INTERFACE TECNOLÓGICA

IMPRESSÃO 3D COMO TECNOLOGIA EMERGENTE: estudo de conceitos essenciais, hardwares, softwares e aplicações na área médica

3D PRINTING AS EMERGING TECHNOLOGY: study of essential concepts, hardware, software and applications in the medical field.

Bruno Henrique de Paula – brunohpaula1995@gmail.com
Gustavo Henrique Del Vechio – gustavo.vechio@fatectq.edu.br
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – São Paulo – Brasil

DOI: 10.31510/infa.v17i1.767

RESUMO

A impressão 3D é uma tecnologia empregada em diversas áreas, seja para a produção de brinquedos ou equipamentos industriais, até o desenvolvimento de próteses e órteses complexas. Este estudo procura compreender melhor as bases dessa tecnologia, assim como apresenta especificações de *hardware* e *software* para seu uso (modelagem e impressão). Em seguida, o estudo demonstra como a impressão 3D é utilizada na prática em procedimentos modernos, relatando, como exemplo, um caso raro de uma cirurgia para separação de crânios de duas irmãs siamesas, realizada no Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto-SP, em que modelos tridimensionais foram essenciais no sucesso dos procedimentos médicos. O que se verifica, a partir deste estudo, é que a impressão 3D é uma tecnologia emergente para a produção de objetos físicos (como brinquedos, ferramentas e até membros para o corpo), bem como pode servir até mesmo de auxílio no sucesso de operações complexas.

Palavras-chave: Impressão 3D. Modelagem 3D. Simulação 3D. Tecnologia emergente.

ABSTRACT

3D printing is a technology used in several areas, whether for the production of toys or industrial equipment, even the development of complex prostheses and orthoses. This study seeks to better understand the bases of this technology, as well as presenting hardware and software specifications for its use (modeling and printing). Then, the study demonstrates how 3D printing is used in practice in modern procedures, reporting, as an example, a rare case of surgery to separate the skulls of two Siamese sisters, performed at the Hospital das Clínicas in Ribeirão Preto-SP, in that three-dimensional models were essential in the success of medical procedures. What can be verified, from this study, is that 3D printing is an emerging technology for the production of physical objects (such as toys, tools and even members for the body), as well as it can even assist in the success of operations complex.

Keywords: 3D printing. 3D modeling. 3D simulation. Emerging technology.

1 INTRODUÇÃO

Este estudo tem o objetivo de compreender a tecnologia da impressão 3D, utilizada cada vez mais na fabricação de objetos e equipamentos para diversas áreas da ciência e do mercado. Busca, neste sentido, explicar o que é a impressão 3D, apresentar um breve histórico de sua evolução, os *softwares* e requisitos de *hardware* recomendados para a realização de modelagem e impressão 3D, além de demonstrar como esta tecnologia pode ajudar no sucesso de procedimentos complexos, voltando-se, neste caso, a um exemplo médico.

Para alcançar este objetivo, a metodologia do estudo se define, primeiramente, pela revisão de livros, revistas e matérias especializadas, a fim de analisar certos conceitos essenciais da modelagem e impressão 3D. Em seguida, para demonstrar como a impressão 3D pode ser uma aliada em aplicações e procedimentos modernos, o trabalho volta-se a uma área científica em específico, de escolha intencional dos pesquisadores, que é a médica, relatando um caso real em que simulações e impressões tridimensionais ajudaram no sucesso de uma operações complexa para separação de crânio de duas irmãs siamesas, ocorrida no Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto-SP em 2018. Sem a impressão 3D, tal procedimento teria mais dificuldades em ser concluído, além de chances reduzidas de sucesso.

