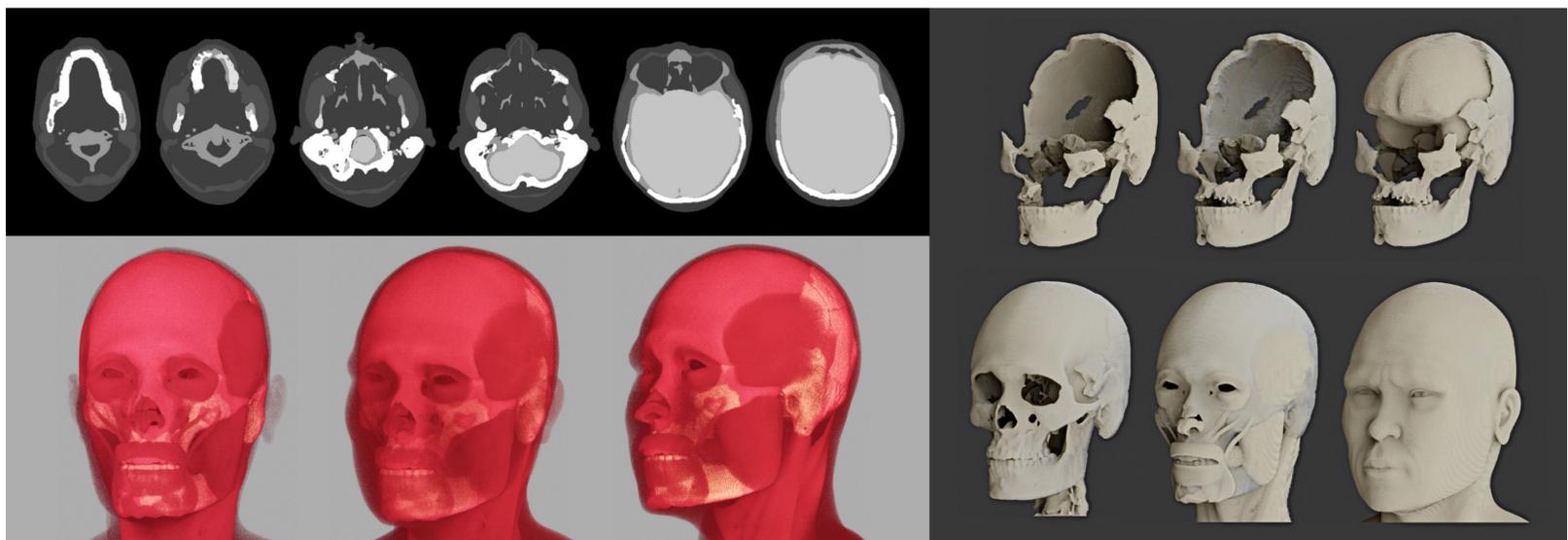

Conversão de Malhas 3D em Arquivos DICOM com o OrtogOnBlender



- 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*
- Johari Yap Abdullah *Craniofacial Imaging Laboratory, School of Dental Sciences, Universiti Sains Malaysia, Kelantan - Malásia*
- Jafri Malin Abdullah *Department of Neurosciences - School of Medical Sciences, Brain and Behaviour Cluster - School of Medical Sciences, Department of Neurosciences and Brain Behaviour Cluster - Hospital Universiti Sains Malaysia, Universiti Sains Malaysia, Kelantan - Malásia*

DOI | <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14125706>

O presente capítulo tem por objetivo apresentar a conversão de malhas 3D em arquivos DICOM com o OrtogOnBlender.

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

10.1 Apresentação

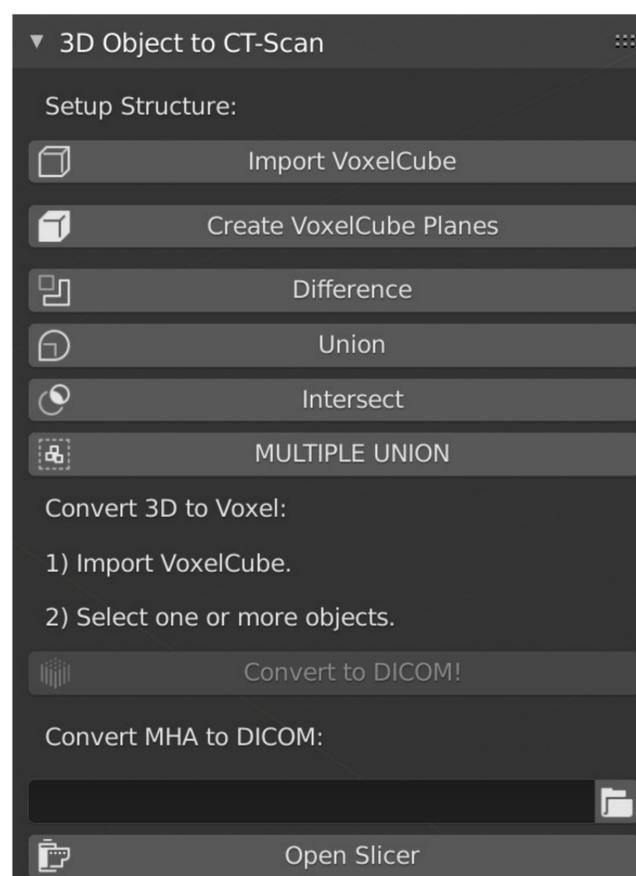
Se a conversão de uma série de arquivos DICOM em um modelo 3D é algo relativamente fácil de se fazer com inúmeras opções de aplicativos que oferecem essa possibilidade, já o mesmo não se pode dizer acerca da conversão contrária, ou seja, de um modelo 3D para uma série de arquivos DICOM.

