

## OrtogOnBlender - O que é e Aspectos Técnicos

### 3.1 O que é o OrtogOnBlender?



O OrtogOnBlender é um *add-on* para o ensino do planejamento de cirurgia ortognática digital criado por Cicero Moraes<sup>4</sup>, Dr. Everton da Rosa<sup>5</sup> e Dr. Rodrigo Dornelles<sup>6</sup>.

**Aviso:** O OrtogOnBlender e demais módulos não são softwares de diagnóstico e uso clínico, mas ferramentas didáticas de ensino de planejamento cirúrgico. **A utilização dos mesmos para qualquer fim é de inteira responsabilidade do usuário.**

Como o próprio nome lembra, o mesmo funciona sob Blender e é escrito na linguagem de programação Python. Ele roda no Windows, no Linux e no Mac OS X e é fácil de instalar.

O *add-on* trata-se um conjunto de comandos sequenciais que foram organizados e programados de modo a facilitar o planejamento de cirurgia

<sup>4</sup> <http://fb.me/ciceromoraes3d>

<sup>5</sup> <http://fb.me/drevertondarosa>

<sup>6</sup> <https://www.rodrigodornelles.com/>

ortognática, fornecendo 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.

## 3.2 Aspectos Técnicos Pormenorizados

Abaixo serão apresentadas as seções do OrtogOnBlender e a função dos comandos principais de cada uma.

### 3.2.1 Upgrade Script

O campo de atualização de script apresenta a versão atual do OrtogOnBlender. Quando temos o código **VERSION: 20190710c**, por exemplo, significa que a última programação ocorreu no ano de 2019, no mês de julho e no dia 10, sendo a terceira vez, pela letra “c”, que o diretório foi enviado ao servidor.

Assim que o usuário clica no botão **UPGRADE ORTOG** o addon é atualizado e o programa encerrado para que possa ser aberto novamente já com a última versão.

### 3.2.2 Patient's Name

No campo **Name**: coloca-se o primeiro nome do paciente e no **Surname**: o sobrenome ou sobrenomes principais. Se o usuário colocar Name: John e Surname: Simpson, por exemplo, resultará no diretório: **John\_Simpson**. Se necessário colocar mais informação, é pedido que se complemente junto a um sinal de underline ( \_ ), como por exemplo: Name: John, Surname: Simpson\_Rivera.

No caso de trabalhos com o mesmo paciente em datas diferentes, é possível complementar o sobrenome com a data, seguindo o exemplo do nome do upgrade. Se o paciente John Simpson fora tratado em julho de 2019 o preenchimento fica assim: Name: John, Surname: Simpson\_201907.

O endereço do diretório depende do sistema operacional. Imaginando que o nome do usuário seja NoteOffice e o do paciente John Simpson, temos as seguintes situações:

No **Windows**: `C:/Users/NoteOffice/OrtogOnBlenderDir/John_Simpson/`

No **Mac OS X**: `/Users/NoteOffice/OrtogOnBlenderDir/John_Simpson/`

No **Linux**: `/home/NoteOffice/OrtogOnBlenderDir/John_Simpson/`

O primeiro arquivo criado será o **Base-John\_Simpson.blend**, que neste caso ficaria assim: `~/OrtogOnBlenderDir/John_Simpson/Base-John_Simpson.blend` (onde o sinal `~` representa o diretório do usuário).

**Aviso:** Evite o uso de caracteres especiais como “ç, á, é, \$” e espaço. Isso pode causar problemas em alguma biblioteca utilizada pelo OrtogOnBlender.

### 3.2.3 CT-Scan Reconstruction

Esta seção conta com 4 predefinições:

- **MANUAL:** O usuário configura manualmente o passo-a-passo da reconstrução.
- **VOXEL:** Permite a visualização do *voxel data*, ou seja, a volumetria da tomografia sem a malha 3D (*3D mesh*).
- **AUTOMATIC:** Reconstrói a tomografia automaticamente sem a necessidade de configuração passo-a-passo.
- **CUSTOM:** Permite uma reconstrução totalmente customizada de apenas uma malha.

---

**Importante:** A reconstrução de tomografias computadorizadas diretamente de arquivos DICOM só é possível graças ao software *DicomTo-Mesh*<sup>7</sup>, desenvolvido por **Adrian Schneider**. A ele e toda a equipe do *AOT AG*<sup>8</sup> são direcionados efusivos agradecimentos!

---

Para uma maior compreensão das seções, seguem abaixo as suas descrições pormenorizadas.

#### Manual

Em **CT-Scan Preparing** o usuário seleciona o diretório onde estão os arquivos DICOM e clica em **Organize** para o sistema copiar os arquivos e organizar em diretórios correspondentes ao SeriesNumber da tomografia.

Assim que a tomografia for copiada e organizada o sistema abrirá o LibreOffice com uma planilha descrevendo o número do diretório, o número de arquivos dentro do diretório e a descrição do mesmo. Caso o LibreOffice não esteja presente no sistema operacional os dados podem ser visualizados no terminal (prompt).

---

**Dica:** Procure escolher os diretórios cujo a descrição seja compatível com o tecido mole: **"MOLE"**, **"PM"**, **"BLANDAS"**, **"SOFT TISSUE"**, etc. Deste modo é muito provável que não seja necessário alterar os fatores padronizados: **200**, **-300** e **1430**.

---

**Aviso:** No caso de arquivo DICOM (.DCM) único o usuário precisará abri-lo no Slicer e exportá-lo como fatias. Para tal, basta seguir este tutorial: <https://www.youtube.com/watch?v=5X2xJqIEi0o>.

Em **Threshold Setup** o usuário indica um diretório criado no processo anterior e em seguida clica em **Open Slicer!** de modo a abrir o *Slicer*<sup>9</sup> e capturar os valores da escala Hounsfield.

Em **CT-Scan Reconstruction** o usuário pode selecionar o diretório onde se encontram os arquivos DICOM e clicar em **Convert DICOM to 3D** para proceder com a reconstrução.

---

**Dica:** Assim que o botão é clicado o OrtoGOnBlender abre um arquivo de texto com os dados do tomógrafo. Estes dados podem ser enviados ao banco de dados de tomógrafos do sistema, de modo a fazer as próximas reconstruções automaticamente.

---

Os parâmetros **Bone Factor** (Fator Ossos), **Soft Factor** (Fator Mole) e **Teeth Factor** (Fator Dentes) contém um valor pré definido da escala Hounsfield, que funciona em grande parte dos casos. Por padrão está setado em 200, -300 e 1430, números que funcionam na maioria das tomografias helicoidais.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **CT\_Scan-John\_Simpson.blend**.

---

<sup>7</sup> <https://github.com/AOT-AG/DicomToMesh>

<sup>8</sup> <http://www.aot.swiss>

<sup>9</sup> <http://www.slicer.org>

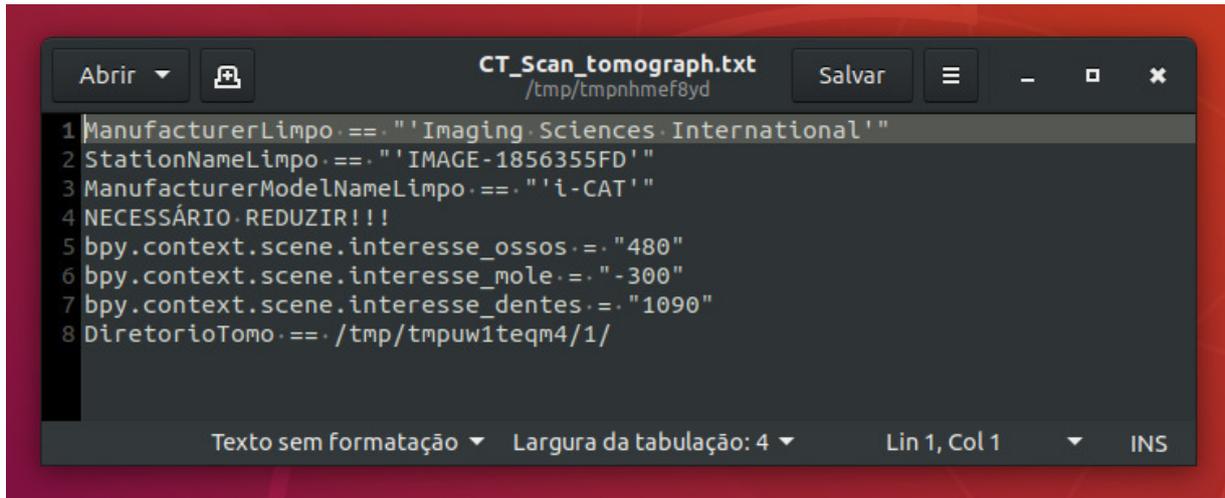


Fig. 1: Editor de texto aberto automaticamente após o usuário clicar no botão **Convert DICOM to 3D**.