O estudo se justifica por verificar que a tecnologia de impressão 3D já é uma realidade acessível a profissionais de diferentes setores, incluindo a área médica, que se beneficia deste recurso de inúmeras formas, em favor da saúde e da sobrevivência humana.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A evolução da impressão 3D

A impressão 3D é uma tecnologia que tem conquistado considerável espaço no mercado, tanto nas empresas dos mais variados segmentos quanto nos lares dos consumidores. Em uma busca por esse tipo de recurso no Google, é possível notar a enorme quantidade de modelos, dos mais variados preços e tamanhos, que estão disponíveis para aquisição. Há modelos menores, que custam algumas centenas de reais, enquanto um modelo

mais profissional e de última geração, tal como o *Stratasys F370*, pode chegar ao montante de quase 665 mil reais.[1]

Embora a impressão 3D esteja em ascensão, Kastner (2018) observa que esta não é uma tecnologia tão recente, isto é, cuja gênese encontra-se nestes últimos anos. Pelo contrário, seu surgimento remonta a década de 1980, quando os primeiros protótipos começaram a ser formulados e testados. Mais especificamente, a primeira impressora 3D, chamada SLA-1 (*Stereolithograpgy*), foi criada pelo engenheiro norte-americano Chuck Hull em 1984, sendo patenteada em 1986. De acordo com Colpani (s.d.), esse engenheiro, nos anos seguintes, fundou a empresa "3D Systems Corp.", que é atuante até hoje, sendo, inclusive, referência no segmento. O primeiro objeto impresso em 3D pela empresa foi uma lâmpada à base de resina.

Na década de 1990, muitos aperfeiçoamentos em *hardware* e *software* levaram a tecnologia de impressão 3D a um novo patamar, com destaque para os avanços na pesquisa médica quanto a geração de próteses e órteses para auxiliar pacientes com diversas enfermidades. A partir de 2010, a impressão 3D, em maior escala, passou a ser uma realidade para muitos segmentos, tendo sua relevância desde a produção de brinquedos até peças para carros. É incrível imaginar, como descreve Kastner (2018), que alguns laboratórios científicos já se dizem aptos a realizar até mesmo a impressão 3D de ossos humanos!

É de se notar, entretanto, que o investimento para ter acesso a essa tecnologia, sobretudo tratando-se da produção de objetos de alta precisão, ainda é alto (vide exemplo da impressora *Stratasys F370*). De acordo com uma matéria no site Wishbox Technologies (CONHEÇA..., s.d.), o engenheiro Chuck Hull avaliou que as impressões 3D demorariam entre 25 a 30 anos para se tornarem acessíveis ao público, sobretudo por conta dos altos custos (nos anos de 1990, uma impressora de alta precisão poderia alcançar mais de um milhão de dólares). Com o tempo, entretanto, o custo está diminuindo enquanto o *hardware* e a precisão estão melhorando. Hoje, algumas empresas, como a General Motors e a Mercedes-Benz, já incorporam essa tecnologia a seus processos, o que demonstra o quanto tais equipamentos possuem o potencial de revolucionar muitos dos atuais processos de produção.

[1] Vide cotação no site da Americanas, de abril de 2020: https://bit.ly/2ULYUeM.

2.2 Bases da impressão 3D

A impressão 3D é baseada em objetos ou modelos desenhados tridimensionalmente no computador, a partir de um processo conhecido por modelagem (MUSSE, 2017). Diversos *softwares* podem ser utilizados para este trabalho: exemplos incluem o zBrush, Autodesk Maya, Autodesk 3D's Max, PPT GUI ou Blender (estes dois últimos são *open source* – programas de código aberto aos desenvolvedores).

O sucesso em uma impressão 3D depende da complexidade com que o objeto tridimensional é desenhado. É importante compreender que todo objeto 3D é baseado em formas geométricas poligonais que, juntas, formam seus detalhes (ou seja, os polígonos são o menor elemento de uma forma 3D). Na prática, quanto mais polígonos são usados, maior a complexidade do objeto e, consequentemente, maior a necessidade de processamento por parte do computador, ou de precisão por parte da impressora.

Também é preciso destacar que os objetos tridimensionais sofrem incidência de uma ou mais luzes da cena (dando-lhes, assim, aspecto 3D), as quais precisam ser calculadas com precisão pelo computador. Para gerar a representação 3D, o computador precisa realizar todos esses cálculos, em um processo chamado renderização.

