

DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVOS DE TECNOLOGIA ASSISTIVA UTILIZANDO IMPRESSÃO 3D

Izaque Alves Maia, Divisão de Tecnologias Tridimensionais (DT3D), Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), izaque.maia@cti.gov.br
Marcelo Fernandes de Oliveira, DT3D/CTI, marcelo.oliveira@cti.gov.br
Paulo Inforçatti Neto, DT3D/CTI, paulo.inforçatti@cti.gov.br
Pedro Yoshito Noritomi, DT3D/CTI, pedro.noritomi@cti.gov.br
Rodrigo Alvarenga Rezende, DT3D/CTI, rodrigo.rezende@cti.gov.br
Jorge Vicente Lopes da Silva, DT3D/CTI, jorge.silva@cti.gov.br

Resumo. Nos últimos três anos, a impressão 3D vem sendo empregada crescentemente no desenvolvimento de dispositivos de Tecnologia Assistiva (TA) principalmente por viabilizar soluções personalizadas e rápidas. Exemplos desses dispositivos, desenvolvidos no exterior e no Brasil, são mostrados neste trabalho. Os dispositivos brasileiros mencionados são aqueles cujas construções contaram com a colaboração do CTI Renato Archer no tocante ao emprego da impressão 3D. O conjunto desses dispositivos atende 6 das 11 categorias de TA classificadas pela ADA (American Disabilities Act). O trabalho também aborda situações em que a melhoria da qualidade cirúrgica, propiciada pelo emprego da impressão 3D, minimiza ou evita o surgimento de deficiências físicas.

Palavras chave: impressão 3D, manufatura aditiva, dispositivos impressos para tecnologia assistiva,

1. INTRODUÇÃO

A impressão 3D é uma área da engenharia de manufatura que tem como característica a construção, a partir de um modelo virtual, de peças por deposição automática, camada-a-camada, sob controle de computador. A construção em camadas é a característica distintiva e de onde advêm as suas vantagens em relação às tecnologias convencionais de manufatura. Essas vantagens são as seguintes: (1) complexidade de forma; (2) modulação da densidade do material; (3) construção de partes móveis monolíticas, isto é, sem auxílio de recursos de montagem; (4) combinação de materiais diferentes durante o processo de impressão e (5) rapidez na produção de protótipos e peças de uso final. Essas vantagens de processo acarretam vantagens competitivas que são os encurtamentos da cadeia de desenvolvimento de produtos e da própria cadeia de produção de bens manufaturados. A impressão 3D vem ampliando fortemente o conceito de personalização em massa (mass customization) por promover a diminuição de custos de artigos personalizados. Por esse conjunto de vantagens, a impressão 3D é considerada uma tecnologia disruptiva, apontada como precursora de uma nova revolução industrial que já está em andamento pelas transformações que vem promovendo, não apenas na indústria manufatureira como, também, na pesquisa científica e na saúde (Anderson 2012; Barnatt 2013; Lipson, Kurman 2013). Mais recentemente, a impressão 3D vem se despoitando, também, como recurso tecnológico de transformação na Tecnologia Assistiva (Galloway 2013, Firefly 2014). Exemplos de dispositivos de TA construídos com impressão 3D, tanto no exterior como no Brasil, em especial com a colaboração do CTI Renato Archer, são mostrados durante este trabalho.

2. CASOS DE APLICAÇÕES DE IMPRESSÃO 3D EM TA NO EXTERIOR

O maior sucesso comercial do emprego da impressão 3D em TA refere-se aos encapsulamento anatômico dos aparelhos auditivos que acompanham a anatomia do canal auditivo das pessoas com deficiência auditiva (Sharma 2013). A maioria dos aparelhos auditivos disponíveis e em uso no mundo já utilizam o encapsulamento construído com impressão 3D. Um desdobramento natural dessa combinação de TA/impressão 3D é a personalização de fones de ouvidos intra-auriculares para pessoas que, embora não tenham deficiência auditiva, requerem conforto anatômico desses aparelhos (Kickstarter 2014). Os aparelhos auditivos e os fones de ouvidos personalizados se constituem em exemplo claro de personalização em massa. Vale ressaltar que a matéria prima usada na construção dos invólucros é biocompatível com a pele que reveste o canal auditivo. Matérias primas que sejam biocompatíveis é um requisito crítico para o uso da impressão 3D na construção de dispositivos de TA. Por isso, há interesse crescente da comunidade científica da área de materiais de desenvolver matéria prima biocompatível para impressão 3D.