**Aviso:** Esta seção pode ser substituída pela reconstrução automática oferecida no **CT-Scan Auto 3D Reconstruction**. No entanto, para que o processo automático funcione é necessário que o tomógrafo seja cadastrado no banco de dados do OrtogOnBlender.

## VOXEL

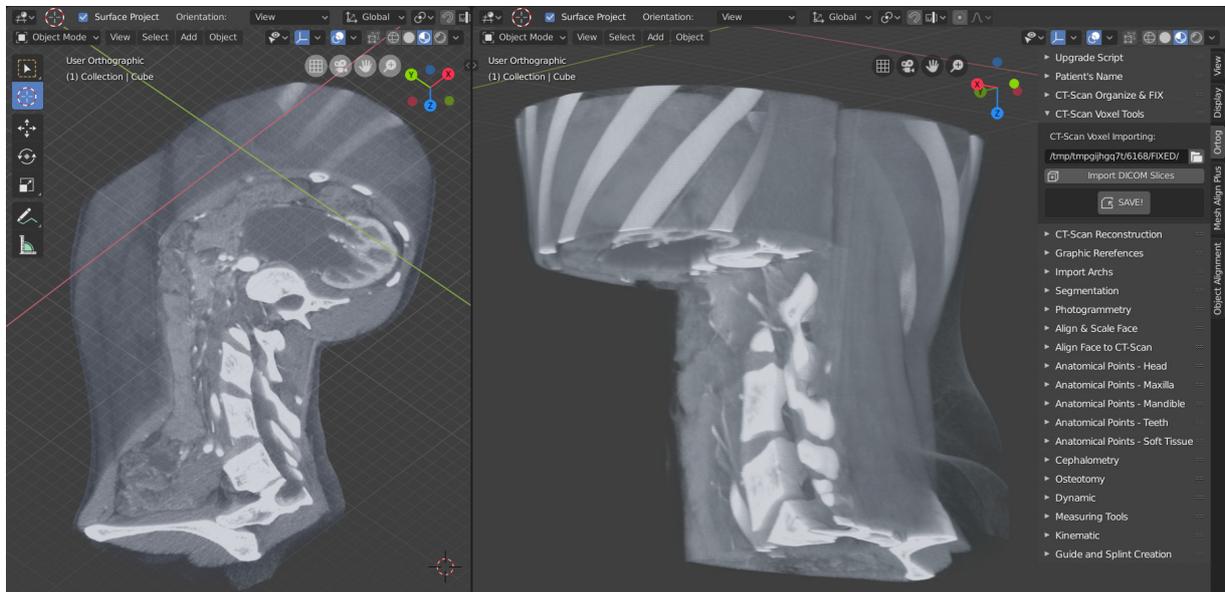


Fig. 2: Import DICOM Slices com boolean na parte inferior para ver os detalhes internos.

O usuário pode importar as fatias da tomografia em forma de um *voxel data*, basta setar o local onde se encontra a tomografia no ícone de diretório e em seguida clicar em **Import DICOM Slices**.

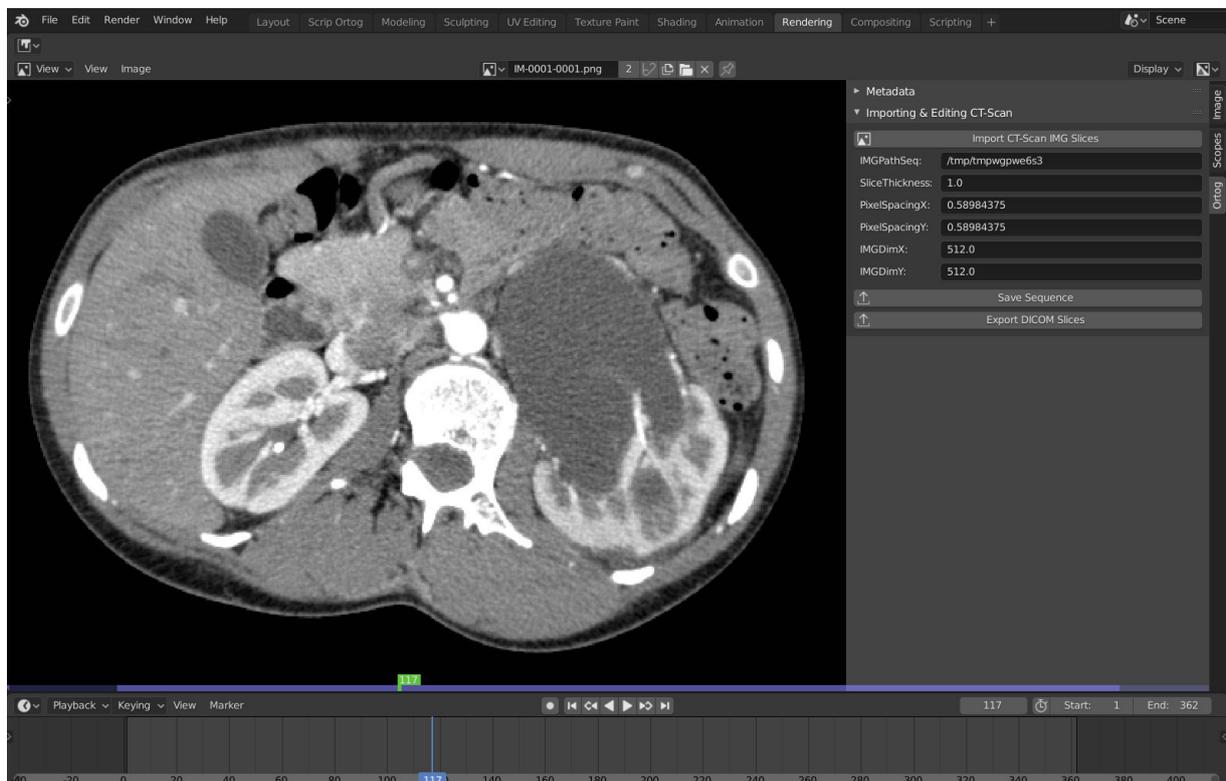


Fig. 3: CT-Scan IMG Slices.

Ao importar o *voxel* o usuário tem à sua disposição a possibilidade de visualizar as fatias do mesmo. Basta ir na aba Rendering, habilitar o painel direito(N) e clicar em **Import CT-Scan IMG Slices** (no Ortog). Ao fazer isso serão apresentadas algumas informações sobre a tomografia:

- **IMGPathSeq**: Local onde se encontra a sequência das imagens.
- **SliceThickness**: Espaço (em milímetros) entre as fatias.
- **PixelSpacingX**: Valor de um pixel em X (em milímetros).
- **PixelSpacingY**: Valor de um pixel em Y (em milímetros).
- **IMGDimX**: Dimensão (em pixels) da imagem em X.
- **IMGDimY**: Dimensão (em pixels) da imagem em Y.

Há ainda a possibilidade do usuário editar e criar uma nova sequência de arquivos DICOM. Basta fazer as alterações, salvar uma por uma das imagens alteradas (Alt+S) e clicar em **Export DICOM Slices**.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Voxel-John\_Simpson.blend**.

### AUTOMATIC

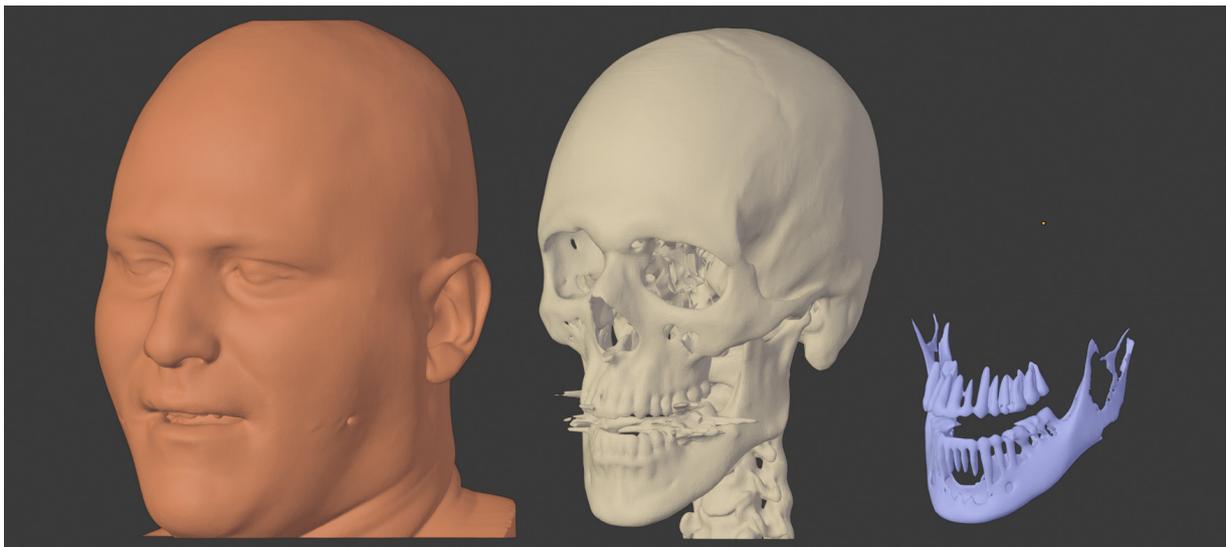


Fig. 4: Reconstruções perfiladas: Mole, Ossos e Dentes.

