

## CONTRIBUIÇÕES DO DESIGN E DA IMPRESSÃO 3D PARA A ÁREA MÉDICA

Vital Toshio Yasumaru (IC) e Luís Alexandre Fernandes Ogasawara (Orientador)

**Apoio: PIVIC Mackenzie**

### RESUMO

As aplicações médicas para impressão 3D estão se expandindo rapidamente e espera-se que revolucionem a área da saúde. Na medicina pode trazer muitos benefícios, incluindo: a personalização de produtos médicos, produtividade aumentada, melhoria qualitativa das cirurgias, diminuição do tempo de cirurgia, design e fabricação de produtos e próteses. Nos últimos anos, a prototipagem rápida tem sido usada para construir modelos anatômicos altamente precisos a partir de dados de varredura médica. Esses modelos provaram ser uma ajuda valiosa no planejamento de cirurgias reconstrutivas complexas. E é neste cenário que se insere o designer. Importante ator nas etapas de planejamento de desenvolvimento de modelos físicos impressos, tanto de protótipos de dispositivos médicos, como de biomodelos utilizados em planejamentos pré-cirúrgicos.

**Palavras-chave:** design, impressão 3d, medicina

### ABSTRACT

Medical applications for 3D printing are rapidly expanding and are expected to revolutionize healthcare. In medicine, it can bring many benefits, including: personalization of medical products, increased productivity, qualitative improvement of surgeries, shortening surgery time, design and manufacture of products and prostheses. In recent years, rapid prototyping has been used to construct highly accurate anatomical models from medical scan data. These models have proven to be a valuable aid in the planning of complex reconstructive surgeries. And it is in this scenario that the designer enters. An important actor in the planning stages of development of printed physical models, both prototypes of medical devices and biomodels used in pre-surgical planning.

**Keywords:** design, 3d printing, medicine

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a tecnologia de impressão em 3D alcançou nível de qualidade que há algumas décadas eram impensáveis. Tamaña evolução chegou à área médica e pode trazer benefícios aos pacientes, médicos, hospitais e ao sistema de saúde como um todo.

Neste contexto insere-se um novo profissional e uma nova tecnologia e, por consequência um novo equipamento e diversas possibilidades técnicas a serem exploradas no campo da medicina, que envolve o campo do Design e a impressora 3D.

A impressão 3D, também conhecida como manufatura aditiva, oferece novas possibilidades para a comunidade médica, com benefícios para desenvolvedores de dispositivos médicos e provedores de cuidados de saúde. Ele faz isso evitando os métodos tradicionais de fabricação, substituindo-os por uma tecnologia de impressão 3D mais rápida e menos onerosa, adequada para personalização. Permite a criação de formas complexas, em múltiplas cores e texturas, que não podem ser moldadas ou usinadas.

“Rápido” na impressão 3D significa que um produto pode ser fabricado dentro de algumas horas. Isso torna a tecnologia de impressão 3D muito mais rápida do que os métodos tradicionais de fabricação de próteses e implantes, que exigem fresagem, forjamento e longo prazo de entrega. Além da velocidade, outras qualidades, como resolução, precisão, confiabilidade e repetibilidade das tecnologias de impressão 3D, também estão melhorando. (VENTOLA, 2014, p.706)

Neste contexto, o designer encontra diante de si novos desafios e seu trabalho mostra-se cada vez mais multifacetado frente à complexidade envolvida nos procedimentos cirúrgicos. Protótipos e modelos em 3 dimensões de objetos do dia-a-dia dão lugar a modelos 3D de órgãos humanos, de tumores, fraturas, entre outras dificuldades encontradas em procedimentos cirúrgicos. Equipamentos outrora comuns aos designers como impressoras à jato de tinta e scanners de mesa dão lugar à impressora 3D e a máquinas de tomografia computadorizada. Assim como os equipamentos, vale lembrar que os softwares também são outros, ou seja, uma nova curva de aprendizado surge ao profissional.

Sob o olhar do Design como atividade projetual, sistematizado e conhecido em outros ramos de atividade, surge uma inquietação de como se configura o trabalho do designer, onde e como este profissional se enquadra junto à equipe multidisciplinar que o cerca.

Com o objetivo de investigar as contribuições do Design e da impressão 3D para a área médica, o presente estudo baseou-se em uma estratégia metodológica de natureza teórica, do tipo exploratório, por meio de pesquisa e revisão bibliográfica. Foi adotado o método de pesquisa qualitativo, considerado o mais apropriado para o tipo de análise

proposto. A fim de proporcionar melhor entendimento quanto aos métodos, cabe contextualizar o tipo de pesquisa eleito.

Como citado anteriormente, o tipo de pesquisa deste trabalho é o exploratório, pois segundo Vergara (2009) e Andrade (2003) é o que melhor se enquadra em casos em que há pouco conhecimento sistematizado. Deste modo, a pesquisa bibliográfica constitui-se como passo inicial para outras pesquisas, bem como uma avaliação dos trabalhos publicados sobre o tema.

## **DESENVOLVIMENTO DO ARGUMENTO**

Há três décadas, nascia a tecnologia que hoje chamamos de impressão 3D. Charles Hull, em 1984, mais tarde fundador da empresa 3D Systems, inventa um processo inovador chamado estereolitografia, que é um processo de impressão que permite a obtenção de um objeto tangível a partir de dados digitais. Essa tecnologia é utilizada para criar um modelo 3D a partir de uma imagem em duas dimensões e permite aos usuários testar o design/projeto de um objeto antes de se investir em um grande programa de manufatura (GRYNOL, 2013).

