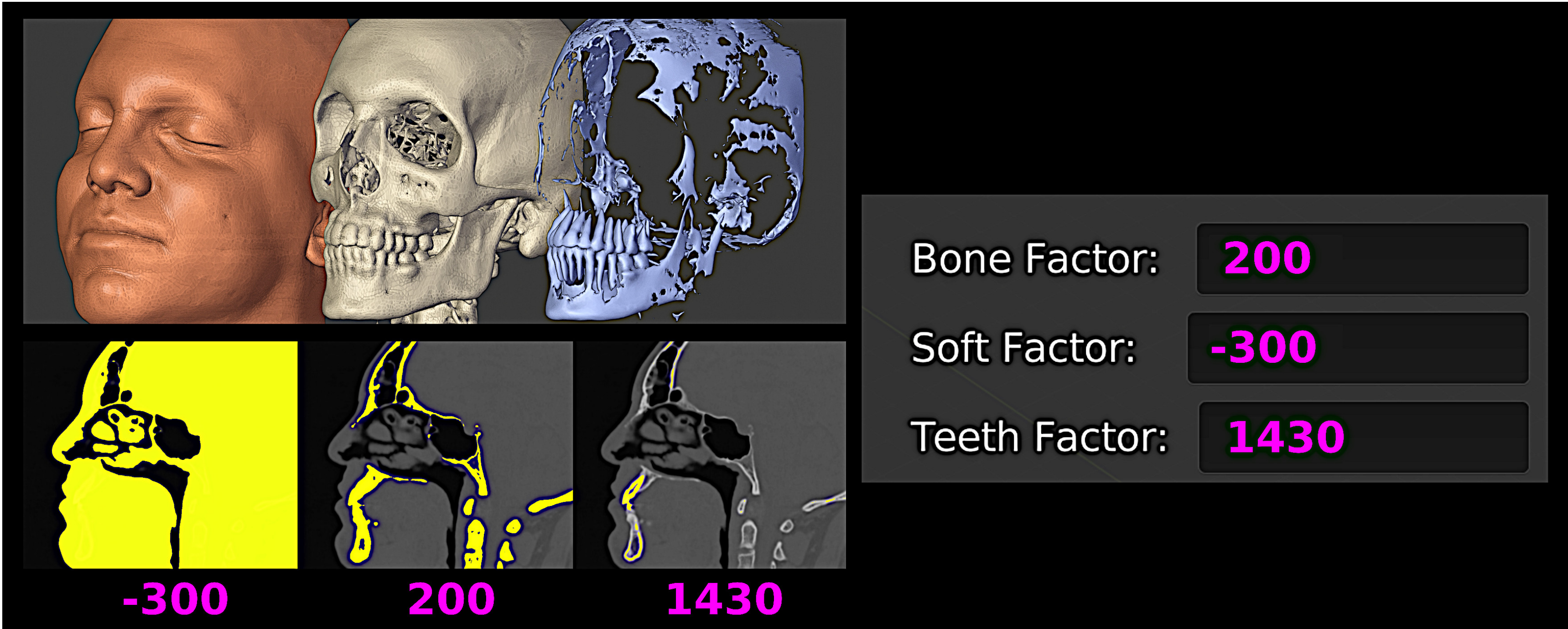


Sistema de Reconstrução de Tomografia Computadorizada Baseado no Slicer 3D e no DicomToMesh



- Cicero Moraes *3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT*
- Rodrigo Dornelles *Cirurgião Plástico, Núcleo de Plástica Avançada - NPA, São Paulo-SP*
- Everton da Rosa *Cirurgião BMF, Hospital de Base, Brasília-DF*

DOI | <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.13513890>

O presente capítulo tem por objetivo apresentar a nova ferramenta de reconstrução de tomografias computadorizadas do OrtogOnBlender, bem como analisar o desempenho da reconstrução de tomografias executadas em um mesmo computador utilizando os sistemas operacionais: Windows, Linux e Mac OS X.

Importante: Este material utiliza a seguinte licença Creative Commons: **Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**.

Aviso: Este capítulo é direcionado a usuários contumazes do OrtogOnBlender, de modo que não serão explanados conceitos básicos relacionados ao *add-on*, focando principalmente nos resultados do desempenho.

5.1 Apresentação

Altamente popular no meio médico, o formato de arquivo DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) permite ao usuário visualizar não apenas um volume em forma de fatias, mas também utilizar estas fatias para reconstruir o conjunto em três dimensões, seja pela visualização de grides de pixel em 3D (voxel) ou em malha tridimensional (3D mesh).

Em face da popularização da impressão 3D, os arquivos DICOM têm sido amplamente reconstruídos em malhas 3D e exporados em formatos como STL, OBJ, PLY e afins.

A maior dificuldade dos usuários que iniciam os trabalhos de reconstrução 3D é justamente entender os parâmetros que envolvem toda essa abordagem e justamente por isso o OrtogOnBlender conta com uma série de ferramentas que automatizam o processo, tornando-o mais simples e acessível.

Ainda que forneça várias formas de visualizar e reconstruir uma tomografia computadorizada, cada uma dela tem os seus prós e contras. No decorrer dos últimos dois anos, uma série de abordagens foram testadas e na maioria dos casos o que os usuários buscam é reconstruir o tecido mole, os ossos e os dentes sem os ruídos gerados pelos artefatos.

Houve uma grande evolução até a criação da ferramenta DEFAULT, a mais utilizada hoje em dia e que foca em três dados para a reconstrução, extraídos de modo automático da tomografia: o modelo do tomógrafo o Convolution Kernel e o Series Number do grupo de fatias.