Ainda que em um primeiro momento não pareça tão óbvio, há diversas aplicações para essa segunda solução, uma delas é a documentação 3D de objetos fechados, próprios para a impressão 3D. Outra possibilidade é a interação com programas que utilizam arquivos DICOM para a projeção de próteses, algo bastante comum na ortodontia. Para este capítulo os autores criaram uma tomografia *fake* a partir de uma reconstrução facial forense de modo a apresentar as potencialidades da ferramenta, mas a mesma abordagem pode ser utilizada para a criação de modelos didáticos, tanto para ensino de anatomia visual, quanto para outras abordagens como o planejamento cirúrgico digital.

10.2 Como Funciona

10.2.1 Ferramenta 3D Object to CT-Scan

O conjunto de ferramentas **3D Object to CT-Scan** se encontra disponível na aba **Others** ao lado direito da **3D View**.



Figural1: Interface para a conversão de malhas 3D em arquivos DICOM.

Seguem os passos para a conversão de uma malha 3D em uma sequência de arquivos DICOM:

1. Uma vez que o usuário tenha o modelo no qual pretende converter em DICOM já definido, é necessário importar um cubo com os limites espaciais da tomografia que será gerada, essa estrutura tem as dimensões de 300x300x300mm e, por ora, é a única opção disponível sendo acessada no botão **Import VoxelCube** (Fig. 1);
2. Os objetos que serão convertidos em tomografia, precisam estar acomodados dentro do cubo importado, caso contrário os arquivos gerados conterão erros dimensionais. Para que o usuário possa limitar a região disponível para geração de fatias, há a opção da criação de um cubo com as dimensões dos limites (300x300x300mm) que permitirá o cálculo booleano, caso seja necessário. Se o objeto em questão não exceder os limites disponíveis, não há a necessidade de utilizar essa ferramenta, mas caso seja necessário, basta clicar em **Create VoxelCube Planes** que o cubo para boolean será criado;
3. Caso o usuário precise, ele tem à sua disposição uma série de botões para cálculos booleanos: **Difference**, **Union**, **Intersect** e **MULTIPLE UNION**;
4. Uma vez que os limites estão estipulados e o modelo se encontra dentro deles, é necessário que o usuário selecione o, ou os objetos (se estiverem separados sem intersecção) que serão convertidos em malha e clicar em **Convert to DICOM!**;
5. O DICOM gerado no botão supracitado pode conter uma série de incompatibilidades com o Orto-gOnBlender e outros editores de tomografias, de modo que será automaticamente aberto o software VolView e o arquivo apresentado no mesmo, para que lá seja exportado como um volume .MHA;
6. Assim que o volume for salvo, o usuário retorna ao Orto-gOnBlender, seleciona o arquivo .MHA no seletor de arquivos e em seguida clica no botão **Open Slicer** para que naquele software o arquivo .MHA possa ser exportado como DICOM e o processo então finalizado.

Dica: Caso haja dúvidas em relação ao salvamento do arquivo no formato .MHA, há uma explanação disponível no capítulo **Convertendo um Vídeo em um Arquivo DICOM**, mais precisamente nas páginas 276 e 277 [MdRD20a]. Se a dúvida estiver relacionada a exportação como DICOM no Slicer, a abordagem está disponível no capítulo **Protocolo de Tomografia para Planejamento de Cirurgia Ortognática**, mais precisamente nas páginas 237 e 238 [MdRDa].

Importante: A conversão de malha 3D em DICOM dentro do Orto-gOnBlender só é possível em grande parte, graças ao trabalho do desenvolvedor **Christian Pederkoff** e a sua ferramenta [stl-to-voxel](https://github.com/cpederkoff/stl-to-voxel)²².

10.2.2 Como Configurar a Malha 3D para a Conversão em DICOM

Os arquivos DICOM fornecem dados de volume, já as malhas 3D são compostas por superfícies com lado (*normal*), mas sem espessura. É muito importante configurar a estrutura corretamente antes de fazer a conversão, sob pena de não gerar um modelo com a volumetria correta.

A imagem (Fig. 2) mostra o VoxelCube com três esferas alinhadas dentro do mesmo (A). Se for feito um corte do tipo “clipping” é possível ver que as esferas se transpassam em intersecção (B). Olhando por fora isso não parece ser um problema, mas a DICOM resultante a partir dos três modelos em intersecção gera um volume com áreas vazias dentro da estrutura (C), o que não era inicialmente esperado, posto que, ao se observar por fora a impressão que se tem é que se trata de um modelo sólido.

