

USO DE FERRAMENTA DE SOFTWARE LIVRE NO DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO TRIDIMENSIONAL DAS DEFORMIDADES DENTO-FACIAIS

Nauber de Souza Vitorino*

Míriam Kemper**

RESUMO

Cirurgias ortognáticas consistem na realização de osteotomias dos maxilares e reposicionamento dos segmentos em uma nova posição, corrigindo problemas funcionais e estéticos da face. Sua realização depende de planejamento prévio, historicamente realizado com uso de radiografias convencionais (bidimensionais). O advento das tomografias computadorizadas permitiu o desenvolvimento do planejamento de forma tridimensional, em ambiente virtual, por meio de softwares especializados. Entretanto, o alto custo de aquisição de tais softwares dificulta o amplo acesso à tecnologia. O objetivo deste trabalho é realizar revisão de literatura acerca de planejamento de cirurgia ortognática com ênfase na modalidade virtual. Pretende-se apresentar o uso de uma ferramenta gratuita baseada em software livre – o OrtogOnBlender - no diagnóstico e tratamento das deformidades dento-faciais. Concluiu-se que o uso de tecnologias virtuais facilita o diagnóstico e definição de possibilidades de tratamento, bem como a comunicação profissional – paciente. O uso do OrtogOnBlender no planejamento cirúrgico mostra-se uma opção viável e prática. Por se tratar de software livre, seu emprego alinha-se com as diretrizes do Exército Brasileiro no que tange a sua política de aquisição de softwares e licenças de uso. Sua utilização deve ser difundida nas Organizações Militares de Saúde que possuem equipe de Cirurgia Bucomaxilofacial.

Palavras-chave: Planejamento cirúrgico virtual. Cirurgia ortognática. Software livre.

ABSTRACT

Orthognathic surgery consist of mandibulary and maxillary osteotomies, followed by the repositioning the segments in a new position, aiming to correct functional and aesthetic problems of the face. Its performance depends on prior planning, historically carried out by usage of conventional (two-dimensional) radiographs. The advent of computed tomography allowed the development of the three-dimensional surgical planning, in a virtual environment, using specialized softwares. However, the high cost involved in the acquisition of such softwares hinders the broad access to technology. The objective of this study is to perform a literature review about surgical planning in orthognathic surgery, with emphasis on the virtual modality. In addition, to present a tool based on open source software-OrtogOnBlender - in the diagnosis and treatment of dento-facial deformities. As a conclusion, it can be affirmed that the use of virtual technologies facilitates diagnosis and definition of treatment possibilities, as well as professional-patient communication. The usage of OrtogOnBlender in surgical planning is a viable and practical option. As an open source software, it is aligned to the Brazilian Army policies regarding purchase of softwares and licenses. OrthogOnBlender should be widespreaded in Military Health Organizations that have a team of Maxillofacial Surgeons.

Keywords: Virtual surgical planning. Orthognathic surgery. Open source software.

* Capitão Dentista do Serviço de Saúde. Graduado em Odontologia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em 2005. Curso de Formação de Oficiais pela Escola de Formação Complementar do Exército (EsFCEx) em 2012. Especialista em Cirurgia Bucomaxilofacial pelo Colégio Brasileiro de Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial (CBCTBMF) em 2013.

** Capitão Dentista do Serviço de Saúde. Graduada em Odontologia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) em 1995. Especialista em Dentística Restauradora pela Universidade Federal Rio Grande do Sul (UFRGS) em 2003. Curso de Formação de Oficiais pela Escola de Saúde do Exército (EsSEX) em 2007. Especialista em Ciências Militares pela Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais (EsAO) em 2015.

1 INTRODUÇÃO

Cirurgias ortognáticas são aquelas que se destinam ao tratamento de deformidades dento-faciais adquiridas ou de desenvolvimento. Têm como principal alicerce a realização de osteotomias no esqueleto facial, seguidas do reposicionamento dos segmentos ósseos e sua estabilização, a qual permitirá a consolidação dos seguimentos osteotomizados. Tem como objetivo estabelecer uma oclusão dentária adequada à função mastigatória, melhorar a função respiratória, ao mesmo tempo que estabelece harmonia entre os terços faciais e, conseqüentemente, obtém resultados estéticos agradáveis. (MEDEIROS, 2001)

Tradicionalmente, a avaliação cefalométrica, o desenho dos traçados predictivos e simulação dos movimentos esqueléticos sempre foi feita com o uso de radiografias planas e modelos de gesso montados em articulador. Entretanto, as radiografias convencionais, como o exame em perfil, só trazem informações em dois planos do espaço - ântero-posterior e súpero-inferior (RITTO et al., 2018). O surgimento de imagens tridimensionais geradas a partir de tomografias computadorizadas permitiu que o planejamento cirúrgico seja realizado levando em consideração as 3 dimensões do espaço, conferindo mais informações diagnósticas e possibilidades de simulação (XIA et al., 2000).

Tal planejamento é realizado por meio de softwares especializados, capazes de ler e importar os arquivos de tomografia computadorizada realizada pelo paciente. Concluída a importação, tais aplicações permitem a realização de medidas cefalométricas tridimensionais, bem como a realização de “osteotomias virtuais” dos segmentos ósseos incluídos no exame. Assim como na cirurgia real, os segmentos ósseos osteomizados virtualmente podem ser movimentados no espaço, simulando os objetivos da cirurgia real e permitindo assim traçar seu planejamento (HUA; AZIZ; SHUM, 2019).

1.1 PROBLEMA

Os softwares clássicos de planejamento cirúrgico virtual apresentam alto custo de aquisição. A título de ilustração, software Dolphin Imaging teve sua licença de uso orçada em R\$68.000,00 (equivalente 13.200 dólares na cotação atual) no ano de 2020, para aquisição pelo Hospital das Forças Armadas (solicitação de orçamento por meio do endereço eletrônico <https://www.dolphinimaging.com.br/3d/>, respondido por

e-mail no dia 19 de maio de 2020). Este valor é somente o investimento inicial, uma vez que as atualizações do programa também são cobradas pelo desenvolvedor.

Ainda que amplamente testado e utilizado por cirurgiões de todo o mundo para o planejamento de cirurgias (ELSHEBINY et al., 2019), não há dúvidas que os custos financeiros de aquisição do Dolphin Imaging tornam difícil, senão inviável, o uso das vantagens de um planejamento cirúrgico virtual para muitas instituições públicas ou privadas, bem como estudantes e profissionais autônomos. Neste cenário, restrições econômicas de qualquer ordem são fatores impeditivos para a universalização do acesso a tecnologias de última geração para o planejamento virtual de cirurgias ortognáticas.

Perante a realidade descrita acima, onde a utilização de tecnologias tridimensionais para planejamento virtual exige alto investimento por parte das Organizações Militares de Saúde (ainda que por meio de terceirização do serviço), foi formulado o seguinte questionamento:

Existe alguma opção que permita a realização de planejamento cirúrgico tridimensional em ambiente virtual, lançando mão de tecnologias de última geração, e que não implique altos custos para o Fundo de Saúde do Exército ou para seus beneficiários?

1.2 OBJETIVOS

Pretende-se demonstrar a importância do planejamento cirúrgico no tratamento de deformidades faciais, sua evolução e as vantagens obtidas com a virtualização da técnica, bem como a possibilidade de redução de custos associados à implementação de tecnologia neste processo.

Para viabilizar a consecução do objetivo geral de estudo, foram formulados os objetivos específicos, abaixo relacionados, que permitiram o encadeamento lógico do raciocínio descritivo apresentado neste estudo:

- a) Explanar sobre a correção cirúrgica de deformidades dento-faciais;
- b) Descrever metodologias convencionais de planejamento cirúrgico no tratamento de deformidades dento-faciais;
- c) Avaliar as vantagens do planejamento cirúrgico virtual (3D) frente ao planejamento cirúrgico convencional (2D);
- d) Expor as vantagens de utilização e orientações para o emprego de softwares do tipo *open source* no âmbito do Exército Brasileiro;

- e) Apresentar o OrtoOnBlender – Ferramenta baseada em software livre para o planejamento virtual de cirurgias ortognática;
- f) Descrever as etapas do planejamento cirúrgico no OrtoOnBlender.
- g) Propor uma solução para o problema apresentado.

1.3 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES

O Governo Federal Brasileiro define, entre as diretrizes e princípios para gestão de Tecnologia da Informação, a utilização de software livre como opção estratégica. Tal iniciativa reflete o interesse na promoção da eficiência da Administração Pública, decorrente da independência tecnológica e de fornecedor, além da racionalização dos recursos aplicados, sem perda da qualidade dos serviços (EXÉRCITO BRASILEIRO, 2010)

A utilização de uma aplicação desenvolvida nos princípios do *open source software* para o planejamento de cirurgias ortognáticas alinha-se à estratégia de consolidação da implantação do software livre (SL) em todos os escalões do Exército Brasileiro. Cirurgiões bucomaxilofaciais militares que realizam correções de deformidades dento-faciais nas diversas Organizações Militares de Saúde do Exército poderão, já no curto prazo, lançar mão de recursos avançados de planejamento cirúrgico sem que a União seja onerada com licenças e custos de atualização de softwares.

