

Uso da Manufatura Aditiva na criação de protótipos a partir de imagens obtidas em exames de Tomografia Computadorizada

Use of Additive Manufacturing in the creation of prototypes from images obtained in Computed Tomography exams

Bianca de Barros Brito¹ e Warley Gramacho da Silva¹

¹ Universidade Federal do Tocantins, Curso de Ciência da Computação, Palmas, Tocantins, Brasil

Data de recebimento do manuscrito: 05/08/2023

Data de aceitação do manuscrito: 04/09/2023

Data de publicação: 16/10/2023

Resumo—Este trabalho apresenta a solução de impressão de órgãos, em específico o aparelho renal, em pacientes com câncer, tendo como entrada imagens de exames de Tomografia Computadorizada obtidas de uma base de dados de domínio público, que contém imagens médicas avançadas de câncer. São apresentados os passos para a construção de biomodelos desde a geração de superfícies 3D em um software médico, os ajustes em um software de modelagem 3D, em um software de fatiamento é feita a divisão de camadas e são adicionados os suportes necessário e por fim a impressão em uma Impressora FDM (Modelagem de Deposição Fundida), com filamento ABS (Acrilonitrila butadieno estireno) na cor branca e verde.

Palavras-chave— Biomodelo, Impressão 3D, Segmentação de imagens, Simulação Cirúrgica

Abstract—This work presents a solution for printing organs, specifically the renal system, in cancer patients, having as input images of CT scans obtained from a public domain database, which contains advanced medical images of cancer. The steps for the construction of biomodels are presented, from the generation of 3D surfaces in a medical software, the adjustments in a 3D modeling software, in a slicing software the layers are divided and the necessary supports are added and finally the printing on an FDM Printer (Fused Deposition Modeling, with ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene) filament in white and green.

Keywords— Biomodel, 3D printing, Image segmentation, Surgical Simulation

I. INTRODUÇÃO

A Manufatura Aditiva (AM), também conhecida como impressão tridimensional, é um recurso que permite a criação de objetos com base nas dimensões de altura, largura e profundidade, que são fornecidos através de um modelo concebido por um software em um computador. A impressão 3D é um sistema de impressão que ocorre por AM, pois o material usado é adicionado em várias camadas de modo gradual, até que o objeto esteja completo [1].

A medicina apresenta possibilidades da utilização da AM como fabricação de próteses [2], medicamentos [3], fabricação de protótipos para auxílio no planejamento cirúrgico [4], estudos acadêmicos [5], entre outros.

Segundo [6] a combinação das técnicas de impressão 3D com as imagens obtidas em exames de Tomografia Computadorizada (TC) proporciona a reconstrução de mod-

elos tridimensionais que auxiliam médicos no diagnóstico, avaliação, estudo do caso e assegura que os especialistas definam as melhores estratégias a serem utilizadas em cirurgias, com o objetivo de que sejam menos invasivas para o paciente e que a execução do procedimento seja feita com o menor tempo possível.

Esses modelos anatômicos são criados com o uso das imagens médicas geralmente no formato DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), obtidas em exames de Tomografias computadorizadas, Ressonância magnética e em alguns casos, apesar de serem menos frequentes, o Ultrassom. O Protótipo também pode ser criado diretamente em software de modelagem.

A fabricação do protótipo, para que seja realizada a simulação e o planejamento cirúrgico possibilitam o entendimento das estruturas anatômicas, tamanhos e identificação de anatomias de casos complexos. A utilização desses biomodelos em procedimentos pré operatórios é cada vez mais comum em casos de fraturas [7], deformidades craniofaciais [8], cirurgias em tumores renais [9] e [10].

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados para a fabricação dos protótipos são:

- Imagens tomográficas (domínio público);
- *software* Invesalius;
- *software* Blender;
- *software* Ultimaker Cura;
- Filamento ABS (Acrilonitrila butadieno estireno);
- Impressora 3D.

As imagens de tomográficas no formato DICOM utilizadas foram adquiridas no TCIA (*The Cancer Imaging Archive*) [11], uma base de dados de código aberto que hospeda uma grande quantidade de coleções organizadas de imagens, criada pelo NCI (*National Cancer Institute*) com a Universidade de Washington em Saint Louis, feito para apoiar pesquisas, desenvolvimento e iniciativas educacionais que utilizam imagens médicas avançadas do câncer [12].

Os equipamentos de AM utilizados para a realização da impressão dos protótipos, pertencem ao Laboratório de Tecnologias 3D (LABTEC) da Universidade Federal do Tocantins, sendo eles, as impressoras FDM (Modelagem de Deposição Fundida), desenvolvidas e fabricadas pela Sethi3D, nos modelos Sethi3D S3, S4X e os filamentos ABS.

A metodologia do presente trabalho seguirá os passos de execução apresentados no fluxograma da Figura 1.