²² <https://github.com/cpederkoff/stl-to-voxel>

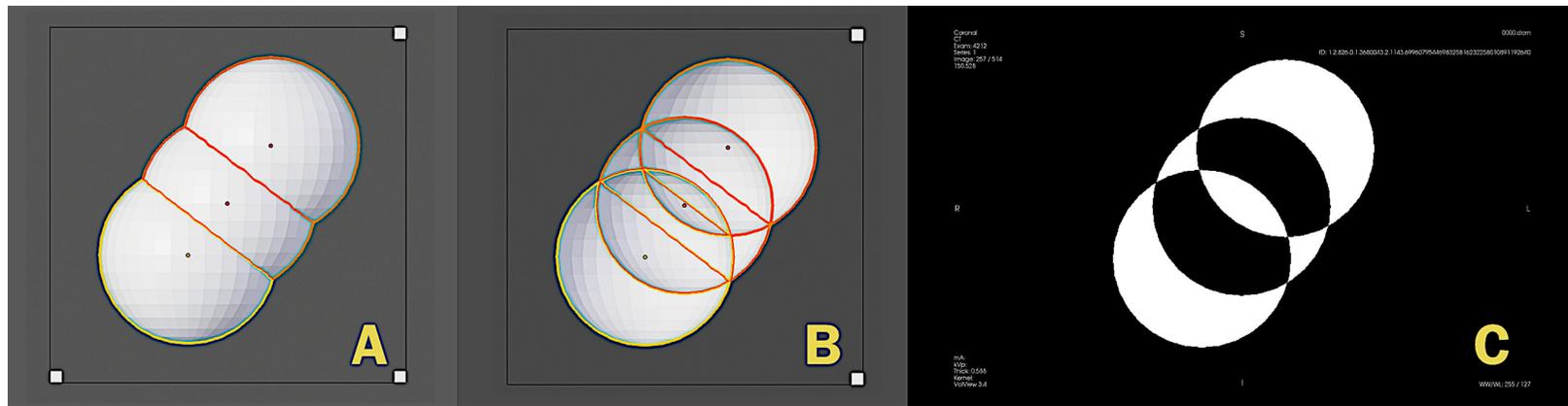


Figura2: Problema na geração do volume por conta das intersecções internas.

Caso o usuário tenha em mente a criação de um volume “cheio” a simples intersecção das esferas não o fornecerá, sendo então necessário um tratamento na malha para adequá-la a situação esperada.

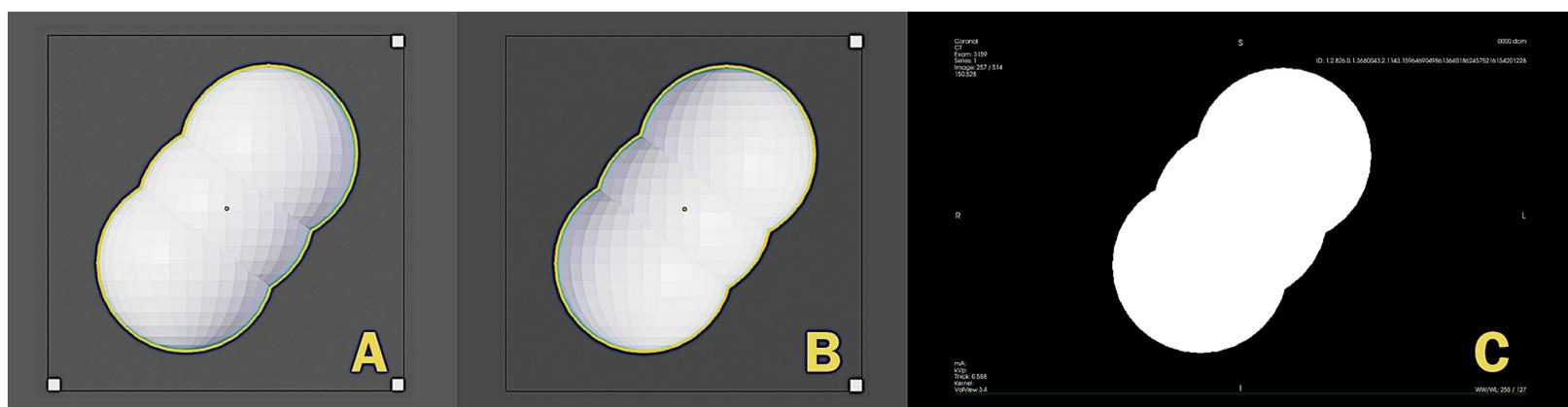


Figura3: Modelo sem intersecções internas.

As três esferas receberam o comando **MULTIPLE UNION** resultando em um único objeto (Fig. 3, A). Ao ser observado com um corte (*clipping*) a estrutura internão não apresenta intersecções (B). O DICOM resultante será um volume “cheio” (C), sem áreas vazias como a presente no *voxel* composto pelas três esferas em intersecção.