Os desenvolvedores estão cadastrando tomógrafos de modo a fazer a reconstrução automaticamente sem a intervenção do usuário. Assim que o cadastro é feito basta setar a localização do diretório com os DICOMs e clicar em **AUTOMATIC DICOM TO 3D**, que o programa se encarrega de organizar, escolher o diretório, corrigir as eventuais incompatibilidades e reconstruir a tomografia em 3D.

Ao reconstruir automaticamente a tomografia o sistema cria um diretório chamado **CT-Scan** dentro da pasta do paciente:

Nela se encontrarão as fatias DICOM utilizadas no processo, permitindo que o usuário possa utilizá-las posteriormente, caso necessário, sem precisar lançar mão do DVD geralmente fornecido pela clínica ou mesmo os gigantescos arquivos disponíveis de modo online.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **CT\_Scan\_Auto-John\_Simpson.blend**.

## CUSTOM

A seção **CUSTOM** tem o funcionamento muito parecido com o **MANUAL**. Primeiro o usuário organiza a tomografia, em seguida abre o diretório desejado e testa o fator no Slicer. A diferença de abordagem é na última parte, onde apenas uma malha pode ser reconstruída por vez:

1. Em **CT-Scan 3D Reconstruction** o usuário informa o diretório da sequência pretendida.
2. Em **Reconst. Factor** informa o valor da escala Hounsfield.
3. Em **Decimate Factor** informa o fator de simplificação que vai de 0 a 1, onde 0 é sem simplificação e 1 simplificação total.
4. Em **Object Name** o usuário informa o nome da malha que será gerada.
5. Ao informar todos os dados basta clicar em **Convert DICOM to 3D** e aguardar a reconstrução.

**Dica:** O usuário pode reconstruir o número de malhas que necessitar, alterando o fator a cada peça criada. Essa técnica é muito útil para reconstruções como a ATM, por exemplo. Neste caso se reconstrói o osso geral mais grosso (menor fator), em seguida um osso mais fino (maior fator) e ao final isola-se a área de interesse extraíndo a região mais grossa com o booleana **Difference** e unindo as peças com a booleana **Union**.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **CT\_Scan-John\_Simpson.blend**.

### 3.2.4 Graphic References

Em **Mode** o usuário pode escolher posicionar o cursor ou selecionar objetos.

Na seção **Frankfurt Alignment** o usuário pode alinhar o crânio segundo esse protocolo. Para isso, basta:

1. Ocultar a face advinda da tomografia clicando em **Hide Face (CT-Scan)**.
2. Selecionar **Cursor** em Mode, clicar no ponto do crânio correspondente à órbita direita e em seguida clicar no botão **Orbital right**.
3. Repetir o processo com os pontos: **Orbital left, N point e Po left**.
4. Depois que todos os pontos estiverem posicionados, clicar em **Align!** e o crânio será alinhado ao plano de Frankfurt.

**Aviso:** O alinhamento só funciona se o crânio for nomeado como **Bones**, como acontece quando a tomografia é importada.

Em **Reference Lines** o usuário tem a sua disposição uma série de linhas de referência pré-configuradas:

- **Vertical Center Line:** Cria uma linha central (olhando pela frente) no sentido vertical.
- **Horizontal Center Line:** Cria uma linha central (olhando pela frente) no sentido horizontal.
- **Horizontal Side Line:** Cria uma linha pela lateral (olhando pela direita) no sentido horizontal.

De modo a não poluir a visualização dos dados os pontos anatômicos podem ser ocultados pelo botão **Hide Anatomical Points**.

Assim que as linhas são posicionadas e o crânio alinhado o usuário poderá então desparentear o mole e os dentes dos ossos importado nas seções anteriores, clicando no botão **UNGROUP!!!**.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Ref-John\_Simpson.blend**.

**Aviso:** É muito importante desparentear o mole dos ossos, caso contrário o *addon* apresentará erro ao acionar posteriormente a dinâmica do mole, rotacionando o rosto de modo incompatível com o crânio.

## 3.2.5 Import Archs

### Archs Teeth Import

A seção **Import Archs** permite ao usuário importar também as tomografias das arcadas dentárias, tanto a réplica em gesso quando o molde, que pode ser convertido em positivo através da inversão dos *normals*.

Para reconstruir o DICOM relacionado a arcada o usuário deverá:

1. Indicar o local onde os slices estão presentes.
2. Indicar o fator de reconstrução (escala Hounsfield).
3. Caso haja dúvida em relação ao fator, pode-se abrir o Slicer em **Open Slicer** de modo a testá-lo.
4. Por fim basta indicar o diretório e clicar em **Archs Generator** e aguardar a reconstrução da malha.

Se a arcada foi gerada em um software externo, ou mesmo por um *scanner* intraoral, basta importar os modelos através do botão **Import STL**.

É quase certo que as arcadas venham desalinhadas com os dentes reconstruídos a partir da tomografia, em face disso será necessário que o usuário alinhe as arcadas com a tomografia.

Assim que os moldes forem alinhados ao crânio, o usuário precisará segmentar a região de interesse dos mesmos.

### Aligment

Ao importar os arcos superior e inferior, o usuário precisará alinhá-los a tomografia reconstruída. Para isso ele recorrerá a seção **Aligment**:

1. Selecione o objeto que será alinhado.
2. Coloque o ponto de ancoragem no objeto de ORIGEM por primeiro: **Point 1a - Origin**.
3. Coloque o ponto de ancoragem no objeto selecionado na sequência: **Point 1b - Align**.
4. Repita a operação com os pontos: **Point 2a - Origin** e **Point 2b - Align**.
5. Repita a operação com os pontos: **Point 3a - Origin** e **Point 3b - Align**.
6. Assim que todos estiverem posicionados clique em **ALIGN!**.
7. Se necessário um alinhamento com maior precisão, use o botão **Force ICP Align (Slow)**.

**Aviso:** Muita atenção, temos dois objetos, o de **origem**, que é aquele que já está alinhado e o de **alinhamento** que é o que deverá ser selecionado antes de se fazer o procedimento.

---

**Importante:** O alinhamento via ICP foi viabilizado graças ao *add-on object\_alignment*<sup>10</sup> desenvolvido por **Patrick Ryan Moore** (patmo141).

---

<sup>10</sup> [https://github.com/patmo141/object\\_alignment](https://github.com/patmo141/object_alignment)

## Segmentation

Na seção **Segmentation** o usuário:

1. Fecha o modelos se o mesmo estiver aberto (**Close Holes (Remesh)?**).
2. Seleciona o objeto a ser cortado.
3. Clica em **Draw Line** e desenha a região a ser cortada.
4. Apagar a área desejada:

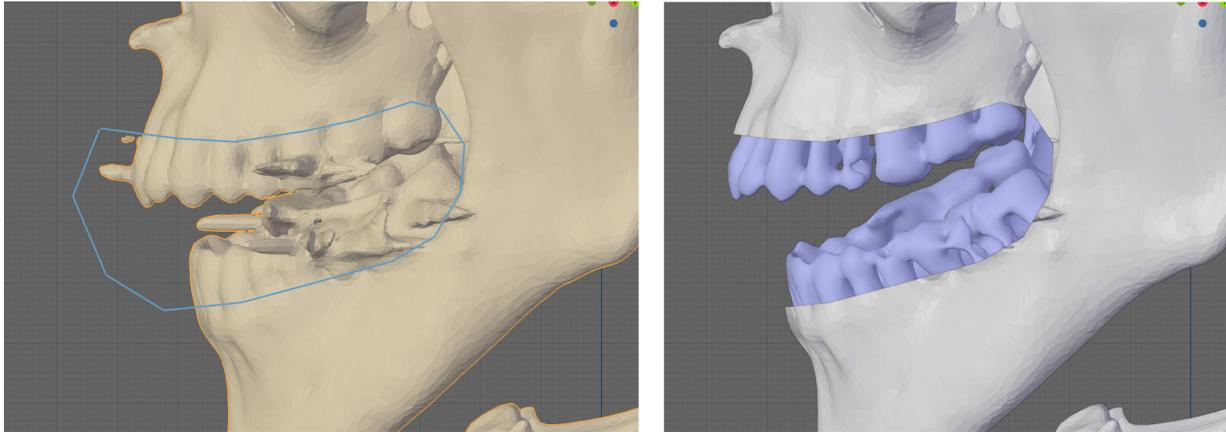


Fig. 5: Exemplo de Subtract IN.

- Caso deseje apagar o que está dentro da região clique em **Subtract IN**.