Ainda que funcione em grande parte dos casos a abordagem (DEFAULT) apresenta alguns problemas, como por exemplo, a não filtragem de estudos pela data, a presença de dois Series Number iguais em uma mesma tomografia e o erro causado pela ausência do tomógrafo ou do Convolution Kernel no grupo de fatias. Além disso, é muito comum que um ou outro arquivo DICOM não seja compatível com o reconstrutor 3D, o que acaba por impossibilitar o processo gerando uma série de erros.

A ferramenta SLICER, como o próprio nome indica é baseada no poderoso software de visualização e edição de arquivos DICOM, o 3D Slicer [Sli]. O mesmo utiliza uma série de bibliotecas baseadas em software livre, oferecendo um incontável número de módulos compatíveis com vários campos de conhecimento que envolvem as ciências da saúde como a odontologia, a cardiologia, a neurologia e afins.

Ao explorar o poder de leitura, edição e exportação do Slicer é possível exportar DICOMs totalmente compatíveis com o DicomToMesh [Sch], um pequeno e poderoso software livre para reconstrução de tomografias computadorizadas.

Juntando as duas ferramentas em uma única interface, é possível fornecer ao usuário a possibilidade de trabalhar com uma série de aplicativos que simplificam o processo de reconstrução 3D de uma tomografia computadorizada ao passo que permite o uso de um grande número de arquivos de fontes diferentes, sem gerar os erros comuns nas outras abordagens oferecidas pelo OrtogOnBlender.

A proposta da ferramenta apresentada neste capítulo é dar um passo a mais na robustez da reconstrução automática, organizando de modo mais claro as fatias, tornando a tomografia compatível com a

biblioteca utilizada pelo DicomToMesh sem deixar de oferecer ao usuário algumas opções de correção manual, o que pode ser muito útil dependendo da situação e do modelo do tomógrafo.

5.2 Como Funciona

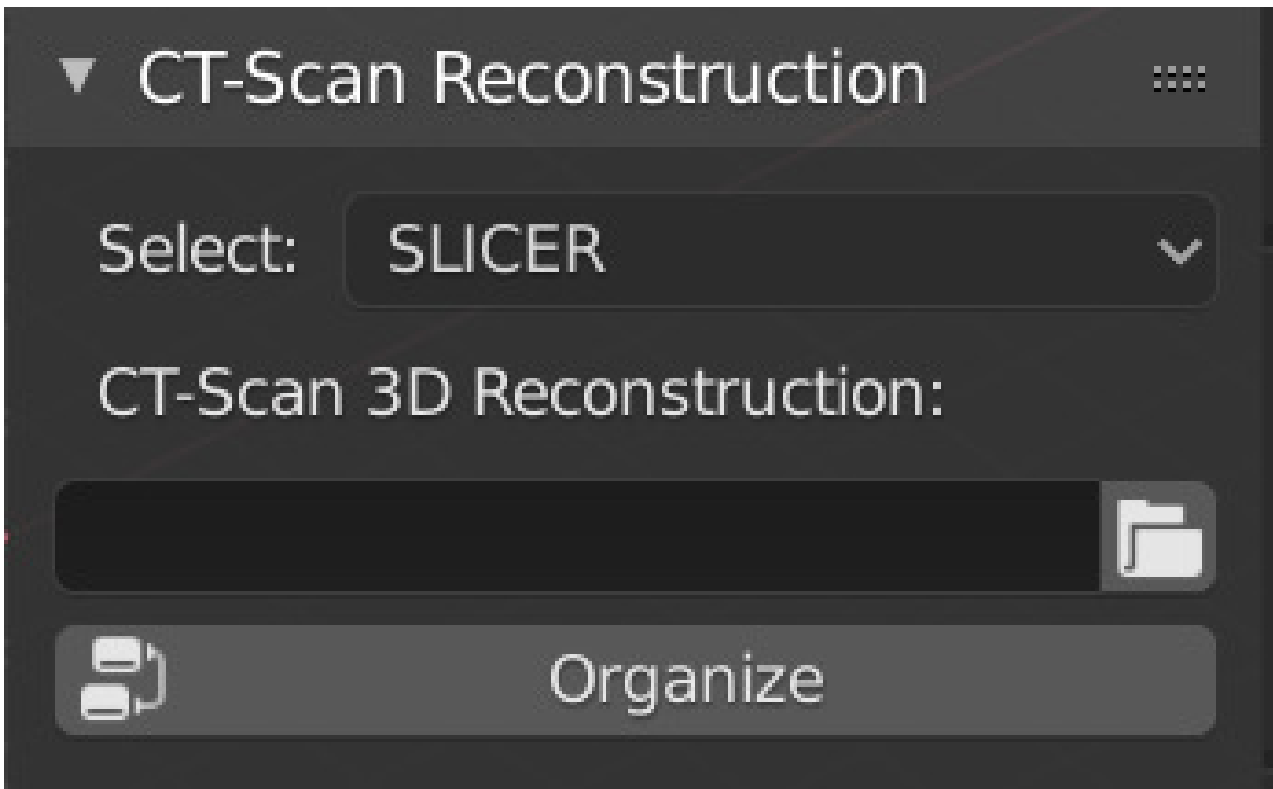


Figura1: Ferramenta SLICER.

A ferramenta está localizada na seção **CT-Scan Reconstruction**, para acessá-la é necessário ir no menu **Select** e selecionar a opção **SLICER** (Fig. 1).