Neste cenário, recursos não aplicados na aquisição de licenças proprietárias podem ser investidos na aquisição de outros equipamentos ou melhorias na prestação do serviço de saúde, beneficiando os pacientes do FuSEX e favorecendo o princípio da economicidade da administração pública.

2 METODOLOGIA

Para colher subsídios que permitissem formular uma possível solução para o problema, o delineamento deste trabalho contemplou leitura analítica e fichamento das fontes, argumentação e discussão de resultados.

Quanto à forma de abordagem do problema, utilizou-se a revisão bibliográfica, sendo o conhecimento científico disponível nas fontes consultadas organizado de maneira a permitir o entendimento acerca das deformidades dento-faciais, do

processo de planejamento cirúrgico, as vantagens do emprego de tecnologia em sua realização, bem como a necessidade de realizá-lo com baixos custos.

Foi realizada ampla pesquisa bibliográfica utilizando as bases de dados Science Direct e Pubmed, em adição à consulta de livros publicados acerca da cirurgia bucomaxilofacial. A apresentação do Software foi realizada por meio de consulta à sua documentação oficial.

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

Iniciou-se o delineamento do trabalho com a definição de termos e conceitos, a fim de viabilizar a solução do problema, sendo baseada em uma revisão de literatura no período de jan/2001 a jun/2020. Essa delimitação considerou a necessidade de atualização do tema, ao mesmo tempo em que previu a possibilidade de se traçar uma perspectiva histórica sobre o desenvolvimento das técnicas e tecnologias empregadas no planejamento de cirurgias ortognáticas.

Foram utilizadas as palavras-chave cirurgia ortognática, planejamento cirúrgico virtual, software livre, juntamente a seus correlatos em inglês, nas bases de dados Science Direct e Pubmed e em sítios eletrônicos de procura na internet. Foram selecionados apenas os artigos em português e inglês. O sistema de busca foi complementado pela coleta manual de dados a partir de livros-texto que abrangem o escopo da cirurgia bucomaxilofacial e especificamente, cirurgia ortognática.

a. Critério de inclusão:

- Estudos publicados em português ou inglês, relacionados ao planejamento de cirurgias ortognáticas (planejamento virtual e convencional) e ao tema software livre;
- Publicações e portarias do Exército Brasileiro que abordam a temática de software livre no âmbito desta instituição;

b. Critério de exclusão:

- Estudos que abordam a cirurgia ortognática sem contemplar as técnicas e diretrizes de seu planejamento.

2.1.1 Deformidades dento-faciais

As deformidades dento-faciais caracterizam-se por desarmonias nas dimensões dos maxilares, causadas por fatores congênitos ou adquiridos, que culminam no crescimento desproporcional entre maxila e mandíbula. São responsáveis por problemas funcionais associados à função mastigatória, fonação e respiração (POSNICK, 2010).

Seu tratamento pode ter início ainda na infância, por meio de aparelhos ortopédicos funcionais que estimulam ou direcionam o crescimento anormal dos maxilares. Uma vez finalizado o crescimento facial, desarmonias dos maxilares não tratadas na infância ou mesmo tratadas de maneira ineficiente só podem ser tratadas por meio de correção cirúrgica, ocasião em que os seguimentos ósseos em desarmonia são osteomizados e reposicionados de maneira harmônica (POSNICK, 2010).

2.1.2 A Cirurgia Ortognática

Cirurgias ortognáticas são procedimentos que permitem, por meio da realização de cortes ósseos (osteotomias), a mobilização e o reposicionamento dos seguimentos maxilofaciais em posição harmônica e compatível com a adequada função mastigatória.

A maxila é comumente mobilizada por meio da osteotomia tipo Lefort I (Figura 1), no qual todo o seguimento dento-alveolar e processos palatinos são separados do crânio com uso de instrumentos rotatórios, serras e cinzéis (PERCIACCANTE; BAYS, 2005).

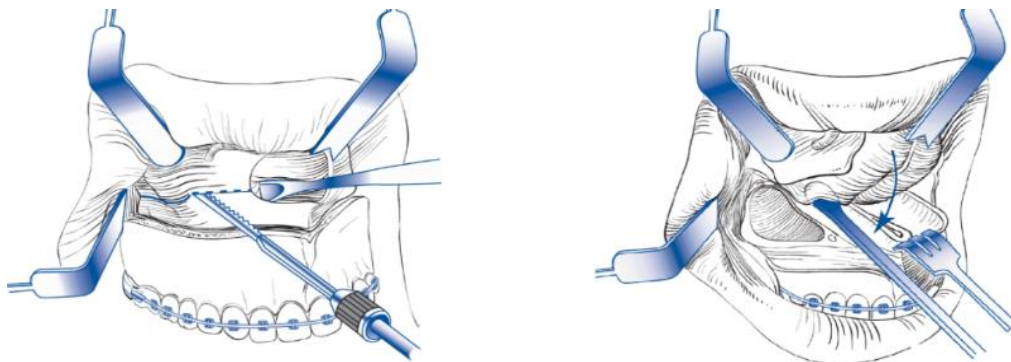


FIGURA 1 - À esquerda, realização da osteotomia Lefort I. À direita, a manobra para downfracture da maxila, quando esta é separada e mobilizada
Fonte: Perciaccante; Bays (2005).

O seguimento dento-alveolar da mandíbula é mais comumente mobilizado por meio da osteotomia sagital bilateral dos ramos mandibulares (Figura 2). Por meio deste procedimento, todo o processo alveolar e respectiva base da mandíbula é separado dos ramos, permitindo sua mobilização e reposicionamento espacial na posição planejada (BLOOMQUIST; LEE, 2005).

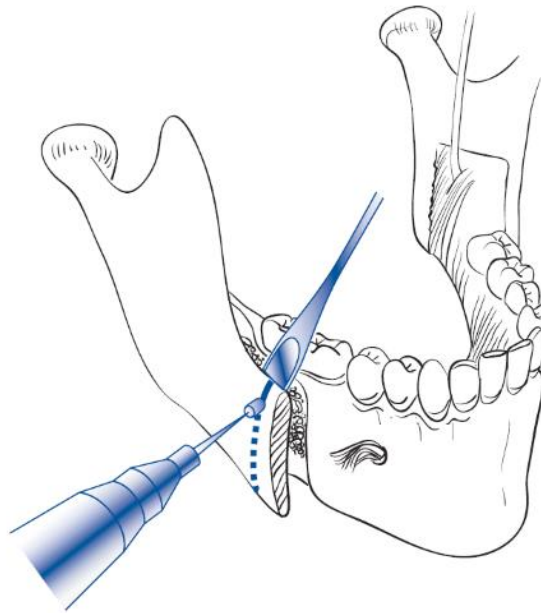


FIGURA 2 - Osteotomia Sagital do Ramo Mandibular
Fonte: Bloomquist; Lee (2005).

Quando é necessário melhorar aspectos do perfil facial e selamento labial, a osteotomia deslizante do mento (mentoplastia) pode ser realizada (Figura 3).

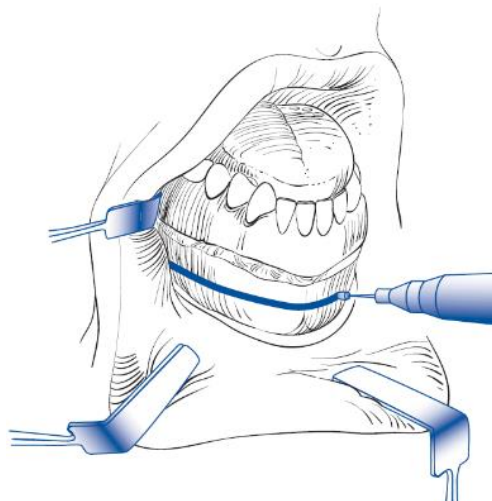


FIGURA 3 - Osteotomia deslizante do mento
Fonte: Bloomquist; Lee (2005).

Todas as decisões referentes à realização da cirurgia ortognática, como quais maxilares serão operados, bem como em qual posição espacial o seguimento osteotomizado será reposicionado são tomadas previamente à programação da cirurgia, por meio de um processo sistematizado comumente chamado de “planejamento cirúrgico” (MEDEIROS, 2001; XIA et al., 2000).