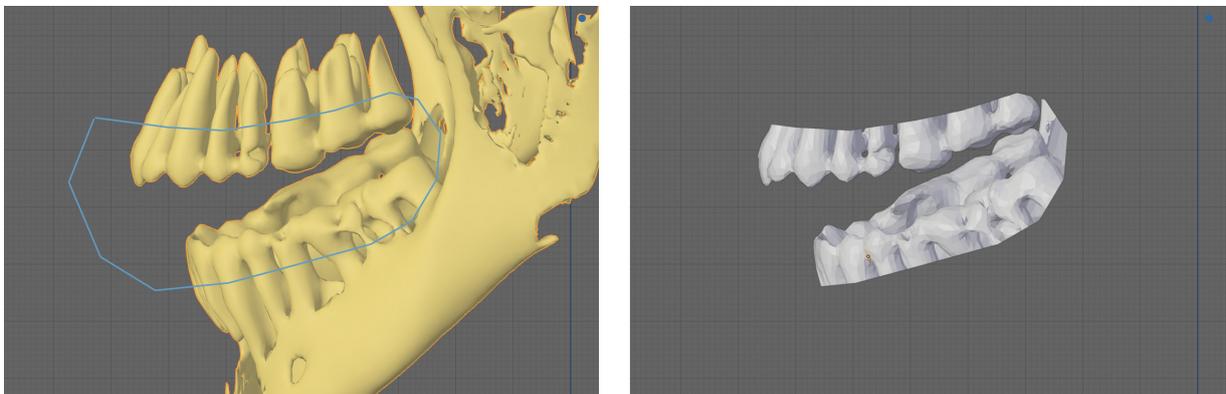


Fig. 6: Exemplo de Subtract OUT.

- Caso deseje apagar o que está fora da região, clique em **Subtract OUT**.

Pode ser necessário segmentar a mandíbula. Para tal o usuário deve:

1. Selecionar o crânio e clicar em **Edit Mode Clean** para entrar em modo de edição sem nenhum vertex selecionado.
2. Selecionar o vértice inicial e clicar em **Sel. More**, automaticamente uma leva de vértices vizinhos serão selecionados e o comando pode ser ativado até que a área de seleção satisfaça a região pretendida, no caso a mandíbula. Caso o usuário selecione vértices demais e ultrapasse a região desejada, ele pode retroceder a seleção clicando em **Sel. Less**.
3. Assim que a parte desejada é selecionada, basta clicar em **Separate Selected!** e o sistema se encarrega de separar a região, sair do modo de edição e ainda deixar selecionado apenas o objeto correspondente a seleção efetuada pelo usuário.

4. Depois de segmentar as regiões de interesse dos modelos (dentes, crânio e mandíbula) pode-se juntá-las com a booleana **Union**.
5. Há ainda a possibilidade de trocar o pivô de rotação, em **Pivot Rotation**, caso o usuário deseje testar a rotação de uma mandíbula segmentada.

### Reconstruction

No caso de correção de buracos simples nas malhas (buracos de casca), basta selecionar o objeto desejado e clicar em **Close All Holes**.

O OrtogOnBlender oferece a possibilidade de reconstruir a malha pelo algoritmo Poisson através do botão **Poisson Reconstruction**. A ferramenta é útil nos casos em que o corte por boolean e o fechamento de buracos se mostrarem ineficientes.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Arch-John\_Simpson.blend**.

### 3.2.6 Segmentation

O **Segmentation** concentra ferramentas de segmentações gerais e específicas.

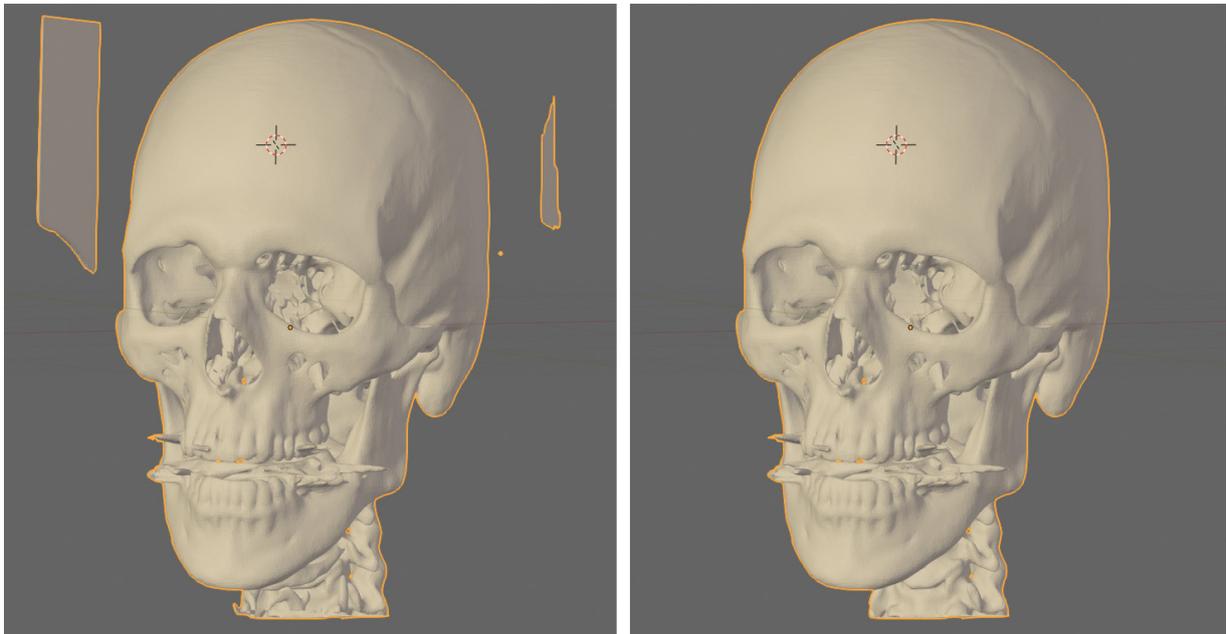


Fig. 7: Separated Linked: Objeto original com o cursor posicionado (esquerda) e objeto resultante (direita).

Se o usuário desejar separar uma região com vértices ligados, como por exemplo o crânio em relação a ruídos reconstruídos no processo, ele pode posicionar o cursor sobre a área de interesse clicando nela e em seguida em **Separated Linked**, ao final sobrará apenas a malha onde os vértices estejam ligados por edges e faces.

No caso de correção de buracos simples nas malhas (buracos de casca), basta selecionar o objeto desejado e clicar em **Close All Holes**.

Em **Boolean Segmentation** o usuário pode fazer um desenho de corte no botão **Draw Line** e escolher se deseja apagar a área dentro do desenho (**Subtract IN**) ou fora dele (**Subtract OUT**).

## Boolean

Os cálculos booleanos são ferramentas imprescindíveis para o planejamento cirúrgico, tanto pela sua importância na geração de osteotomias quanto na criação de *splints* e guias.

As ferramentas oferecidas pelo OrtoOnBlender são umas das mais robustas disponíveis na computação gráfica 3D para as ciências da saúde.

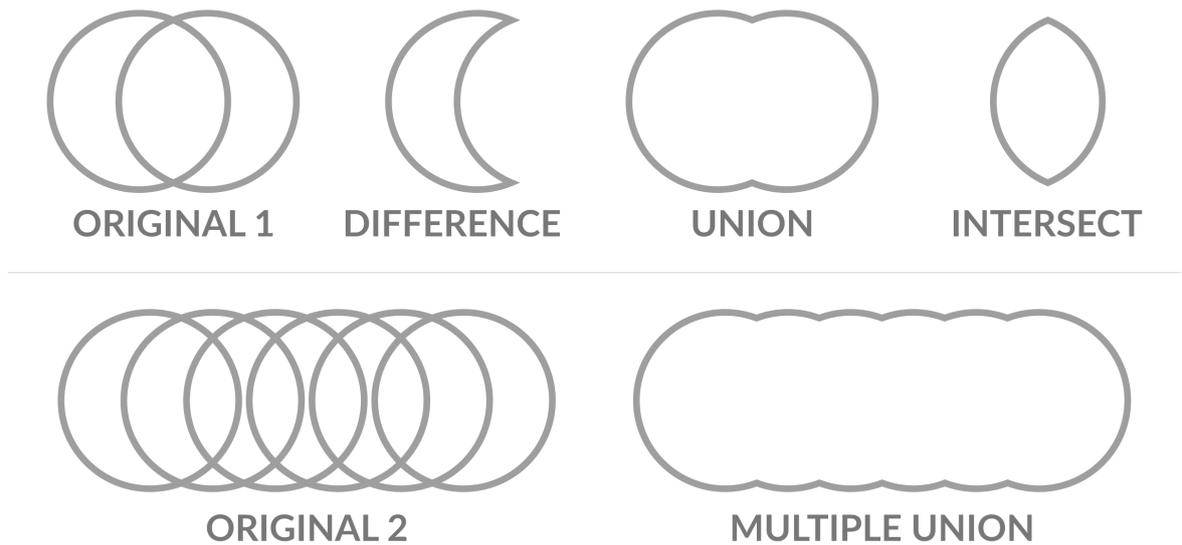


Fig. 8: Exemplos de cálculos booleanos.