Outra iniciativa comercial do emprego de impressão 3D em TA é o da empresa americana Bespoke, que desenvolve próteses de pernas com a função dupla de restaurar a simetria com a perna biológica e, ao mesmo tempo, confere um componente estético que agrada a pessoa com deficiência física (Bespoke 2010).

As paralimpíadas de 2012, em Londres, deram grande visibilidade ao emprego da impressão 3D em TA. Com impressão 3D foram construídos assentos anatômicos personalizados para os atletas paralímpicos do basquete (Dezeen Magazine 2012). Também em 2012, a empresa Stratasys, fabricante de impressoras 3D, divulgou um exoesqueleto personalizado e totalmente mecânico para uma criança que nasceu com uma doença chamada artrogripose múltipla

congenita, doença essa que não lhe permitia mover os braços (Nick 2012). Esse exoesqueleto, chamado Wilmington Exoskeleton (WREX) permitiu à criança realizar movimentos até então não possíveis para realizar tarefas costumeiras tais como brincar, desenhar, alimentar e abraçar. Em fevereiro de 2014, outra fabricante de impressoras 3D, a 3D Systems - divulgou um exoesqueleto para paraplégicos (Gilbert 2014). A estrutura desse exoesqueleto foi impressa a partir de modelos virtuais gerados pelo escaneamento 3D do corpo da pessoa paraplégica. Segundo a empresa, um design assim obtido, com alto grau de acomodação anatômica, reduz abrasões com a pele em regiões ósseas mais salientes. Como essas lesões não causam sensações dolorosas elas podem degenerar em ferimentos mais graves antes de serem percebidas pelo paraplégico devido à falta de sensibilidade da pele.

A Stratasys e a 3D Systems são os líderes mundiais na fabricação de impressoras 3D. O fato de financiarem e divulgarem sistemas complexos de TA contribui efetivamente para a disseminação do emprego da impressão 3D para desenvolvimento de soluções em TA, tanto por empresas de menor porte como por organizações sem fins lucrativos ou, até mesmo, por indivíduos. Fortalecem esse processo de difusão tecnológica os designs abertos (em analogia a software e hardware abertos) que são os modelos digitais que são colocados na internet para serem baixados, impressos, testados, melhorados e novamente disponibilizados, na internet para continuidade do processo de refinamento. Esse processo de aperfeiçoamento contínuo vem se tornando cada vez mais factível à medida que diminuem os preços de impressoras 3D, notadamente as de bancada.

Exemplo significativo dessa nascente iniciativa de soluções abertas de TA, propiciadas por impressão 3D, refere-se às próteses de braço e mão. Dois tipos de mãos robóticas viabilizadas por impressão 3D foram divulgados em 2013. Elas se diferenciam quanto ao mecanismo de movimentação dos dedos. No primeiro tipo (Robohand 2014) essa movimentação é feita com atuação puramente mecânica com movimentação do pulso, enquanto que o segundo tipo (Open Hand Project 2013) emprega atuadores elétricos.

3. CASOS DE APLICAÇÕES DE IMPRESSÃO 3D EM TA NO CTI RENATO ARCHER

O CTI tem, ao longo do tempo e de forma contínua, colaborado com pesquisadores, internos e externos, na aplicação da impressão 3D para o desenvolvimento de dispositivos de TA, tanto em nível de protótipos, como de produtos para uso final. A primeira colaboração data de 2001 e trata da construção de uma prótese de braço, tema de um trabalho de pós-doutorado (Silva et al., 2001a; Silva et al. 2001b). Essa prótese é, ao que se tem notícia, o primeiro dispositivo de TA construído no Brasil com impressão 3D e, provavelmente, um dos primeiros no mundo tendo em vista que o emprego de impressão 3D em TA é muito recente (últimos três anos). Desde 2001, os dispositivos de TA, cujos desenvolvimentos contaram com os recursos de impressão 3D do CTI, distribuem-se em 6 das 11 categorias da classificação de TA da American with Disabilities Act – ADA (ADA, 2014), conforme mostrado na tabela 1.