10.3 A Tomografia Fake do Homem de Perak

O Homem de Perak é o nome que se dá ao fóssil de um indivíduo adulto do sexo masculino encontrado no início da década de 1990 no Vale Lenggog, Malásia. Segundo levantamento os restos datam de 10.000-11.000 anos antes do presente e depois de um estudo efetuado por uma equipe multidisciplinar, composta parcialmente por autores deste capítulo, foi possível proceder com a reconstrução facial forense do fóssil em questão [ASR+].

A reconstrução facial foi dividida em várias etapas (Fig. 4), iniciando pela reconstrução do crânio que originalmente se encontra fragmentado, passando pela modelagem dos músculos principais, em seguida a modelagem do busto e por fim a pigmentação e colocação dos pêlos e dos cabelos.

O objetivo do trabalho de reconstrução facial é apresentar principalmente os aspectos externos da estrutura, de modo que no geral, não há uma preocupação em criar objetos 3D que sofram intersecções internas como aconteceu na reconstrução dos ossos e principalmente dos músculos principais.

O OrtogOnBlender permite a geração de apenas um objeto em um grupo de fatias por vez, não é possível ainda selecionar mais de uma malha e indicar densidades diferentes. Além do mais, por padrão o *add-on*

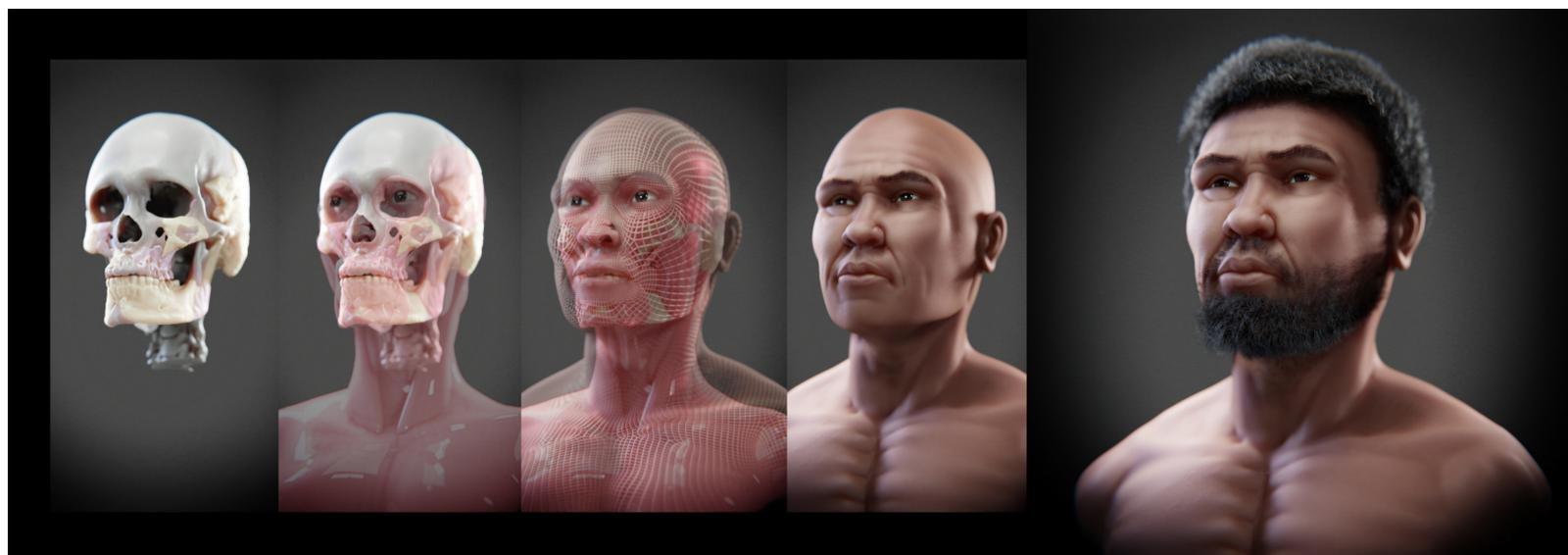


Figura4: Etapas da Reconstrução facial do Homem de Perak.

já devolve o arquivo DICOM como saída, no entanto é possível “burlar” o sistema e capturar os arquivos PNG que originaram os DICOMs finais. Esses arquivos tem apenas duas cores: preto e branco.