- **Difference:** Calcula Objeto 1 - Objeto 2 (A-B) ou Objeto 2 - Objeto 1 (B-A).
- **Union:** Unifica A+B ou B+A.
- **Intersect:** Gera um malha da intersecção de A e B.
- **MULTIPLE UNION:** Unifica malhas sem limite de objetos: A+B+C+D+E...

**Importante:** As poderosas ferramentas de *boolean* foram viabilizadas graças à biblioteca [Cork<sup>11</sup>](https://github.com/gilbo/cork) desenvolvida por **Gilbert Bernstein** (gilbo).

## Surface Cut

Permite ao usuário fazer cortes sobre a casca da malha.

Para efetuar um corte:

1. Selecione o objeto a ser cortado.
2. Clique em **Create Points** e vá clicando sobre a região que pretende cortar. Assim que finalizar o desenho clique no botão direito do mouse ou no **ESC**.
3. Para ver a linha de corte clique em **Create Bezier Line** e edite a linha se necessário.
4. Se desejar fazer um corte simples, clique em **Cut Line!**

<sup>11</sup> <https://github.com/gilbo/cork>

5. Se desejar fazer um corte duplo e mais seguro, clique em **Cut Line Double**.

### Teeth Segmentation Tube

Esta seção corta os dentes utilizando linhas que se convertem em finos tubos, cujo o diâmetro será a base de corte por intersecção.

Para tal o usuário deverá:

1. Selecionar o modelo, clicar em **Create Points** e criar os pontos correspondentes a linha.
2. Depois de criar os pontos, clicar em **ESC** e posteriormente em **Create Bezier Tube**.
3. Em seguida basta clicar em **Cut Line Teeth!**

### Teeth Segmentation Line

Esta seção corta os dentes diretamente na malha em Edit Mode, utilizando a ferramenta **Knife**.

Para tal o usuário deverá:

1. Selecionar o modelo e clicar em **Prepare Mesh to Cut**.
2. Clicar em **Knife Cut** e fazer os cortes necessários de modo que o ponto inicial seja também o final (**loop**). Assim que finalizar, clicar em **Enter**.
3. Clicar em **Edge Split Separation**.

### Separated Teeth

Para utilizar esta seção o usuário precisará setar um dos fatores da escala Hounsfield para o valor de separação da região do côndilo, que geralmente é **655**.

Assim que a tomografia for reconstruída:

1. Deixar visível apenas o objeto do fator 655 e pintar a parte externa com **Weight Paint 1** e se necessário, usar o **Weight Paint 0** que exclui o peso do local.
2. Apague o peso 0 no botão **Delete Blue**.
3. Clique em **Separate Skull-Mandible** para separar a mandíbula do crânio.

---

**Dica:** Estas ferramentas também servem para selecionar e desselecionar faces, além de permitir apagar também a parte com peso 1 (vermelha), muito útil no isolamento de objetos externos (faces) ou internos (seios nasais, vias respiratórias e afins).

---

**Aviso:** No Blender 2.80 a ferramenta de pintura de peso está selecionando objetos ocultos e isso causa um erro no **Separate Skull-Mandible**. No lugar de usar o Weight Paint, entre em Modo de Edição e pinte a área desejada com o **C** e com a visualização **Solid** ativa. Inverta a seleção com **CTRL+I** e apague as faces.

## Teeth Touched

Em face da dificuldade da separação da mandíbula, principalmente em casos onde os dentes se tocam, o OrtogOnBlender passou a oferecer uma solução que facilita a segmentação desta peça anatômica de modo semi automático.

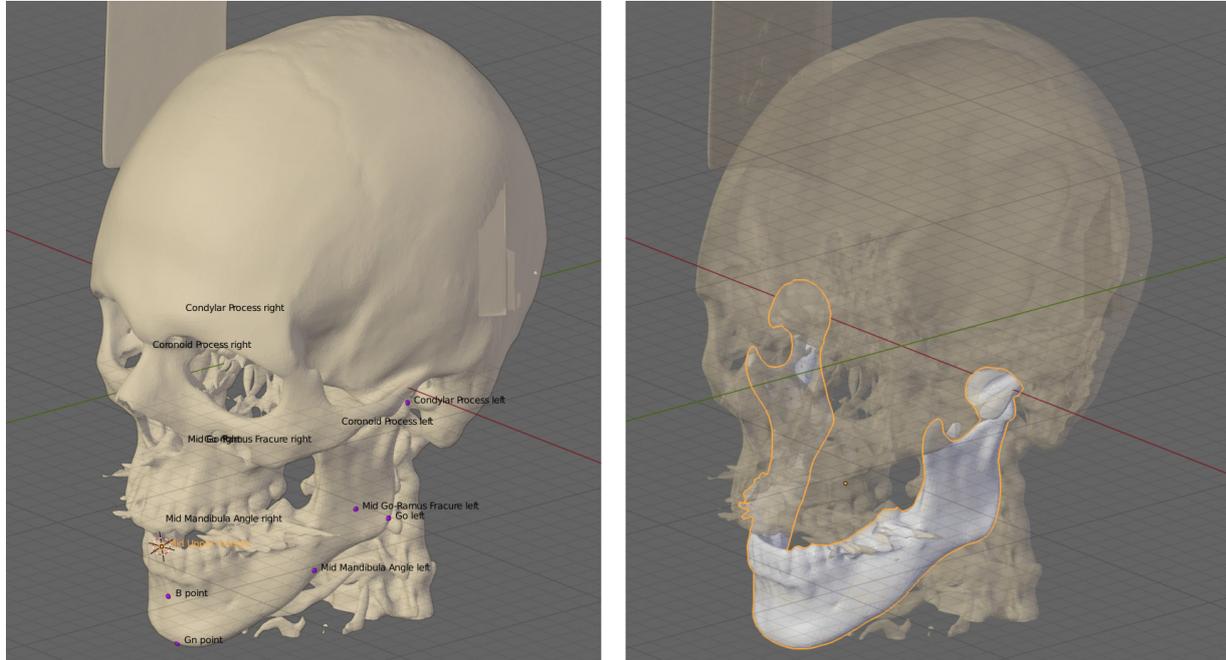


Fig. 9: Pontos anatômicos posicionados (à esquerda) e mandíbula separada com o **Mandible Segmentation** (à direita).

Como proceder com a segmentação:

1. Posicione todos os pontos anatômicos disponíveis na seção.
2. Clique em **Mandible Segmentation**.
3. Se necessário, apague as regiões que vieram a mais e então clique em **Separate Skull from Mandible**.

## Other Tools

No caso de correção de buracos simples nas malhas (buracos de casca), basta selecionar o objeto desejado e clicar em **Close All Holes**.

O OrtogOnBlender oferece a possibilidade de reconstruir a malha pelo algoritmo Poisson através do botão **Poisson Reconstruction**. A ferramenta é útil nos casos em que o corte por boolean e o fechamento de buracos se mostrarem ineficientes.

Os seguintes botões oferecem a possibilidade de cortar um objeto de fora-a-fora sem fechá-lo, como no caso do **Boolean Segmentation**:

1. Selecione o objeto a ser cortado.
2. Clique em **Draw Line** para desenhar uma linha.
3. Clique em **Cut Draw** para cortar o objeto.
4. Apague a linha e a parte não desejada (se necessário).

Há ainda a possibilidade de segmentar um objeto por seleção de vértices. Para tal:

1. Selecione o objeto e clique em **Edit Mode Clean**.

2. Selecione o vértice inicial e clicar em **Sel. More**, automaticamente uma leva de vértices vizinhos serão selecionados e o comando pode ser ativado até que a área de seleção satisfaça a região pretendida, no caso a mandíbula. Caso o usuário selecione vértices demais e ultrapasse a região desejada, ele pode retroceder a seleção clicando em **Sel. Less**.
3. Assim que a parte desejada é selecionada, basta clicar em **Separate Selected!** e o sistema se encarrega de separar a região, sair do modo de edição e ainda deixar selecionado apenas o objeto correspondente a seleção efetuada pelo usuário.

Há ainda a possibilidade de trocar o pivô de rotação, em **Pivot Rotation**, caso o usuário deseje testar a rotação de uma mandíbula segmentada, por exemplo.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Seg-John\_Simpson.blend**.

### 3.2.7 Photo Face Segmentation

Nesta seção o usuário pode isolar a porção frontal da face por segmentação automática.

