

DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA IMPRESSO EM IMPRESSORA 3D

Francisco A. de Almeida Filho^{1*}, Vivaldo M. dos Santos², Luciana de A. Prudente¹,
André R. de A. Monteiro², Marinez S. de A. Monteiro³ e Hamilta de O. Santos⁴

1 – Centro Universitário Federal Educacional (UniFECAF). 2 – Centro Universitário Estácio. 3 –
Colégio Hélio de Souza. 4 Universidade Paulista (UNIP).

Almeidafilho.fa@gmail.com

RESUMO

A Tomografia Computadorizada teve um grande desenvolvimento desde sua criação, e a nova geração com os tomógrafos helicoidais ou multislices mostram-se responsáveis por diagnósticos cada vez mais precisos. Contudo, o fator dose é uma preocupação no mundo inteiro, uma vez que os equipamentos ainda não atingiram tempos de exposição tão baixos a ponto de não ser prejudicial ao paciente, o que exige que seu uso seja limitado para evitar danos a curto e a longo prazo. Nesse sentido, faz-se necessário treinar o futuro técnico ou tecnólogo no uso cada vez mais eficiente dos equipamentos. Para tanto, a proposta da criação de um gantry tal qual os usados nos equipamentos mais sofisticados com ajuda de softwares já existentes no mercado e impressora 3D, intensifica o desenvolvimento de profissionais na área exclusiva de tomografia computadorizada, que com a ajuda de lasers terá experiência na colimação do feixe de raios X, aprendendo a posicionar o paciente de maneira a obter imagens diagnósticas de alta qualidade, com menor possibilidade de repetição de exames, diminuindo assim, substancialmente, a dose no paciente. Apesar de já existir simuladores semelhantes à venda, o preço é cerca de 6 vezes maior do que o construído numa impressora 3D. Como o gantry é a peça do tomógrafo, a impressão acontece parte por parte como um grande LEGO, que após montado torna-se tão eficiente como qualquer outro simulador à venda no mercado. Este trabalho apresenta o simulador desde a sua idealização e montagem, até a demonstração de simulações que visam o bom atendimento ao paciente e o treinamento de excelência de profissionais da área da Tomografia Computadorizada.

Palavras-chave: Tomografia Computadorizada, impressão 3D, simulador, treinamento

INTRODUÇÃO

A Tomografia Computadorizada passou por diversas modificações em seus equipamentos, falando sobre o desenvolvimento, vamos nos aprofundar nos Tomógrafos Helicoidais ou Multislices.

Os aparelhos de TC convencionais geravam a imagem de cada plano de corte em um procedimento distinto. Assim, o processo de varredura de um determinado órgão era dividido em etapas de aquisição de dados para cada corte, de maneira independente.

A necessidade de menos tempo de varredura, de geração volumétrica de qualidade e de rápida construção promoveu o surgimento dos aparelhos helicoidais de TC. Esses aparelhos contam

com um sistema de aquisição de dados para a geração de imagens idêntico aos anteriores. Porém, no caso do aparelho TC helicoidal, há uma varredura do volume que está sendo examinado em um único ciclo, e após a aquisição dos dados do volume produzem os cortes axiais individuais.

À medida que o tubo de raios X vai girando continuamente em torno do paciente, a mesa movimenta-se longitudinalmente no sentido do eixo Z, mudando automaticamente o ponto de incidência do feixe de raios X em relação ao eixo longitudinal do objeto, sem a necessidade de paradas da mesa para coleta de dados de cada corte axial separadamente. Dada a simultaneidade dos movimentos do tubo de raios X em torno do paciente e do deslocamento contínuo da mesa, do princípio ao final do volume a ser representado o feixe de raios X descreve uma trajetória helicoidal em relação ao paciente¹.

E ainda pensando na velocidade do Tomógrafo Helicoidal, sabemos que está relacionado à velocidade com que o conjunto de tubo-detector gira no interior do *gantry*. Observa-se em alguns equipamentos uma revolução de até 5 segundos. Esse tempo reduzido permitiu novos estudos de tomografia de sincronização cardíaca. Por exemplo, a obtenção de múltiplas imagens por segundo, que permitiu o manuseio em tempo real das imagens de tomografia, abrindo assim, novos horizontes no estudo dinâmico dos vasos e nos procedimentos de biópsias².

A Tomografia Computadorizada, é de grande ajuda para diagnósticos médicos e com equipamentos cada vez melhores, temos melhor aquisição de imagens num pequeno espaço de tempo.