Nos anos 90, com a tecnologia ainda em ascensão e pouco disseminada, uma impressora 3D (hoje considerada obsoleta) custava na ordem de 1 milhão de dólares. Segundo Grynol (2013), esta tecnologia ainda estava em sua infância e não eram perfeitas; ocorriam deformações no modelo à medida que este era impresso e as máquinas eram proibitivamente caras, mas seu potencial era inegável. Décadas depois, a história da impressão 3D mostrou que esse potencial ainda está se desenrolando.

Uma década depois, meados do ano 2000, o primeiro órgão humano impresso em 3D foi implantado em seres humanos. Cientistas do Wake Forest Institute for Regenerative Medicine imprimiram partes sintéticas de uma bexiga humana e depois os revestiram com as células de pacientes humanos. O tecido recém-gerado foi então implantado nos pacientes, com pouca ou nenhuma chance de que seus sistemas imunológicos os rejeitassem, pois eram feitos de suas próprias células (GOLDBERG, 2014).

Para a medicina esta foi uma grande década na história da impressão 3D. Em apenas 10 anos, cientistas de diferentes instituições e empresas de tecnologia e inovação fabricaram um rim funcional em miniatura, construíram uma perna protética com componentes complexos que foram impressos dentro da mesma estrutura e imprimiram os primeiros vasos sanguíneos usando apenas células humanas.

Segundo Ventola (2014) desde então, as aplicações médicas para impressão 3D evoluíram consideravelmente. Revisões publicadas recentemente descrevem o uso de impressão 3D para produzir ossos, orelhas, exoesqueletos, traqueia, um osso da mandíbula, óculos, culturas de células, células-tronco, vasos sanguíneos, redes vasculares, tecidos e

órgãos. Os usos médicos atuais da impressão 3D podem ser organizados em algumas categorias: fabricação de tecidos e órgãos; criação de próteses, implantes e modelos anatômicos; e pesquisa farmacêutica relativa à descoberta de medicamentos.

Atualmente, as impressoras 3D chegam ao público como modelos para uso doméstico com custo abaixo de mil dólares e, ainda, utilizam os mais diversos materiais, tais como termoplásticos e resinas fotossensíveis (ZEISS, 2017).

Seja para imprimir as peças de um carro ou um biomodelo para planejamento de uma cirurgia, o processo é similar. O início se dá com a criação ou obtenção de um modelo em três dimensões da peça que será impressa por meio de um software específico que se comunicará com a impressora 3D, que por sua vez, criará o objeto a partir da sobreposição de camadas extremamente finas de material.

A diferença existente entre os processos de produção reside na forma como as camadas são criadas e nos materiais utilizados. A técnica criada por Hull é a chamada estereolitografia (SLA, na sigla em inglês), em que um raio laser atinge um recipiente preenchido com resina líquida, o que causa uma reação química e consequente endurecimento do material. Desse modo, conforme o laser vai tocando a resina, são formadas as camadas da peça. Estas camadas podem ter espessuras diversas, pois dependem de fatores como tempo de exposição à luz, intensidade da luz, entre outros. Quanto menos espessa a camada, mais detalhes aparecerão impressos. Segundo Gross et al (2014), as camadas têm usualmente um quinto de milímetro (0,2mm). E este foi o primeiro método de impressão comercializado.

Outro método, a chamada da Modelagem por Depósito de Material Fundido (FDM na sigla em inglês), usa um filamento de um termoplástico, que é derretido pela máquina e depositado em camadas pelo bico extrusor. Este método é o mais comum dentre todos existentes, bastante difundido pela comunidade opensource.

Na Sinterização Seletiva a Laser (SLS em inglês) por sua vez, a matéria-prima é um pó feito de plástico ou metal. O pó é depositado na plataforma onde o objeto será criado e atingido por um raio laser que aquece a substância até seu ponto de fusão. Logo depois um rolo deposita mais uma camada fina de pó e o processo continua, até a peça ficar pronta. Este é o processo de sinterização de modelos em titânio, por exemplo.

### **Impressão por jato de tinta**

Segundo Gross et al (2014), o conceito de impressão por jato de tinta foi descrito em 1878 por Lord Rayleigh e em 1951, a empresa de tecnologia Siemens patenteou o primeiro dispositivo a jato de tinta bidimensional (2D). Desde seu advento, a impressão a jato de tinta tem sido amplamente utilizada, principalmente para tintas de impressão em papel. No entanto,

já em 2001, a impressão a jato de tinta também tem sido usada para imprimir estruturas de polímeros condutores, cerâmica, metal e ácido nucléico ou materiais proteicos.

A impressão a jato de tinta 3D é principalmente um método baseado em pó, no qual camadas de partículas sólidas, normalmente com 200  $\mu\text{m}^1$  de altura e tamanhos de partículas entre 50 e 100  $\mu\text{m}$  são impressas em 3D. A superfície do pó é distribuída no topo de uma etapa de suporte, por exemplo, por um rolo, após o que uma impressora a jato de tinta imprime gotículas de material ligante líquido na camada de pó nas áreas desejadas de solidificação. Depois que a primeira camada é completada, uma segunda camada de pó é distribuída e seletivamente combinada com o material de ligação impresso. Estes passos são repetidos até ser gerado um modelo 3D, após o que o modelo é normalmente tratado com calor para melhorar a ligação dos pós nas regiões desejadas (GROSS ET AL, 2014).

