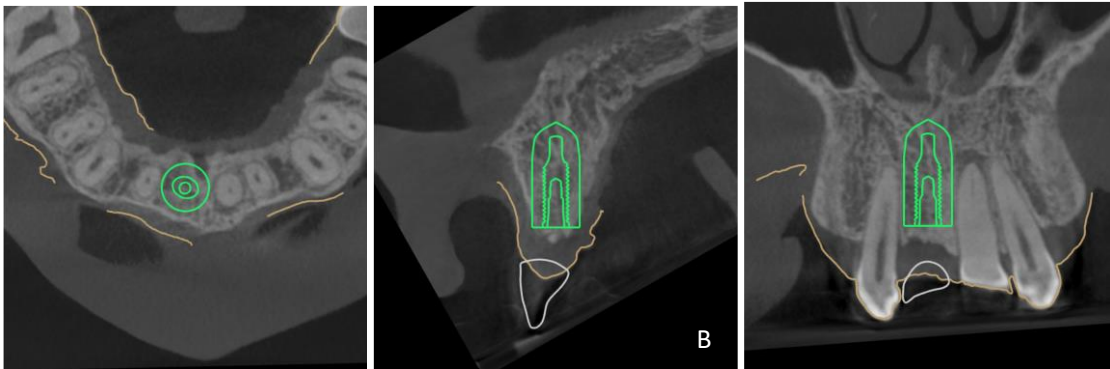
Figura 9 – Alinhamento de modelos no *software* Galileo



Fonte: Da autora, 2024

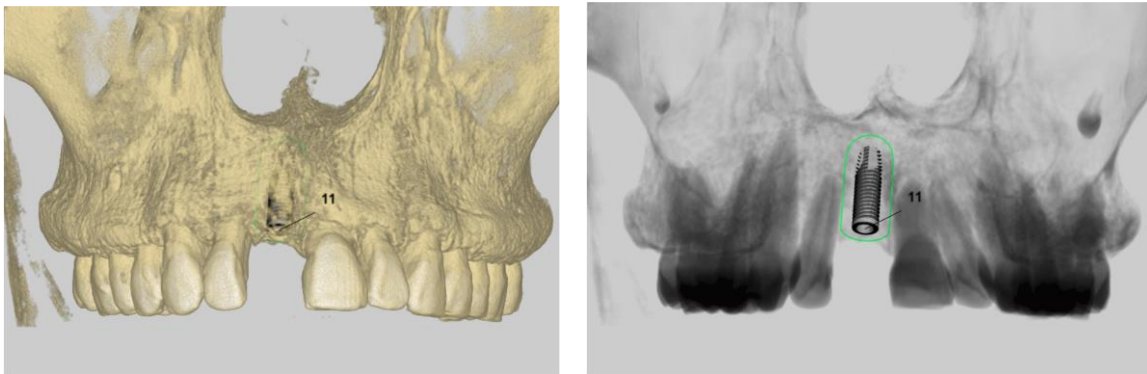
- Planejamento cirúrgico do implante, na posição protética ideal, considerando o design da prótese, o osso subjacente do paciente e as regiões anatômicas de interesse, com uma zona de segurança de 2 mm (FIGURAS 10, 11 E 12).

Figura 10 – Vista do implante nos cortes axial (A), sagital (B) e coronal (C).



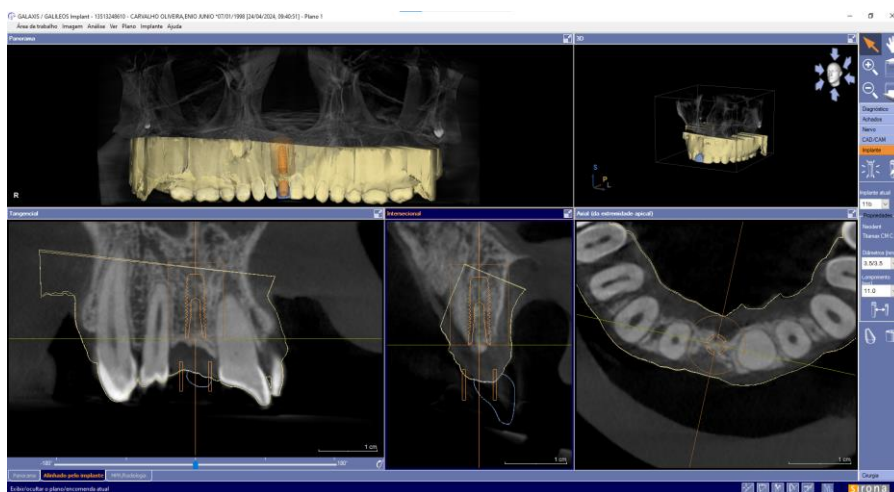
Fonte: Da autora, 2024

Figura 11 – Reconstrução tridimensional da posição do implante.



Fonte: Da autora, 2024

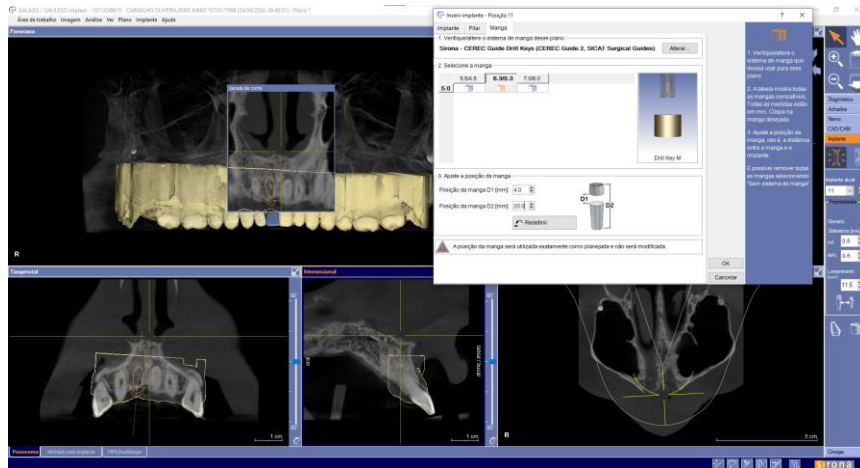
Figura 12 – Posicionamento do implante nos cortes coronal, sagital e axial no *software* Galileos (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).