Tabela 1. Categorias de TA atendidas com impressão 3D em projetos de colaboração com o CTI

Cat. ADA	Descrição	Colaboração do CTI em projeto de TA com impressão 3D
1	Auxílios para a vida diária	√ suporte para auxiliar movimento de mão e celular simplificado para uso de idosos.
2	CAA (CSA) Comunicação aumentativa (suplementar) e alternativa.	
3	Recursos de acessibilidade ao computador	√ caixa de laptop com design personalizado
4	Sistemas de controle ambiente (só eletrônicos)	
5	Projetos arquitetônicos para acessibilidade	
6	Órteses e próteses	√ prótese de perna e mão
7	Adequação postural	√ Bota personalizada para compensação de altura de perna
8	Auxílios de mobilidade	
9	Auxílios para cegos ou com visão subnormal	√ maquetes táteis
10	Auxílios para surdos ou com déficit auditivo	√ cone de audição
11	Adaptações em veículos	
<i>Nota. A presente tabela é uma adaptação da tabela publicada por Sartoretto e Bersch 2013.</i>		

Para as cinco categorias restantes não foram também encontradas referências à impressão 3D na Internet. Para essa pesquisa na web foram utilizadas as expressões ‘disabilities’, ‘3D printing’ e outras relacionadas. Os autores desse trabalho vislumbram, no entanto, que o emprego da impressão 3D virá atender, todas as categorias de TA da ADA tendo em vista os avanços que vêm sendo observados na impressão 3D e no grande mercado de dispositivos de TA. Os autores estão confiantes, também, que o Brasil pode ser um importante protagonista no aproveitamento dos recursos da

impressão 3D em TA caso haja união de esforços entre os setores público e privado na indução do uso de impressão 3D em TA por meio de editais específicos para esse fim.

Dentro da categoria de TA ADA9 (auxílio para cegos ou com visão subnormal), as maquetes táteis (Celani et al 2013) tiveram destaque nos projetos apoiados pelo CTI Renato Archer. Os trabalhos com maquetes táteis inspiraram o desenvolvimento de uma impressora 3D, de baixo custo, especialmente para esse fim. Uma pedido de patente dessa impressora já foi depositado no INPI e está em processo de patenteamento e refinamento.

Exceto pelo trabalho de colaboração do CTI com os pesquisadores de universidades e centros de pesquisa, o tema TA com impressão 3D é muito recente no Brasil. Vale, desta forma, destacar o projeto de próteses de membros superiores construídas com impressora 3D que está sendo realizado na Universidade Federal do ABC – UFABC pela equipe da professora Maria Elizete Kunkel em colaboração com o Instituto de Ortopedia e Traumatologia (IOT) da Universidade de São Paulo (Reação 2014a,b).

4. CIRURGIAS APOIADAS COM IMPRESSÃO 3D COMO RECURSO PARA MINIMIZAR/ELIMINAR DEFICIÊNCIAS FÍSICAS.

O CTI, por meio de sua Divisão de Tecnologias Tridimensionais, vem há 15 anos desenvolvendo e aperfeiçoando um programa de P,D&I em tecnologias 3D, chamado ProMED, para auxílio às cirurgias complexas. O ProMED, até meados de 2014, colaborou na melhoria de qualidade de 3500 cirurgias complexas, em mais de 180 hospitais, distribuídos em praticamente todo o território nacional e alguns no exterior. Esse trabalho vem sendo reconhecido pelo Ministério da Saúde na forma de convênios de transferência de tecnologia para os hospitais públicos. Embora a área cirúrgica seja diferente da TA, o modelo de sucesso do ProMED pode, mediante algumas adaptações, ser incorporado a um programa de TA, pois utiliza a mesma infraestrutura de impressoras 3D. A diferença consiste na geração do modelo digital e nos profissionais que vão fazer a interface com o cidadão que necessita de ajuda. Discutir essas diferenças, embora de grande relevância, foge ao escopo do presente trabalho.

O CTI acompanha e participa de projetos inovadores em diferentes áreas da engenharia, da saúde e da TA, baseados em impressão 3D. Dentro desse ambiente vem se tornando recorrente a seguinte questão: a melhoria da qualidade das cirurgias propiciadas pela impressão 3D poderia levar à minoração ou eliminação de deficiências físicas e, em decorrência, da necessidade dos dispositivos de TA?