Uma vez que esta técnica de impressão 3D é baseada em pó, a impressão a jato de tinta não requer materiais fotopolimerizáveis como na técnica SLA. No entanto, uma ressalva do método é a das propriedades químicas e físicas do material impresso. Por exemplo, muitas colas de polímero são biologicamente tóxicas e, portanto, não podem ser usadas para fabricação de estrutura de tecido. No entanto, segundo Gross et al (2014), existem métodos de jato de tinta baseados em não-pó (geralmente baseados em polímero), por exemplo, a tecnologia PolyJet da empresa Stratasys, que pode imprimir camadas de fotopolímero líquido de 16  $\mu\text{m}$  de altura.

A seguir, serão apresentadas imagens de biomodelos impressos em 3D e que foram utilizados para fins médicos, como planejamento cirúrgico, por exemplo.

---

<sup>1</sup>  $\mu\text{m}$ : micrômetro. Unidade de medida do Sistema Internacional. Corresponde à milésima parte do milímetro.



Figura 1: modelo de mandíbula impresso em 3D utilizando técnica de estereolitografia.

*Fonte: Bibb, Eggbeer e Paterson, 2015, p.77.*

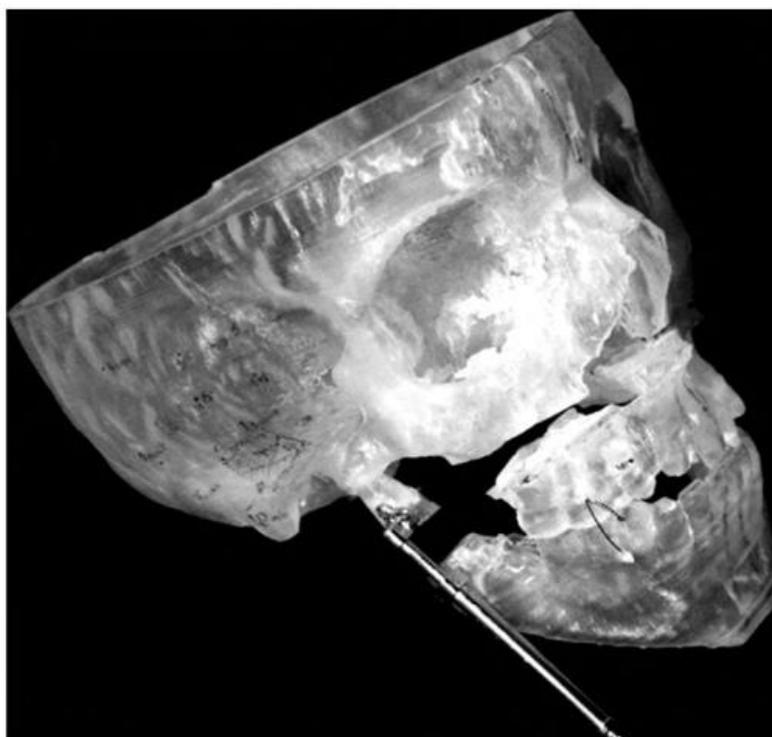


Figura 2: Modelo impresso para planejamento de cirurgia maxilofacial.

*Fonte: Bibb, Eggbeer e Paterson, 2015, p.77.*

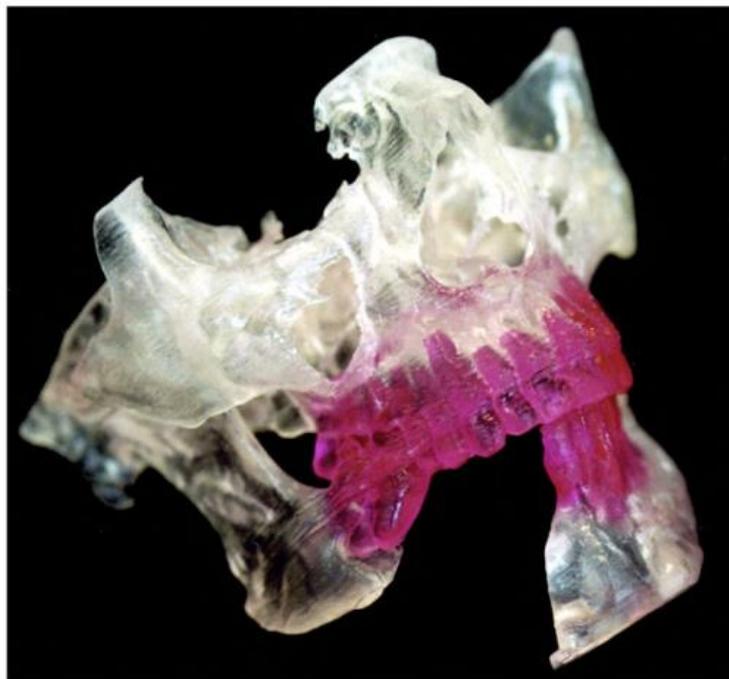


Figura 3: Modelo colorido, com objetivo de isolar e contrastar dentes e suas raízes.