O uso de simuladores para aprendizagem dos discentes, vem crescendo consideravelmente, e foi identificado alguns conceitos muito interessante, por exemplo, os simuladores na prática de ensino, nós percebemos que a simulação permite estudar sistemas complexos de vida real por intermédio de análises de modelos realistas, a fim de obter informações sobre o seu funcionamento e testar algumas suposições para resolução de problemas. Essa simulação pode ser física, ou digital / virtual de maneira que os simuladores e os softwares de simulação computacional podem ser compreendidos como objetos capazes de reproduzir digitalmente uma atividade, com a finalidade de preparar uma pessoa para eventos reais³.

Dessa forma, percebemos a importância da utilização de simuladores de imagem, por exemplo, onde o aluno poderá interagir e visualizar imagens de uma forma real, por esse motivo, a utilização de simuladores é de grande ajuda no aprendizado.

A tomografia computadorizada é uma ferramenta crucial na medicina moderna, permitindo aos profissionais de saúde visualizar detalhes internos do corpo humano de maneira precisa e não invasiva, o que pode levar a diagnósticos mais rápidos e precisos, e assim melhorar significativamente os resultados do tratamento. É essencial que os profissionais técnico e tecnólogo em radiologia que trabalham com tomografia computadorizada compreendam completamente os diferentes posicionamentos necessários para capturar imagens precisas e de alta qualidade, pois isso pode afetar diretamente a qualidade do diagnóstico e a precisão do tratamento a ser prescrito.

A análise cuidadosa das imagens obtidas por meio da tomografia computadorizada é fundamental para identificar anomalias, lesões e outras condições de saúde, permitindo aos médicos e especialistas em radiologia interpretar com precisão as imagens e fornecer um diagnóstico preciso e eficaz. O simulador irá permitir que o aluno tenha condições de

compreender o posicionamento correto e a partir deste posicionamento, será possível simular uma análise de imagem através do software PACS.

O objetivo geral é permitir a prática de estudo por tomografia computadorizada, sendo possível a simulação de posicionamento e alinhamento do cliente no início do exame, como também permitir a simulação de análise imagem pós processamento.

Os objetivos específicos são: conhecer as linhas de colimação da tomografia computadorizada, conhecer os posicionamentos utilizados no exame para diversos protocolos e utilizar um PACS de pós-processamento de imagem para simular a avaliação da imagem após o exame.

MATERIAIS E MÉTODOS

Desde a história, em que vimos a escrita de dados, no contexto evoluindo para o desenho de Nanquim, e depois disso para o AutoCad, até o desenvolvimento do *software* tridimensional. Nesse contexto temos um método que é bastante utilizado na concepção de projetos de Engenharia, entre outras, que é o CAD (*Computer Aided-Design* ou Desenho Assistido por Computador). Esse método consiste de um *software* voltado para o desenho técnico, utilizando diversas ferramentas, para os mais variados fins, alguns softwares possuem programas que funcionam com base no método numérico dos elementos finitos (ou FEM, do inglês *Finite Element Method*), respondendo à aplicação virtual de forças sobre a peça⁴. Por esse motivo, devido a aplicação deste dispositivo, foi escolhido o *software SolidWorks*, que é o mais usual no mercado. O *Solidworks Flow Simulation* é um programa de análise de escoamento, baseado no método numérico dos volumes finitos. Uma aproximação orientada pode permitir ao profissional obter uma razoável performance de sua análise com o projeto sob condições reais⁴.

Visita técnica para medição do aparelho

Foi realizada uma visita técnica numa clínica parceira, para medição do equipamento de tomografia da marca Phillips de 16 canais, conforme figura 1, para base de medidas no croqui, e desenho em software.

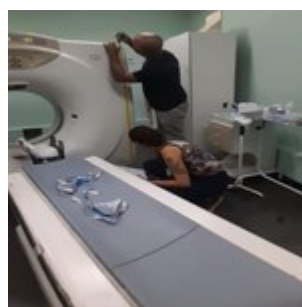


Figura 1 – Fotografias produzidas durante a visita técnica do equipamento de tomografia, especificamente do gantry.

Croqui e Dimensionamento

Após a visita técnica, e a realização dos dimensionamentos do gantry do tomógrafo, foi possível realizar um croqui, dando início à produção do desenho no *software* da impressora. Vide figura 2.