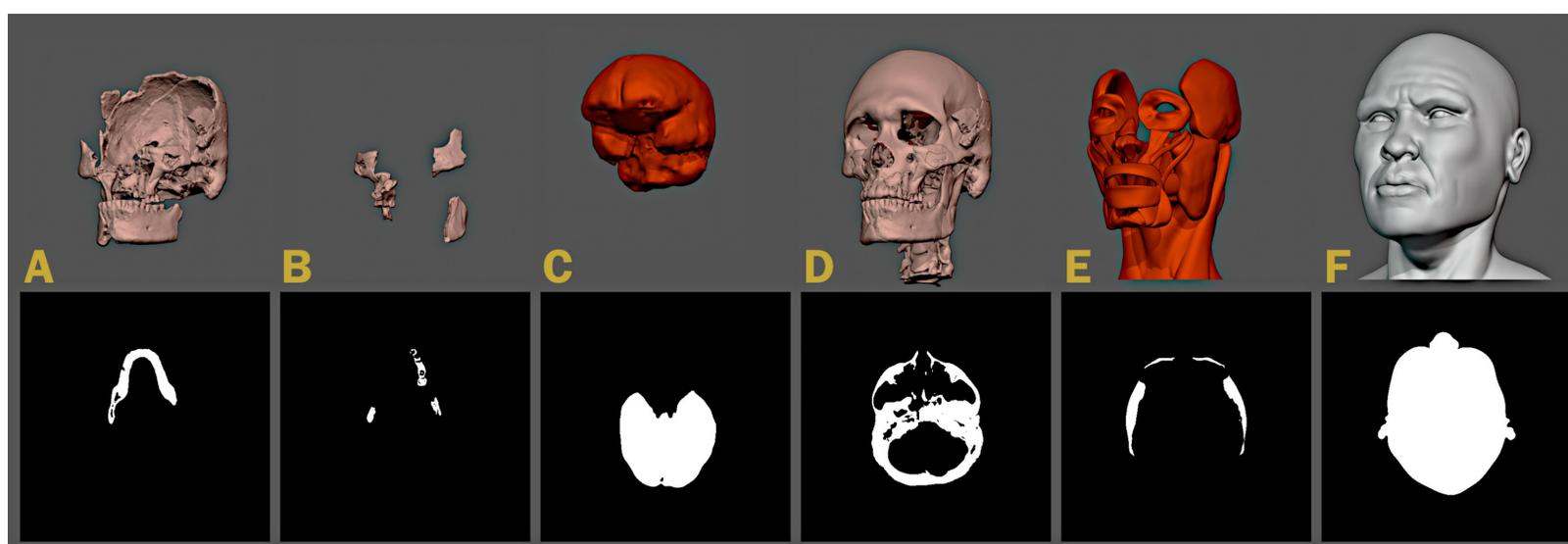


Figura5: Malhas unidas (acima) e fatias correspondentes (abaixo).

A geração dos grupos seguiu a composição original da reconstrução facial, os ossos originais remontados (Fig. 5, A), os ossos originais refletidos para complemento de regiões faltantes (B), o negativo correspondente ao cérebro (C), o crânio final composto com os ossos originais e um doador virtual (D), os músculos principais (E) e os demais tecidos moles (F).

O Blender conta com um editor de vídeo disponível em sua interface, dentre vários efeitos possíveis o usuário pode fazer a sobreposição de imagens (Fig. 6) e gerar uma saída que não obrigatoriamente é um vídeo, mas um conjunto de arquivos JPG, PNG ou afins.

Cada camada sobreposta recebeu um valor de transparência permitindo que os tecidos fossem destacados pela intensidade da escala de cinza do *pixel* em questão. Grosso modo, o osso ficou branco, o ar ficou preto, o tecido mole um pouco mais claro que o ar, os músculos um pouco mais claros do que o tecido mole, o cérebro um pouco mais claro do que os músculos e assim por diante (Fig. 7).

Ao se importar o *voxel data* no OrtoGOnBlender pode-se reconstruir a região de interesse a partir do valor do *threshold* (Fig. 8), onde o valor mais alto (220) reconstrói os ossos, com a maior densidade e quanto mais se baixa o valor, mais se vê os demais tecidos até chegar à pele (40). Como houve uma sobreposição de *pixels* que se somaram, não é mais possível isolar algumas das estruturas que originalmente eram totalmente separadas, como os ossos espelhados ou o cérebro.