*Fonte: Bibb, Eggbeer e Paterson, 2015, p.78*



Figura 4: Modelo colorido, com objetivo de isolar e contrastar um tumor localizado na face de um paciente. *Fonte: Bibb, Eggbeer e Paterson, 2015, p.78*



Figura 5: Modelo impresso dos ossos de um pé humano.  
*Fonte: Bibb, Eggbeer e Paterson, 2015, p.83*

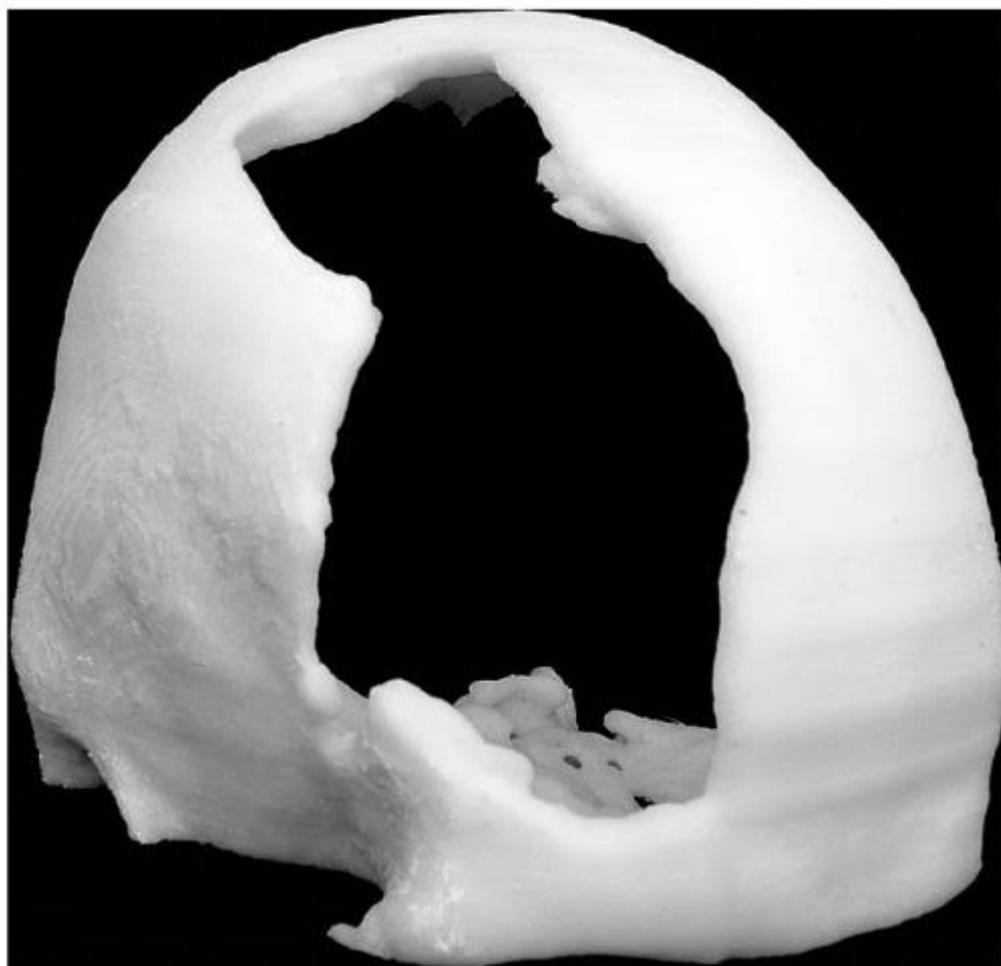


Figura 6: Modelo impresso de uma fratura de um crânio humano.

*Fonte: Bibb, Eggbeer e Paterson, 2015, p.83*

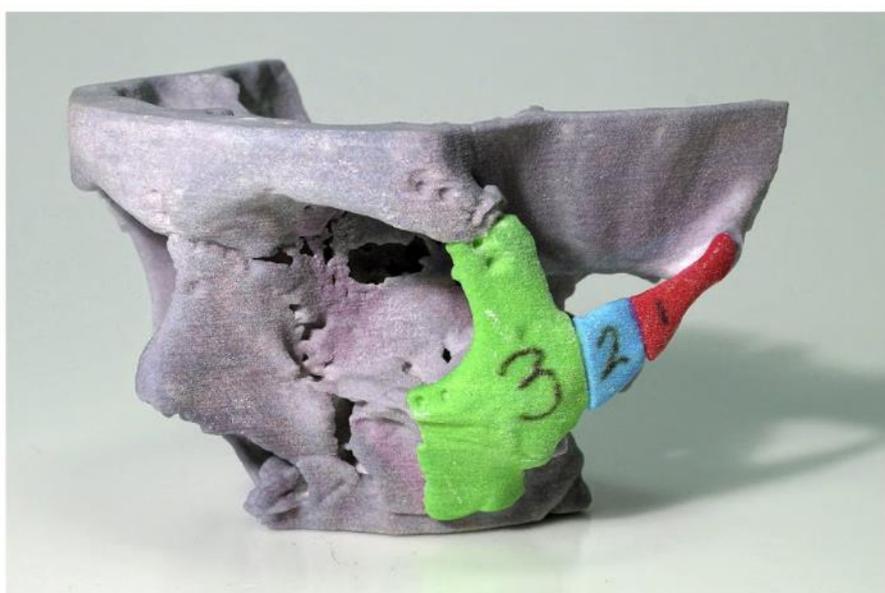


Figura 7: Modelo impresso para planejamento de cirurgia para reconstrução facial.

*Fonte: Bibb, Eggbeer e Paterson, 2015, p.83*

## **A impressão 3D na área médica**

Como visto até agora, hoje existem máquinas comerciais capazes de imprimir réplicas do nosso corpo com precisão micrométrica, inclusive órgãos mais complexos como coração e cérebro, por exemplo. Diversos materiais são utilizados neste processo com o objetivo de mimetizar da forma mais fidedigna possível o nosso corpo, dentre os materiais possíveis, existem plásticos rígidos, borrachas flexíveis, opacos e translúcidos, coloridos a partir da mistura de pigmentos.