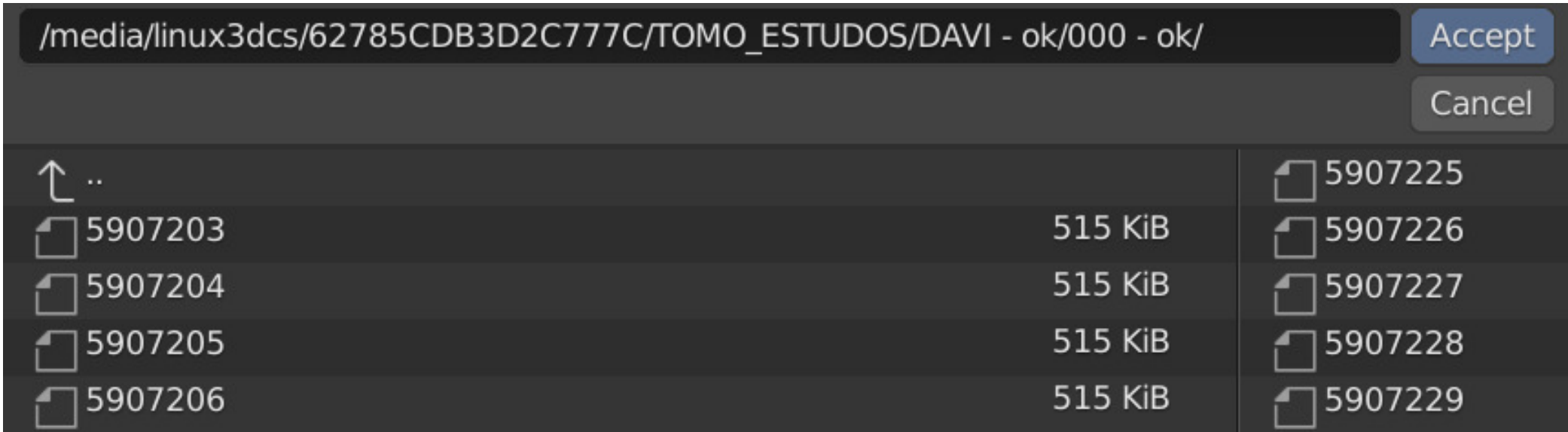


Figura2: Seleção do diretório.

Em seguida entrar no diretório onde a tomografia foi salva e clicar em **Accept** (Fig. 2).

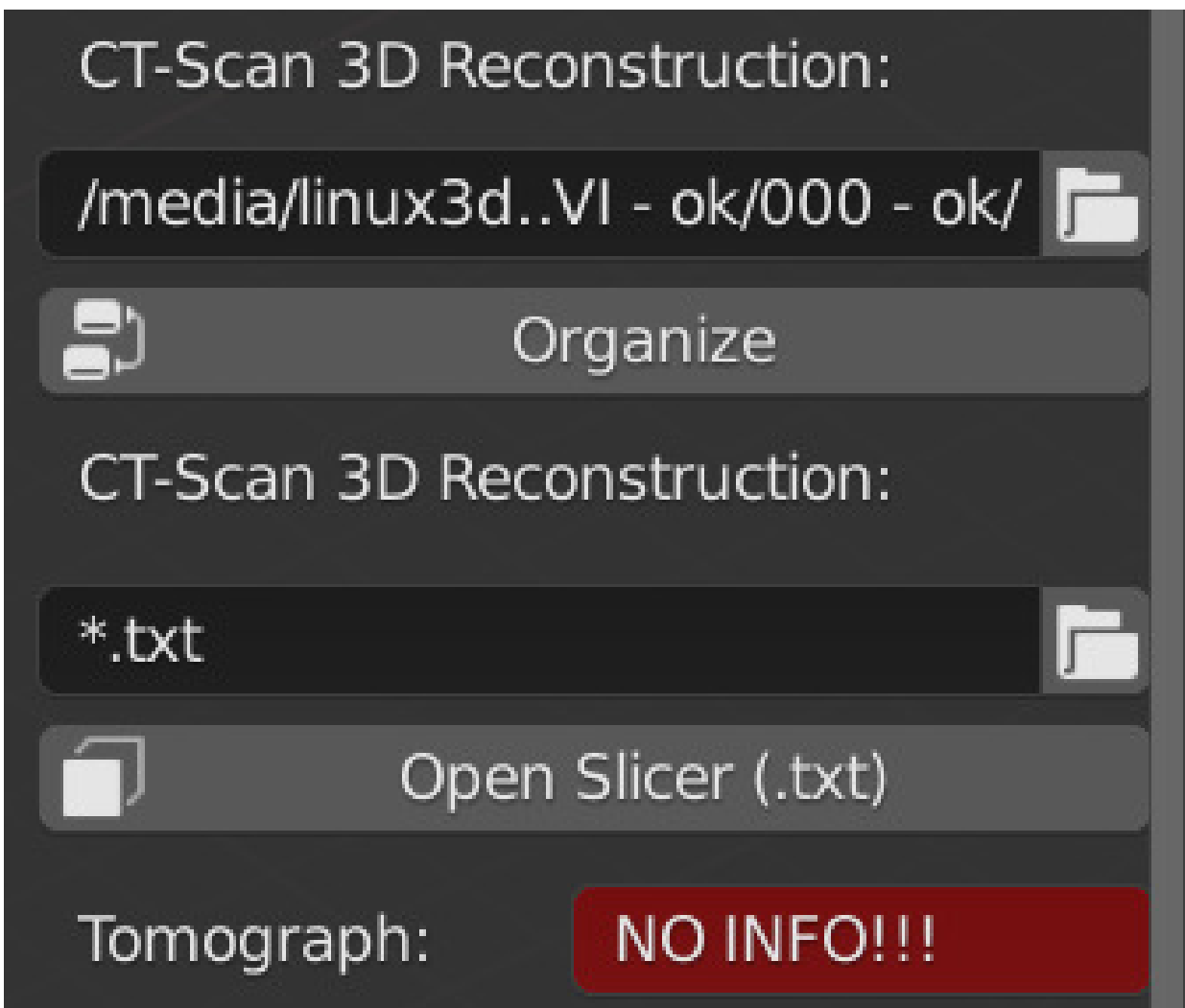


Figura3: Diretório selecionado.