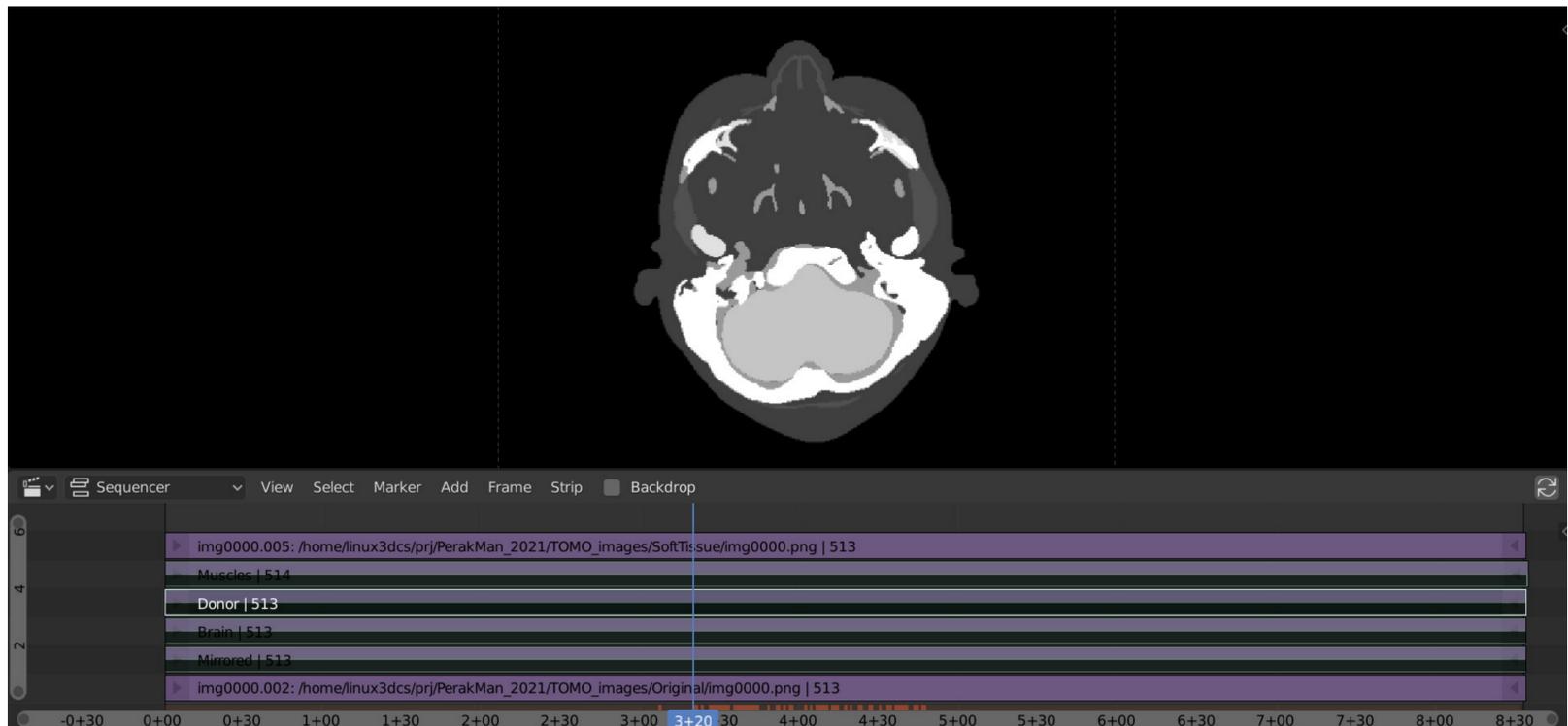


Figura6: Sobreposição de imagens no editor de vídeo do Blender.

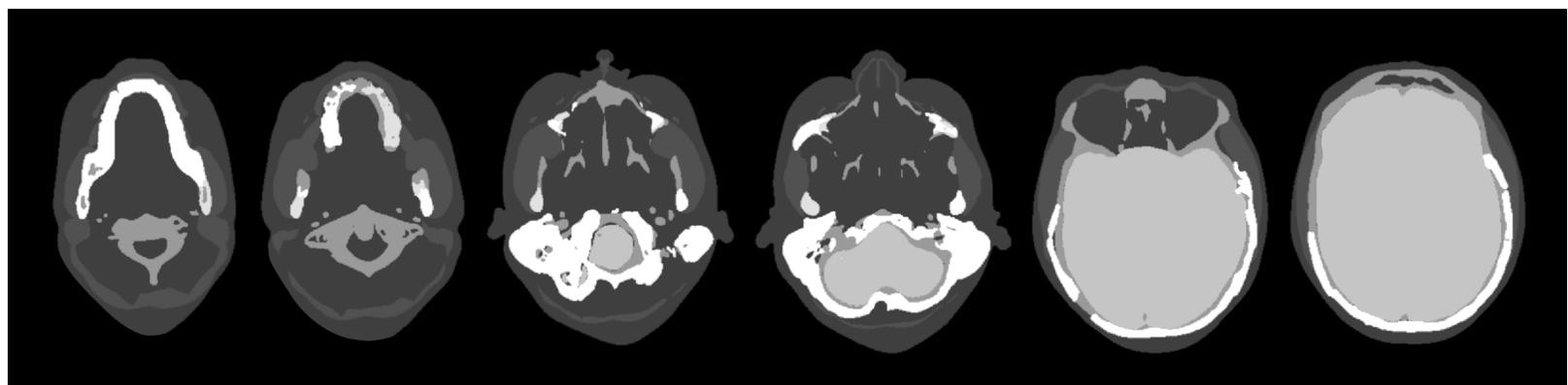


Figura7: Amostra das fatias finais geradas pela composição de imagens.



Figura8: Visualização do voxel data pelo valor do treshold.

