

## Estudos sobre a aplicação de imagens médicas tridimensionais na área da saúde

Lívia Helena M. Teixeira<sup>1</sup>, Marcília V. Guimarães.<sup>2</sup>, Pedro Y. Noritomi<sup>2</sup>

{lteixeira; mvguimaraes; pedro.noritomi}@cti.gov.br

<sup>1</sup>**Faculdade de Engenharia Biomédica  
Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC Campinas)**

<sup>2</sup> **Laboratório Aberto de Impressão 3D – LaPrint  
CTI/MCTI Renato Archer – Campinas/SP**

**Abstract:** *Three-dimensional (3D) printing of biomodels from MRI and CT scans is of great importance for the health area as it helps surgeons in planning complex surgeries, reducing costs, time and risks for the patient. To create these models in Promed, softwares are used that guarantee a higher quality of printing. InVesalius is a free program developed at the CTI and one of the most important for the treatment of medical images and subsequent reconstruction of the biomodel. From there, you can create a surface in .STL, which allows you to edit it in other software. To complement the work, two more software are used, Rhinoceros® and Magics® (commercial). Rhino is mostly used for mesh reduction. However, Magics® has more complex functions because it is where edits and corrections are made to the mesh and then sent to print. In this work, these three software were used to build a biomodel of a case of Temporomandibular Joint Ankylosis (TMJ).*

**Resumo:** *A impressão tridimensional (3D) de biomodelos provenientes de exames de ressonância e tomografia possui uma grande importância para a área da saúde, pois auxilia os cirurgiões no planejamento de cirurgias complexas, reduzindo custos, tempo e riscos para o paciente. Para criar esses modelos no Promed, são utilizados softwares que garantem uma maior qualidade de impressão. O InVesalius é um programa livre desenvolvido no CTI e um dos mais importantes para o tratamento de imagens médicas e posterior reconstrução do biomodelo. A partir dele, pode-se criar uma superfície em .STL, o que permite editá-la em outros softwares. Para complementar o trabalho são utilizados mais dois softwares, o Rhinoceros® e o Magics® (comerciais). O Rhino é utilizado, na maioria das vezes, para a redução de malha. Todavia, o Magics® possui funções mais complexas pois é nele que são feitas edições e correções da malha para em seguida enviá-la para a impressão. Neste trabalho, foi utilizado esses três softwares*

*para a construção do biomodelo de um caso de Anquilose da Articulação Temporomandibular (ATM).*

## **1) Introdução**

O Programa de PD&I de Aplicações de Tecnologias 3D na Medicina/Saúde (ProMed) do Centro de Tecnologia da Informação (CTI) utiliza tecnologias 3D como modelagem computacional e impressão 3D com foco na área da saúde e especialmente no auxílio de cirurgias complexas e seus respectivos estudos por meio do uso de biomodelos. Tais modelos são gerados a partir de imagens médicas e consistem na réplica das regiões lesionadas e pelas quais os cirurgiões poderão fazer planejamentos e discutir as melhores abordagens a serem adotadas antes da cirurgia. Além, é claro, de auxiliar em pesquisas, em que podem ser desenvolvidas próteses para a região mandibular, craniana e ferramental. [1]. Para a impressão desses biomodelos, o modelo digital deverá passar por uma preparação, e para isso são utilizados os softwares InVesalius e Magics®, e em alguns casos, o Rhinoceros®.

O InVesalius, software livre desenvolvido pela equipe do ProMed no ano de 2001, tem como principal função a reconstrução de imagens médicas oriundas de exames de tomografia computadorizada e ressonância magnética no formato DICOM. A partir do manuseio dessas imagens é gerada superfície do biomodelo convertida em arquivo .STL. O InVesalius é um software livre e seu download encontra-se no site: <https://invesalius.github.io/download.html>

O software Magics® da empresa Materialise, é um programa permite a edição da malha .stl do biomodelo vinda do Invesalius. O Magics® também é utilizado para a correção e adequação dos modelos que serão impressos [2].

O Rhinoceros® é o software menos utilizado, mas de suma importância. Esse programa possibilita a modelagem direta das superfícies além da criação de curvas de formas livres, superfícies e sólidos [3].

O objetivo deste trabalho consiste em mostrar um estudo de caso em que foi necessário o uso das ferramentas de tratamento de imagem médica (InVesalius) e edição de malhas.stl (Rhinoceros® e Magics®) para a geração de biomodelo de anquilose da articulação temporomandibular.