2.1.3 O planejamento cirúrgico

No processo decisório para correção de uma deformidade dento-facial, o cirurgião lança mão de seu senso estético e do conhecimento de características biológicas e fatores psicossociais, condensando-os em alterações milimétricas e angulares que são levadas a termo na realização das osteotomias e reposicionamento dos seguimentos ósseos (POSNICK, 2010).

Historicamente, a avaliação radiográfica do paciente com deformidades dento-faciais era realizada por meio de radiografias convencionais, em filmes planos. Consistia em exames nas normas panorâmica, cefalométrica em perfil e cefalométrica em PA (póstero-anterior), podendo ser complementadas por exames periapicais (MEDEIROS, 2001).

O planejamento da cirurgia levava em conta medições lineares e angulares obtidas em duas dimensões, a partir das radiografias citadas acima. Um traçado cefalométrico era então manualmente desenhado em uma folha de acetato posicionada sobre a radiografia de perfil, permitindo realçar os segmentos ósseos a serem manipulados, bem como realizar medidas e análises cefalométricas. Os segmentos ósseos a serem manipulados eram então movimentados para a posição clínico-radiográfica desejada, permitindo a realização do planejamento cirúrgico em duas dimensões (Figura 4).

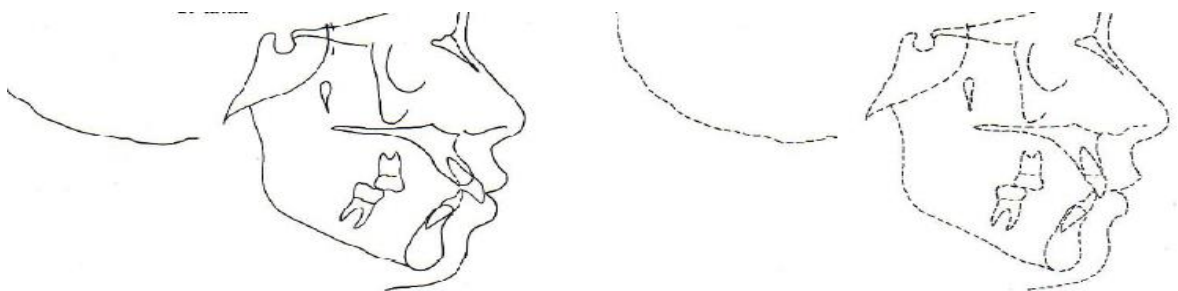


FIGURA 4 - Traçado cefalométrico realizado sobre radiografia bidimensional (perfil). À direita, traçado original. À esquerda, o traçado do planejamento
Fonte: Medeiros (2001).

As decisões de tratamento obtidas a partir de imagens em duas dimensões eram então transferidas para a cirurgia real por meio de guias cirúrgicos confeccionados em modelos de gesso. Esta etapa, conhecida como cirurgias de modelos, consiste na montagem cêntrica dos modelos dentários do paciente em um articulador total ou semi-ajustável. Os modelos são então cortados e reposicionados no articulador conforme medidas e decisões de tratamento obtidas nos filmes planos (2D) e análise clínica (OH; OISHI, 2018).

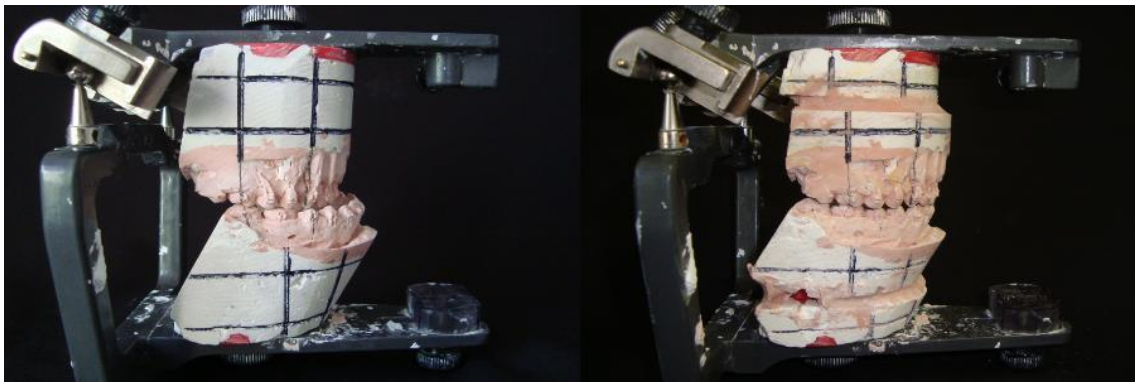


FIGURA 5 - À esquerda, imagem ilustrativa da montagem de modelos em articulador. À direita, cirurgia de modelos realizada, após corte, movimentação e fixação dos modelos em posição planejada
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A oclusão dentária obtida no modelo é então transferida para a cirurgia real por meio de guias cirúrgicos confeccionados em resina acrílica sobre a oclusão obtidas nos modelos (MEDEIROS, 2001).

O advento do uso de tomografias computadorizadas e as reconstruções tridimensionais advindas deste exame conferiu ao cirurgião a terceira dimensão espacial que as radiografias convencionais não podiam fornecer de maneira isolada (XIA et al., 2000; HELAL; WANG et al., 2018).

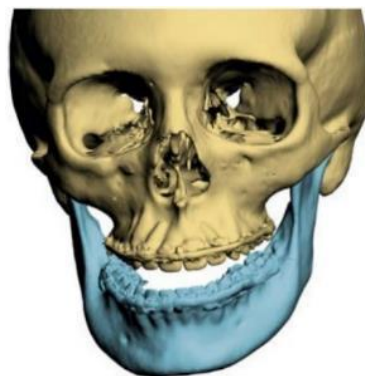


FIGURA 6 - Reconstrução tridimensional do crânio, realizada a partir de tomografia computadorizada
Fonte: Xia; Gateno (2018).

Para tanto, softwares especializados são utilizados para importar o exame de tomografia, obtendo um modelo tridimensional das estruturas ósseas, bem como uma malha formada pelos tecidos moles da face do paciente (POSNICK, 2010).

Os modelos dentários do paciente devem, idealmente, ser escaneados e adicionados ao ambiente virtual separadamente. Tal procedimento se faz necessário devido ao fato de que os tecidos dentais não são detalhadamente copiados pela tomografia (HO; LIN; LO, 2019). A oclusão final é usualmente definida nos modelos de gesso e transferida durante o escaneamento. Entretanto, existem algoritmos que permitem estabelecer virtualmente a oclusão final do paciente (NADJMI; MOLLEMANS et al., 2010).

A avaliação cefalométrica tridimensional é realizada por meio da marcação dos pontos cefalométricos de interesse no modelo virtual. É possível realizar marcações em estruturas anatômicas de tecido duro e mole. Os softwares especializados permitem, a partir da marcação destes pontos, o cálculo automático de ângulos cefalométricos e distâncias lineares entre as referências anatômicas. Tais informações são analisadas em conjunto com informações advindas da avaliação clínica. Desta forma, os dados clínicos e cefalométricos tridimensionais subsidiam a tomada de decisões para as movimentações esqueléticas (SCHUTYSER; CLEYNENBREUGEL, 2005).

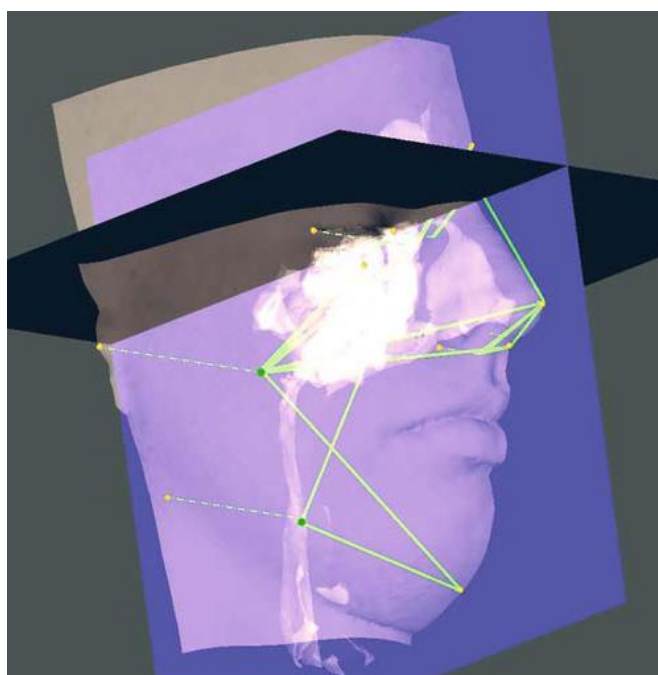


FIGURA 7 - Exemplo gráfico de análise cefalométrica tridimensional
Fonte: Swennen (2005).