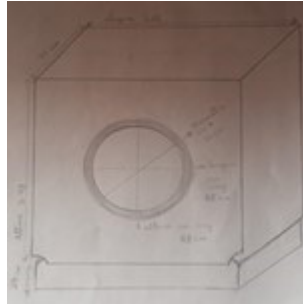


Figura 2 – Croqui baseado no dimensionamento do *gantry* do tomógrafo da clínica parceira.

Escolha do *software SolidWorks*

Com o croqui pronto, foi possível realizar a escolha do software, que foi utilizado para criação do desenho técnico. Vide figura 3.



Figura 3 – *Software SolidWorks*.

Desenho no plano frontal (*Sketch*)

Com base nos parâmetros e dimensionamentos realizados, foi possível realizar o desenho frontal do objeto. Vide figura 4.

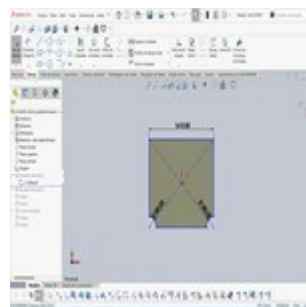


Figura 4 – *Sketch*.

Extrude e forma final

Após finalização do desenho, foi possível dar sequência à impressão do objeto, como visto na figura 5.

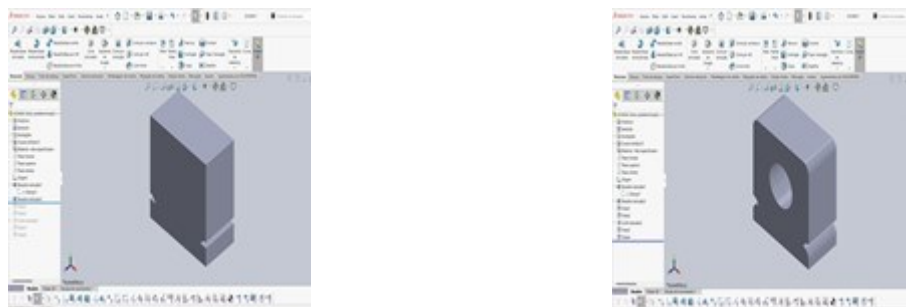


Figura 5 – Imagens produzidas pelo *software SolidWorks*, demonstrando como se dará a impressão final.

Impressora 3D e filamentos PLA (Poliácido Láctico)

A manufatura aditiva (AM), também conhecida como impressão 3D é uma das áreas de tecnologia que mais avançaram nos últimos tempos, representando um conjunto de tecnologias que permite criar objetos utilizando modelos digitais, e rapidamente vem ganhando espaço em diversos setores⁵. Devido a seus resultados técnicos, como controle dimensional, acabamento de superfície e a diversidade de materiais termoplásticos para impressão, o processo de prototipagem FDM (*Fused Deposition Modeling*) é o mais usual, inclusive pelo custo-benefício⁶. (ALAFAGHANI et al., 2017; CHADHA et al., 2019; MAZZANTI; MALAGUTTI; MOLLICA, 2019).

O filamento PLA (Poliácido Láctico) é um polímero comumente utilizado na fabricação de filamentos para processos de impressão 3D. Suas vantagens incluem a biodegradabilidade, proveniente de fontes renováveis como milho e trigo, tornando-o um material ecológico. Além disso, o PLA não requer cama quente, é estável, reciclável e oferece uma impressão mais rápida em comparação com outros materiais. O PLA é amplamente utilizado em aplicações decorativas, arquitetônicas e acessórios para animais de estimação, devido à sua facilidade de impressão e qualidade visual. Em resumo, o PLA é uma escolha popular para iniciantes na impressão 3D devido à sua facilidade de uso e propriedades ecológicas, embora suas limitações devam ser consideradas para aplicações específicas⁷.

A estrutura morfológica do PLA é um material semicristalino ou amorfo, que tem características tais como biocompatibilidade, biodegradabilidade, e absorção biológica. O PLA é de fácil processabilidade em equipamentos do tipo impressoras 3D, tem boa estabilidade dimensional de peças impressas, além de estabilidade térmica, e baixo impacto ambiental. (CARRASCO et al., 2010a; DE ARAÚJO; AGRAWAL1; DE MÉLO, 2015). A figura 6 apresenta a impressora utilizada neste estudo, bem como o filamento PLA antes do uso.

Figura 6 – (a) Impressora do tipo (b) Filamento de PLA.	