Como a impressão 3D permite que os usuários desenvolvam e revisem rapidamente os produtos antes de empreender os processos tradicionais de manufatura, as aplicações para a tecnologia são vastas (GRYNOL, 2013).

Uma destas aplicações encontra-se na medicina, com a adoção de biomodelos impressos em 3D para planejamento pré-cirúrgicos, baseados em imagens de tomografia computadorizada, estão sendo usados ao redor do mundo com o objetivo de melhorar a precisão e a eficácia das cirurgias mais complicadas (GAISFORD, 2017).

Por meio desta nova ferramenta cirurgiões podem decidir a melhor ação antes mesmo de entrar na sala de operações, pois manipulam um modelo impresso em 3D que reproduz com precisão o órgão do paciente e possibilita avaliação e interação com a anatomia do paciente que imagens em 2D não possibilitam. Segundo BERNHARD, ISOTANI, MATSUGASUMI (2015), GAISFORD (2015) e GARCIA (2015), as réplicas trazem outros benefícios tais como:

- Abrem espaço para novas opções de tratamento, uma vez que o médico dispõe do modelo 3D para estudar o caso com maior antecedência;
- Cirurgiões ganham maior autoconfiança após ter visto todas as nuances do problema no modelo impresso em 3D;
- Todos os atores da cirurgia tem maior conhecimento do problema em questão, desde a equipe de enfermagem, ao anestesista, entre outros;
- Diminuição do tempo de uso da sala de cirurgia e menores riscos de complicações. Consequente diminuição nos gastos hospitalares;
- Diminuição de erros médicos;
- Na educação médica, ainda nas universidades, os futuros médicos cirurgiões tem novas ferramentas de aprendizagem com o modelo impresso em 3D.

O advento da impressão 3D - especialmente a capacidade de imprimir em vários materiais, cores e texturas - oferece novas possibilidades no treinamento, teste de dispositivos e execução de procedimentos cirúrgicos. Modelos 3D impressos, feitos de diferentes materiais representando osso, órgãos e tecidos moles são produzidos em um único procedimento de impressão. Esses modelos podem ser projetados com base na anatomia do paciente real para capturar a complexidade e realismo do tratamento do corpo humano.

Para Ventola (p.706), uma das maiores vantagens das impressoras 3D em aplicações médicas é a liberdade de se produzir produtos e equipamentos médicos sob medida. Por exemplo, o uso de impressão 3D para personalizar próteses e implantes pode proporcionar grande valor para pacientes e médicos, uma vez que essa nova tecnologia abre possibilidades de se criar objetos únicos e adaptados para um problema específico. Além disso, segundo o autor, a impressão 3D pode produzir gabaritos e acessórios feitos sob encomenda para uso em salas de operação. Implantes feitos sob medida, acessórios e ferramentas cirúrgicas podem ter um impacto positivo em termos de tempo necessário para a cirurgia, tempo de recuperação do paciente e sucesso da cirurgia ou do implante. Prevê-se também que as tecnologias de impressão 3D eventualmente permitirão que as formas farmacêuticas, os perfis de liberação e a distribuição sejam personalizados para cada paciente.

As aplicações médicas da impressão 3D vão desde a criação de protótipos e desenvolvimento de novos dispositivos médicos até a criação de biomodelos para o planejamento cirúrgico. A natureza individualizada dos cuidados de saúde vai de encontro com a personalização que a impressão 3D oferece. (VENTOLA, 2014, p.704)

Protótipos industriais e modelos de objetos do dia-a-dia dão lugar a modelos tridimensionais de órgãos humanos, de tumores, de fraturas, entre outras dificuldades encontradas em procedimentos cirúrgicos. Equipamentos outrora comuns aos designers como impressoras à jato de tinta e scanners de mesa dão lugar à impressora 3D e às máquinas de tomografia computadorizada. (IDEM)

A capacidade de produzir rapidamente próteses e implantes personalizados soluciona um problema claro e persistente na ortopedia, onde os implantes padrão geralmente não são suficientes para alguns pacientes, particularmente em casos complexos. Anteriormente, os cirurgiões precisavam realizar cirurgias de enxerto ósseo ou usar bisturis e brocas para modificar os implantes raspando pedaços de metal e plástico até obter a forma, o tamanho e o ajuste desejados. Isso também é verdade na neurocirurgia: os crânios têm formas irregulares, por isso é difícil padronizar um implante craniano. Em vítimas de traumatismo craniano, onde o osso é removido para dar ao cérebro espaço para inchar, a placa craniana que é mais tarde ajustada deve ser perfeita. Embora algumas placas sejam fresadas, mais e

mais são criadas usando impressoras 3D, o que torna muito mais fácil personalizar o ajuste e design.

### **Prototipagem Rápida**

A prototipagem rápida é usada para criar um modelo tridimensional de uma peça ou produto. Além de fornecer visualização em 3D para objetos gerados digitalmente, a prototipagem rápida pode ser usada para testar a eficiência de um projeto de peça ou produto antes de ser fabricado em quantidades maiores (ROUSE, 2017).