## **2) Metodologia**

Para a obtenção do biomodelo, o processo começa com o recebimento das imagens de Tomografia Computadorizada (TC) ou Ressonância Magnética (RM). Essas imagens chegam em formato .DICOM, e através do InVesalius é transformada em STL. Dentro do programa, o modelo 3D será preparado da maneira pedida pelo cirurgião. Após o

processo no InVesalius, o biomodelo é exportado para o Rhinoceros®, onde passa por uma redução de malha, a fim de deixar o arquivo mais leve. Em seguida, esse arquivo é aberto no Magics®, onde passará por um processo que irá corrigir as falhas vindas do InVesalius, deixando o modelo pronto para a impressão.

### 3) Estudo de caso

Nesse estudo de caso, será descrito o procedimento de geração de biomodelo para o planejamento cirúrgico de paciente diagnosticado com Anquilose da Articulação Temporomandibular (ATM). Essa doença causa a união do côndilo com a superfície articular do osso temporal (maxila) e provoca disfunções na mastigação, fala, face e higiene [4]. O tratamento cirúrgico consiste na distração osteogênica de mandíbula[5].

#### 3.1.1) InVesalius

As imagens médicas enviadas pelo cirurgião com a região anatômica desejada foram abertas no InVesalius para a segmentação e posterior geração do modelo tridimensional. Para isso foram feitos os seguintes passos:

##### 1. Limpeza da máscara:

Tal procedimento foi feito utilizando a ferramenta “Máscara” → “Limpar Máscara”.

##### 2. Definição do limiar (densidade óssea):

Em seguida, por meio de testes, é definido o limiar da máscara referente a região óssea (226-3092) [6]. Nesse caso o limiar utilizado foi 1024-3092, pois a máscara possuía muitos ruídos. Além de utilizar a opção “apagar” em algumas fatias. A Figura 1 mostra a imagem sem o tratamento (A) e com o tratamento utilizando o InVesalius (B).

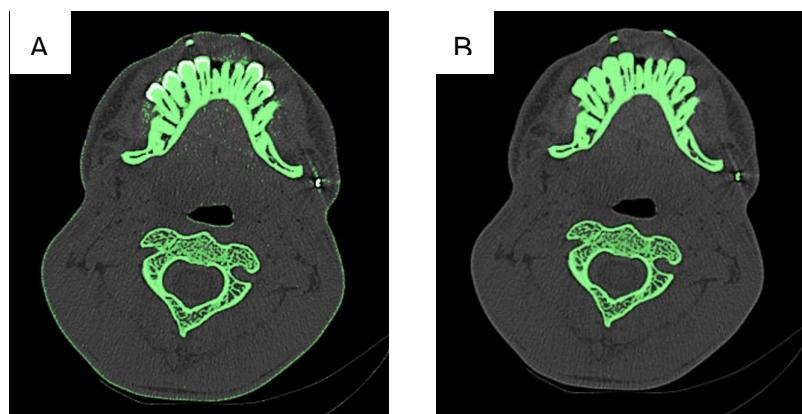


Figura 1- (A) imagem com ruído e com o limiar definido pelo próprio software. (B) Imagem sem ruídos após a limpeza e com o limiar adequado para a identificação das estruturas anatômicas necessárias (osso e dente).

Nesse tipo de patologia não há a necessidade de desarticular a mandíbula da

maxila, pois a função da cirurgia será a separação das duas estruturas ósseas [7]. As Figuras 2A e 2B mostram respectivamente as vistas coronal e sagital dando destaque para a região em que o côndilo (mandíbula) está unido com a maxila.