Fonte: Da autora, 2024

- Deve-se escolher a anilha “Sirona – CEREC Guide Drill Keys” e delimitar o *offset* da anilha (4mm de altura + 5mm de *offset* fixo do sistema de implante + tamanho do implante) (FIGURA 13).

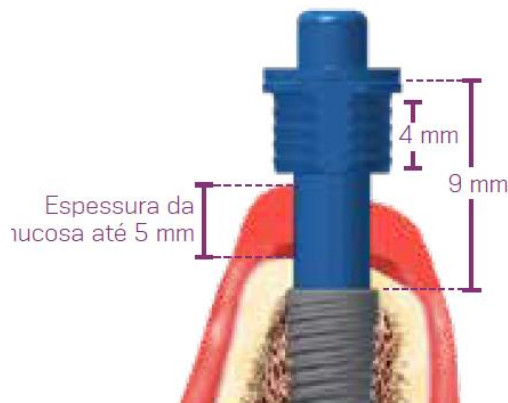
Figura 13 – Escolha da anilha e do *offset* no *software* Galileos (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).



Fonte: Da autora, 2024

- Seleção de implante Cone Morse Titamax da Neodent (Curitiba, Brasil), de 3.5mm x 11mm.
- A anilha seleccionada foi a regular para guided surgery da Neodent, código 125.108 (Curitiba, Brasil), com altura de 4mm.
- *Offset* de 9mm, que é fixo para este tipo de implante desta marca (FIGURA 14).

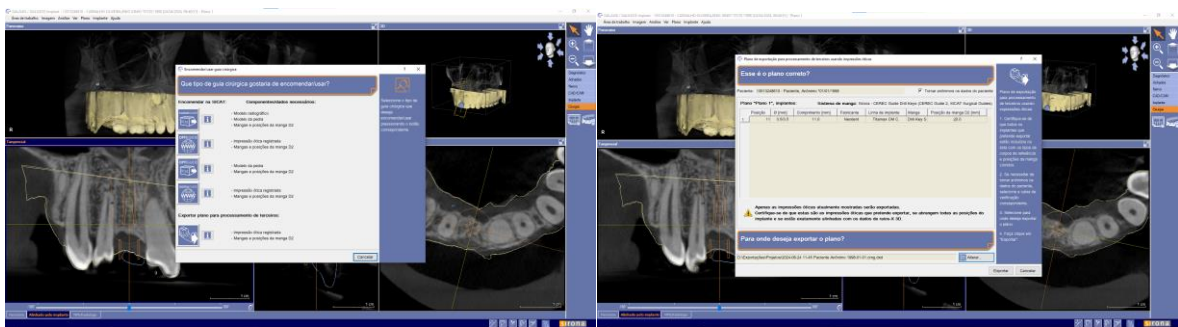
Figura 14 – *Offset* da anilha.



Fonte: Neodent, 2024

- O guia cirúrgico a ser utilizado deve ser o Cone Morse Titamax, para implantes cilíndricos, da Neodent (Curitiba, Brasil).
- Exporta-se o projeto em .dxd para o software Cerec (Dentsply Sirona; Charlotte, EUA) para o design do guia cirúrgico (FIGURA 15).

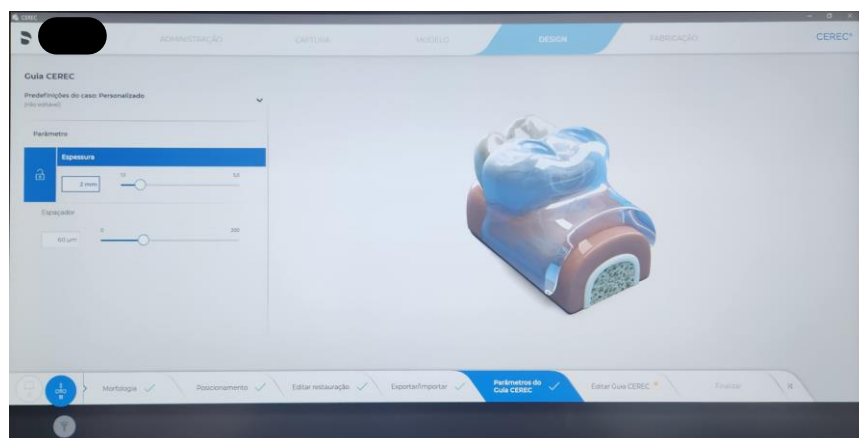
Figura 15 – Exportação do planejamento no *software* Galileos (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).