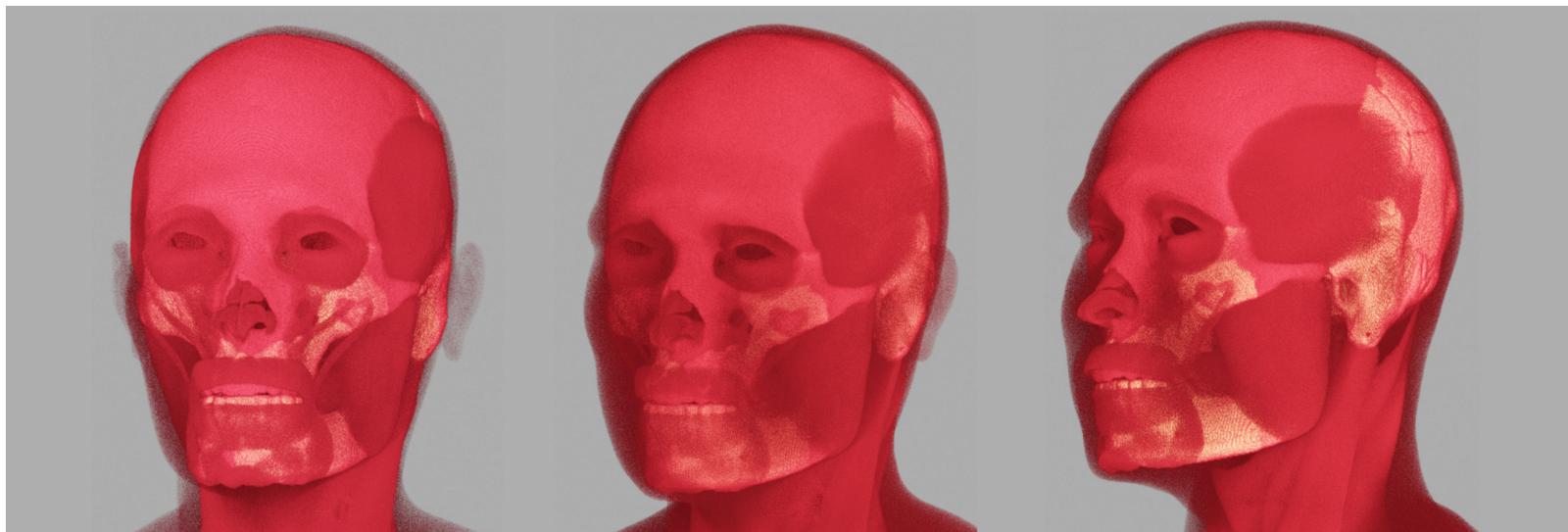


Figura9: Visualização do voxel data com diferença de cores.

Também é possível trabalhar os *voxels* com cores e opacidade diferentes (Fig. 9). Isso permite ao usuário contemplar uma série de tecidos distintos de uma só vez. Além desta opção ainda se pode contemplar a estrutura interna do *voxel*, utilizando os cálculos booleanos, como foi abordado no capítulo *Reconstrução de Voxel Data no OrtogOnBlender*.

10.4 Conclusão

A ferramenta de conversão de malha 3D em arquivos DICOM mostra mais uma vez a flexibilidade do OrtogOnBlender, ao oferecer ao usuário uma solução que o permitirá resolver um problema específico e ao mesmo tempo pleno de potencialidades gerais. Com essa ferramenta é possível criar modelos didáticos como o apresentado neste capítulo, gerar volumes fechados e “sólidos” para posterior impressão 3D, manter uma linha de interoperabilidade mais efetiva com o setor de radiologia, trabalhar com aplicativos de odontologia que usam o formato DICOM e muitas outras possibilidades que ainda não foram levantadas, mas que certamente serão abordadas por usuários e leitores após a publicação do capítulo.

A ferramenta obviamente apresenta uma série de limitações, como apenas uma dimensão (300x300x300mm) de matriz, bem como um número limitado de níveis relacionados a escala de cinza (0 a 255). Espera-se que com a procura e discussões junto aos usuários e novos interessados, os desenvolvedores possam solucionar as limitações e expandir o uso com novas e importantes abordagens.

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.v1¹.
- [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.
- [dFREs00] 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.v1².
- [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/>.
- [dD] Universidade de Darmstad. Multi-view environment. URL: <https://github.com/simonfuhrmann/mve>.
- [LSHG16] F. Langguth, K. Sunkavalli, S. Hadap, and M. Goesele. Shading-aware multi-view stereo. In *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*. 2016.