Assim que o **Accept** é clicado a interface retorna ao estado anterior e na caixa do endereço é possível atestar a indicação do diretório. É importante notar que no campo **Tomograph** lê-se a indicação **NO INFO!!!** mostrando que por ora não há qualquer informação sobre o tomógrafo em questão e logo abaixo também não é informado nenhum arquivo de texto contendo os dados das fatias, apenas uma indicação (*.txt) sobre o formato de arquivo (Fig. 3).

Isso acontece porque o sistema ainda não leu os dados presentes no diretório de tomografias, o processo é efetuado quando o usuário clica no botão **Organize**.

Slices	Patient Name	Date	Description	File
228	DAVE SANDERSON	20170307	Sft Tissue 1.0	2.txt
228	DAVE SANDERSON	20170307	Bone 1.0	1.txt
170	DAVE SANDERSON	20170307	Bone 1.0 Corona	6.txt
153	DAVE SANDERSON	20170307	Bone 1.0 Sagitt	3.txt
130	DAVE SANDERSON	20170307	Sft Tissue 0.4	5.txt
130	DAVE SANDERSON	20170307	Sft Tissue 0.4	4.txt
12	DAVE SANDERSON	20170307	Sft Tissue VR.	7.txt
1	DAVE SANDERSON	20170307	ANAMNESE	8.txt
1	DAVE SANDERSON	20170307	2.0	0.txt

Figura4: Dados apresentados no Terminal.

Se tudo der certo, alguns segundos depois (ou minutos, dependendo da mídia e do número de arquivos) os dados relacionados a tomografia serão apresentados na saída do Terminal (Fig. 4).

A primeira coluna (Slices) informa o número de fatias presentes em cada grupo listando inicialmente, trata-se do grupo com o maior número de slices. A segunda coluna informa o nome e sobrenome do paciente, a terceira a data em que a tomografia foi efetuada, a quarta informa a descrição do grupo de fatia e a última coluna informa o nome do arquivo.

Diferentemente do DEFAULT, o modo SLICER utiliza como elemento de organização de grupos o parâmetro **Series Instance UID** das fatias DICOM e essa abordagem contorna uma série de problemas como, por exemplo, o que foi supracitado envolvendo **Series Number** duplicado.

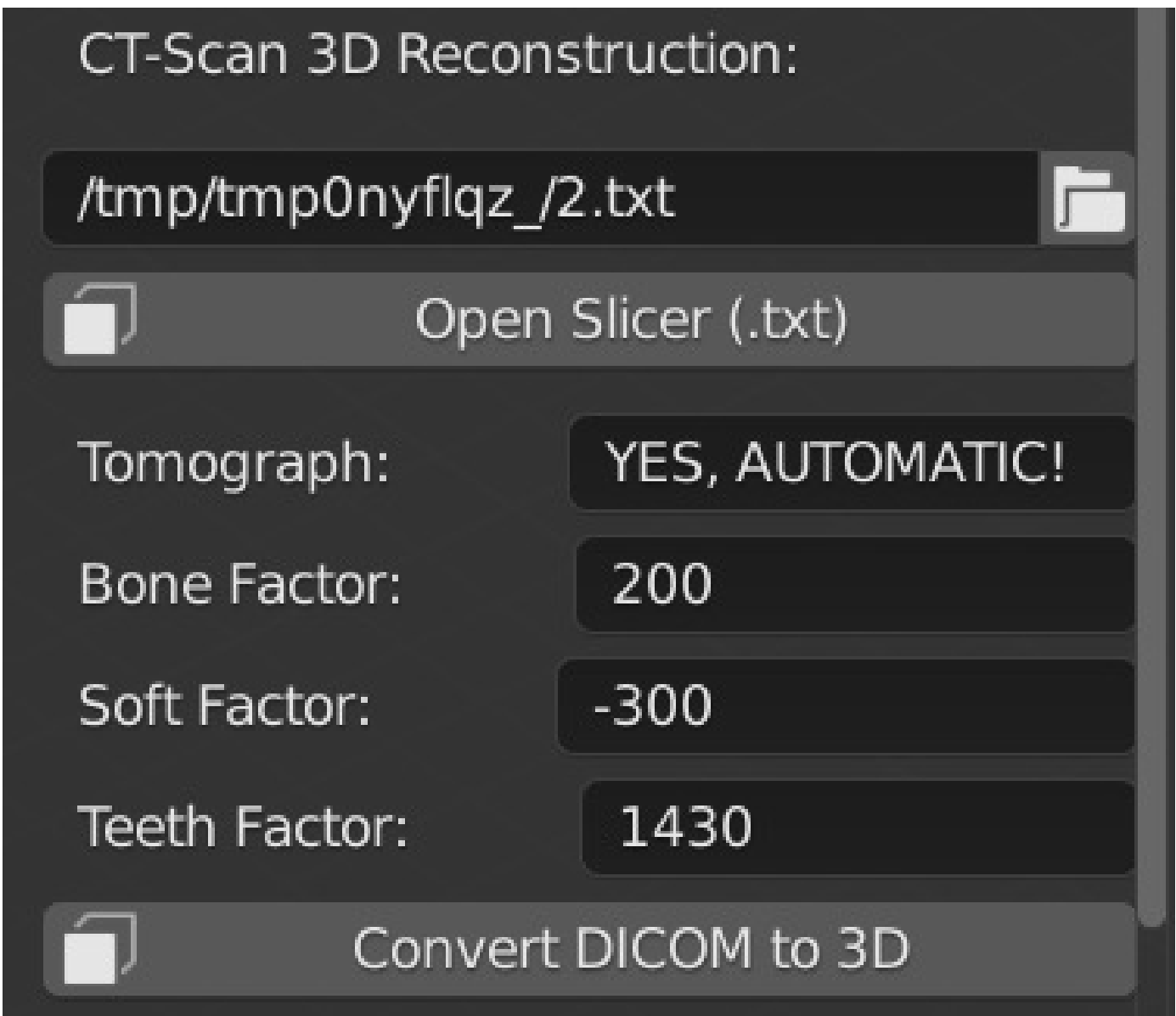


Figura5: Fatias organizadas.