Fonte: Da autora, 2024

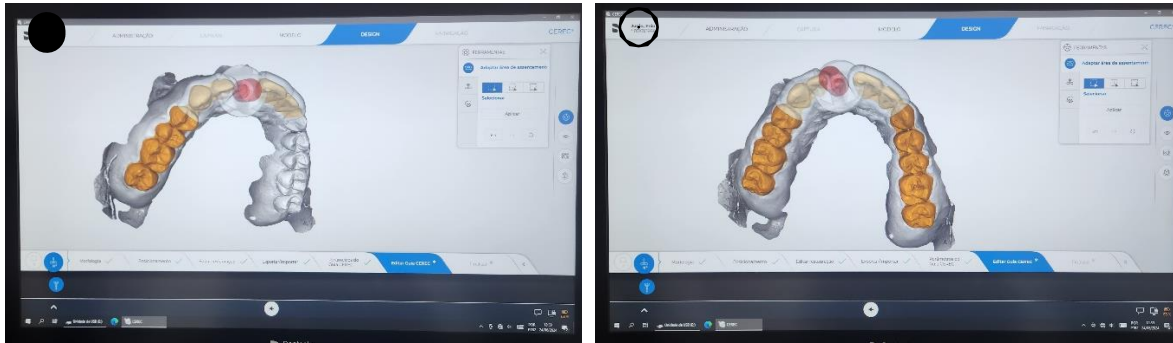
- Neste caso, o paciente não possuía somente o dente 11, então optou-se por um guia cirúrgico dentosuportado sem pinos de fixação.
- Parâmetros utilizados: 2mm de espessura e 60 micrômetros de alívio entre o guia e os dentes (FIGURA 16).

Figura 16 – Parâmetros do guia cirúrgico no *software* Cerec (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).



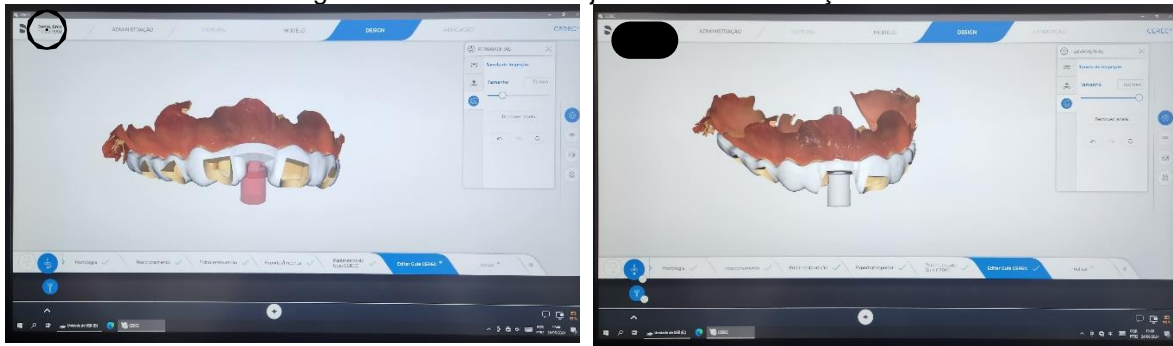
Fonte: Da autora, 2024

Figura 17 – Delimitação da área de cobertura da guia no *software* Cerec (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).



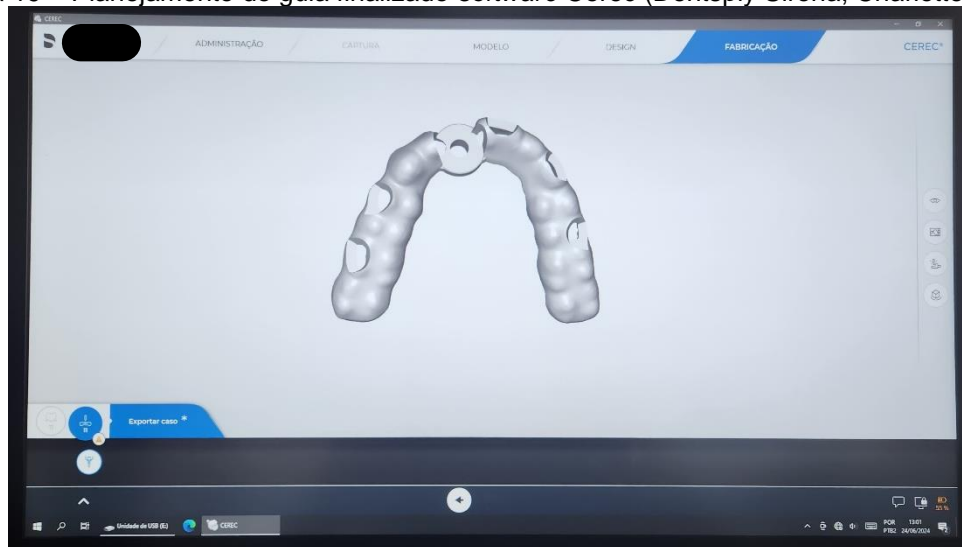
Fonte: Da autora, 2024

Figura 18 – Inclusão das janelas de visualização.



Fonte: Da autora, 2024

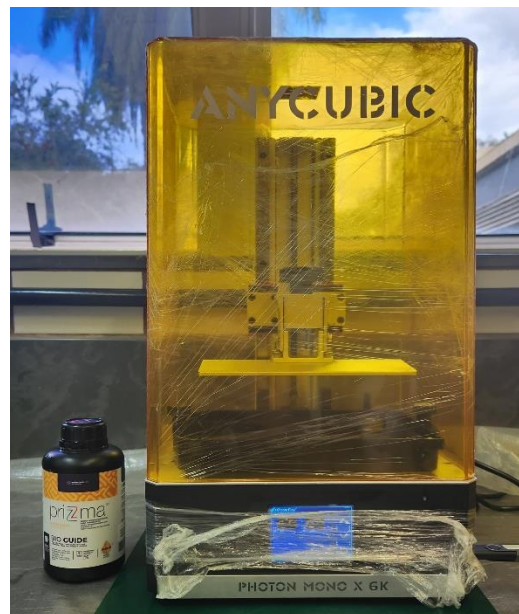
Figura 19 – Planejamento do guia finalizado *software* Cerec (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA).