A pertinência dessa questão reside na observação de casos cirúrgicos assistidos com tecnologias 3D supridas pelo CTI e que têm, como principal desdobramento a minimização de sequelas, aqui traduzidas como deficiências físicas. Colocado de outra forma - o melhor planejamento cirúrgico é aquele que minimiza sequelas, evitando, assim, que um paciente venha se tornar um deficiente físico. Os resultados do emprego de cirurgias auxiliadas com impressão 3D sobre a aquisição de deficiência física no pós-operatório são aqui classificados em três categorias: preventivos, corretivos ou regenerativos conforme explicado a seguir.

- (a) **Resultado preventivo.** Ao prover dispositivos tais como biomodelos físicos (réplicas anatômicas de partes lesadas), ferramental cirúrgico, moldes para implantes personalizados e até implantes de uso final, a impressão 3D contribui para aumento da qualidade das cirurgias e consequente diminuição de eventuais sequelas. Artroplastia de joelho e do fêmur, implante dentário e cranioplastia (reconstrução de crânio) são exemplos de cirurgias que tiveram qualidade aumentada com o uso de dispositivos impressos.
- (b) **Resultado corretivo.** Com um bom planejamento cirúrgico, feito com o auxílio de biomodelos das áreas de interesse da anatomia, cirurgias podem ser feitas com segurança para minorar uma deficiência física ou uma anormalidade já existente. Um exemplo é a separação de gêmeos xifópagos ou de correções de deficiência decorrentes de síndromes congênitas.
- (c) **Resultado regenerativo.** Dentro do campo da medicina regenerativa, a bioimpressão de órgãos humanos vem recebendo crescente atenção. Em linhas gerais, a bioimpressão consiste em utilizar aglomerados de células vivas, chamados esferoides teciduais, que vão funcionar como “tinta” das bioimpressoras 3D. Esses aglomerados serão dispensados camada-a-camada formando um volume 3D que é, então, levado para um bioreator onde ocorre o crescimento e maturação do órgão que pode ser um rim, coração, fígado, etc. Esses órgãos, como serão constituídos do mesmo material genético do paciente, não teriam rejeição biológica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

A impressão 3D vem demonstrando ser um auxílio de grande valia para a TA como também um ramo tecnológico que viabilizaria a realização de cirurgias que minimizaria ou eliminaria uma deficiência física. O fato de o programa Viver Sem Limites ter entre seus quatro eixos básicos a saúde e a acessibilidade faz desse programa uma excelente plataforma para se discutir soluções de TA sob a perspectiva da melhoria de qualidade das cirurgias propiciadas pelo emprego da impressão 3D.