Logo, em termos de *hardwares* e *softwares*, para se conseguir um bom desempenho no desenvolvimento de modelos tridimensionais (o que pode incluir a animação dos objetos em simulações e a precisão para impressão 3D), é preciso ter, sobretudo, um equipamento com um bom processador, memória RAM e placa de vídeo dedicada. Algumas informações podem ser relevantes neste tipo de configuração:

- O tempo de renderização de um modelo ou cena 3D depende da velocidade do processador e de memória RAM disponível no equipamento, tendo com base a complexidade do respectivo modelo (sua quantidade de polígonos). É preciso se atentar ao custo de cada peça, afinal, uma memória RAM DDR4 é mais rápida e se comunica com os demais componentes de forma mais eficaz; no entanto, o custo desta tecnologia também é elevado (como exemplo, no tempo em que este estudo é realizado, uma placa de 16 GB de memória RAM DDR4 tem um custo médio de

R$399,90).[2] Aplicativos dedicados à modelagem 3D, tais como o zBrush e o Autodesk Maya, recomendam a média de 8 GB de memória RAM.

- Com relação ao processador, é muito importante avaliar sua quantidade de núcleos, pois uma quantidade superior assegura mais velocidade de processamento (*clock*); este é um fator importantíssimo para fins de renderização, isto é, de cálculo dos milhares de polígonos que um modelo 3D pode se basear. O software Autodesk Maya, por exemplo, recomenda o uso de um processador Intel ou AMD Multi-Core de 64 bits. Estes processadores podem ter de 2 até 64 núcleos, com uma memória *cache* de até 288 MB, podendo chegar (com técnicas de *overclock*) a até 4.5GHz de frequência, o que otimiza ainda mais a velocidade de processamento.
- Já a placa de vídeo, outra peça importantíssima do conjunto, deve ser dedicada e ter a capacidade de processar, com rapidez, cada aspecto do modelo tridimensional. As configurações recomendadas, de acordo com a Autodesk,[3] incluem modelos como a placa NVIDIA GeForce RTX 2080Ti, que tem arquitetura Turing, memória GDDR6 com 11264 MB de capacidade e uma velocidade de *clock* de 14000 MHz; ou ainda uma placa AMD Radeon Pro WX 820, com arquitetura Vega, memória HBM2 com a média de 8 GB de capacidade e 3584 processadores de fluxo.

É interessante observar que embora as configurações recomendadas não sejam exatamente a de um computador com valores econômicos, tais dispositivos são, por certo, acessíveis a muitos profissionais de diferentes segmentos. Ou seja, o que se quer dizer é que, atualmente, não é preciso um supercomputador acessível apenas a grandes corporações para se trabalhar com modelagem e renderização de objetos 3D.

Quando se trata da impressão de um modelo tridimensional, é importante observar, de acordo com Lacerda (s.d.), que existem 4 passos específicos: em primeiro lugar, é necessário realizar a modelagem 3D, e para isso, podem ser usados vários aplicativos, incluindo os já citados zBrush, Autodesk Maya, Autodesk 3Ds Max e o Blender. O segundo passo consiste em exportar o objeto e enviá-lo para um aplicativo como o Cura 3D ou Slic3r, responsáveis pelo fatiamento da peça: ou seja, o aplicativo subdivide o modelo em partes menores, atribuindo uma ordem específica de partes para a impressão.

[2] Como exemplo, vide cotação no site da Amazon.com, de abril de 2020: https://amzn.to/2xSfEba.
[3] Como exemplo, vide recomendações para o software Autodesk Maya em: https://autode.sk/2JLkiKZ.

Já o terceiro passo é a impressão em si, cuja complexidade depende muito da quantidade de polígonos do modelo, e, por certo, o nível de precisão do equipamento impressor. Por fim, o quarto e último passo consiste no acabamento da peça, que pode envolver certos processos manuais, como a retirada de excesso de material, polimento etc.