Fonte: Da autora, 2024

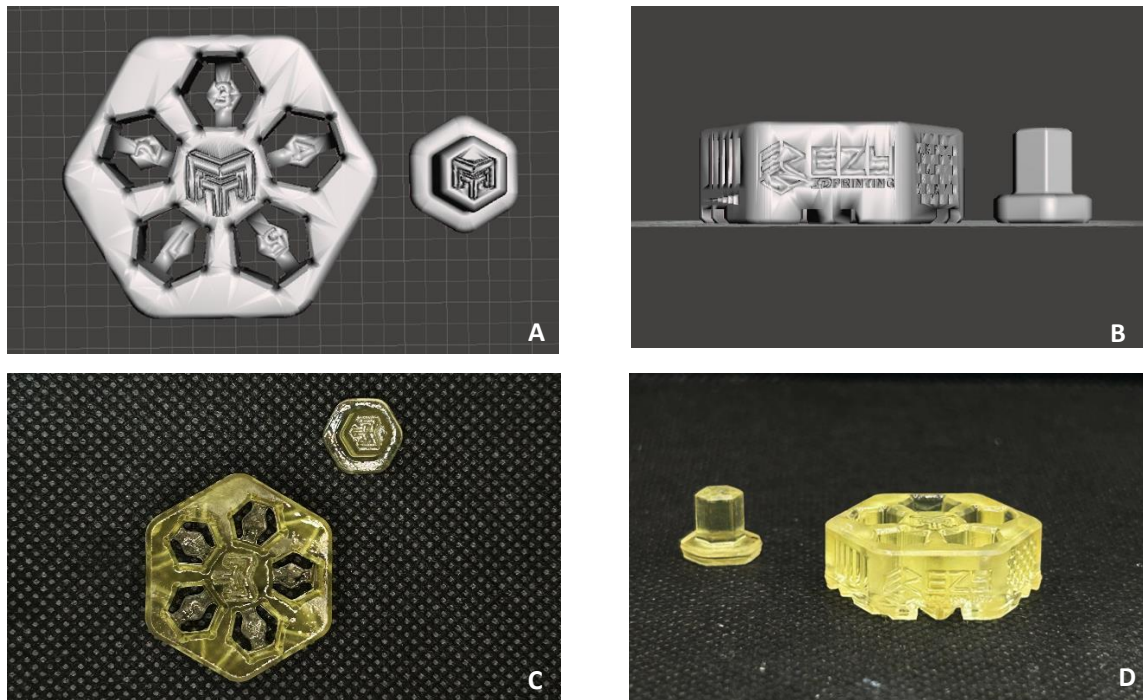
- Exportou-se o arquivo do guia em .cam, para o software InLab, onde conseguiu converter esse arquivo para .stl, a fim de prosseguir-se para a manufatura.
- Antes da manufatura do guia cirúrgico, foi necessário parametrizar a impressora (AnyCubic Photon Mono X 6K; China) para o lote da resina de escolha (Prizma BioGuide; Makertech Labs; lote 256423), utilizando o calibrador da Makertech Labs (FIGURAS 20 E 21).

Figura 20 – Impressora 3D AnyCubic Photon Mono X 6K e a resina biocompatível Prizma BioGuide



Fonte: Da autora, 2024

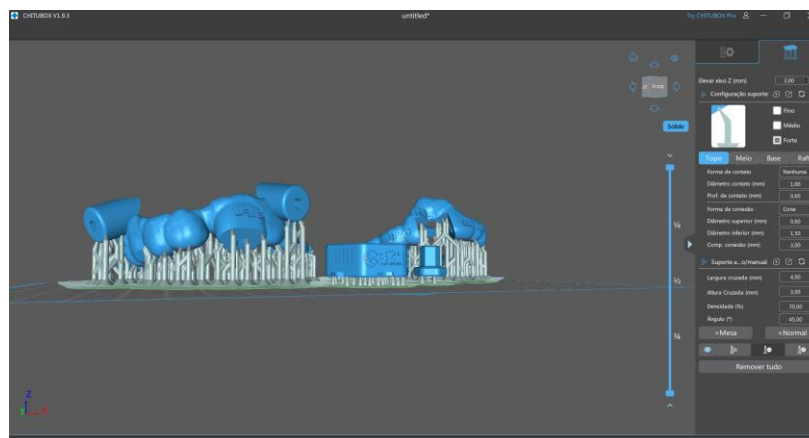
Figura 21 – Calibrador hexagonal, arquivo .STL (A, B) e impresso para calibração da resina (C,D).



Fonte: Da autora, 2024

- Em seguida, o arquivo .stl do guia cirúrgico foi enviado para um software de fatiamento (Chitubox V1 9.3), onde foram definidos os parâmetros de impressão seguindo as recomendações do fabricante da resina utilizada (FIGURAS 22, 23 E 24)
 - Guia posicionado a 0 graus;
 - Suportes posicionados automaticamente pelo software, seguindo os parâmetros:

Figura 22 – Suportes nos guias cirúrgicos e no calibrador no *software* Chitubox V1 9.3.