Uma vez que os grupos foram organizados o OrtogOnBlender testa se o diretório com mais fatias tem o tomógrafo cadastrado no banco de dados do *add-on*, se não tiver a mensagem **NO INFO!!!** permanece, se tiver o tomógrafo cadastrado o fundo vermelho é substituído pela cor cinza escuro e a mensagem que aparece será **YES, AUTOMATIC!**

Isso significa que os valores dos fatores foram ajustados para o grupo de fatias em questão, neste caso não houve alteração posto que os valores 200, -300 e 1430 são muito comuns em tomografias com o foco no tecido mole. Basta observar a imagem relacionada aos dados da tomografia e atestar que o **Description** do arquivo 2.txt, que foi selecionado automaticamente, tem a seguinte informação: **Sft Tissue 1.0**, ou seja, trata-se do tecido mole.

Basta então clicar em **Convert DICOM to 3D** (Fig. 5) para a tomografia ser reconstruída.

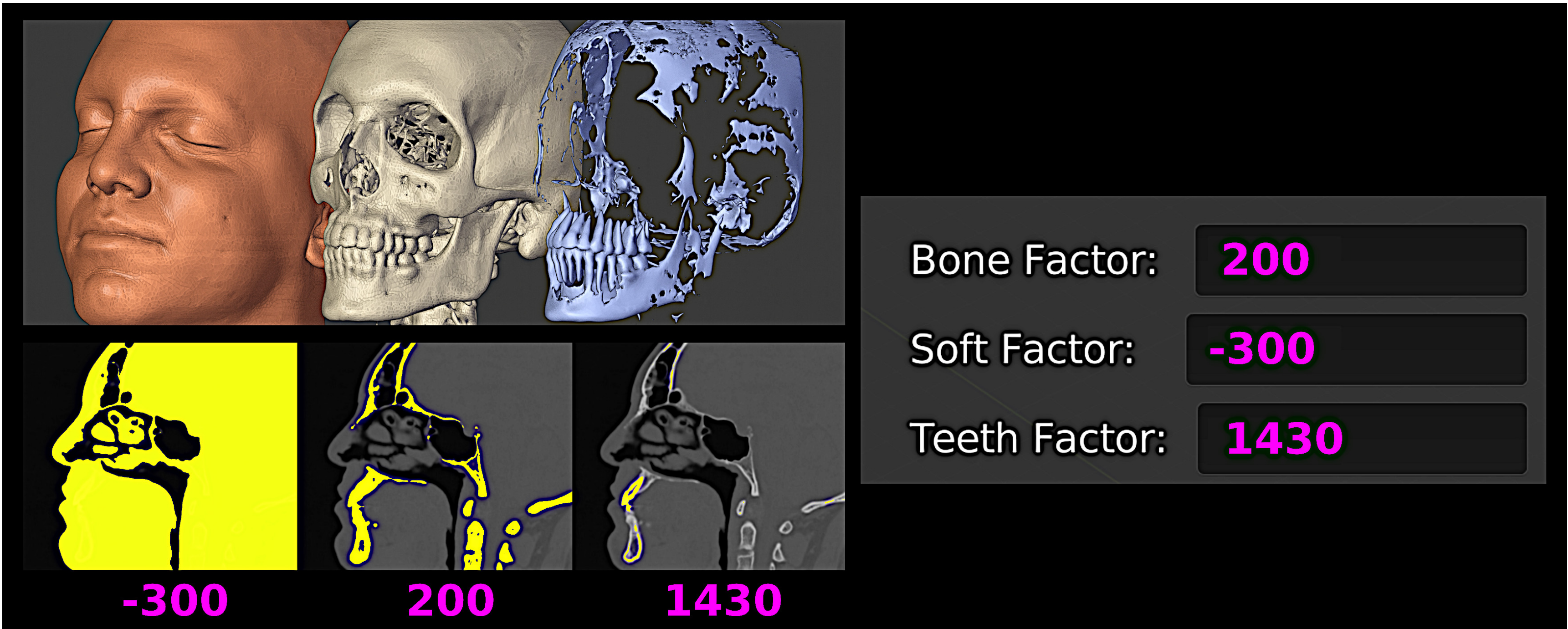


Figura6: Threshold indicado.

O sistema seta automaticamente os valores, mas caso haja algum problema na reconstrução por conta do Threshold, é possível abrir o grupo de fatias utilizando o Slicer e testar qual é o valor mais compatível com o trabalho em questão. Basta indicar o arquivo .txt desejado e em seguida clicar em **Open Slicer (.txt)**.

5.3 Tempo de Reconstrução em Sistemas Operacionais Diferentes

Os autores selecionaram aleatoriamente 30 tomografias computadorizadas, de modo a testar uma amostra heterogênea e apresentar uma média geral do tempo necessário para a reconstrução em três sistemas operacionais diferentes. A configuração do notebook e dos sistemas operacionais utilizados estão presentes no capítulo intitulado **Fotogrametria 3D - Desempenho nos Sistemas Operacionais: Windows, Linux e Mac OS X**, mais precisamente na *Descrição Técnica*.