As osteotomias virtuais podem ser desenhadas no modelo tridimensional seguindo o mesmo desenho das osteotomias reais a serem realizadas no paciente. Realizada a osteotomia, os seguimentos ósseos se tornam “virtualmente móveis”, e podem ser reposicionados levando em conta os critérios de diagnóstico e tomadas decisões da preferência do cirurgião (XIA et al., 2000).

As alterações cefalométricas (angulares e lineares) que ocorrem em função das movimentações esqueléticas virtuais são monitoradas pelo software de planejamento e informadas ao cirurgião. Simultaneamente, o software realiza simulação das alterações nos tecidos moles em função das movimentações esqueléticas. Tais alterações são frutos de algoritmos e cálculos matemáticos que levam em conta as alterações dos seguimentos esqueléticos subjacentes. Tal simulação fornece dados adicionais para o planejamento, mas deve ser utilizada com cautela, uma vez que o software não leva em conta características típicas do tecido mole, como elasticidade, tração muscular, influência da gravidade entre outros (XIA et al., 2000).

A etapa final do planejamento virtual consiste na criação de um guia cirúrgico, o qual permitirá reproduzir na cirurgia real o que foi realizado na cirurgia virtual. Tal guia cirúrgico é obtido a partir de um sólido geométrico posicionado na oclusão obtida nos modelos virtuais. Nesta posição, solicita-se que o software subtraia do sólido os pontos em que os dentes em oclusão o interceptam. O resultado de tal operação é um sólido com a impressão dos dentes em sua superfície, o qual poderá ser materializado por meio do processo de impressão 3D, esterilizado e levado à cirurgia (POSNICK, 2010).

2.1.4 Ferramenta de software livre utilizada no planejamento virtual de cirurgia ortognática

Restrições financeiras e adoção de regras que melhorem a relação custo-benefício na atenção à saúde, bem como a pressão por maior eficiência e o melhor desempenho levou ao aumento da demanda por sistemas de informações que fornecem melhor acesso aos dados médicos (RATIB; ROSSET; HEUBERGER, 2011), ao mesmo tempo que sejam financeiramente interessantes.

O *OrthoOnBlender* é um *add-on* para o ensino do planejamento de cirurgia ortognática digital criado por Cicero Moraes, Dr. Everton da Rosa e Dr. Rodrigo Dornelles. O *add-on* trata-se um conjunto de comandos sequenciais que foram organizados e programados de modo a facilitar o planejamento de cirurgia ortognática,

forneendo ao especialista não apenas as soluções encontradas nativamente no Blender, mas se comunicando com programas externos que ampliam as potencialidades do mesmo. É desenvolvido com software e licença livres, mas pode trabalhar em conjunto com ferramentas fechadas e proprietárias, como software de fotogrametria e scanners intraorais (MORAIS; ROSA; DORNELES, 2020).

O OrtogOnBlender pode ser baixado gratuitamente no endereço eletrônico: <https://drive.google.com/file/d/1rMS9yuNxan7dVfmnjxdbb9qFnPOUEFRk/view?usp=sharing>.

Ressalta-se que seu download é gratuito e não há cobrança de licenças de uso ou atualizações. Tal realidade se contrasta com o alto custo de aquisição de softwares considerados “clássicos” para o planejamento de cirurgia.

2.1.5 Etapas do planejamento cirúrgico virtual com OrtogOnBlender

A seguir, serão descritas as etapas do planejamento com OrtogOnBlender. As imagens utilizadas foram extraídas da documentação oficial e do arquivo pessoal do autor (NSV), em simulação do uso com tomografia própria.

2.1.5.1 Importação da tomografia

A partir dos arquivos no formato DICOM disponibilizados pela clínica de radiologia, o OrtogOnBlender gera uma malha tridimensional com as características morfológicas do tecido mole, ósseo e dentário do paciente (Figura 8).

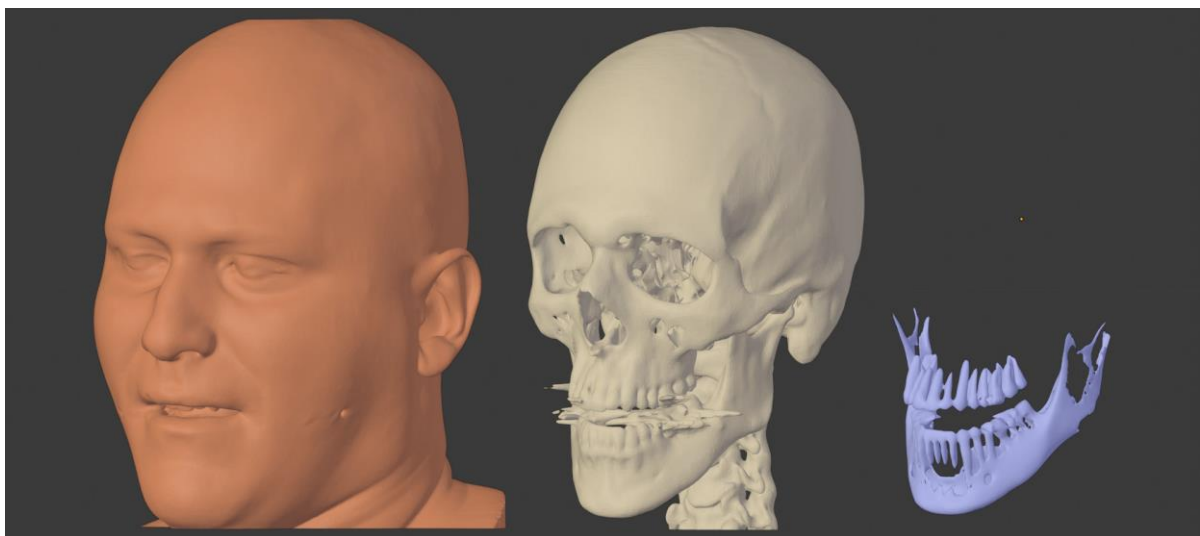


FIGURA 8 - Malhas tridimensionais obtidas a partir da importação da tomografia
Fonte: Moraes; Rosa; Dorneles (2020).

Caso o usuário opte por estudar a anatomia do paciente levando em conta outros tecidos, como músculos e vasos, pode-se optar pela importação por voxels (Figura 9).

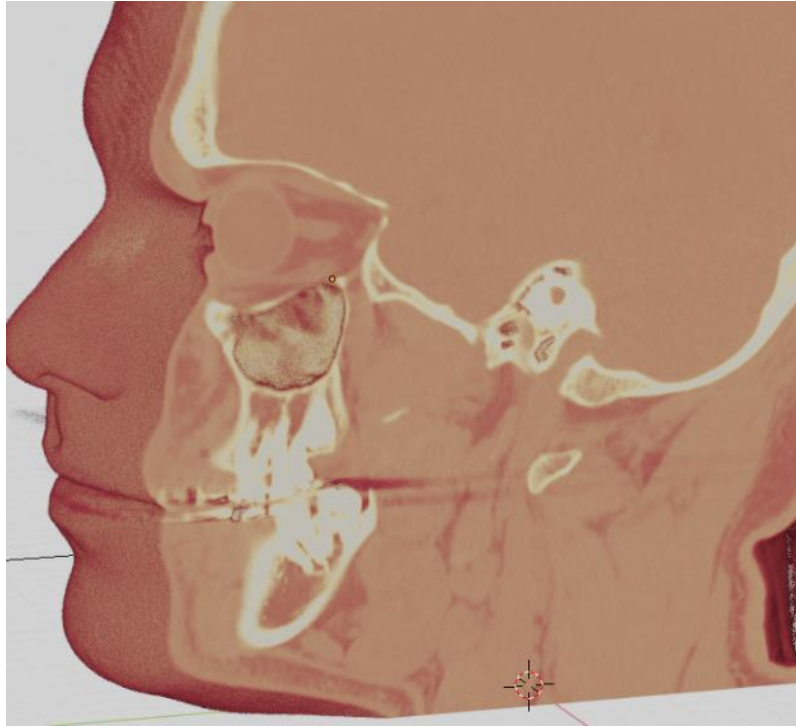


FIGURA 9 - Imagem obtida a partir da importação de voxels, cortada no plano sagital para visualização das estruturas anatômicas de interesse
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.1.5.2 Separação mandíbula-crânio

Como o crânio virtual é importado como um objeto único, faz-se necessário a identificação virtual da mandíbula e sua separação do esqueleto fixo da face (Figura 10).