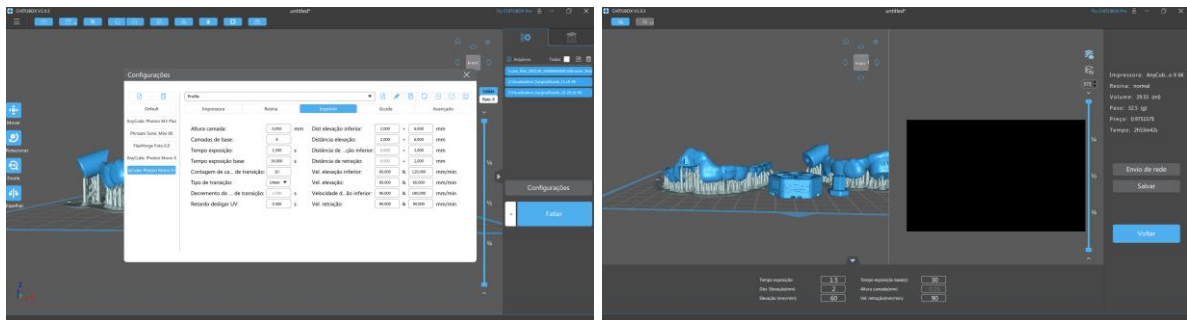
Fonte: Da autora, 2024

Figura 23: Parâmetros de impressão da resina Bioguide para a impressora AnyCubic Photon Mono X 6K fornecidas pelo fabricante.

Altura camada (mm)	0,050
Camadas de base	8
Tempo exposição (s)	1,5 seg (±0,5 s)
Tempo exposição base (s)	30,000

Fonte: Makertech Labs, 2024.

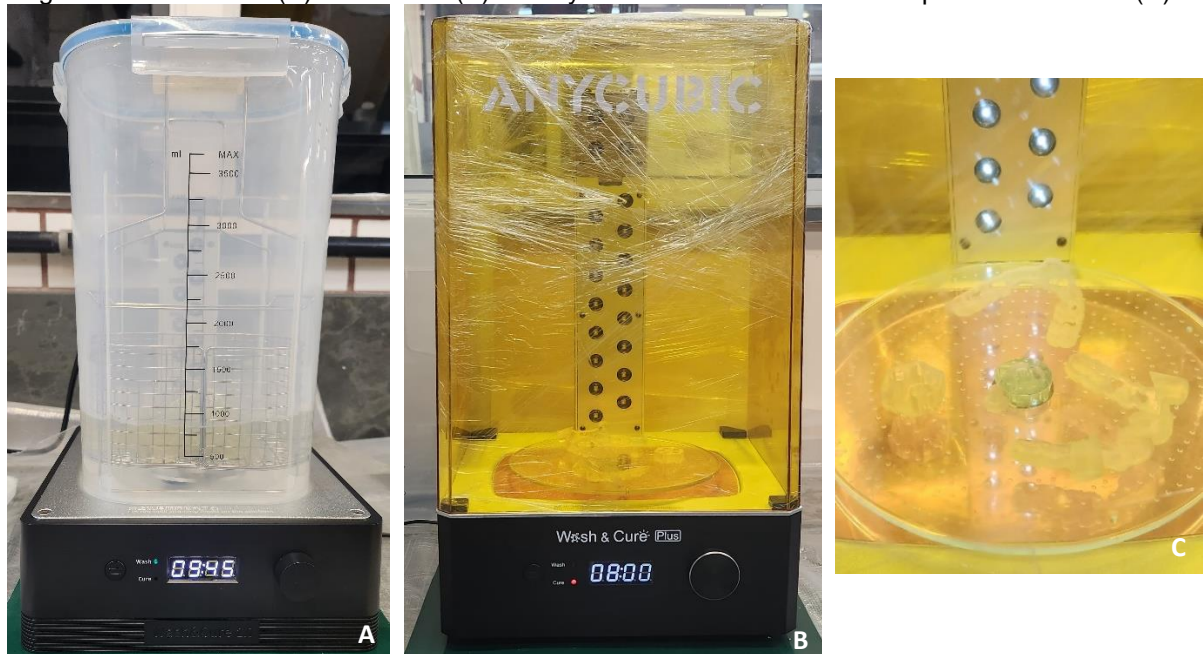
Figura 24: Parâmetros de impressão da resina Bioguide para a impressora AnyCubic Photon Mono X 6K no *software* Chitubox V1 9.3.



Fonte: Da autora, 2024.

- Após a impressão o guia foi lavado e curado, utilizando-se a lavadora e curadora da AnyCubic (FIGURA 25)
 - 3 a 5 minutos de lavagem
 - Deve-se realizar a secagem total do guia em ventilador ou ambiente
 - 20 minutos de cura

Figura 25 – Lavadora (A) e curadora (B) da AnyCubic. Guias submetidas ao processo de cura (C).



Fonte: Da autora, 2024

- Em seguida, os suportes foram removidos com discos diamantados e o guia foi polido com borrachas de polimento (Cerapol).
- Por fim, inseriu-se a anilha escolhida durante o planejamento cirúrgico (FIGURA 26).

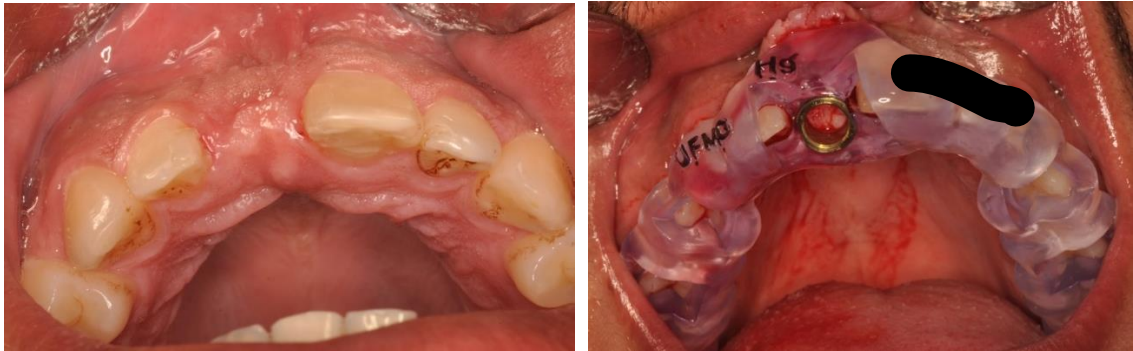
Figura 26: Guia com suporte (A), guia sem suporte (B), guia após o polimento e com a anilha (C).