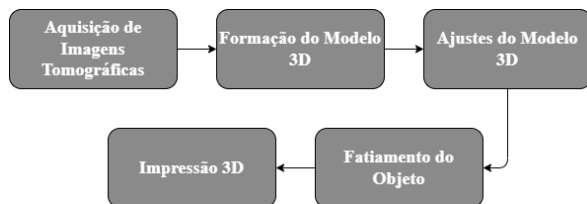


Figura 1: Fluxograma de etapas da metodologia

Fonte: Autoria própria

A base de imagens utilizada é chamada *Data from C4KC-KiTS* e está localizada no TCIA, nela contém imagens médicas de exames de tomografia computadorizada coletadas durante o atendimento de rotina de 210 pacientes com câncer renal que foram tratados por nefrectomia parcial ou radical [13].

Dentre os 210 pacientes foram analisadas as imagens DICOM dos exames e escolhidos três pacientes para a geração dos protótipos de acordo com a visualização mais clara do tumor, cores e menor quantidade de ruído:

- KiTS-00002 contém 969 imagens de um paciente do sexo masculino com 73 anos de idade;
- KiTS-00091 contém 994 imagens de um paciente do sexo masculino com 26 anos de idade;
- KiTS-00141 contém 794 imagens de um paciente do sexo masculino com 52 anos de idade.

Para a formação do modelo 3D são indispensáveis a criação de máscaras no *software InVersalius*, pois são elas que permitem a seleção das áreas anatômicas que

serão utilizadas para criação dos modelos tridimensionais. A seleção das máscaras foi realizada de forma manual utilizando as ferramentas de *watershed* que possui as opções de seleção do objeto, fundo e apagar. Assim que o processo de seleção é finalizado e todas as máscaras e estejam concluídas, as superfícies 3D são criadas e exportadas para o *software Blender*, onde são corrigidos os erros ou deformações no modelo tridimensional. O modelo já ajustado é mostrado na figura 2.

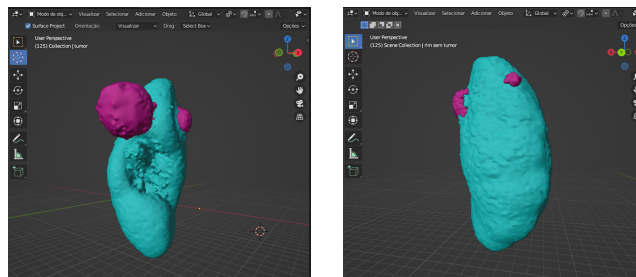


Figura 2: Rim 3D do paciente KiTS-00141

Após a finalização dos ajustes, os modelos 3D dos órgãos foram divididos em duas ou três partes usando o modificador *boolean*. A divisão dos modelos foi realizada pois os órgãos não possuem superfície reta e dessa forma não são necessários o uso de suportes no fatiamento e impressão 3D evitando deformações nos objetos finais. Os objetos 3D após a divisão podem ser observados na Figura 3.

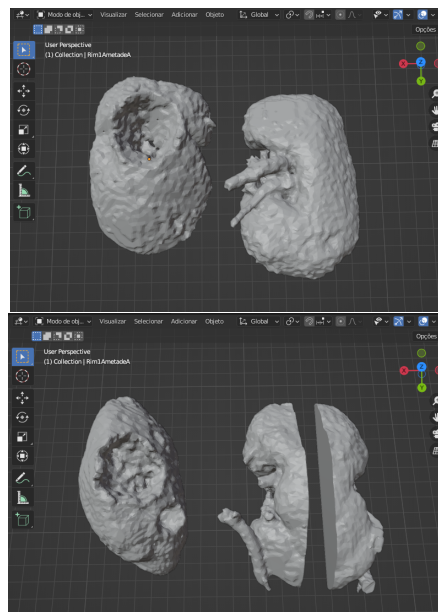


Figura 3: Vista superior no Blender dos rins do paciente KiTS-00002 após a divisão

Na etapa de fatiamento foram definidos alguns parâmetros importantes para a qualidade da impressão: 20% de preenchimento, padrão de preenchimento concêntrico, temperatura de impressão de 235.0°C, temperatura da mesa de 110.0°C, perfil de 0.15mm(normal) e filamento ABS. Na Figura 4 podem ser observados alguns modelos dos órgãos e tumores depois de fatiados na pré-visualização.

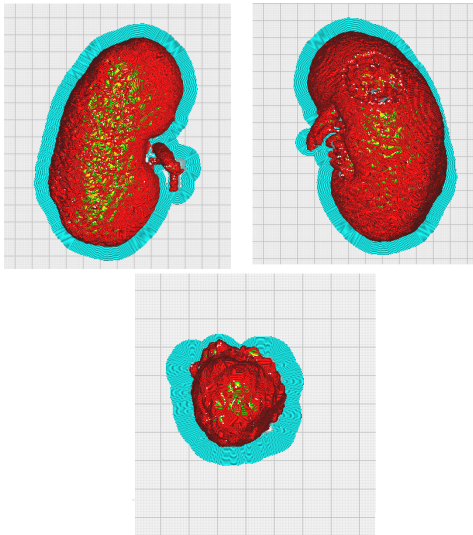


Figura 4: Modelos 3D fatiados no cura

III. RESULTADOS

O tempo de impressão de cada rim foi em média 6 horas e de cada tumor aproximadamente 1 hora, utilizando o filamento ABS. Após o termino da impressão, as peças passaram por uma etapa de pós-processamento, no qual foram removidas as estruturas de suporte e retirados os excessos nas laterais dos modelos. Nas Figuras 5 e 6 a seguir, vê-se o resultado final de algumas impressões 3D.