Para Iliescu et al (2009), a prototipagem é uma etapa importante em qualquer processo de desenvolvimento de produto e o protótipo pode ser definido como “*uma aproximação de um produto (ou sistema) ou seus componentes de alguma forma para um propósito definido em sua implementação*” (p.117)

Segundo Rouse (2018), esta etapa do processo de desenvolvimento de um produto tem mais a ver com a forma ou tamanho de um desenho, em vez de sua resistência ou durabilidade, pois o modelo físico geralmente não é feito do mesmo material que o produto final. Em prototipagem rápida, os modelos são criados com a tecnologia da impressão 3D.

Para Bibb, Eggbeer e Paterson (2015), no campo da medicina, "*Modelagem médica*" é o termo usado para descrever a criação de modelos físicos altamente precisos da anatomia humana, diretamente a partir de dados obtidos por ressonância magnética ou tomografia computadorizada. O processo envolve capturar dados de anatomia humana, processar os dados para isolar tecidos ou órgãos individuais, otimizar estes dados para a tecnologia de fabricação a ser usada e, finalmente, construir o modelo usando técnicas de prototipagem rápida. Prototipagem Rápida é o nome genérico cunhado para descrever máquinas controladas por computador que são capazes de fabricar itens físicos diretamente de dados de computador tridimensionais. Originalmente, essas máquinas foram desenvolvidas para permitir que projetistas e engenheiros construíssem modelos protótipos de objetos que eles projetaram usando software de projeto assistido por computador (CAD). Essas técnicas de prototipagem rápida permitiram que eles garantissem que o que eles haviam projetado na tela se encaixasse com todos os outros componentes do produto que estava sendo desenvolvido.

Segundo os autores, na década de 1990, percebeu-se que as máquinas prototipagem rápida podia usar outros tipos de dados de computador 3D, como aqueles obtidos de *scanners* médicos. O software foi desenvolvido para permitir que os dados de varredura médica interajam com as máquinas e a modelagem médica começou. A partir então, o campo se

desenvolveu para abranger todos os tipos de aplicações, desde a ciência forense até a cirurgia reconstrutiva. O sucesso inicial e a demonstração clara de benefícios levaram a um amplo interesse nas tecnologias de muitas especialidades médicas. No entanto, com cada desenvolvimento, mais e mais clínicos, cirurgiões, engenheiros e pesquisadores estão percebendo os benefícios potenciais das técnicas de prototipagem rápida, que por sua vez, colocam novos desafios em pessoas cujo trabalho é construir esses modelos.

É nesse contexto que se encontra o designer que, na configuração de seu trabalho, deverá definir e equalizar cada aspecto do biomodelo 3D que está sendo analisado e será, mais tarde, impresso. Assim, não por mero acaso, por meio de atividade de pesquisa, estudos técnicos e teóricos que o designer, junto com uma equipe multidisciplinar de médicos e engenheiros biomédicos, tomará suas decisões sobre quais características devem ser mais, ou menos, contempladas assim como quais materiais serão adequados em cada especificidade de impressão.

A impressão 3D pode ser complexa para o usuário, pois não há uma abordagem ou um protocolo padronizado para todos os casos. São utilizados diferentes softwares, os objetos são impressos em diferentes materiais e são utilizadas impressoras diferentes que, por sua vez, também utilizam diferentes tecnologias de impressão.

Design, material e tecnologia de fabricação são os principais fatores de desempenho na manufatura aditiva, mais do que nas tecnologias convencionais, o design desempenha um papel especialmente importante. (MATERIALISE, 2017)

Para tanto, há princípios que regem a prática projetual do designer (LÖBACH, 2001) no que tange a configuração do modelo impresso em 3D e qual impacto ele deverá ter sobre o usuário (neste caso, o médico cirurgião), como por exemplo, os conceitos de design industrial de Bernd Löbach.

Segundo o autor, justifica-se a atividade do designer como “projetista de produtos industriais dentro da empresa industrial” (LÖBACH, 2001, p.190). No entanto, esta não se configura como possibilidade única de trabalho de um designer. Este profissional trabalha geralmente em conjunto com outros profissionais, para o autor, o designer como configurador, não tem influência em decisões fundamentais. O tipo e o alcance do trabalho dele dependem do modo que está organizada a equipe e a empresa em questão.

Por outro lado, se o designer trabalha em conjunto a grupos de pesquisa e desenvolvimento, ele atua com a função de consultor, apresentando suas ideias como soluções dos problemas; se o designer, por sua vez, “estiver inserido no âmbito do marketing, ele assume muito rapidamente o papel de incentivador de vendas, aplicando os meios estéticos para tornar os produtos mais vendáveis” (LÖBACH, 2001, p.193); se o designer

colabora no planejamento de produtos, este assume o papel de produtor de ideias, orienta-se por pesquisas de mercado e busca sucesso comercial. Há diversos ambientes em que se enquadra um designer, e a impressão 3D, mais especificamente, de biomodelos apresenta-se como mais um - e pouco conhecido - ambiente de trabalho deste profissional.

Para Baxter (2012), desenvolver novos produtos significa desenvolver novos projetos, não somente sob o aspecto estético deles, mas também, desenvolver projetos para fabricação, projeto para atender necessidades do usuário, desenvolver projetos visando redução de custos, projeto visando confiabilidade e com preocupação ecológica.

Segundo o autor, a inovação é vital para novas oportunidades de negócios e gera uma competição entre as empresas de forma acirrada onde estas procuram introduzir continuamente novos produtos para que não percam parte do seu mercado. Portanto, o desenvolvimento de novos produtos é encarado como uma atitude importante, porém arriscada. Para o sucesso de uma inovação é necessário que se faça um estabelecimento de metas, onde se deve verificar se o produto irá satisfazer os objetivos propostos, se será bem aceito pelo consumidor; se possuirá um custo acessível. O processo de inovação é passível de sistematização e pode ser descrito de forma racional, assim podendo visualizar riscos, sucessos e fracassos do projeto.