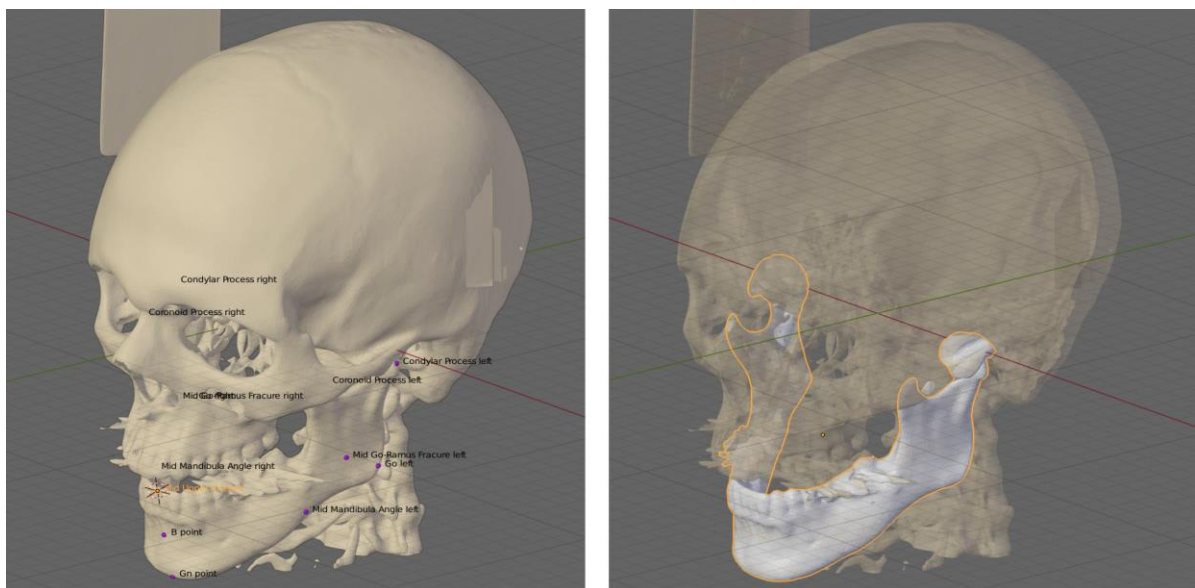


FIGURA 10 - Separação entre mandíbula e crânio
Fonte: Morais; Rosa; Dorneles (2020).

2.1.5.3 Importação dos arcos

A partir do escaneamento de modelos de gesso, as arcadas dentárias são importadas, posicionadas e adicionadas ao crânio virtual, criando o chamado crânio composto (Figuras 11 e 12).

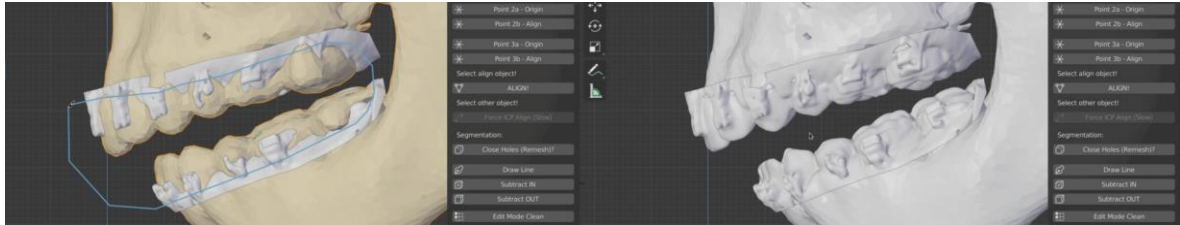


FIGURA 11 - Importação e posicionamento dos modelos escaneados
Fonte: Morais; Rosa; Dorneles (2020).

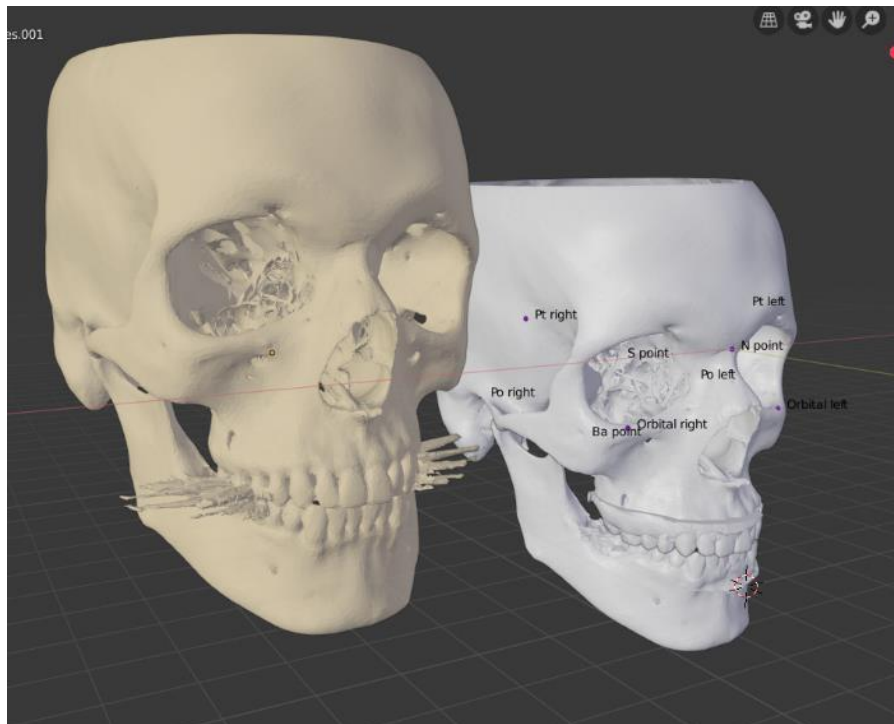


FIGURA 12 - Comparação entre crânio importado e crânio composto
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.1.5.4 Fotogrametria

Ainda que não seja fundamental, o usuário pode optar por realizar uma série de fotografias parametrizadas do paciente e determinar que o OrtoGOnBlender obtenha uma foto tridimensional da face. Características como cor da pele e textura são então adicionadas ao ambiente virtual, tornando sua visualização mais atrativa e condizente com a realidade (Figuras 13 e 14).

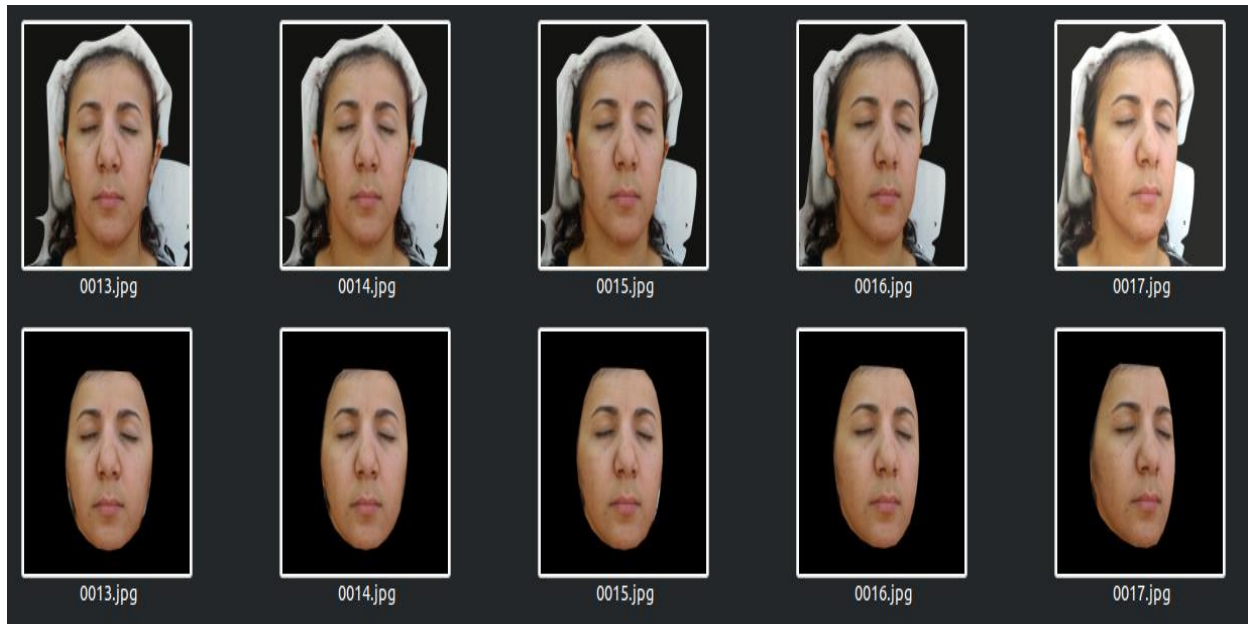


FIGURA 13 - Seleção das imagens para realização de fotogrametria
Fonte: Morais; Rosa; Dorneles (2020).