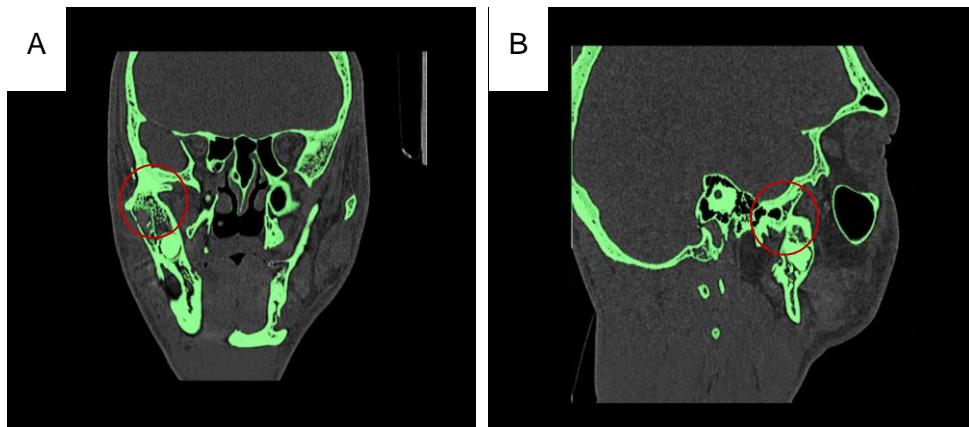


Figura 2- (A) vista coronal e (B) sagital mostrando que o côndilo se encontra junto a parte superior (maxila).

### 3. Criação da superfície:

Em seguida, é feita a criação de superfície resultando no biomodelo 3D.

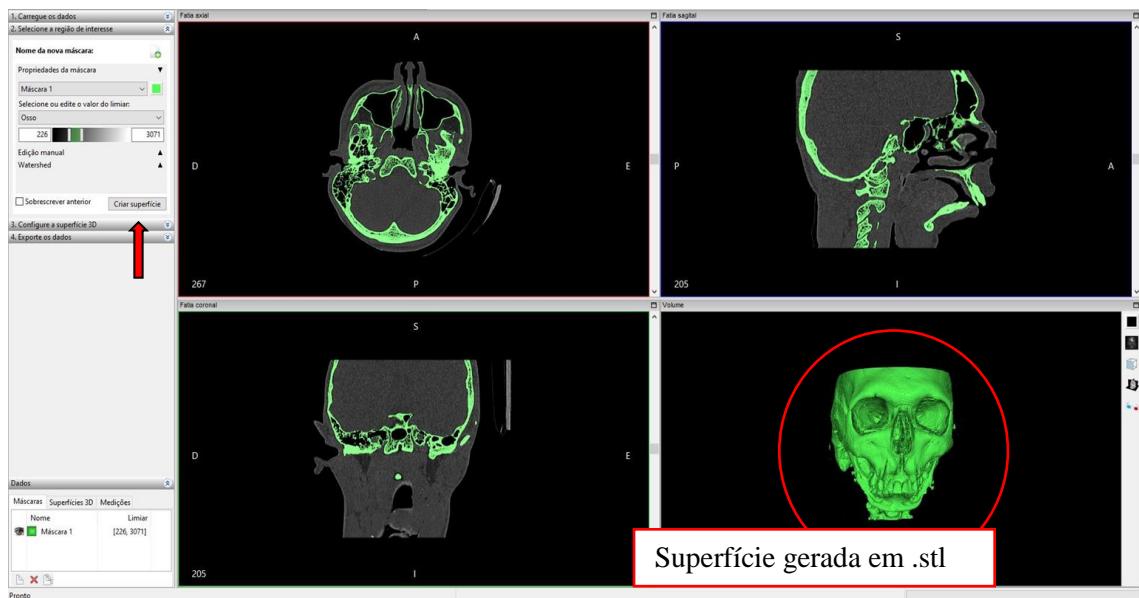


Figura 3- Processo de criação da malha

### 4. Exportação dos dados:

Após a criação da superfície, a malha é exportada em STL e poderá ser utilizada em qualquer outro programa que aceite esse tipo de arquivo.

#### 3.1.2) Rhinoceros®

A malha pronta passa por uma redução de malha no software Rhinoceros®, deixando assim o arquivo mais leve para utilizá-lo em outros softwares. O comando utilizado para essa redução de malha é “ReduceMesh”.

### 3.1.2) Magics®

Após a rápida passagem pelo Rhinoceros®, a imagem que será impressa deve passar pelo Magics® para a correção de possíveis falhas da malha.

#### 1. Suavização da malha:

O primeiro passo é suavizar a malha na opção “*Smoothing*”. Essa etapa é de suma importância, pois garante um alisamento na estrutura, e por conseguinte uma maior qualidade de impressão. Não é recomendado que utilize esse comando muitas vezes, pois poderá acarretar falhas na malha. As Figuras 4A e 4B mostram a imagem antes e após o uso da ferramenta “*Smoothing*”, respectivamente.