Fonte: Da autora, 2024.

- Após a manufatura do guia, foi realizado o procedimento cirúrgico (FIGURA 27).

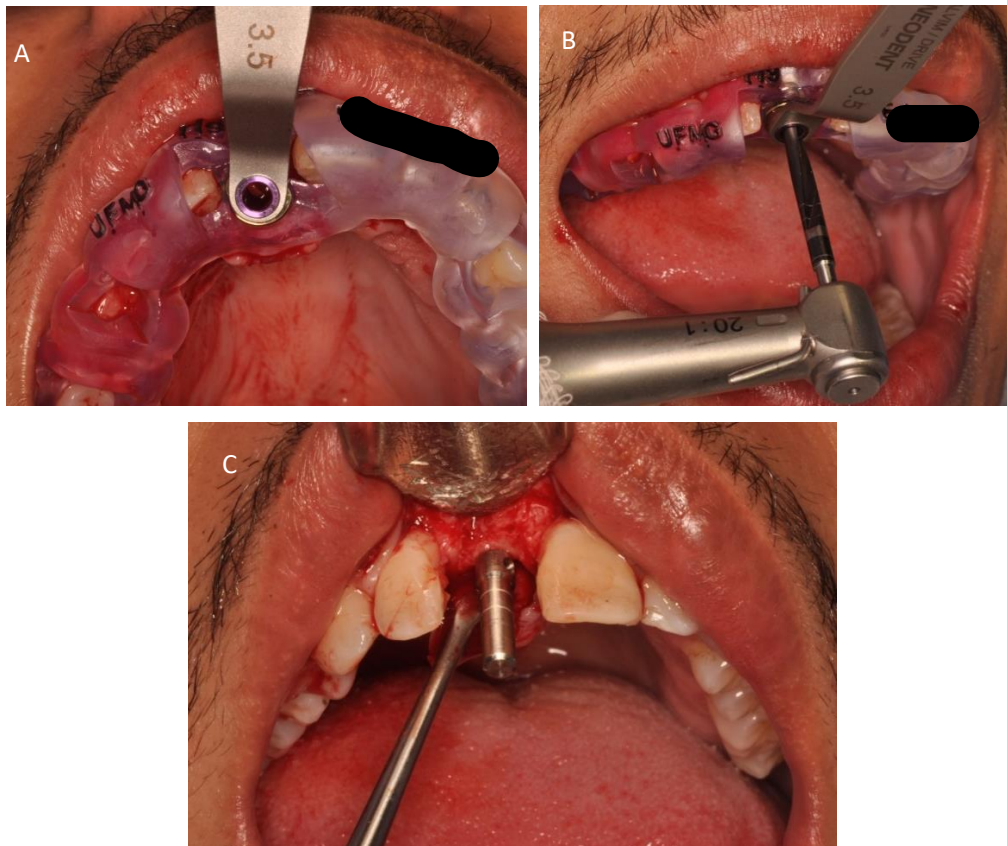
Figura 27 – Correto assentamento do guia após a abertura de retalho no procedimento cirúrgico.



Fonte: DE AGUIAR, 2024

- Foi realizada a sequência de brocas determinada pelo fabricante e a conferência do posicionamento do implante com um paralelômetro (FIGURA 28).