- [MdRD20] Cicero Moraes, Everton da Rosa, and Rodrigo Dornelles. *Fotogrametria na Digitalização 3D de Faces - Comparação entre Ferramentas*. Volume 1. Cicero André da Costa Moraes, 2020. ISBN 978-65-00-05349-4. p. 119-200.
- [WMG14] Michael Waechter, Nils Moehrle, and Michael Goesele. Let there be color! — Large-scale texturing of 3D reconstructions. In *Proceedings of the European Conference on Computer Vision*. Springer, 2014.
- [Foua] Blender Foundation. Blender 2.91 manual - ambient occlusion. URL: https://docs.blender.org/manual/en/2.79/render/blender_render/world/ambient_occlusion.html.
- [Foub] Blender Foundation. Blender 2.91 manual - material. URL: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/materials/introduction.html>.
- [MdRD20] Cicero Moraes, Everton da Rosa, and Rodrigo Dornelles. *OrtogOnBlender - O que é e Aspectos Técnicos*. Volume 1. Cicero André da Costa Moraes, 2020. ISBN 978-65-00-05349-4. p. 24-26.
- [Sli] Slicer. Slicer. URL: <https://www.slicer.org/>.
- [MdRD] Cicero Moraes, Everton da Rosa, and Rodrigo Dornelles. Protocolo de fotogrametria da face. URL: https://www.researchgate.net/publication/342610887_Protocolo_de_Fotogrametria_da_Face, doi:10.6084/m9.figshare.12923801.v1⁴.
- [MSD+] Cicero Moraes, Davi Sandes Sobral, Daniele Walter Duarte, Gabriel Zorron Cavalcanti, Rodrigo Salazar-Gamarra, and Rodrigo Dornelles. Protocolo complementar para melhor resolução do nariz em fotogrametria 3d. URL: https://www.researchgate.net/publication/344380790_Protocolo_Complementar_para_Melhor_Resolucao_do_Nariz_em_Fotogrametria_3D, doi:10.6084/m9.figshare.13010300⁵.
- [Adm] Federal Aviation Administration. Uas by the numbers. URL: https://www.faa.gov/uas/resources/by_the_numbers/.
- [dA] L. M. de ARAÚJO. Egipto: as pirâmides do império antigo. Lisboa : Edições Colibri, 1992.
- [EDW] I.E.S. EDWARDS. As pirâmides do egipto. Rio de Janeiro: Record, 1985.
- [HAW] Z. HAWASS. Montanhas dos faraós: a história não contada dos construtores das pirâmides. Curitiba: AMORC, 2019.
- [LEH] M LEHNER. The complete pyramids. London: Thames & Hudson, 2000.
- [MdRDa] Cicero Moraes, Everton da Rosa, and Rodrigo Dornelles. Convertendo um vídeo em um arquivo dicom. URL: https://www.researchgate.net/publication/344141704_Convertendo_um_Video_em_um_Arquivo_DICOM, doi:10.6084/m9.figshare.12923822¹⁹.
- [MdRDb] Cicero Moraes, Everton da Rosa, and Rodrigo Dornelles. Princípios básicos de computação gráfica 3d aplicada às ciências da saúde. URL: https://www.researchgate.net/publication/341833430_Principios_Basicos_de_Computacao_Grafica_3D_Aplicada_as_Ciencias_da_Saude.
- [MdRDc] Cicero Moraes, Everton da Rosa, and Rodrigo Dornelles. Sistema de geração de malhas 3d anti-retenção baseadas em projeção z-depth. URL: https://www.researchgate.net/publication/343822666_Sistema_de_Geracao_de_Malhas_3D_Anti-Retencao_Baseadas_em_Projecao_Z-Depth, doi:10.6084/m9.figshare.12881231.v1²⁰.
- [SM] Antonio Carlos Soares and Cicero Moraes. Fotogrametria 3d de uma ponta de projétil arqueológica. URL: https://www.researchgate.net/publication/343980094_Fotogrametria_3D_de_uma_Ponta_de_Projetil_Arqueologica, doi:10.6084/m9.figshare.12894209²¹.

⁴ <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12923801.v1>

⁵ <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.13010300>

¹⁹ <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12923822>

²⁰ <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12881231.v1>

²¹ <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12894209>

- [Vie] Nathan Vieira. Número de drones cadastrados no brasil salta 55. URL: <https://canaltech.com.br/drones/numero-de-drones-cadastrados-no-brasil-salta-55-em-apenas-um-ano-145177/>.
- [WAT] P. WATSON. Egyptian pyramids and mastaba tombs. Aylesbury: Shire Publications, 1987.
- [ASR+] Johari Yap Abdullah, Mokhtar Saidin, Zainul Ahmad Rajion, Helmi Hadi, Norshahidan Mohamad, Cicero Moraes, and Jafri Malin Abdullah. Using 21st-century technologies to determine the cognitive capabilities of a 11,000-year-old perak man who had brachymesophalangia type a2. Malays J Med Sci. 2021;28(1):1–8. URL: http://www.mjms.usm.my/MJMS28012021/MJMS28012021_01.pdf, doi:10.21315/mjms2021.28.1.1²³.
- [MdrRD20a] Cicero Moraes, Everton da Rosa, and Rodrigo Dornelles. Convertendo um vídeo em um arquivo dicom. 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/344141704_Convertendo_um_Video_em_um_Arquivo_DICOM, doi:10.6084/m9.figshare.12923822²⁴.
- [MdrRDa] Cicero Moraes, Everton da Rosa, and Rodrigo Dornelles. Protocolo de tomografia para planejamento de cirurgia ortognática. 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/344141938_Protocolo_de_Tomografia_para_Planejamento_de_Cirurgia_Ortognatica, doi:10.6084/m9.figshare.12923807²⁵.

²³ <https://doi.org/10.21315/mjms2021.28.1.1>

²⁴ <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12923822>

²⁵ <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12923807>