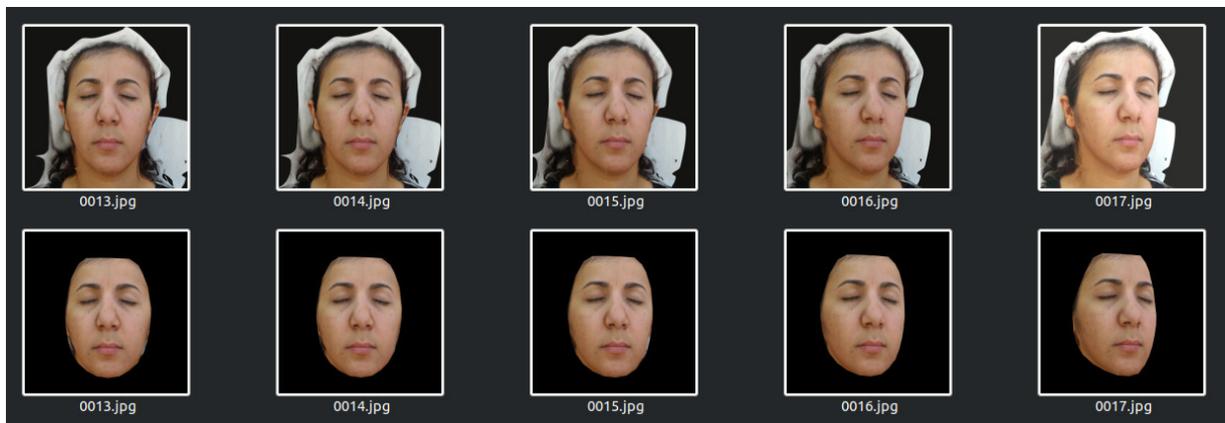


Fig. 10: Fotografias originais (acima) e após a segmentação facial (abaixo).

Para tal basta:

1. Indicar o diretório com as fotos.
2. Clicar em **Start Segmentation** e aguardar.
3. Assim que os cálculos forem finalizados será aberto o gerenciador de arquivos apresentando as imagens resultantes.

### 3.2.8 Photogrammetry Start

No OrtogOnBlender é possível digitalizar faces e objetos através de fotogrametria, grosso modo, escaneamento 3D por fotografia.

É imprescindível que o usuário clique em **Start Segmentation!** de modo a limpar a cena para receber o modelo digitalizado. Caso não faça isso, pode ter certa dificuldade em localizar o modelo para alinhá-lo e segmentá-lo.

O sistema oferece três opções para o usuário: **OpenMVG+OpenMVS** (Padrão), **SMVS+Meshlab** e **Meshroom (AliceVision)**.



Fig. 11: Digitalização com textura ativada (à esquerda) e digitalização com relevo em malha e alta resolução (à direita).

### OpenMVG+OpenMVS

Trata-se do padrão do sistema, o OpenMVG+OpenMVS costuma ser mais rápido do que as outras opções e oferece uma textura de alta qualidade. O processo de digitalização é relativamente simples, basta fazer uma sequência de fotos, copiá-la para um diretório que será indicado pelo usuário e na sequência clicar no botão **Start Photogrammetry!**

---

**Dica:** Se o objetivo for digitalizar faces, não há a necessidade de mudar os valores de **D Factor** e de **Smooth Factor** que por padrão são **6** e **16**. No caso de digitalização de peças arqueológicas, por exemplo, os valores seriam **4** e **4**, já na digitalização de modelos de arcadas dentárias os valores serão **1** e **1**.

---

---

**Dica:** Na documentação do OrtogOnBlender são fornecidos dois protocolos para a tomada fotográfica: **Protocolo de fotogrametria da face** e **Protocolo simples de fotogrametria para crânios**. Procure-os no índice.

---

---

**Importante:** As ferramentas de fotogrametria só foram possíveis dentro do Blender graças as bibliotecas OpenMVG de Pierre Moulon<sup>12</sup>, a biblioteca OpenMVS de cdcseacave<sup>13</sup> e a biblioteca AliceVision (Meshroom<sup>14</sup>).

---

<sup>12</sup> <https://github.com/openMVG/openMVG>

<sup>13</sup> <https://github.com/cdcseacave/openMVS>

<sup>14</sup> <https://github.com/alicevision/meshroom>

### SMVS+Meshlab

Mais lento, mas geralmente com melhores resultados em cenários maiores. A versão do Windows não conta com geração de textura.

O processo de digitalização é simples, basta fazer uma sequência de fotos, copiá-la para um diretório que será indicado pelo usuário e na sequência clicar no botão **Alternative Photogrammetry I**

### Meshroom (AliceVision)

Fornecer resultados inferiores aos dois outros modos, mas oferece uma alternativa de geração de textura no Windows. Ainda indisponível para o Mac OS X.

O processo de digitalização é simples, basta fazer uma sequência de fotos, copiá-la para um diretório que será indicado pelo usuário e na sequência clicar no botão **Alternative Photogrammetry II**

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Photogram-John\_Simpson.blend**.

## 3.2.9 Photogrammetry Align & Scale

A fotogrametria fornecida pelo OrtogOnBlender costuma oferecer bons resultados em relação ao volume do modelo, no entanto, quando a malha é gerada ela não conta com a dimensão real, ficando a cargo do usuário redimensionar o objeto colocando-o na escala.

Para tal, é necessário seguir este passo-a-passo:

1. Selecione o objeto resultante da fotogrametria.
2. Clique no ponto cantal lateral direito (ou em um ponto de referência à direita do objeto) e em seguida pressione **Cantal Lateral Right**.
3. Clique no ponto cantal lateral esquerdo (ou em um ponto de referência à esquerda do objeto) e em seguida pressione **Cantal Lateral Left**.
4. Clique em um ponto inferior como o nariz, lábio, etc. Em seguida pressione **Down Point**.
5. Informe a distância entre os dois primeiros pontos em **Real Size** pressione o **ENTER**.
6. Clique em **Align and Resize**.

Logo abaixo o usuário contará com uma série de ferramentas para segmentar o modelo da maneira que melhor se encaixar às suas necessidades:

- **Segmentation Cut Through:** Corte lateral de fora a fora. Mais simples, mas pode apresentar problema em faces com alto grau de assimetria.
- **Surface Cut:** Corte por desenho tridimensional sobre a superfície da face, o usuário tem maior controle de segmentação da estrutura.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Align-John\_Simpson.blend**.

## 3.2.10 Photogrammetry Modifiers

Um dos diferenciais da fotogrametria do OrtogOnBlender é a possibilidade de enriquecer os detalhes de relevo com modificadores atribuídos automaticamente durante o processo de digitalização.

São três os modificadores:

- **Smooth:** Alisa a malha dando um aspecto mais suave.
- **Multires:** Subdivide a malha aumentando a sua resolução.
- **Displace:** Cria um relevo na malha usando como referência a sua textura.



Fig. 12: Digitalização original (à esquerda) e digitalização com modificadores ativados (à direita).

---

**Dica:** Se desejar alterar os parâmetros dos modificadores, vá até a aba **Modifiers**, localizada à direita da interface onde vemos um ícone de uma chave de boca.

---

### 3.2.11 Anatomical Poins

O OrtogOnBlender conta com um vasto conjunto de pontos anatômicos para a região da cabeça:

- Anatomical Points - Head.
- Anatomical Points - Maxilla.
- Anatomical Points - Mandible.
- Anatomical Points - Teeth.
- Anatomical Points - Soft Tissue.

Como proceder para inserir um ponto:

1. Troque o modo para **Cursor** (posicionamento de cursor).
2. Clique sobre a região desejada na malha 3D.
3. Pressione o botão do ponto anatômico desejado.

Para ocultar e visualizar os pontos basta usar os botões **Hide Anatomical Points** e **Show Anatomical Points**.

---

**Importante:** A composição das ferramentas de pontos anatômicos foi possível graças ao auxílio constante do **Dr. Richard Gravalos**, a ele são direcionados efusivos agradecimentos!

---

### 3.2.12 Cephalometry

Esta seção apresenta ângulos e medidas que são gerados a partir dos pontos anatômicos. O OrtogOnBlender oferece duas opções de cefalometria: **Arnett** e **USP** (+Unesp/Araraquara).

#### USP (+Unesp/Araraquara)

Em cada ângulo apresentado o usuário pode visualizar se os pontos estão presentes na cena. Se falta algum ponto para compor um ângulo, basta adicioná-lo clicando no botão correspondente.

Sempre que o usuário desejar ele pode atualizar os cálculos clicando em **Calculate!!!**

---

**Importante:** Para que o cálculo seja efetuado, é imprescindível que todos os pontos anatômicos estejam visíveis. Para tal, o usuário deve clicar em **Show Anatomical Points**.

---

Para mostrar ou atualizar os valores, basta clicar em **Calculate All!!!**

### 3.2.13 Osteotomy

Esta seção é responsável pela criação das osteotomias do crânio. Ao usuário são oferecidas as seguintes opções: **AUTO**, **MANUAL**, **BOOLEAN** e **DRAW**.

#### AUTO

Oferece a possibilidade de inserir os planos de corte baseados na posição dos pontos anatômicos.