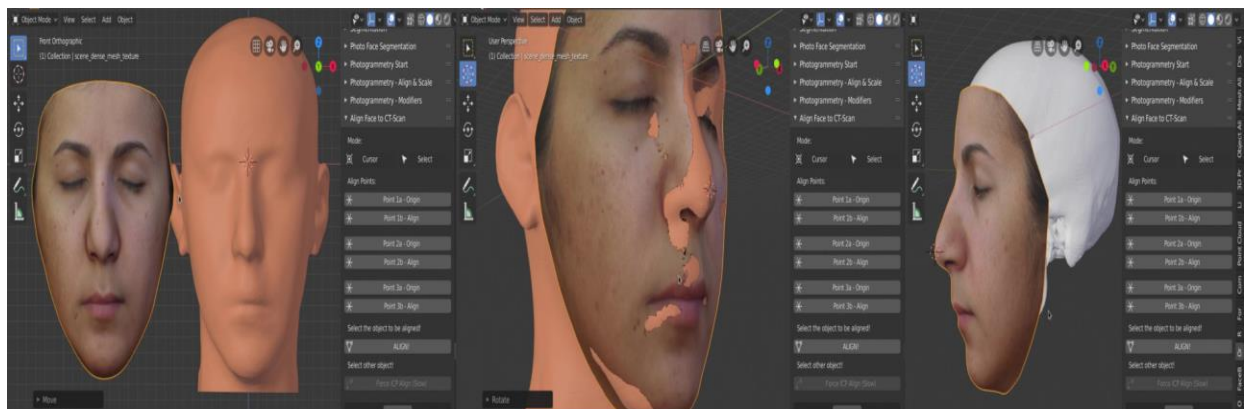


FIGURA 14 - Fotogrametria inserida e posicionada sobre os tecidos moles importados da tomografia
Fonte: Morais; Rosa; Dorneles (2020).

2.1.5.5 Inserção de pontos anatômicos e cefalometria

O OrtoGOnBlender conta com um vasto conjunto de pontos anatômicos para a região da cabeça (Figura 15). Uma vez inseridos, permitirão a obtenção de medidas cefalométricas, bem como orientarão o software na determinação dos planos de osteotomia e na criação de guias cirúrgicos.

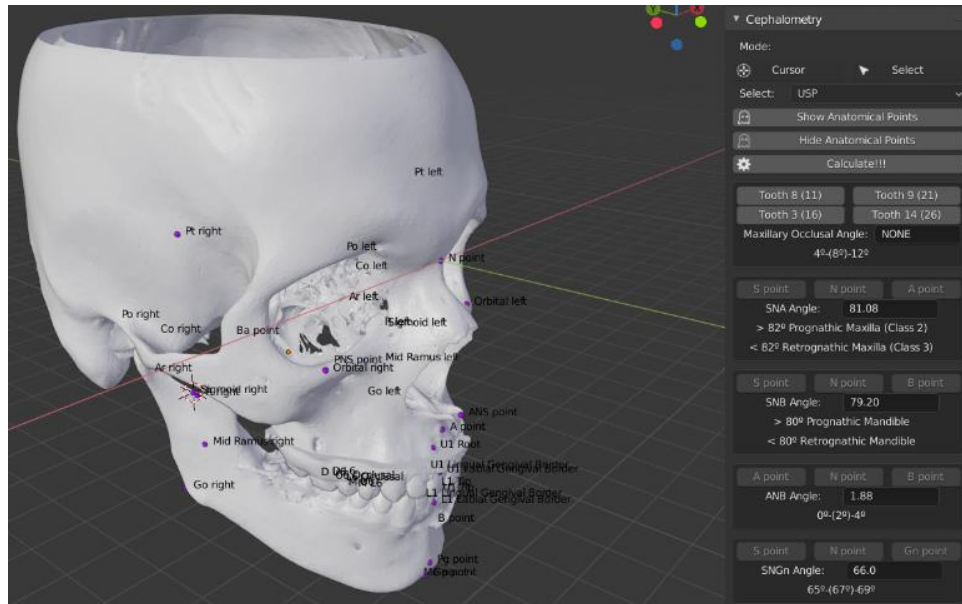


FIGURA 15 - Pontos anatômicos marcados no crânio
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.1.5.6 Osteotomias

As osteotomias no OrtogOnBlender podem ser realizadas a partir de planos de cortes padrão posicionados automaticamente pelo software a partir dos pontos cefalométricos informados. Existe também a opção de o usuário desenhar sobre o esqueleto virtual a linha de corte desejada, de maneira que o software realize a separação óssea exatamente onde o cirurgião pretende cortar (Figura 16).

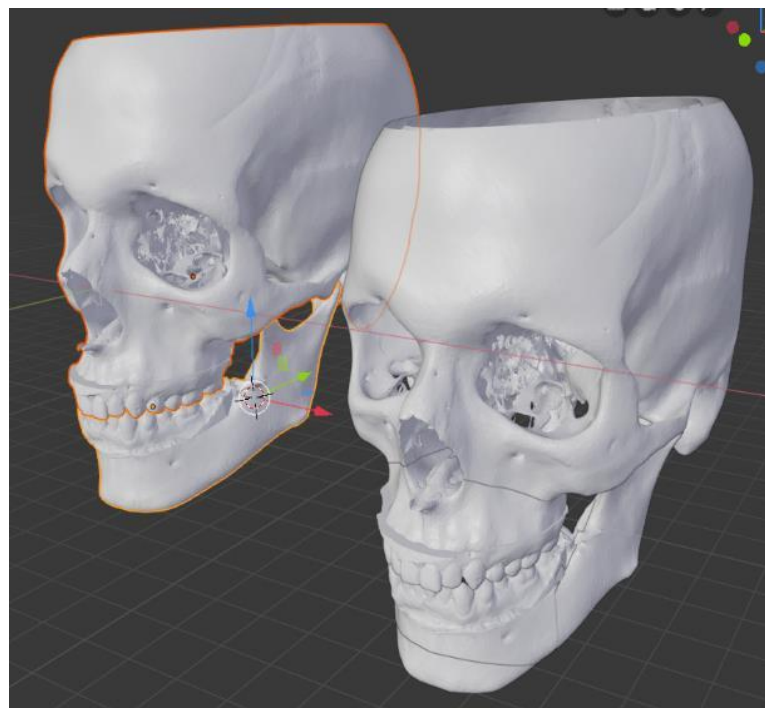


FIGURA 16 - Comparação pré e pós realização das osteotomias virtuais
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.1.5.7 Dinâmica dos tecidos moles

O software inicialmente entende que os componentes ósseos e tecidos moles da face são individuais e não relacionados. Movimentações dos seguimentos duros não causam alteração no tecido mole (Figura 17).

Ao acionar a função de dinâmica de tecidos moles, o usuário determina que o OrtogOnBlender realize alterações na malha de tecido mole a partir de movimentações dos segmentos ósseos (Figura 18).

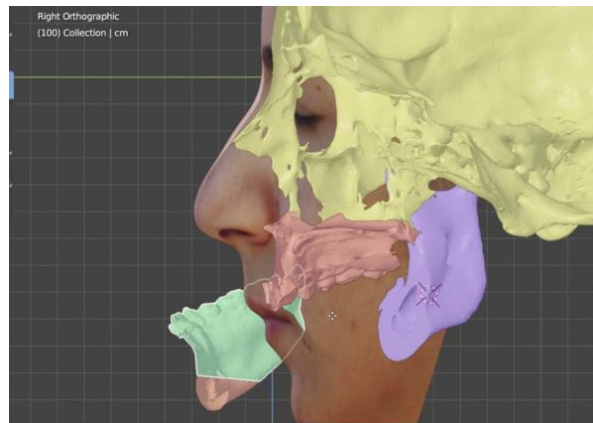


FIGURA 17 - Evidenciação da não alteração de tecidos moles em função dos movimentos ósseos
Fonte: Moraes; Rosa; Dorneles (2020).