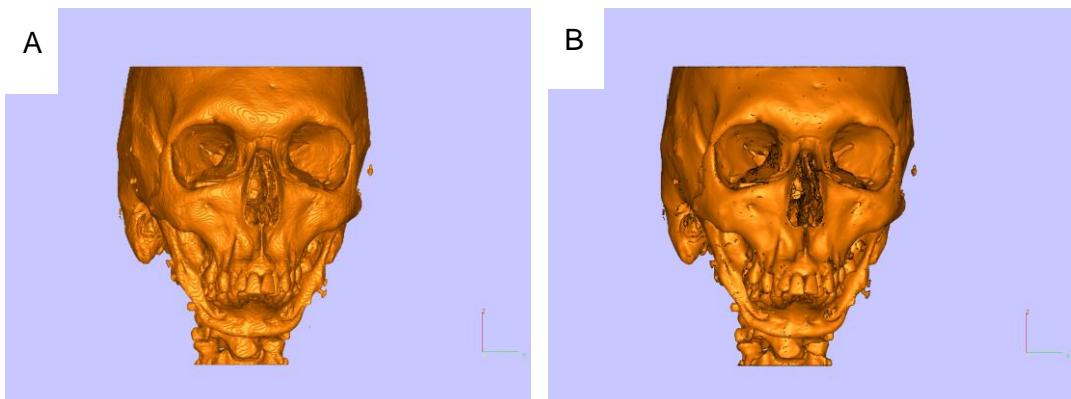


Figura 4- (A) Imagem encontra-se sem o “smoothing”, enquanto a imagem (B) já passou pelo processo de suavização.

#### 2. Corte da região de interesse:

Em cada caso há uma região específica que é de interesse médico. Nesse caso, a região de interesse é a mandíbula. Porém, como o problema do paciente é a junção da mandíbula com a porção superior, não há necessidade de separação de ambas.

#### 3. Correção dos modelos para a impressão:

Após as edições feitas nos programas, foi feito a correção de possíveis falhas na malha que impossibilitaria a impressão da mesma. Para isso, foi utilizado no Magics® a opção “*Fix*” para compreender quais os defeitos dela. Após descobrir as falhas, é utilizada a opção “*Auto Fix*”, que fará com que a ela se corrija automaticamente. Depois de corrigi-lá, poderá ser impressa usando a tecnologia SLS de polímero.

#### 4. Exportar imagem:

Com a malha já pronta e corrigida, é necessário exportá-la para mandar para o cirurgião conferir se está tudo feito corretamente, caso a resposta seja sim, ela será enviada para a impressão. A Figura 5A exibe a mensagem de que a malha está adequada para impressão e a fig. 5B mostra o biomodelo a ser impresso.

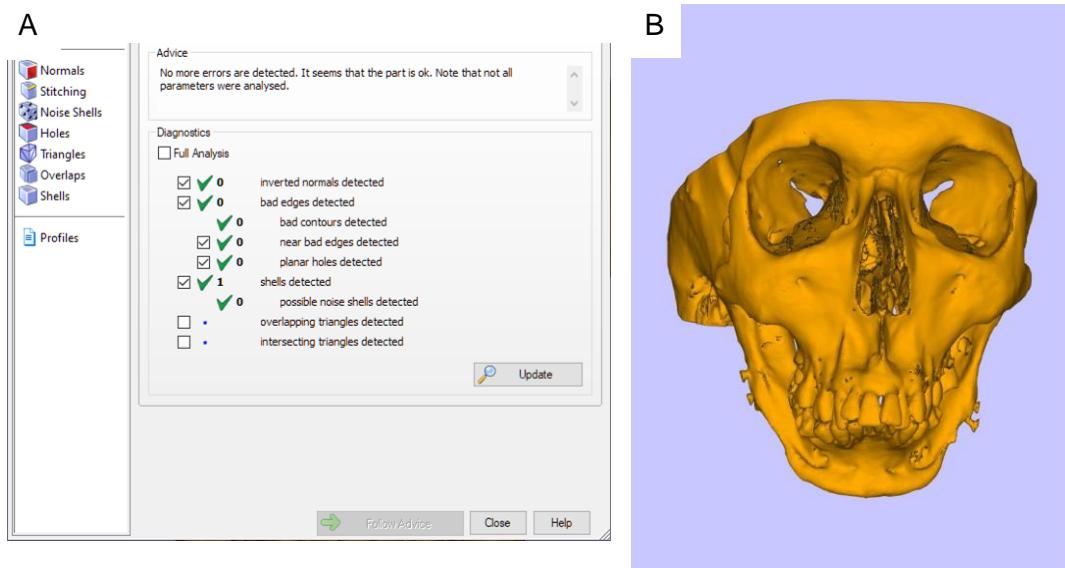


Figura 5 – (A) Mensagem de que a malha está adequada para impressão e (B) biomodelo a ser impresso.