Como funciona:

1. Posicione os pontos anatômicos informados nos botões da seção.
2. Clique em **Create Cut Planes** e todos os planos de corte serão posicionados automaticamente, além disso o usuário contará com manipuladores visuais para deslocar os planos pelo espaço 3D.
3. Junte os planos de corte em um objeto (com o **shift** pressionado), selecionando-os e clicando em **Join All (Union)**.
4. Para cortar selecione primeiro o osso, depois o plano (com o **shift** pressionado) e em seguida clique em **Cut Boolean**.

---

**Importante:** Para garantir um bom funcionamento dos manipuladores visuais, utilize o Pivot na opção **Median Point**.

---

---

**Dica:** Use o Clipping Border (**Alt + B**) quando for posicionar o plano de corte da maxila, de modo a visualizar apenas a área de interesse.

---

**Aviso:** Os planos de corte inseridos são posicionados de modo a facilitar o trabalho do usuário e não para fazê-lo de forma automática. Sendo assim, depois de inserir os planos automaticamente será necessário melhorar o seu posicionamento.

## MANUAL

Permite ao usuário inserir manualmente os planos de corte.

**Chin Plane:** Cria um plano de corte horizontal na região do mento.

**Left Ramus Plane** e **Right Ramus Plane:** Cria planos de cortes verticais nas regiões do ramo da mandíbula.

**Maxilla Plane:** Cria um plano de corte horizontal dividido em duas partes ligeiramente inclinadas na região da maxila.

## BOOLEAN

Permite ao usuário fazer osteotomias digitais por projeção de desenho. Para tal:

1. Selecione o osso desejado e observe-o em *Orthographic* pelo ponto de vista cujo o corte será projetado.
2. Desenhe o corte desejado com o botão **Draw Line**. É imprescindível que o desenho conte com uma pequena espessura, caso contrário o boolean não vai funcionar.
3. Para efetuar o corte utilize o botão **Subtract IN**.

## DRAW

Oferece uma opção simples e direta de corte por desenho. Para tal:

1. Selecione o objeto a ser cortado.
2. Clique em **Draw Surface Line**, desenhe a linha de corte sobre o objeto e clique em **ENTER**.
3. Clique em **View Cut Line** para visualizar a linha de corte e alterá-la, se necessário.
4. Clique em **Cut Visible Line!** Para gerar o corte.

---

**Importante:** Os objetos originais, bem como o plano de corte resultante do desenho da linha serão enviados para a coleção **Copied\_Objects**.

---

### 3.2.14 Dynamic

Nesta seção o usuário encontrará as ferramentas de configuração das osteotomias e deformação do tecido mole que estão divididas em: **DEFAULT**, **NOSE EXP.** e **EXPERIMENTAL SLICES**.

#### DEFAULT

Depois de cortar os ossos usando a osteotomia padrão (de quatro cortes), o usuário precisará:

1. Selecionar as peças e clicar em **Setup Osteotomy Auto** de modo a pigmentá-las e renomeá-las conforme as suas posições.
2. Selecionar a porção frontal da face e clicar em **Setup Soft Tissue Dynamics** para que os ossos irradiem as regiões de deformação que incidirão na malha da face. Após esse comando ao movimentar as osteotomias ele deformará a pele do paciente virtual.

Para visualizar os detalhes internos ou mesmo fazer cortes tridimensionais da estrutura, recorre-se ao botão **Clipping Border**.

Se o usuário adicionou pontos anatômicos e pretende parentá-los às malhas próximas de modo a acompanhar a sua dinâmica, basta clicar em **Parent Points**.

## NOSE EXP.

Nesta seção trabalha-se da mesma forma apresentada no **DEFAULT**, mas com a adição de alguns pontos anatômicos de modo a permitir a deformação do nariz:

1. Distribua os pontos de **Anatomical Points** ao longo do tecido mole.
2. Selecione as osteotomias e clique em **Setup Osteotomy Auto**.
3. Selecione a malha da face e clique em **Setup Soft Tissue Dynamics**.

Se o usuário adicionou pontos anatômicos e pretende parenteá-los às malhas próximas de modo a acompanhar a sua dinâmica, basta clicar em **Parent Points**.

## EXPERIMENTAL SLICES

Diferente da configuração apresentada em Soft Tissue esta seção aceita um número ilimitado de osteotomias. Para fazer a sua projeção no tecido mole o usuário deverá:

1. Selecionar a malha relacionada a face e clicar em **Set Face and Hide**.
2. Selecionar as malhas relacionadas as osteotomias e clicar em **Setup Auto!**

Se o usuário adicionou pontos anatômicos e pretende parenteá-los às malhas próximas de modo a acompanhar a sua dinâmica, basta clicar em **Parent Points**.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Dynamic-John\_Simpson.blend**.

## 3.2.15 Kinematic

É nesta seção que os trabalhos de planejamento cinemático acontecem, ou seja, o deslocamento e rotação das osteotomias gravadas no tempo.

### Vertical Measurements

Uma vez que os pontos anatômicos foram inseridos, o usuário clicará em **Create Vertical Measurements**. Uma linha horizontal será criada na origem na cena (0,0,0) e uma série de cotas verticais brotarão dos dentes 11, 21, 23, 13, 16 e 26 até a linha criada.

Para ocultar/mostrar as cotas, basta clicar em **Show/Hide Measurements**.

---

**Importante:** Para que a visualização dos pontos e deslocamentos funcione corretamente é imprescindível parentear os pontos anatômicos em **Parent Points!**

---

### Controllers

Responsável pela cinemática do pré e pós-operatório digital, esta seção permitirá ao usuário controlar todos os fatores relacionados ao tempo e espaço, podendo organizar as osteotomias nas posições iniciais clicando em **Start** e nas finais (pós) ao clicar em **End**.

Também pode-se ministrar a movimentação visual clicando no *play* ou retroceder ao início clicando no *play* reverso.

Para criar quadros-chaves de uma osteotomia, é necessário que o usuário:

1. Posicione o quadro desejado na Timeline.

2. Selecione a osteotomia.
3. Faça as modificações necessárias.
4. Clique no ícone da câmera para gravar as transformações.

### Mandible Collision

Estas ferramentas simulam a colisão dos dentes utilizando como referência uma gravidade inversa. Para tal:

1. Configure a posição da maxilla na seção **Vertical Measurements**.
2. Clique em **Prepares Maxilla & Mandible**. O comando ocultará as osteotomias originais criando cópias estáticas.
3. Se necessário faça um pré-alinhamento do corpo da mandíbula, em seguida clique em **Solve Collision Inverted** e aguarde até a simulação começar. Se a simulação não for bem sucedida, reposicione a mandíbula e repita a operação.
4. Clique em **Contact Color** e aguarde até que seja apresentada a coloração de colisão.
5. Se tudo correr bem, pressione **ESC** para parar a animação e clique em **Apply!!!**

### Piggyback

Esta seção oferece ao usuário a possibilidade de parentear (piggyback) e desparentear objetos, bastando selecionar os mesmos e clicar na opção desejada. Onde primeiro seleciona(m)-se o(s) filho(s) e por último o pai.

### Capturing

Assim que a cinemática for definida, basta clicar em **Generate Data Action** para gerar a tabela de deslocamento dos pontos anatômicos que será apresentada na saída do Terminal.

### Spreadsheet

Se o usuário deseja gerar uma planilha .CSV de toda a cinemática envolvida (osteotomias e cefalometria), basta clicar em **GENERATE REPORT**. O add-on chamará o explorador de arquivo e o LibreOffice para abrir a planilha. Se o usuário não dispuser do software, poderá então abrir o arquivo manualmente pelo explorador que já apresentará o diretório exportado.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Kinematic-John\_Simpson.blend**.

## 3.2.16 Close Lips

Caso o usuário deseje fazer alguma intervenção manual, como o fechamentos dos lábios ele pode recorrer a esta seção. Para tal:

1. Selecione a face e clique em **Create Shape Keys**.
2. Use as opções de escultura digital disponíveis e feche os lábios.
3. Assim que o trabalho estiver finalizado, clique em **OK! (Object Mode)**.

O usuário pode alternar entre a malha original e pós-escultura mudando o valor de **Value** entre 0 e 1. Onde 0 é o estado inicial e 1 o final pós-escultura.