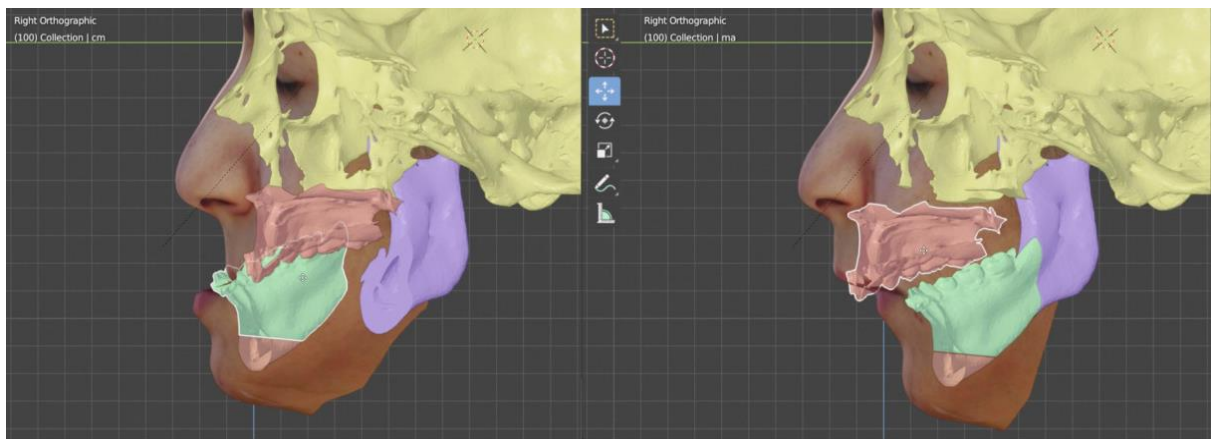


FIGURA 18 - Após estabelecida a dinâmica de tecidos moles, os movimentos esqueléticos repercutem na malha adjacente
Fonte: Moraes; Rosa; Dorneles (2020).

2.1.5.8 Realização dos movimentos esqueléticos: o planejamento propriamente dito

As movimentações esqueléticas necessárias à correção das deformidades dento-faciais são nesta etapa realizadas, levando em conta o senso clínico do cirurgião, expectativas do paciente e dados cefalométricos fornecidos pelo software (Figura 19).

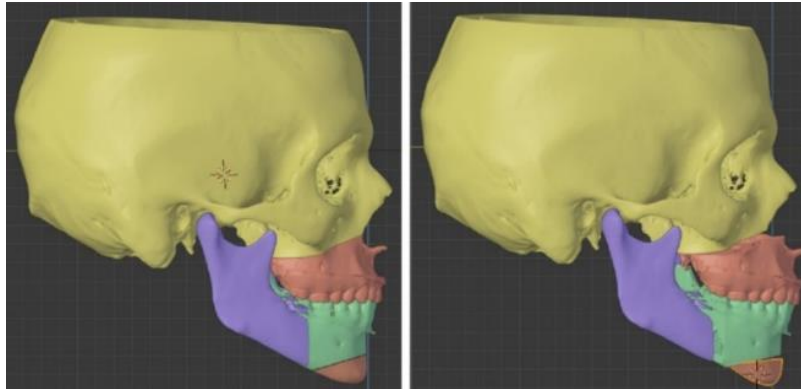


FIGURA 19 - Pré e pós realização das movimentações esqueléticas
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.1.5.9 Confeção de guias de osteotomia

O planejamento cirúrgico virtual não faria sentido se não houvessem meios de reproduzi-lo na cirurgia real. Desta forma, faz-se necessária a geração de um objeto que se relacione com os dentes e seguimentos ósseos tanto espacialmente, como anatomicamente, e que possa ser “exportado para o mundo real” (Figura 20).

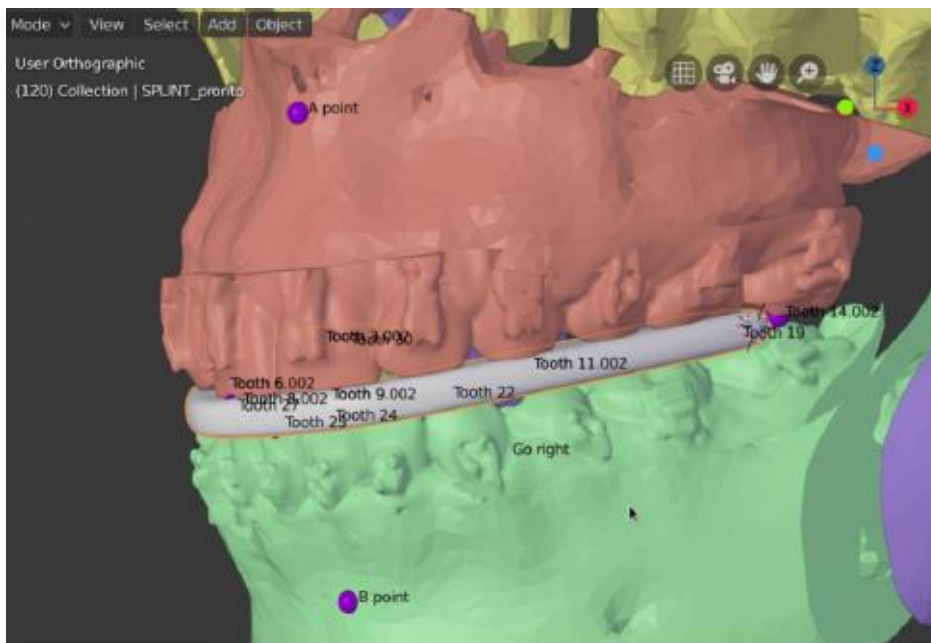


FIGURA 20 – Sólido gerado sobre a marcação anatômica dos dentes
Fonte: Moraes; Rosa; Dorneles (2020).

Realiza-se então o que é chamado de boleana negativa, pela qual os pontos tridimensionais do sólido que estão em contato com os dentes são removidos, restando a impressão dos dentes sobre o objeto (Figura 21).



FIGURA 21 - Guia cirúrgico com os sulcos gerados em função da posição virtual dos dentes
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.1.5.10 Guias de reposicionamento do mento

A utilização de um guia de corte permite que a osteotomia seja feita exatamente no local em que foi planejada, garantindo a reprodução real da osteotomia virtual (Figura 22).

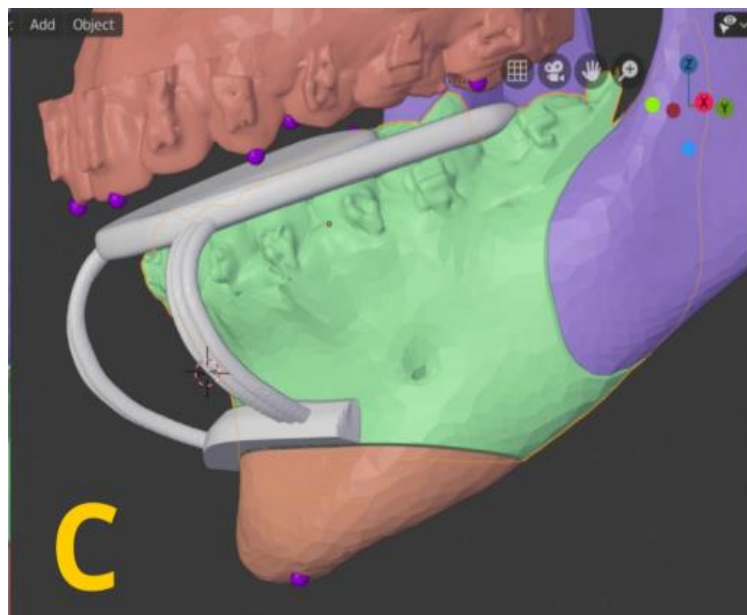


FIGURA 22 – Guia de corte que orientará a realização da osteotomia do mento
Fonte: Moraes; Rosa; Dorneles (2020).

2.1.5.11 Exportação para impressão 3D

A etapa final do planejamento virtual é a exportação dos guias cirúrgicos para um arquivo do tipo STL, o qual pode ser lido por uma impressora 3D (Figura 23).

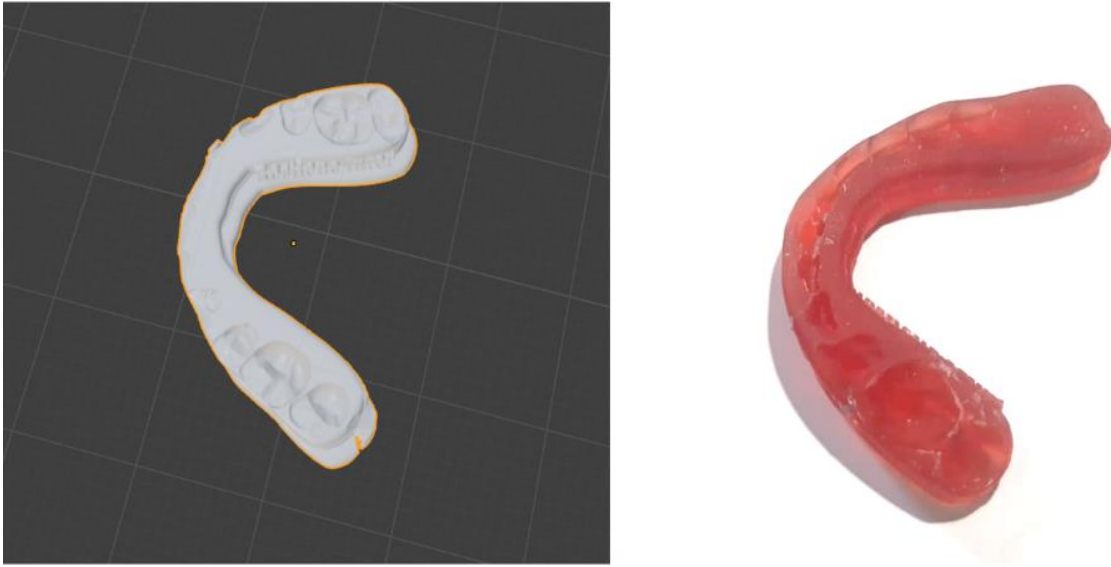


FIGURA 23 - Sólido virtual (à esquerda) e versão fabricada (à direita) em impressora 3D a partir do arquivo STL exportado

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A literatura corrente descreve o planejamento cirúrgico virtual como uma tendência irreversível no que tange à realização de cirurgias ortognáticas. Ainda que não esteja comprovada sua maior precisão em relação ao planejamento convencional (2D) (RITTO *et al.*, 2018), a utilização de imagens tridimensionais favorece a percepção imaginológica de alterações transversais, permite a delimitação prévia da osteotomia, bem como a visualização prévia de possíveis interferências ósseas a serem encontradas no momento do reposicionamento cirúrgico dos segmentos mobilizados (HUA; AZIZ; SHUM, 2019).