Figura 5: Protótipos do rim do paciente KiTS-00091



Figura 6: Protótipos do tumor do paciente KiTS-00091

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a impressora 3D em conjunto com softwares médicos e de modelagem 3D são ferramentas capazes de im-

primir objetos no formato de órgãos para auxiliar em ensinos acadêmicos na área da saúde trazendo melhor visualização e entendimento da anatomia humana para os estudantes. Os modelos 3D em tamanho real também possibilitam as equipes médicas definirem uma estratégia eficiente no procedimento cirúrgico com a vantagem de possuir uma visão detalhada de estruturas, órgãos e tecidos em escala real, antecipando riscos e dificuldades que serão enfrentadas posteriormente. Além disso, modelos anatômicos fabricados baseados em imagens de TC de pacientes com tumores trazem para os especialistas facilidade nos casos cirúrgicos de ressecção, observando a particularidade de cada caso e paciente.

V. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação da Universidade Federal do Tocantins.

REFERÊNCIAS

- [1] M. M. Morandini and G. H. D. Vechio, "Impressão 3d, tipos e possibilidades: uma revisão de suas características, processos, usos e tendências," *Interface Tecnológica*, vol. 17, no. 2, 2020.
- [2] B. A. S. Coutinho, "Prótese modular de antebraço com auxílio de impressora 3d," *Monografia (Graduação em Engenharia Mecatrônica)*, CEFET (Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais), Divinópolis, Minas Gerais, Brasil, 2018.
- [3] D. G. Yu, L.-M. Zhu, C. J. Branford-White, and X. L. Yang, "Three-dimensional printing in pharmaceuticals: promises and problems," vol. 97, no. 9. Elsevier, 2008, pp. 3666–3690.
- [4] M. L. Basso, A. M. Gebran, J. D. Oliveira, K. M. Gebran, L. C. Bonatto, and M. C. K. Farah, "Impressão de protótipo tridimensional (p3d) de coração para aplicação na cardiologia pediátrica: Uma experiência inicial," *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, vol. 116, pp. 507–509, 2021.
- [5] G. E. de Aguiar Neto, C. M. F. de Oliveira, P. A. G. dos Santos, K. d. A. S. Bastos, and C. M. T. Veras, "A utilização de biomodelos em 3d no aprendizado da anatomia humana: uma experiência técnica e metodológica," *Research, Society and Development*, vol. 11, no. 14, pp. e388 111 435 207–e388 111 435 207, 2022.
- [6] B. Utiyama, C. Hernandez, T. Senra, M. Gospos, R. Sá, J. Leme, J. Fonseca, E. Drigo, T. Leão, I. Pinto *et al.*, "Construção de biomodelos por impressão 3d para uso na prática clínica: experiência do instituto dante pazzanese de cardiologia," in *Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica*, 2014, pp. 316–9.
- [7] C. J. Mendonça, "Aplicação da tecnologia de impressão 3d no tratamento de fratura coronal do côndilo femoral," Master's thesis, Engenharia Elétrica e Informática Industrial - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Dez 2018.
- [8] J. H. Steck, R. Miquelino, A. L. G. Souza, M. d. F. Gouveia, and J. V. L. d. Silva, "Planejamento de cirurgias complexas em cabeça e pescoço-o uso de modelos tridimensionais," *Rev. bras. cir. cabeça pescoço*, pp. 171–173, 2007.
- [9] N. Wake, T. Rude, M. Stifelman, J. F. Borin, D. K. Sodickson, W. C. Huang, and H. Chandarana, "3d printed renal cancer models derived from mri data: Application in pre-surgical planning," *Abdominal Radiology*, vol. 42, no. 5, p. 1501–1509, 2017.
- [10] C. Mercader, A. Vilaseca, J. L. Moreno, A. López, M. C. Sebastián, C. Nicolau, M. J. Ribal, L. Peri, M. Costa, and A. Alcaraz, "Role of the three-dimensional printing technology in complex laparoscopic renal surgery: a renal tumor in a horseshoe kidney," *International Brazilian Journal of Urology*, vol. 45, no. 6, pp. 1129–1135, 2019.
- [11] N. C. Institute. (2013) The cancer imaging archive. Tomado de <https://www.cancerimagingarchive.net/> (01/09/2023).

- [12] K. Clark, B. Vendt, K. Smith, J. Freymann, J. Kirby, P. Koppel, S. Moore, S. Phillips, D. Maffitt, M. Pringle *et al.*, “The cancer imaging archive (tcia): maintaining and operating a public information repository,” *Journal of digital imaging*, vol. 26, no. 6, pp. 1045–1057, 2013.
- [13] N. Heller, N. Sathianathen, A. Kalapara, E. Walczak, K. Moore, H. Kaluzniak *et al.*, “Data from c4kc-kits [data set],” *The Cancer Imaging Archive*, vol. 10, 2019.