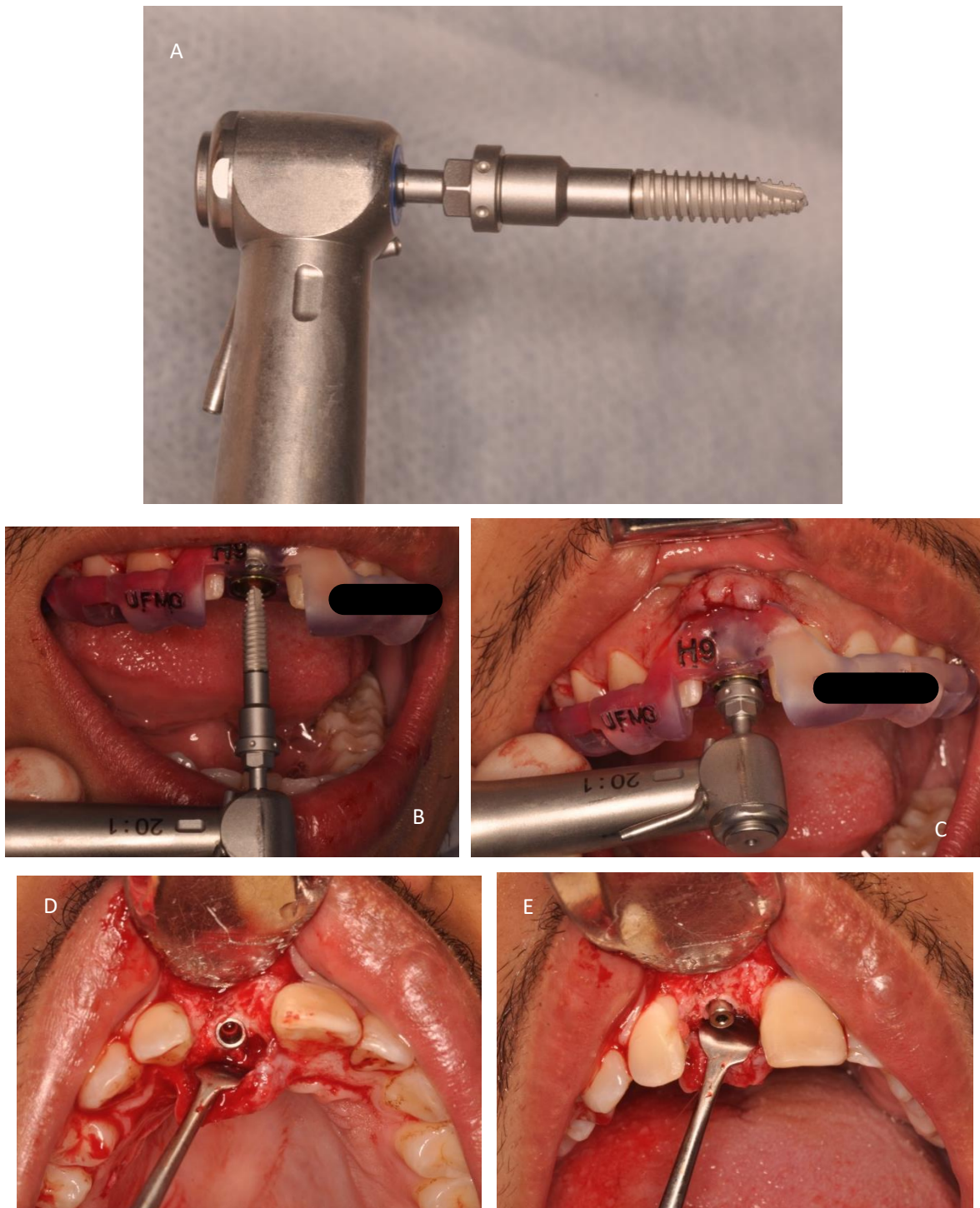
Figura 28 – Sequência de brocas especificada pelo fabricante (A, B), conferência do posicionamento do implante com um paralelômetro (C)



Fonte: DE AGUIAR, 2024

- Depois de realizada toda a sequência de brocas definida, foi inserido o implante (FIGURA 29).

Figura 29 – Implante escolhido (A); instalação do implante (B, C); implante em posição (D) e com o cover (E)



Fonte: DE AGUIAR, 2024

- Por fim, realizou-se a sutura, finalizando o procedimento cirúrgico (FIGURA 30).

Figura 30 – Sutura.



Fonte: da Autora., 2024

6 DISCUSSÃO

O planejamento pré-operatório é de grande importância para alcançar o sucesso em reabilitações com implantes osseointegrados. No presente estudo, as aquisições de imagem foram feitas utilizando as configurações do fabricante, de acordo com o protocolo de cirurgia guiada, para padronização das imagens (Cunha *et al.*, 2021).

Quanto à precisão da cirurgia guiada digital de implantes, vários trabalhos foram publicados nos últimos anos com o objetivo de avaliar cientificamente a acurácia dessas técnicas (Colombo *et al.*, 2017), sendo esta recomendação seguida neste estudo.

Casseta e colaboradores observaram valores de desvio entre a posição pós-operatória e o plano pré-operatório nas porções coronais e apicais dos implantes, bem como na angulação destes. Esses desvios não representaram significados clínicos relevantes, mas os autores sugerem a necessidade de sempre manter uma zona de segurança de pelo menos 2 mm para evitar lesões em estruturas anatômicas críticas (Colombo *et al.*, 2017).

Os custos da cirurgia guiada devem ser avaliados considerando além do investimento inicial para comprar a tecnologia, o valor e o tempo para treinamento da equipe clínica, pois haverá um custo específico para o fluxo de trabalho digital para cada caso (Colombo *et al.*, 2017). Em contrapartida, deve-se avaliar também os benefícios que a cirurgia guiada pode proporcionar ao paciente e o fato de que os custos vêm diminuindo à medida que as tecnologias vão se tornando mais acessíveis.

É importante que o clínico esteja bem preparado não só em relação às novas técnicas digitais, mas também aos métodos convencionais, pois eles podem ser aplicados em caso de qualquer evento imprevisto durante o protocolo de cirurgia guiada. A duração da intervenção cirúrgica geralmente é mais curta com a cirurgia guiada em comparação com as técnicas convencionais; porém, mais tempo deve ser investido no planejamento pré-operatório (Colombo *et al.*, 2017).

A precisão da cirurgia guiada por computador pode ser sensível a erros cumulativos. As imprecisões ou desvios na colocação do implante são refletidos pela soma de erros técnicos durante o exame, planejamento, design e manufatura do guia e procedimento cirúrgico. Fatores clínicos, como a condição intraoral do paciente, também podem afetar o posicionamento do implante (Putra *et al.*, 2022).

Os passos dentro da sequência de fluxo de trabalho digital para cirurgia guiada são resumidos da seguinte forma: aquisição de dados volumétricos, procedimentos de escaneamento de superfície via escaneamento intraoral ou escaneamento de modelo extraoral, software de planejamento computacional, design e manufatura de guias cirúrgicos via impressão 3D.