Em linhas gerais trata-se de um notebook com processador i7 de 1.80 GHz, 20 GB de memória RAM com armazenamento SSD SATA de 480 GB.

Para simular uma situação que é de praxe para a maioria dos usuários, os arquivos DICOM foram gravados em um HD externo e acessados via USB.

5.4 Resultados

Para permitir que os dados de tempo fossem capturados o add-on OrtogOnBlender recebeu uma programação específica que contava os segundos desde o início da reconstrução, ao usuário clicar o botão “**CT-Scan Reconstruction**” da seção SLICER até a importação e atualização da 3D View do Blender. Os resultados são apresentados ao usuário a partir da versão **2020-12-27**.

Das 30 tomografias selecionadas, uma apresentou problema e não finalizou a reconstrução nos três sistemas operacionais, de modo que as mesma foi descartadas ainda que tenham sido bem sucedidas em outro computador com processador i9 rodando o Linux. Ao final todos os sistemas instalados no notebook reconstruíram 29 tomografias cada um (ver Tabela 1).

Dentre as tomografias havia uma de DICOM único, ou seja, um único arquivo com mais de 1 GB de informação. O novo sistema, diferente dos demais (MANUAL, DEFAULT, BDENTAL, etc.), permite a recons-

trução deste tipo de arquivo, aumentando ainda mais a praticidade e facilidade do sistema, ainda que apresente um tempo maior de reconstrução, resultado da conversão do arquivo único em várias fatias.

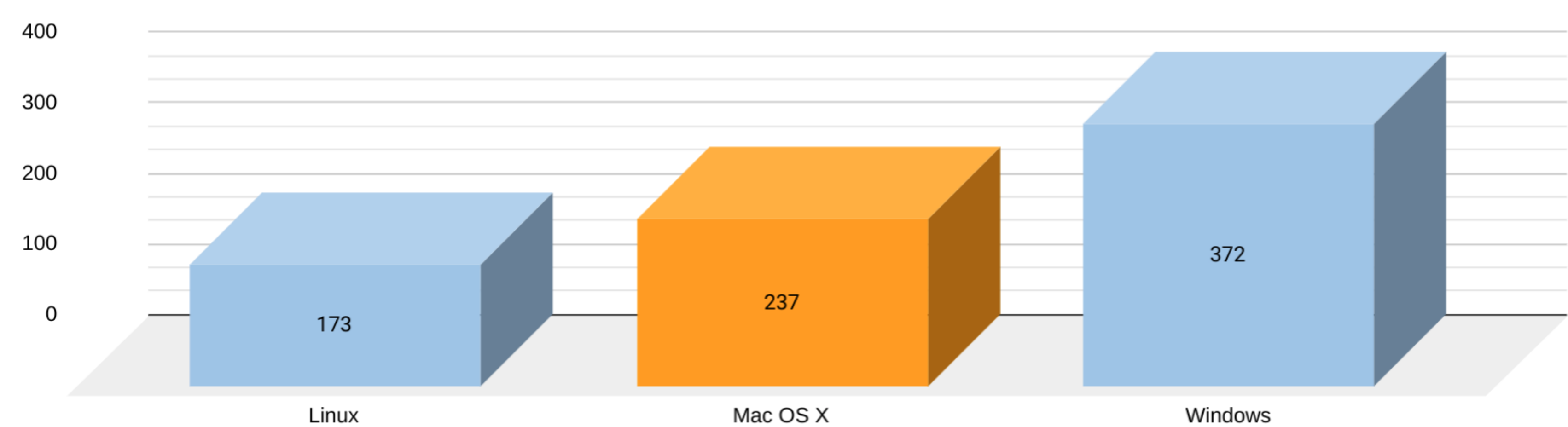


Figura7: Resultado final com a média de tempo em segundos da reconstrução em cada sistema operacional.

Uma média das 28 reconstruções (Fig. 7) em cada sistema foi extraída resultando em:

- Linux: 173 segundos (2m53s);
- Mac OS X: 237 segundos (3m57s);
- Windows: 372 segundos (6m12s).

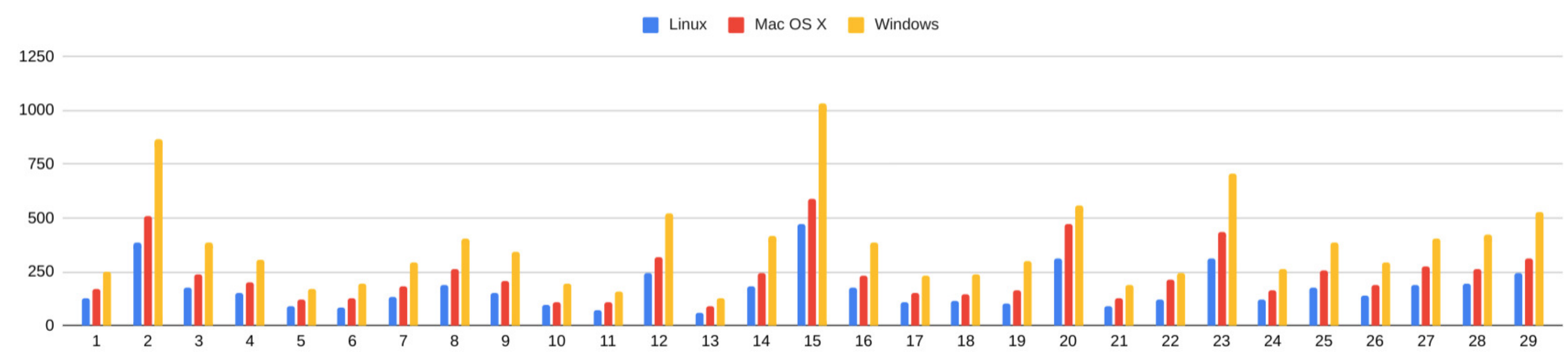


Figura8: Gráfico com o tempo (vertical) e ID (horizontal) apresentando as diferenças entre os sistemas operacionais.