Entendidos os conceitos essenciais de modelagem e impressão 3D, bem como aspectos de *hardwares*, softwares e etapas para impressão, pode-se agora direcionar o estudo a uma área científica em específico, a fim de verificar o potencial de utilização desta tecnologia. Para este estudo, escolheu-se a área médica, a qual é abordada a seguir.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A modelagem tridimensional, como evidenciado por Tronco (2016), atualmente já é bastante utilizada na área médica, dada sua capacidade de produzir próteses, implantes, e modelos anatômicos, além de modelos complexos que simulam faces humanas (figura 1), estruturas ósseas, peles, tecidos cutâneos, olhos e outras características da estrutura corpórea, podendo ser aproveitadas em diversos procedimentos acadêmicos e clínicos. Aliás, de acordo com Matozinhos *et al.* (2017, p. 152), com o potencial em produzir medicamentos, uma impressora 3D poderia ajudar a formular pílulas melhoradas, capazes de incluir vários ingredientes ativos para pacientes com doenças crônicas: isto seria um avanço porque tais pacientes poderiam ter seus medicamentos impressos em doses precisas e personalizadas

Figura 1 - Exemplo de modelagem 3D de uma face humana.



Fonte: Tronco (2016).

Com relação às próteses, Lacerda *et al.* (2020, p. 2) avaliam que muitos cirurgiões poderiam, com o passar do tempo, criar membros tridimensionais ainda melhores para pacientes que sofrem traumas como amputações, ou ainda aqueles com mobilidade prejudicada, devolvendo a eles a autonomia que tinham antes de sofrerem lesões ou acidentes.

Como exemplo, Lacerda *et al.* (2020, p. 4) citam o neurocirurgião brasileiro, Dr. Joel Teixeira, que faz parte do grupo do Hospital das Clínicas e do Hospital Alemão Oswaldo Cruz, na cidade de São Paulo-SP, que já está desenvolvendo protótipos de colunas a partir de tomografias computadorizadas, cujos modelos e peças tridimensionais gerados permitem um tratamento muito mais personalizado e efetivo aos pacientes.[4]

A modelagem e impressão 3D possibilitam não apenas estudar e entender melhor o funcionamento de cada componente do corpo humano, mas também realizar simulações e prever, inclusive, o resultado de uma operação antes dos procedimentos serem realizados. Coutinho *et al.* (2018, p. 22) citam que uma cirurgia pode ser melhor planejada caso uma simulação 3D seja feita antes do processo real; os cirurgiões podem, a partir da simulação, realizar as operações com maior taxa de sucesso, prevendo, com antecedência, possíveis problemas ou ainda percalços como o contato excessivo do paciente à bactérias e infecções.

Um exemplo desta perspectiva abordada Coutinho *et al.* (2018, p. 22) é o caso raro de uma cirurgia para separação de crânio de duas irmãs siamesas, realizada no ano de 2018 no Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto-SP, interior de São Paulo (até o momento, procedimento inédito no Brasil e na América Latina). De acordo com Tiengo e Figueiredo (2018) e de informações no portal do Governo do Estado de São Paulo (HOSPITAL..., 2018), a cirurgia envolveu dezenas de profissionais e contou com a presença do cirurgião estadunidense James Goodrich, que já foi o responsável por outras cirurgias desta natureza. O interessante deste caso é que Goodrich trouxe, consigo, várias amostras tridimensionais de outras cirurgias que ele havia realizado, a fim de ajudar neste novo procedimento. Mas, devido ao alto grau de dificuldade, a equipe responsável pela cirurgia encomendou a alguns

[4] É evidente que, mesmo com os avanços dessa tecnologia, seu uso ainda enfrenta várias barreiras: a principal delas, por certo, é o custo elevado dos modelos, que precisam combinar diferentes matérias primas para a produção de peças resistentes. Logo, como complementam Lacerda *et al.* (2020, p. 5), hoje nem todos os institutos de pesquisa ou centros de tecnologia têm tais tecnologias tão acessíveis.

especialistas da USP de Ribeirão Preto-SP novos modelos 3D, a fim de realizar o máximo possível de simulações, antes de qualquer procedimento real (figura 2).