No processo de design, a prototipagem rápida envolve o desenvolvimento de um modelo de trabalho de um produto que é usado no início de um projeto para auxiliar na análise, projeto, desenvolvimento e avaliação de um produto inovador. Muitos veem os métodos de prototipagem rápida essencialmente como um tipo de avaliação formativa que pode ser usada com eficácia no início e repetidamente ao longo de todo o projeto de design de um produto. Para outros, no entanto, envolve mudanças mais profundas nas abordagens tradicionais de design. (JONES e RICHEY, 2000).

Segundo Jones e Richey (2000), o propósito dos métodos de prototipagem é realizar a estrutura conceitual do produto final sem incorrer em despesas do ciclo completo de desenvolvimento do produto, os tipos de protótipos variam dependendo das necessidades do projeto. Basicamente, são modelos viáveis do produto final ou simplesmente cascas (*mockups*) que demonstram a aparência projetada do produto. Os formatos variam dependendo do meio e do uso do produto final. Em alguns casos, o protótipo é descartado após o uso, enquanto em outros ele evolui para protótipos adicionais e, finalmente, para o produto final.

Para os autores, ao contrário dos modelos tradicionais de design industrial, a prototipagem rápida usa o processamento paralelo das várias tarefas de design e desenvolvimento. A principal justificativa para usar os métodos de prototipagem rápida em

um projeto de design é presumir que eles reduzem o tempo necessário para concluir um projeto de design e desenvolvimento. No entanto, segundo Jones e Richey (2000), nenhum dos projetos de prototipagem rápida descritos na literatura forneceu evidências de redução do tempo de ciclo, apesar da crença generalizada de que isso ocorra nos projetos de design industrial.

Os autores defendem que os protótipos podem ser capazes de reduzir o tempo de ciclo de projeto e desenvolvimento por um fator de quatro ou mais ao projetar um produto. A redução do tempo-ciclo é pressuposta essencialmente porque a avaliação do protótipo garante que as revisões necessárias do produto, processo ou resultados do projeto podem ocorrer no início do projeto. Isso também ocorre devido ao aumento do uso de ferramentas de desenvolvimento e design baseadas em computador que normalmente facilitam a construção de protótipos.

Para Barbosa et al (2009) particularmente interessante é o fabrico de modelos anatómicos a partir de imagens tomográficas de pacientes. Estes modelos permitem aos alunos das áreas biomédicas ter uma visão facilitada da patologia e comparar com modelos anatómicos normais. Para maior familiarização com peças anatómicas e técnicas de imagiologia, também é possível a comparação, em simultâneo da imagem original com o modelo sólido 3D.

Os profissionais das áreas médicas têm colaborado, cada vez mais, com profissionais de outras áreas no sentido de otimizar pre-operatoriamente a análise da patologia, encurtar os tempos de intervenção cirúrgica, criar ferramentas personalizadas, facilitar o diálogo com os pacientes e, simultaneamente, explorar as potencialidades que a tecnologia oferece em termos de design de próteses personalizadas.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

À medida que se desenvolveu a impressão 3D tornou-se uma ferramenta útil e potencialmente transformadora em diversos campos, incluindo a área médica. Conforme o desempenho, a resolução e os materiais disponíveis da impressora aumentaram, o mesmo ocorreu com as aplicações. Os pesquisadores continuam aprimorando os aplicativos médicos existentes que usam impressão 3D.

A utilização de técnicas de prototipagem rápida tem, cada vez mais, vindo a revelar-se como uma ferramenta de grande valia no apoio à atividade médica. Pois, a partir

de imagens bidimensionais gerados por meio de Tomografia Computorizada ou Ressonância Magnética, hoje é possível a obtenção de modelos tridimensionais.

Os modelos produzidos por impressão 3D têm utilidade tanto em ambiente educacional, quanto em ambiente hospitalar médico-cirúrgico. Estes modelos impressos podem facilitar o diagnóstico de determinadas patologias, a elaboração de procedimentos cirúrgicos complexos, o fabrico de próteses, o fabrico de instrumentos médicos bem como a visualização de estruturas anatômicas em ambiente educacional.

A visualização e manipulação das réplicas tridimensionais por parte dos pacientes permitem-lhes entender a natureza das suas patologias, dos procedimentos cirúrgicos a adoptar pelo cirurgião bem como reduzir a ansiedade face à necessidade de uma intervenção cirúrgica (BARBOSA et al, 2009).

E neste cenário também se encontra o designer que, na especificidade de seu trabalho, deverá definir e equalizar cada aspecto do biomodelo 3D que está sendo analisado e será, mais tarde, impresso. E por meio de atividade de pesquisa, estudos técnicos e teóricos que este profissional, junto com uma equipe multidisciplinar de médicos e engenheiros biomédicos, tomará suas decisões sobre quais características devem ser mais, ou menos, contempladas assim como quais materiais serão adequados em cada especificidade de impressão.

Outro campo onde há grande contribuição do Design e da impressão 3D é a de desenvolvimento e fabricação de instrumentos médicos, que por consequência das novas tecnologias possibilitam novo leque de possibilidades de industrialização e, também, de personalização destes instrumentos, uma vez que a manufatura aditiva apresenta-se como uma alternativa menos onerosa se comparada aos modelos tradicionais de fabricação seriada.