É possível verificar pelo gráfico que houve um padrão de comportamento no tempo das reconstruções, sempre com o Linux em primeiro, o Mac OS X em segundo e o Windows em terceiro, geralmente com um pouco mais do dobro do tempo levado pelo Linux (Fig. 8).

Não houve grande diferença no tempo de reconstrução médio entre um computador com processador i9 (9900K 3.60GHz) e o notebook com o processador i7 (8565U 1.80GHz), resultando em 126 segundos no primeiro e 173 segundos no segundo. Há no entanto uma informação a ser repassada, a de que o computador com o processador i9 reconstruiu as 30 tomografias, diferente do notebook com o processador i7 que reconstruiu uma a menos nos 3 sistemas operacionais testados na mesma máquina. O número não é significativo para evidenciar que o motivo da falha possa estar ligado ao processador e a potência geral da máquina, estudos complementares serão efetuados no futuro buscando a solução do problema, já que, apesar de falhar algumas tomos das 30 utilizadas o sistema de reconstrução DEFAULT reconstruiu a tomografia que falhou no SLICER. Daí a importância de manter várias ferramentas disponíveis, posto que uma tomografia que não roda em uma, pode vir a funcionar em outra.

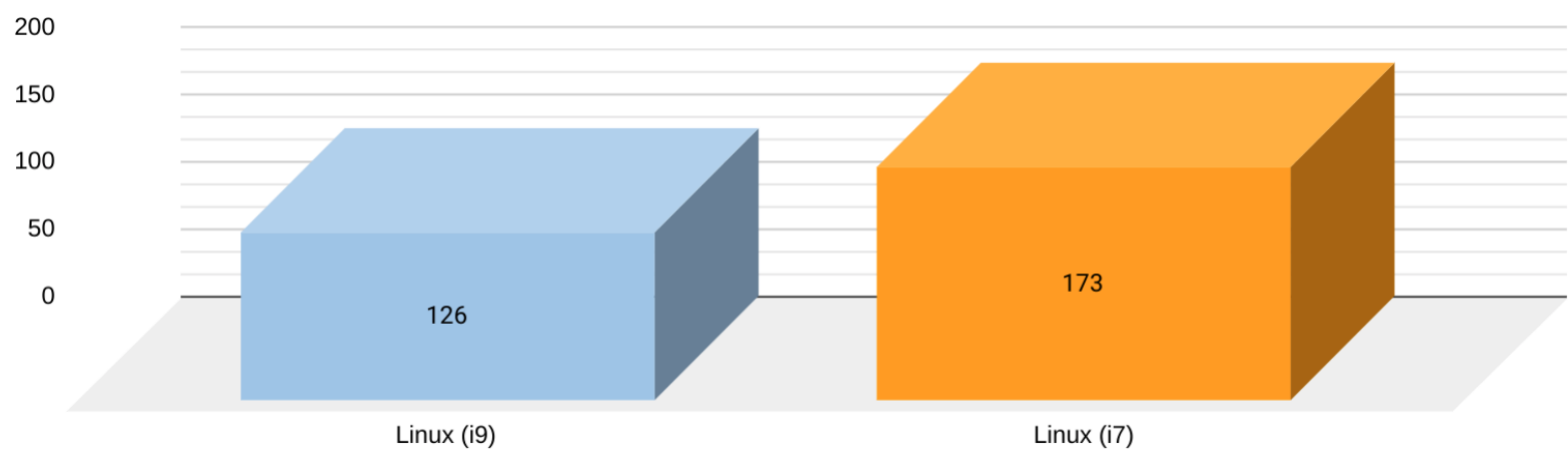


Figura9: Gráfico com a comparação do tempo entre dois processadores distintos: i9 e i7.

5.5 Conclusão

O novo sistema de reconstrução de tomografias a partir de arquivos DICOM mostrou-se funcional, prático e amplamente aplicável. Assim como toda ferramenta em desenvolvimento, há a possibilidade de uma ou outra incompatibilidade, mas é questão de tempo para que o problema seja identificado e solucionado.

Chamar a ferramenta de “nova” é em certa medida uma incompatibilidade com a real situação, posto que o que se vê na verdade é uma ferramenta evoluída a partir de outras, ainda em desenvolvimento, mas sempre focada no objetivo central de todo este trabalho, que é fornecer ao usuário a possibilidade de utilizar ferramentas livres e gratuitas de modo a oferecer aos seus pacientes mais segurança e previsibilidade graças a um robusto e centrado planejamento cirúrgico.

5.6 Agradecimentos

Ao Dr. Davi Sandes Sobral por ceder a tomografia utilizada neste capítulo e ao Dr. Bruno Aragão por esclarecimentos relacionados ao formato de arquivo DICOM, essenciais para a composição do sistema automático de reconstrução 3D utilizado pelo OrtogOnBlender.