### 3.2.17 Guide and Splint Creation

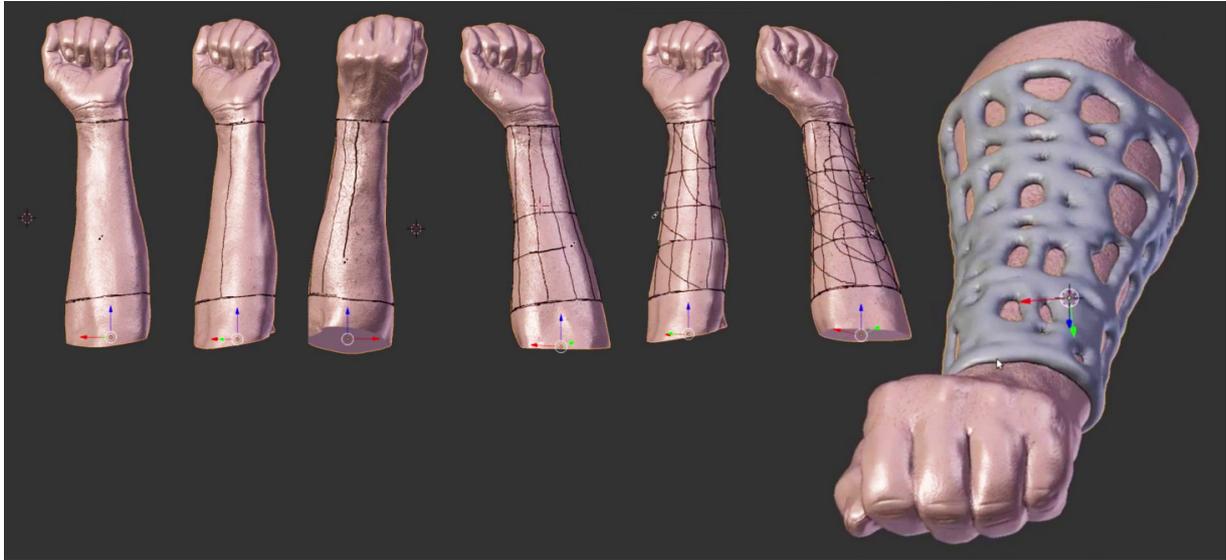


Fig. 13: Órtese de braço criada por desenho sobre a malha.

#### Free Draw Solid

Permite o desenho a mão livre de guias e objetos sobre a malha. Para tal:

1. Selecione a malha desejada.
2. Clique em **Draw Surface Line**, desenhe a linha correspondente ao objeto desejado e em seguida pressione **ENTER**.
3. Clique em **Create Solid by Line** e o objeto será criado sobre a malha.

---

**Dica:** Para engrossar ou afinar o objeto criado: 1) Entre em modo de edição, 2) Selecione todos os vértices com a tecla **A** e 3) Use o comando **ALT+S** aproximando ou distanciando o mouse.

---

#### Draw Line Tube

Permite a criação de guia ou objetos baseado em *spline* na forma de tubo.

1. Selecione o objeto onde os pontos serão posicionados.
2. Clique em **Create Points** e vá clicando sobre a região que pretende cortar.
3. Assim que finalizar o desenho clique no botão direito do mouse ou no **ESC**.
4. Clique em **Create Bezier Volume** e o objeto será criado sobre a malha.

---

**Dica:** O usuário pode engrossar ou afinar o nó do *bézier* selecionando um ou mais deles e clicando em **ALT+S**.

---

**Aviso:** Não se esqueça de clicar no **ESC** após criar os pontos desejados, caso contrário o programa continuará criando pontos em todos os lugares onde o usuário clicar no botão esquerdo do mouse!

## Boolean

- **Difference:** Calcula Objeto 1 - Objeto 2 (A-B) ou Objeto 2 - Objeto 1 (B-A).
- **Union:** Unifica A+B ou B+A.
- **Intersect:** Gera um malha da intersecção de A e B.
- **MULTIPLE UNION:** Unifica malhas sem limite de objetos: A+B+C+D+E...

## Boolean Segmentation

Em **Boolean Segmentation** o usuário pode fazer um desenho de corte no botão **Draw Line** e escolher se deseja apagar a área dentro do desenho (**Subtract IN**) ou fora dele (**Subtract OUT**).

## Sculpture

Nesta seção o usuário pode lançar mão das ferramentas de escultura para corrigir os *splints* e guias de corte.

## Splint

Uma vez que os pontos já estão posicionados nas arcadas superior e inferior e foram parenteados, o usuário pode criar as posições das osteotomias para a geração dos *splints* intermediário e final clicando em **Maxilla-Origin Mandible-Final**.

O usuário poderá corrigir manualmente a posição da mandíbula de modo que os dentes não se toquem e usar as ferramentas de cinemática para gravar os deslocamentos e rotações.

Assim que os quadros-chaves forem definidos, basta posicionar o marcador naquele desejado e clicar em **Create Splint** para que o *splint* seja gerado automaticamente tomando como referência os pontos anatômicos previamente colocados e parenteados.

O *splint* criado é apenas um elemento com espessura, mas não sulcado pelos dentes. Para proceder com a booleana clique em **Boolean Difference**.

Analise o *splint* e veja se tudo está correto, se sim, clique em **View Maxilla & Mandible** para visualizar as estruturas novamente.

## Collision Test

Esta seção é útil para testar a retentividade de guias e *splints*, bem como a colisão de modelos de dentes.

Uma vez que o usuário definiu os dois objetos que serão usados na simulação, bem como se a gravidade for normal (**DEFAULT**) ou invertida (**INVERTED**), basta seguir os passos:

1. Selecione o dois objetos e clique em **Solve Collision**. Se o encaixe não ficar bom, basta mover as peças e repetir o processo até ficar do agrado do usuário.
2. Assim que o posicionamento for definido é possível ver o mapa de cor de aproximação clicando em **Contact Color**. O processo costuma demorar de alguns segundos a alguns minutos, dependendo das configurações do computador.
3. Se tudo deu certo, basta clicar em ESC e, em seguida, no botão **Apply!** para posicionar as peças na posição final de colisão.

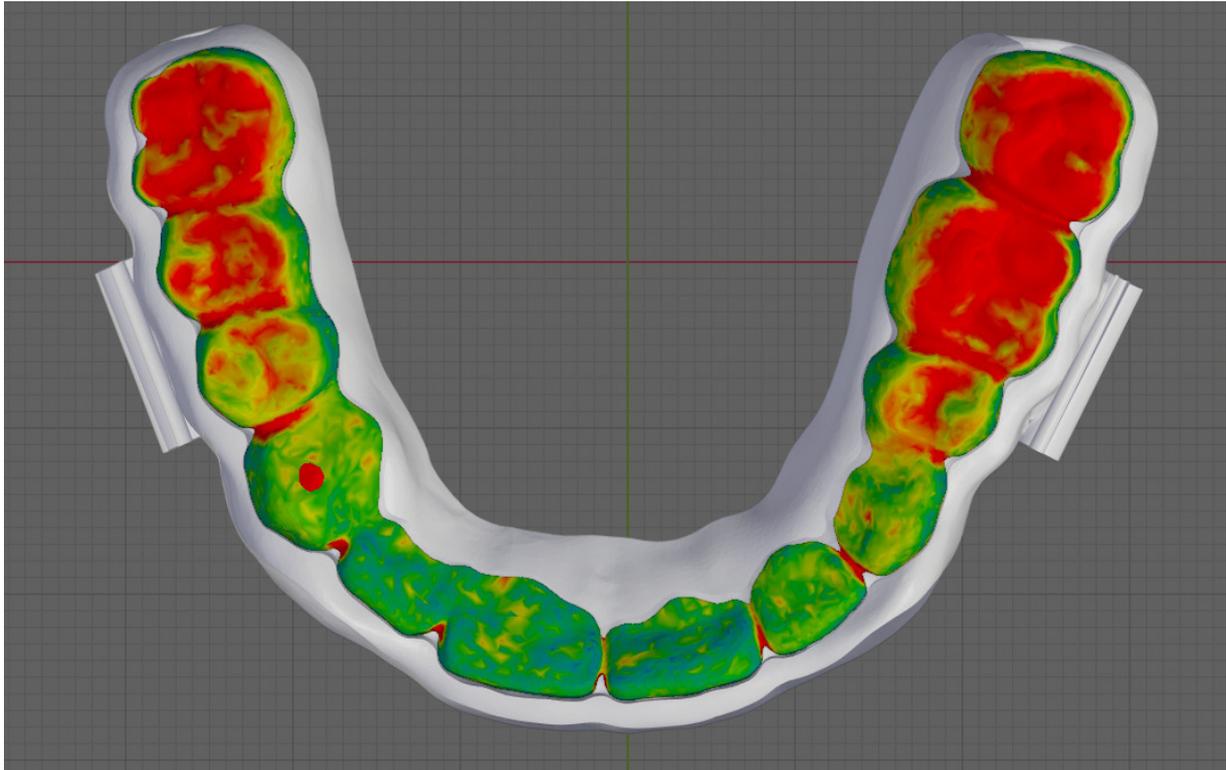


Fig. 14: Collision Test: Contact Color.

### Finishing

Depois de finalizar o processo de planejamento o usuário encontrará nesta seção as ferramentas de preparação para a impressão 3D das peças resultantes.

Para prepara a peça para impressão 3D:

1. Selecione o objeto e clique em **Prepares 3D Printing**.
2. Assim que preparada a peça pode ser exportada em **Export STL**.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Guide-John\_Simpson.blend**.