Antes da cirurgia, as irmãs siamesas também passaram por certos exames, com destaque para uma ressonância magnética, para que pudessem ser gerados moldes tridimensionais dos vasos sanguíneos das pacientes. Uma matéria no site do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto-SP (HC..., 2018) informa, ainda, que o crânio e o cérebro das pacientes foram desenhados tridimensionalmente, para que, em seguida, um molde em acrílico pudesse ser impresso e servir de referência para os procedimentos cirúrgicos. Foi somente com todos esses moldes e simulações que a equipe pode treinar e planejar com cautela a cirurgia para, enfim, se dedicar à realização da cirurgia médica.

Na prática, todo o corpo clínico passou por meses de treinamentos no *campus* da USP de Ribeirão Preto-SP, em que puderam realizar ressonâncias magnéticas, tomografias especializadas, além de simulações com o suporte desses modelos tridimensionais impressos. No total, 8 modelos de diferentes aspectos do corpo das pacientes foram impressos, incluindo o próprio crânio, que de acordo com Neto e Cunha (2018), foi impresso em tamanho real.

Figura 2. Protótipos desenvolvidos pela equipe do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto.



Fonte: Tiengo e Figueiredo (2018).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cirurgia para separação de crânio das duas irmãs siamesas ocorreu em 5 etapas entre os dias 17 de fevereiro e 28 de outubro de 2018: foram, na prática, 5 dias que totalizaram mais de 43 horas de operação. As chances de sobrevivência das pacientes eram baixas, o que se

tornou, com o passar das horas de operação, um desafio ainda maior para os cirurgiões e, por certo, motivo de muito orgulho ao final dela.

Gomes (2018) argumenta que crianças siamesas são raras no mundo; a média é de uma criança em 2 milhões nascer com estas características. Logo, com o sucesso desta cirurgia, a primeira do tipo no Brasil e na América Latina, o Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto-SP se tornou uma referência, demonstrando um avanço e novos caminhos para a medicina brasileira (HC..., 2018). Interessa a este estudo destacar a enorme importância que a modelagem e a impressão 3D tiveram neste processo: sem as simulações e impressões, o planejamento e a execução dos procedimentos cirúrgicos seriam muito mais complexos de serem realizados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modelagem e a impressão 3D são tecnologias que estão se tornando necessárias e acessíveis a diversas áreas científicas, incluindo o campo médico, escolhido neste estudo. Desde os primeiros modelos de impressora, concebidos há algumas décadas, o preço dos equipamentos está caindo enquanto a precisão está aumentando. O mesmo pode ser verificado em *hardwares* (cada vez mais rápidos e mais acessíveis) e *softwares*, que, inclusive, já contam com opções *open source*.

Na área médica, os recursos tridimensionais tendem a ser mais usados: com a modelagem 3D, é possível criar estruturas físicas ou corpóreas completas, podendo-se, assim, realizar inúmeras simulações e testes antes mesmo de iniciar qualquer procedimento cirúrgico real. Além disso, em termos de impressão 3D, impressoras de alta qualidade e novos materiais para impressão tornam-se aliados no criação de órteses e próteses de alta qualidade e resistência. Quem sabe, no futuro, impressoras de alta complexidade possam estar acessíveis e imprimam, a um custo baixo, ossos, tecidos e outros membros em substituição a membros deficientes de um corpo. Ao que tudo indica, esta não é uma tecnologia inatingível; pelo contrário, com a velocidade acelerada de avanços tecnológicos, talvez a medicina esteja mais próxima destes recursos do que se imagina.

REFERÊNCIAS

COLPANI, Janaína. Uma história de sucesso: descubra como surgiu a impressora 3D. **Blog da PrintWayy**, s.d. Disponível em: < https://bit.ly/2WxNNJc >. Acesso em: 12 mar. 2020.

CONHEÇA Chuck Hull: o criador da impressora 3D. **Wishbox Technologies**, s.d. Disponível em: < https://bit.ly/2KIeQLi >. Acesso em: 18 mar. 2020.