Já para a educação médica, o campo de atuação do designer encontra-se no desenvolvimento de biomodelos para fins didáticos, uma vez que estas peças podem suprir, segundo Balmart (2015), a baixa oferta de cadáveres em cursos de medicina, proporcionando assim, melhorias no processo pedagógico do aluno e consequente diminuição de erros médicos.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. M. de. *Introdução à Metodologia do Trabalho Científico: elaboração de trabalhos na graduação*. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

BALMART, O. Falta de cadáveres nas universidades aumenta chance de erros médicos. *Último Segundo – iG*. Disponível em <https://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/2015-06-10/falta-de-cadaveres-nas-universidades-aumenta-chance-de-erros-medicos.html>> Acesso em: 04 de dezembro de 2018.

BARBOSA, T et al. A prototipagem rápida na modelação de patologias. In *3º Congresso Nacional de Biomecânica. Bragança*, Instituto Politécnico. 2009. Disponível em <<https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/1511/1/A%20Prototipagem%20Rapida%20na%20Modela%20a7%20c3%a3o%20de%20Patogenias%20versao%20final.pdf>> Acesso em 19 julho de 2018

BAXTER, M. *Projeto de produtos: guia prático para design de novos produtos*. 3. ed. São Paulo: Blücher, 2012.

BERNHARD, J. C; ISOTANI, S; MATSUGASUMI, T. et al. Personalized 3D printed model of kidney and tumor anatomy: a useful tool for patient education. *World J Urol*. 2015 Jul 11.

BIBB, R.; EGGBEER, D.; PATERSON, A. *Medical Modeling: the application of advanced design and rapid prototyping techniques in medicine*. 2ª ed. Elsevier: Cambridge, 2015.

GAISFORD, M. Surgery? New Clinical Study May Have the Answers. *Stratasys: Medical*. 8, mar, 2017. Disponível em <<http://blog.stratasys.com/2017/03/08/3dheart-surgical-model-study>> Acesso em 14 de março de 2017.

GAISFORD, M. 3D Printing is the Game-Changer for Infant Heart Surgery. *Stratasys: Medical* 16, set, 2015. Disponível em <<http://blog.stratasys.com/2015/09/16/3d-printed-infant-heart-surgical-model>> Acesso em 14 de março de 2017.

GARCIA, A. 3D Printing and Children's Heart Surgery. *OpHeart.org*. 2015. Disponível em <<http://opheart.org/learn/3d-printing>> Acesso em 28 de março de 2017.

GOLDBERG, D. History of 3D Printing: It's Older Than You Are (That Is, If You're Under 30). *Redshift*. Setembro, 2014. Disponível em <https://redshift.autodesk.com/history-of-3d-printing/> Acesso em 1 de abril de 2017.

GRYNOL, B. Disruptive manufacturing: The effects of 3D printing. *Delloite*. 2013. Disponível em <<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ca/Documents/insights-and-issues/ca-en-insights-issues-disruptive-manufacturing.pdf>> Acesso em 30 de março de 2017.

GROSS, Bethany C. et al. Evaluation of 3D Printing and Its Potential Impact on Biotechnology and the Chemical Sciences. *Anal. Chem.*, 2014, 86 (7), pp 3240–3253. Disponível em <<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/ac403397r>> Acesso em 16 de junho de 2018.

ILIESCU, M. et al. Importance of Rapid Prototyping to Product Design. *U. P. B. Sci. Bull., Série D*, Vol. 71, N.2. 2009. Disponível em <<http://www.acad.ro/scosaar/doc2017/abilitare/abilitareiliescu/portofoliuLSR/06LSR-poz025LL.pdf>> Acesso em 19 de junho de 2018.

LÖBACH, B. Design Industrial: bases para a configuração dos produtos industriais. Trad.: Freddy Van Camp. São Paulo: Blucher. 2001.

JONES, T.; RICHEY, R. Rapid Prototyping in Action: a developmental study. *ETR&D*, Vol. 48, No. 2, 2000, pp. 63-80. Disponível em <[http://www.uky.edu/~gmswan3/609/Jones\\_Richey\\_2000.pdf](http://www.uky.edu/~gmswan3/609/Jones_Richey_2000.pdf)> Acesso em 19 de julho de 2018.

MATERIALISE. *Design and Engineering Services: Turning Your Projects into 3D Printing Success Stories*. Disponível em <<http://www.materialise.com/en/manufacturing/design-engineering-services>> Acesso em 1 de abril de 2017.

ROUSE, M. Rapid Prototyping. *Tech Target*. 2017. Disponível em <<https://searcherp.techtarget.com/definition/rapid-prototyping>> Acesso em 19 de julho de 2018.

VENTOLA, C. Lee. Medical Applications for 3D printing: current and projected uses. *Pharmacy and Therapeutics*. V.39(10), out.2014. Disponível em <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4189697/pdf/ptj4910704.pdf>> Acesso em 19 de julho de 2018.

VERGARA, S. C. *Processos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2000.

ZEISS. *A Mecânica das Possibilidades*. Zeiss: Olhares. São Paulo, 2017. Disponível em <<http://olharesdomundo.com.br/mecanica-das-possibilidades>> Acesso em 22 de março de 2017.

**Contatos:** [vyasumar@gmail.com](mailto:vyasumar@gmail.com) e [luis.alexandre@mackenzie.br](mailto:luis.alexandre@mackenzie.br)