5.7 Anexos

Tabela 1: Tempo da Reconstrução em Segundos

ID	Linux	Mac OS X	Windows
1	126	169	251
2	386	507	864
3	178	237	384
4	154	200	305
5	92	123	169
6	87	127	194
7	132	180	296
8	189	264	405
9	151	207	344

continues on next page

Tabela 1 – continuação da página anterior

ID	Linux	Mac OS X	Windows
10	98	109	196
11	74	109	158
12	245	318	519
13	61	88	130
14	182	243	416
15	469	589	1034
16	174	230	386
17	108	150	229
18	113	148	240
19	103	166	297
20	310	473	559
21	93	125	186
22	120	215	244
23	313	436	706
24	123	166	263
25	178	256	385
26	139	188	292
27	139	188	292
28	193	263	420
29	241	311	527
Média	173	237	372

Referências Bibliográficas

- [Bun19] Sabiha Bunek. What's new in digital dentistry? 2019. Dental Advisor. SEPT-OCT, DENTAL Vol. 36, No. 05.
- [eal18] NEAL D. KRAVITZ et al. Cad/cam software for three-dimensional printing. 2018. JCO/January.
- [MGF20] Renato Parsekian Martins, Fabio Guedes, and Bruno D'Aurea Furquim. Alinhadores e ortodontia digital. 2020.
- [MdRD20] Cicero Moraes, Everton da Rosa, and Rodrigo Dornelles. *OrtogOnBlender - Documentação Oficial vol. 3*. Cicero André da Costa Moraes, 2020. ISBN 9786500053494. [doi:10.6084/m9.figshare.12871730.v1](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12871730.v1)¹.
- [Rog10] Everett M. Rogers. *Diffusion of Innovations*. Free Press, 2010. ISBN 9781451602470.
- [dAdA94] NS de Araújo and VC de Araújo. Patologia bucal. 1994. 1.ed. São Paulo: Artes médicas.
- [dFRS00] A de Freitas, JE Rosa, and IF e Sousa. Radiologia odontológica. 2000. 5.ed. São Paulo: Artes Médicas, 2000. p.386-91; 431-33; 468-9.
- [Doc20a] 3D Slicer Documentation. Growcutsegmentation. 2020. URL: <https://www.slicer.org/wiki/Modules:GrowCutSegmentation-Documentation-3.6>.
- [Doc20b] 3D Slicer Documentation. Modelmaker. 2020. URL: <https://www.slicer.org/wiki/Modules:GrowCutSegmentation-Documentation-3.6>.
- [LL98] MR Leonardo and JM LEAL. Endodontia- tratamento de canais radiculares. 1998. 3.ed. São Paulo: Editorial Médica Panamericana.
- [LKL99] J Lindhe, T Karring, and NP Lang. Tratado de periodontia clínica e implantologia oral. 1999. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. p.263-66.
- [MdRD20] Cicero Moraes, Everton da Rosa, and Rodrigo Dornelles. *OrtogOnBlender - Documentação Oficial vol. 3*. Cicero André da Costa Moraes, 2020. ISBN 9786500053494. [doi:10.6084/m9.figshare.12871730.v1](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12871730.v1)².
- [RS00] JA Regezi and JJ Sciubba. Patologia bucal- correlações clinicopatológicas. 2000. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

¹ <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12871730.v1>

² <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12871730.v1>

- [SMB87] WG Shafer, MK Hine MK, and Levy BM. Tratado de patologia bucal. 1987. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- [Sli20] 3D Slicer. 3d slicer - a multi-platform, free and open source software package for visualization and medica image computing. 2020. URL: <https://www.slicer.org/>.
- [Tom02] AF Tommasi. Diagnóstico em patologia bucal. 2002. 3.ed. São Paulo: Pancast, p.285-91.
- [Cer20] Dan Cernea. OpenMVS: multi-view stereo reconstruction library. 2020. URL: <https://cdcseacave.github.io/openMVS>.
- [dR] Presidência da República. Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078compilado.htm.
- [Gog] Ronaldo Gogoni. O que é hackintosh? [3 motivos para fazer]. URL: <https://tecnoblog.net/302675/o-que-e-hackintosh-3-motivos-para-fazer/>.
- [Mic] Microsoft. Baixar imagem de disco do windows 10 (arquivo iso). URL: <https://www.microsoft.com/pt-br/software-download/windows10ISO>.
- [Mic20] Microsoft. Io que é o subsistema do windows para linux? 2020. URL: <https://docs.microsoft.com/pt-br/windows/wsl/about>.
- [MdRD20a] Cicero Moraes, Everton da Rosa, and Rodrigo Dornelles. Como instalar o linux3dcs em um ssd externo. 2020. URL: http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender/Instalacao_Linux3DCS_SSD.html.
- [MdRD20b] Cicero Moraes, Everton da Rosa, and Rodrigo Dornelles. Instalando o linux no windows para rodar o smvs e o img2dcm. 2020. URL: http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender/Instalacao_Windows.html#instalando-o-linux-no-windows-para-rodar-o-smvs-e-o-img2dcm.
- [MdRD20c] Cicero Moraes, Everton da Rosa, and Rodrigo Dornelles. Protocolo simples de fotogrametria para crânios. 2020. URL: http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender/Fotogrametria_Cranio.html.
- [MdRD20d] Cicero Moraes, Everton da Rosa, and Rodrigo Dornelles. Protocolo de fotogrametria da face. 2020. URL: http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender/Fotogrametria_Face.html.
- [MdRD20e] Cicero Moraes, Everton da Rosa, and Rodrigo Dornelles. Resultados da digitalização. 2020. URL: http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/1/Nariz.html#resultados-da-digitalizacao.
- [MMPM16] Pierre Moulon, Pascal Monasse, Romuald Perrot, and Renaud Marlet. Openmvg: open multiple view geometry. In *International Workshop on Reproducible Research in Pattern Recognition*, 60–74. Springer, 2016.
- [Ubu] Ubuntu. Installation/netboot. URL: <https://help.ubuntu.com/community/Installation/Netboot>.
- [Sch] Adrian Schneider. Dicomtomesh. URL: <https://github.com/AOT-AG/DicomToMesh>.
- [Sli] Slicer. Slicer. URL: <https://www.slicer.org/>.