COUTINHO, Gustavo K. B.; SILVA FILHO, Erivan T.; VIEIRA JUNIOR, Jonas P.; JALES, Mateus M.; COUTINHO, Karilany D.; NAGEM, Danilo A.; GUERRA NETO, Custódio L. B.; HÉKIS, Hélio R.; VALENTIM, Ricardo A. M. Modelagem e tecnologias 3D (CAD CAM) aplicada à saúde: uma revisão sistemática. IN: COUTINHO, Karilany D.; GUERRA NETO, Custódio L. B.; NAGEM, Danilo A. P.; HÉKIS, Hélio R.; VALENTIM, RICARDO A. M. (orgs). **Tecnologia 3D na saúde**: uma visão sobre órteses e próteses, tecnologias assistivas e modelagem 3D. Natal: SEDIS-UFRN, 2018. Disponível em: < https://bit.ly/34fFW3m >. Acesso em: 6 abr. 2020.

GOMES, Pedro. Para Estado, HC de Ribeirão Preto passa a ser referência em separação de siamesas. **Revide**, 9 nov. 2018. Disponível em: < https://bit.ly/2XiCpjw >. Acesso em: 18 mar. 2020.

HC conclui, com sucesso, segunda cirurgia das siamesas. **Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP**, s.d. Disponível em: < https://bit.ly/2JLfaGJ >. Acesso em: 19 mar. 2020.

HOSPITAL das Clínicas de Ribeirão Preto realiza cirurgia inédita em gêmeas siamesas. **Portal do Governo do Estado de São Paulo**, 8 nov. 2018. Disponível em: < https://bit.ly/2x18Yrx > Acesso em: 19 mar. 2020.

KASTNER, Guilherme. História e conceito da impressão 3D. **Dicas do Kastner**, 2 abr. 2018. Disponível em: < https://bit.ly/2XClCs2 >. Acesso em: 3 abr. 2020.

LACERDA, Tayla F.; Romanielo, Ana F. R.; GOMES, Susana M.; SOUZA, Joyce K. L.; CARVALHO, Viviana C. S.; MACHADO, Lara C. S.; CHAVES, Ana C. H.; MARTINS, Ana C. L. **Aplicabilidade da impressora 3D na prática médica contemporânea**. Brazilian Journal of Health Review, Curitiba, v. 3, n. 1, jan. - fev. 2020. Disponível em: < https://bit.ly/2yFhDQP >. Acesso em: 6 abr. 2020.

LACERDA, Daniel. Fatiadores 3D: conheça os 3 softwares mais utilizados do mercado**. 3D Lab**, s.d. Disponível em < https://3dlab.com.br/fatiadores-3d/ >. Acesso em: 6 abr. 2020.

MATOZINHOS, Isabela P.; MADUREIRA, Angélica Ap. C.; SILVA, Gabriel F.; MADEIRA, Glícia C. C.; OLIVEIRA, Isabel F. A.; CORRÊA, Cristiane R. **Impressão 3D**: inovações no campo da medicina. Revista Interdisciplinar Ciências Médicas, Minas Gerais, vol. 1, 2017. Disponível em: < https://bit.ly/34css8E >. Acesso em: 6 abr. 2020.

MUSSE, Soraia. **Modelagem de objetos**. Escola Politécnica da PUC-RS, 2017. Disponível em: < https://bit.ly/34gRYd2 >. Acesso em: 3 abr. 2020.

NETO, Raul F. CUNHA, Ana. Simuladores clínicos contribuíram para o sucesso na separação das gêmeas siamesas em Ribeirão Preto. **Supera**, 26 nov. 2018. Disponível em: < https://bit.ly/2X9K6a1 >. Acesso em: 19 maio 2020.

TIENGO, Rodolfo; FIGUEIREDO, Thaísa. HC realiza última cirurgia de separação de siamesas unidas pela cabeça em Ribeirão Preto, SP. G1, 27 out. 2018. Disponível em: < https://glo.bo/2yIhkEP >. Acesso em: 20 mar. 2020.

TRONCO. Giordano. FISL 17: software livre ajuda a criar próteses 3D para humanos e animais. **TechTudo**, 15 jul. 2016. Disponível em < https://glo.bo/2JMKdC2 > Acesso em: 19 mar. 2020.