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para conclusão do desenvolvimento do protótipo, foi necessário seguir algumas etapas importantes, as quais são mencionadas a seguir:

Carregamento do desenho

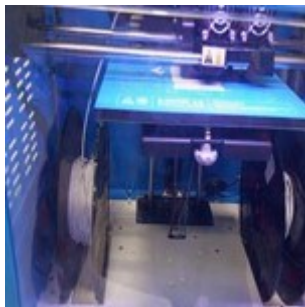
Após as etapas de criação do croqui e desenho 3D, carregamos a imagem diretamente no *software* da impressora, para preparar o objeto para impressão. Vide figura 7.



Figura 7 – Impressão baseada no desenho preparado pelo *software*.

Início da impressão

Iniciamos a impressão do objeto (figura 8), camada por camada, primeiramente aquecendo o filamento termoplástico até um estado fundido e viscoso, depois o filamento foi extrusado por um bico de injeção, que depositou o material sobre uma plataforma aquecida. O tempo de execução do procedimento foi de aproximadamente 02h19.



(a)



(b)

Figura 8 – Impressão em andamento (a) e (b)

Protótipo finalizado

Após a finalização de todas as camadas, foi possível concluir a impressão do protótipo do Simulador, conforme figura 9.



(a)



(b)

Figura 9 – Protótipo. (a) Vista frontal. (b) Vista lateral.

CONCLUSÕES

Neste trabalho, foram realizadas visitas técnicas, para identificarmos as medidas de um tomógrafo, e análises de como funciona uma impressora 3D, e seus tipos de filamentos, assim como foi importante o conhecimento referente ao filamento de PLA, que foi utilizado para impressão do nosso protótipo, revisamos literatura e aprendemos a utilização de softwares, para realizar os desenhos técnicos, e assim conseguirmos concluir a impressão do protótipo.

Através dessa Iniciação foi possível concluir que realmente podemos fazer a criação de um Simulador de Tomografia Computadorizada em Impressora 3D.

REFERÊNCIAS

1. MOURAO, A. P. Tomografia Computadorizada. Tecnologia e informações, 2a edição, capítulo 2, ano 2018.
2. NOBREGA, A. I. Técnica de imagem por tomografia computadorizada. Ano: 2014.
3. CELESTINO, M. S.; NOGUEIRA VALENTE, V. C.P. Aplicabilidade e benefícios de softwares e simuladores em processo de ensino – aprendizagem. ETD: Educação Temática Digital, vol. 23, nº 4, ano: 2021.
4. AMARAL, R. D. C; FILHO, A. C. P. A Evolução do CAD e sua Aplicação em Projetos de Engenharia. Nono Simpósio de Mecânica Computacional. 26 a 28 de maio de 2010.
5. AL RASHID, A. Additive manufacturing: Technology, applications, markets, and opportunities for the built environmentAutomation in ConstructionElsevier B.V., 1 out. 2020.
6. ALAFAGHANI, A. Experimental Optimization of Fused Deposition Modelling Processing Parameters: A Design-for-Manufacturing Approach. Procedia Manufacturing, v. 10, p. 791–803, 2017.
7. ACRILATO, E. Tenacificação do Poli (Ácido Lático) pela Adição do Terpolímero Toughening of Polylactide by Melt Blending with an. v. 22, p. 164–169, 2012.

DEVELOPMENT OF A COMPUTERIZED TOMOGRAPHY SIMULATOR PRINTED ON A 3D PRINTER

ABSTRACT

Computed Tomography has had great development since its creation, and the new generation with helical or multislice tomographs are responsible for increasingly precise diagnoses. However, the dose factor is a concern worldwide, since the equipment has not yet have exposure times so low as to not be harmful to the patient, which requires their use be limited to avoid short- and long-term damage. In this sense, efficient training of the future is necessary technician or technologist in the use of this equipment. To this end, the proposal to create a gantry, just like those used in the most sophisticated computed tomography equipment, with the help of software already existing in the market and printed on a 3D printer, intensifies the development of professionals in the exclusive area of tomography computerized. With the help of lasers, this professional will gain experience in collimating the X-ray beam, learning to position the patient in order to obtain high-quality diagnostic images, with less possibility of repeat exams, thus substantially reducing the dose to the patient. Although there already exists similar simulators on sale, the price is about 6 times higher than that built into a printer 3D. As the gantry is the part of the tomograph, the printing takes place part by part like a large LEGO, which, once assembled, becomes as efficient as any other simulator on the market. This work presents the simulator from its conception and assembly, to the demonstration of simulations aimed at good patient care and excellent training of professionals in the Tomography field Computerized.

Keywords: *Computed Tomography, 3D printing, simulator, training*