6. REFERÊNCIAS

- ADA 2014. <<http://www.ada.gov>>
- Anderson, C., Makers - The New Industrial Revolution, 1a. Ed., 2012, 257 pp.
- Barnatt Christopher, 3D Printing – The Next Industrial Revolution, 1a., Ed. Printed and bound on demand, 2013, 262 pp.
- Celani, G.; Zattera, V.; Oliveira, M.F., Silva, J.V.L., Seeing” with the Hands: Teaching Architecture for the Visually-Impaired with Digitally-Fabricated Scale Models. Communications in Computer and Information Science Volume 369, 2013, pp 159-166
- Dezeen Magazine /Londres Paralympic Design: 3D printed seats for Wheel chair basketball. Dezeen Magazine, Publicado em 05/09/2012 por redação. <<http://www.dezeen.com/2012/09/05/paralympic-design-3d-printed-seats-for-wheelchair-basketball>>. Acessado em 28/09/2013
- Firefly – Special Needs Blog, 8 Ways the 3D printing revolution will help children with disabilities, publicado em 05/02/2014. <<http://www.fireflyfriends.com/special-needs-blog/specific/8-ways-the-3d-printing-revolution-will-help-children-with-disabilities>> Acessado em 06/09/2014.
- Galloway, R, 3D Printing and the Future of Prosthetics, Forbes, Publicado em 24/07/2013 por Ryan Galloway <<http://www.forbes.com/sites/toyota/2013/07/24/3d-printing-and-the-future-of-prosthetics/>>. Acessado em 28/09/2013
- Gilbert, N., 3D Printed Robotic Exoskeleton Gives Young Girl a Helping Hand. Gizmag. Publicado em 06/08/2012 por Nick Gilbert <<http://www.gizmag.com/3d-printed-robotic-exoskeleton/23594/> Acessado em 28/09/2013
- Kickstarter 2014. <https://www.kickstarter.com/projects/ownphones/ownphones-the-worlds-first-custom-fit-3d-printed-e> Acessado em 05/09/2014
- Lipson, H.; Kurman, M. Fabricated – The New World of 3D Printing, 1a. Ed. Indianapolis, Wiley, 2013, 302 pp.
- Open Hand Project, Open Hand Project. Próteses Robóticas de Baixo Custo com Impressão 3D, CanalTech. Publicado em 10/09/2013 pela redação <<http://canaltech.com.br/noticia/ciencia/Open-Hand-Project-proteses-roboticas-de-baixo-custo-com-impressao-3d/>> Acessado em 05/09/2014
- Prótese de Perna. 3D Printers Deliver Competitive Alternative to Traditional Prosthetic Limbs, Make Parts Fast, Publicado em 07/12/2010 por Laura Carrabine <<http://www.makepartsfast.com/2010/12/1011/3d-printers-deliver-competitive-alternative-to-traditional-prosthetic-limbs/>> Acessado em 28/09/2013
- Reação (a). Prótese feita em impressão 3D. Será um sonho que se torna realidade? Revista Nacional de Reabilitação, ano XVII, 2014, no. 97, Março/Abril, p. 82-83.
- Reação (b). Avançam testes com prótese feita em impressora 3D, ano XVII, 2014, no. 98, Maio/Junho, p. 65-66.
- Robohand, <<http://www.robohand.net/>>. Acessado em 28/09/2014
- Sartoretto, M. L., Bersch, R. Assistiva Tecnologia e Informação, Site publicado em 2013. <<http://www.assistiva.com.br/aee.html>>. Acessado em 28/09/2013
- Sharma, R. The 3D Printing Revolution You Have Not Heard About, Forbes 2013 <<http://www.forbes.com/sites/rakeshsharma/2013/07/08/the-3d-printing-revolution-you-have-not-heard-about/>>. Acessado em 28/09/2013
- Silva, N. C.(a); Rosário, J. M.; SILVA, J. V.L. Construção estrutural de Próteses Antropomórficas Utilizando Prototipagem Rápida. In: XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, 2001, Uberlândia, 2001.
- Silva, N. C. (b) ; Gouveia, M. F. ; Rosário, J. M.; Silva, J.V.L. ; Desenvolvimento rápido de próteses antropomórficas utilizando prototipagem rápida e sistemas CAD. In: XXII CILAMCE, 22nd. Iberian Latin-American Congress on Computational Methods, 2001, Campinas. Engineering and 2nd Brazilian Congress on Computational Mechanics, 2001. v. 1.
- 3D System <<http://www.3dsystems.com/press-releases/3d-systems-prints-first-hybrid-robotic-exoskeleton-enabling-amanda-boxtel-walk-tall>> publicado em 18/02/2014 pela fabricante de impressora 3D Systems. Acessado em 20/07/2014.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem imensamente aos pesquisadores de TA e cirurgiões, com quem o CTI vem colaborando com impressão 3D, sem os quais não seria possível auxiliar os cidadãos brasileiros que recorrem ao poder público para resolver seus problemas de acessibilidade e saúde.

8. ABSTRACT

In the last three years, 3D printing has been increasingly employed on the development of devices for Assistive Technology (TA) mainly for viabilize customized and fast solutions. Examples of these devices developed abroad and in Brazil are demonstrated in this paper. The Brazilian devices described are those projects which counted on the collaboration of CTI Renato Archer focused at the 3D printing applications. The set of those devices approaches 6 of

the 11 categories of TA classified by ADA (American Disabilities Act). This work also embraces situations where the improvement of surgical quality benefited by the employment of 3D printing minimizes or avoids the appearance of physical deficiencies.

9. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores é são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

O CTI auxilia os pesquisadores em TA na escolha, adaptações dos modelos digitais e impressão 3D gratuita dos seus projetos de dispositivos. Maiores informações sobre o desempenho dos dispositivos é de inteira responsabilidade desses pesquisadores.