Em adição, o uso de imagens tridimensionais facilita deveras a comunicação entre o profissional e o paciente. Por meio de visualização prévia da osteotomia planejada, das simulações dos resultados esqueléticos a serem obtidos e dos cálculos aproximados de alterações de tecido mole, o paciente pode participar ativamente de seu planejamento, responsabilizando-se, juntamente ao seu cirurgião, pelos os resultados obtidos.

Entretanto, os custos de aquisição de softwares proprietários (pagos) para a realização do planejamento virtual de uma cirurgia ortognática pode ser um fator dificultador, senão impeditivo, para a ampla utilização de tal tecnologia. Ainda que o recurso financeiro para aquisição possa estar disponível, a utilização de tecnologias baseadas em código aberto e livres de taxaço permite maior racionalização

orçamentária, alinhando-se à diretrizes do Exército Brasileiro no que tange à sua política de aquisição de softwares (EXÉRCITO BRASILEIRO, 2010).

Neste cenário, o OrtogOnBlender preenche uma importante lacuna, uma vez que a literatura não cita outro software que se alinhe a estes princípios. Não somente as Organizações Militares de Saúde que possuem equipes ativas de cirurgia bucomaxilofacial se beneficiarão da difusão e uso do software em questão - hospitais que compõem o Sistema Único de Saúde e hospitais universitários responsáveis pela formação de novos cirurgiões bucomaxilofaciais poderão lançar mão da tecnologia sem que importantes recursos financeiros sejam empregados.

4 CONCLUSÃO

O uso de tecnologias tridimensionais em ambiente virtual enriquece o processo de planejamento cirúrgico, tanto do ponto de vista técnico em sua execução, quanto no que se refere à comunicação entre o paciente e os profissionais envolvidos no tratamento de sua deformidade dento-facial.

OrtogOnBlender mostra-se uma opção viável para a realização de planejamento cirúrgico tridimensional em ambiente virtual, lançando mão de tecnologias de última geração sem implicar altos custos para a União.

Tal emprego alinha-se às diretrizes do Exército Brasileiro, o qual sistematicamente estimula suas Organizações Militares a utilizarem aplicativos de plataforma livre (EXÉRCITO BRASILEIRO, 2010).

Deve-se ressaltar o fato de que, por se tratar de uma ferramenta em desenvolvimento, atualizações com melhorias são disponibilizadas constantemente pelo desenvolvedor.

Conclui-se, portanto, que o uso do OrtogOnBlender deva ser difundido em Organizações Militares de Saúde com equipes de Cirurgia Bucomaxilofacial, cuja rotina inclua o diagnóstico, planejamento e tratamento de deformidades dento-faciais.

REFERÊNCIAS

- BLOOMQUIST, D. S.; LEE, J. J. Principles of Mandibular Orthognathic Surgery. In: MILORO, M. **Peterson's Principles of Oral and Maxillofacial Surgery**. 2^a. ed. Ontario: B. C. Decker, v. 2, 2005. Cap. 56, p. 1135-1178.
- ELSHEBINY, T. et al. Accuracy of Three-Dimensional Soft Tissue Prediction in Orthognathic Cases Using Dolphin Three-Dimensional Software. **J Craniofac Surg**, v. 2, n. 30, p. 525-528, Abril 2019.
- EXÉRCITO BRASILEIRO. Plano de Migração para Software Livre no Exército Brasileiro, 26 agosto 2010. Disponível em: <http://www.5cta.eb.mil.br/images/5cta/normasti/PlanoMigracaoSL.pdf>. Acesso em: 27 Ago 2020.
- HELAL, H. et al. Virtual Surgical Planning Assisted Management for Three-Dimensional Dentomaxillofacial Deformities. **J Craniofac Surg**, v. 8, n. 29, p. 732-736, Novembro 2018.
- HO, C.-T.; LIN, H.-H.; LO, L.-J. Intraoral Scanning and Setting Up the Digital Final Occlusion in Three-Dimensional Planning of Orthognathic Surgery: Its Comparison with the Dental Model Approach. **Plast Reconstr Surg**, v. 5, n. 143, p. 1027e-1036e, Maio 2019.
- HUA, J.; AZIZ, S.; SHUM, W. Virtual Surgical Planning in Oral and Maxillofacial Surgery. **Oral Maxillofac Surg Clin North Am**, v. 4, n. 31, p. 519-530., Nov 2019.
- MEDEIROS, P. J. D. Avaliações Radiográfica e cefalométrica. In: MEDEIROS, P. J. D. **Cirurgia Ortognática para o Ortodontista**. São Paulo: Santos, 2001.
- MEDEIROS, P. J. D. Cirurgia de Modelos e confecção de goteiras. In: MEDEIROS, P. J. D. **Cirurgia Ortognática para o ortodontista**. São Paulo: Santos, 2001.
- MORAIS, C.; ROSA, E.; DORNELES, R. **OrtogOnBlender - documentação oficial**. 3^a. ed. Sinop: [s.n.], 2020.
- NADJMI, N. et al. Virtual occlusion in planning orthognathic surgical procedures. **Int J Oral Maxillofac Surg**, v. 5, n. 39, p. 457-462, Maio 2010.
- OH, E. S.; OISHI, N. Orthognathic Model Surgery. In: FONSECA, R. **Oral and Maxillofacial Surgery**. 3. ed. St. Louis: Elsevier, v. 3, 2018. Cap. 4, p. 44-61.
- PERCIACCANTE, V.; BAYS, R. Maxillary Orthognathic Surgery. In: MILORO, M. **Peterson's Principles of Oral and Maxillofacial Surgery**. 2^a. ed. Ontario: B. C. Decker, v. 2, 2005. Cap. 57, p. 1179-1202.
- POSNICK, J. In: POSNICK, J. **Orthognathic surgery: principles and practice**. St Louis: Elsevier, 2010. p. 337-373.
- RATIB, O.; ROSSET, A.; HEUBERGER, J. Open Source software and social networks: disruptive alternatives for medical imaging. **European Journal of Radiology**, 78, 2011.

RITTO, F. G. et al. Comparison of the accuracy of maxillary position between conventional model surgery and virtual surgical planning. **Int J Oral Maxillofac Surg**, v. 2, n. 47, p. 160-166, Fevereiro 2018.

SCHUTYSER, F.; CLEYNENBREUGEL, J.. From 3-D Volumetric Computer Tomography to 3-D Cephalometry. In: SWENNEN, G. R. J.; SCHUTYSER, F. A. C.; HAUSAMEN, E. J. **Three-Dimensional Cephalometry - A Color Atlas and Manual**. 1^a. ed. New York: Springer, v. I, 2005. Cap. 1, p. 1-10.

SWENNEN, G. R. J. 3-D Cephalometric Analysis. In: SWENNEN, G. R. J.; SCHUTYSER, F. A. C.; HAUSAMEN, E. J. **Three-Dimensional Cephalometry - A Color Atlas and Manual**. 1^a. ed. New York: Springer-, v. I, 2005. Cap. 7, p. 241-286.

XIA, J. et al. Computer-assisted three-dimensional surgical planning and simulation: 3D virtual osteotomy. **Int J Oral Maxillofac Surg**, 29, n. 11-27, 2000.

XIA, J. J. et al. Virtual Treatment Planning for Orthognathic Surgery. In: FONSECA, R. **Oral and Maxillofacial Surgery**. 3^a. ed. St. Louis: Elsevier, v. 3, 2018. Cap. 3, p. 31-43.