7 CONCLUSÃO

Com base na literatura disponível, pode-se concluir que a cirurgia guiada sem abertura de retalho está associada à redução da invasividade, a um tempo cirúrgico mais curto e a menor morbidade intraoperatória e pós-operatória. Além disso, as cirurgias totalmente guiadas preservam e até maximizam os resultados de curto prazo, especialmente em termos de precisão em relação à posição planejada do implante. No entanto, se essas vantagens têm algum impacto potencial em resultados de eficácia mais significativos a longo prazo ainda precisa ser determinado. Os cirurgiões-dentistas devem considerar que a sCAIS sem retalho ainda está associada a algumas imprecisões em relação ao que foi inicialmente planejado. Conseqüentemente, uma margem de segurança prudente de cerca de 2mm é recomendada. Por fim, os clínicos devem considerar que a realização de procedimentos de sCAIP requerem uma curva de aprendizado para gerenciar todos os procedimentos pré-operatórios e intraoperatórios associados a essa abordagem.

Com o avanço tecnológico, é crucial que os profissionais tenham acesso às técnicas e ao conhecimento acerca das abordagens mais atuais, promovendo um tratamento de qualidade e multidisciplinar.

Por meio da implementação do protocolo de cirurgia guiada na FAO-UFMG, é factível uma comunicação entre os aparelhos e *softwares* já adquiridos pela universidade, de forma a aproveitar ao máximo os recursos disponíveis. Além disso, a implementação das novas tecnologias e técnicas no currículo é essencial para aprimorar e aperfeiçoar a formação dos estudantes.

REFERÊNCIAS

ABAD-CORONEL, C.; PAZÁN, D. P.; HIDALGO, L.; LARRIVA LOYOLA, J. Comparative Analysis between 3D-Printed Models Designed with Generic and Dental-Specific Software. **Dent J (Basel)**, v. 11, n. 9, Sep 14 2023.

CEN, Y.; HUANG, X.; LIU, J.; QIN, Y. *et al.* Application of three-dimensional reconstruction technology in dentistry: a narrative review. **BMC Oral Health**, 23, n. 1, p. 630, Sep 04 2023.

COLOMBO, M; *et al.* Clinical applications and effectiveness of guided implant surgery: a critical review based on randomized controlled trials. **BMC Oral Health**, v. 17, p. 1-9, 2017.

COME, A. Technique Whose Time Has. Guided Implant Surgery. **Implant Surgery, An Issue of Dental Clinics of North America**, v. 65, n. 1, p. 67, 2020.

CUNHA, R; *et al.* Accuracy evaluation of computer-guided implant surgery associated with prototyped surgical guides. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 125, n. 2, p. 266-272, 2021.

D'HAESE, J; *et al.* Current state of the art of computer-guided implant surgery. **Periodontology 2000**, v. 73, n. 1, p. 121-133, 2017.

GJELVOLD, B; MAHMOOD, D. J. H.; WENNERBERG, A. Accuracy of surgical guides from 2 different desktop 3D printers for computed tomography-guided surgery. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 121, n. 3, p. 498-503, 2019.

KESSLER, A.; HICKEL, R.; REYMUS, M. 3D printing in dentistry—State of the art. **Operative Dentistry**, v. 45, n. 1, p. 30-40, 2020.

KHORSANDI, D; *et al.* 3D and 4D printing in dentistry and maxillofacial surgery: Printing techniques, materials, and applications. **Acta Biomaterialia**, v. 122, p. 26-49, 2021.

L'ALZIT, F. R.; *et al.* Accuracy of commercial 3D printers for the fabrication of surgical guides in dental implantology. **Journal of Dentistry**, v. 117, p. 103909, 2022.

PUTRA, R. H. *et al.* The accuracy of implant placement with computer-guided surgery in partially edentulous patients and possible influencing factors: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Prosthodontic Research**, v. 66, n. 1, p. 29-39, 2022.

ROMANDINI, M; *et al.* Minimal invasiveness at dental implant placement: A systematic review with meta-analyses on flapless fully guided surgery. **Periodontology** 2000, v. 91, n. 1, p. 89-112, 2023.

SHIBLI, J; JAYME, S. J.; ROMITO, G. Era Digital na Implantodontia: Compêndio de ideias e técnicas. **VM Cultural**. 1. ed. 305p., 2018.

TAHMASEB, A; *et al.* The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. **Clinical Oral Implants Research**, v. 29, p. 416-435, 2018.

APÊNDICE A – Fluxograma do protocolo de cirurgia guiada



ANEXO A – Termo de consentimento livre e esclarecido assinado

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS FACULDADE de ODONTOLOGIA

TERMO de CONSENTIMENTO LIVRE e ESCLARECIDO

Eu, Enio Junio Carvalho de Oliveira..... responsável pelo paciente..... REG: 25.170.176
com idade de 26.....anos, em pleno gozo de minhas faculdades mentais, livre e voluntariamente, declaro que fui devidamente informado (a) sobre o diagnóstico, plano de tratamento, tempo estimado de duração, custos, riscos e alternativas inerentes aos procedimentos necessários ao tratamento. Eu tive a oportunidade de perguntar e discutir sobre a proposta do tratamento e recebi respostas satisfatórias. Eu entendi que tenho a liberdade de suspender o tratamento, e estou ciente de todas as conseqüências que esta decisão poderá acarretar. Eu concordo em cooperar com os profissionais que estão atendendo e a informá-los a respeito de qualquer sintoma inesperado que tenha relação com os procedimentos realizados. Eu, voluntariamente, concordo que as radiografias, fotografias, modelos, ficha clínica, resultados de exames clínicos e de laboratórios e outras informações referentes ao diagnóstico, planejamento, e tratamento que compõe o prontuário deverão ficar sob a guarda desta Instituição e poderão ser usados para fins de ensino, pesquisa e publicações, garantido o direito de não identificação do paciente. Todas as minhas dúvidas foram esclarecidas, e eu recebi uma cópia deste Termo de Consentimento.

Belo Horizonte,..... de 20 ____.

Enio Junio C. de Oliveira
Assinatura