#### 4. Resultados

Como resultado da modelagem obteve-se o biomodelo impresso que foi enviado para o cirurgião responsável pelo caso.

#### 5. Conclusão

O trabalho consistiu em usar as ferramentas computacionais (InVesalius e Magics®) disponíveis no laboratório LaPrint para a reconstrução de imagem médica com a finalidade de auxiliar em planejamentos cirúrgicos complexos. Para isso, foi utilizado arquivos DICOM de paciente diagnosticado com Anquilose da Articulação Temporomandibular (ATM). A priori, o arquivo foi aberto no InVesalius onde foram utilizadas ferramentas para a reconstrução da imagem por fatias, essas ferramentas foram adequadas para uma boa reconstrução de imagem. Porém não foram suficientes para a impressão, portanto foram utilizados mais dois softwares. O Rhinoceros® foi essencial para a redução de malha, deixando o arquivo mais leve para a utilização do mesmo no Magics®. No Magics®, esse arquivo passou por diversas edições desde a suavização de malha, até a correção de possíveis falhas que impossibilitariam uma boa impressão. Após esses procedimentos, o biomodelo foi impresso e enviado para o planejamento cirúrgico do paciente com anquilose. Nesse âmbito, concluiu-se que cada programa possui uma grande importância para a reconstrução do biomodelo e deve-se

destacar que o uso do biomodelo pelo cirurgião possibilita uma redução do tempo cirúrgico, o que influência nos custos cirúrgicos para o Sistema Único de Saúde (SUS) e principalmente no bem-estar do paciente.

## 6. Agradecimentos

Agradeço à minha coorientadora Marcília V. Guimarães pela paciência ao me ensinar e auxiliar no meu processo de aprendizagem e construção dos biomodelos durante esses meses. Reconheço a disponibilidade e disposição do coorientador Leonardo Machado em passar seus conhecimentos para garantir uma maior qualidade de aprendizado. Sou grata também ao professor Pedro Y. Noritomi, por ter sido meu orientador, e desempenhar esse papel com excelência, que contribuiu com o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Agradeço imensamente à comissão, ao CNPq e ao CTI por toda essa oportunidade de trabalho com a bolsa, pois sem ela, não alcançaria tal conhecimento.

## 7. Referências

- [1] ProMED (Programa de PD&I de Aplicações de Tecnologias 3D na Medicina/Saúde). CTI Renato Archer. Disponível em: <https://www1.cti.gov.br/pt-br/nt3d/promed>. Acesso: 01/08/2022.
- [2] SANTOS, Bianca C. dos; NUNES, Amanda Amorin; MAIA, Izaque Alves. Utilização de Software livre para confecção de Biomodelos na área Médica. Anais Jornada de Iniciação Científica do CTI Renato Archer. 2019.
- [3] Rhinoceros® Modelador NURBS para Windows. Apostila Rhinoceros®. Disponível em: [https://ulissesjesus.files.wordpress.com/2014/08/makoto3d-apostila\\_Rhinoceros®.pdf](https://ulissesjesus.files.wordpress.com/2014/08/makoto3d-apostila_Rhinoceros®.pdf). Acesso: 03/08/2022
- [4] FIGUEIREDO, Leonardo Morais Godoy *et al.* Artroplastia Interposicional para Tratamento de Anquilose da Articulação Temporomandibular. Dentistry, v. 12, n. 2, 2021
- [5] NESI, Humberto. Distração Osteogênica. Monografia de Especialização em Implantes. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 32 f, 2001.
- [6] Software InVesalius: Guia do Usuário. Manual do Software. Disponível em: [https://www1.cti.gov.br/images/invesalius-arquivos/user\\_guide\\_pt\\_BR\\_v3.1.1.pdf](https://www1.cti.gov.br/images/invesalius-arquivos/user_guide_pt_BR_v3.1.1.pdf). Acesso: 04/04/2022.
- [7] JÚNIOR, Eduvaldo Campos Soares *et al.* Correção de Discrepância Transversal de Mandíbula por meio de Distração Osteogênica da Sínfise Mandibular: Relato de Caso. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 11, p. 91479-91492, 2020.