

PRÓTESES EM IMPRESSÃO 3D NA ÁREA DA SAÚDE

3D PRINTING PROSTHESIS IN HEALTHCARE

² MATEUS DE ATAYDE, Tayla; ³ HENRIQUE MACIEL DE SOUZA, Matheus;

¹ Professora Marisa Prax do curso de Biomedicina da Universidade São Francisco;

tayla.atayde@mail.usf.edu.br

matheus.henrique.souza@mail.usf.edu.br

RESUMO. Introdução: A tecnologia, cada vez mais, avança e inova várias áreas da sociedade atual, alterando o conhecimento científico e tecnológico sobre o que conhecemos sobre o mundo, nos mostrando que cada vez mais o conhecimento é expandido e que é necessário se adequar ao fluxo de informações para se manter atualizado. Diante disso, a área da saúde é uma das mais propensas à evolução e melhoria com o uso da tecnologia. Nos últimos anos, as impressões digitais têm surgido como um ferramenta poderosa e promissora, alcançando avanços significativos em diagnósticos, tratamentos e até na criação de órgãos e tecidos funcionais, com a utilização de impressões 3D. Metodologia: Revisão bibliográfica de artigos científicos indexados nas bases de dados SciELO, PubMed, Google acadêmico, LILACS. Finalidade: Evidenciar a utilidade das próteses feitas por impressão tridimensional (3D) na área da saúde. Conclusão: A possibilidade de criação 3D a partir de imagens digitais, proporcionou uma revolução no âmbito de precisão, eficiência e personalização para casos específicos de diferentes pacientes. Resultados: Dito isso, as próteses fabricadas por impressão 3D demonstraram resultados notáveis para os pacientes, por conta da melhor adaptação, conforto e funcionalidade e também por sua rapidez e acessibilidade de processo de fabricação, tem potencial de redução de custos e tempo de espera de produção de próteses mais tecnológicas.

Palavras-chave: *Tecnologia; Impressão 3D; Prótese.*

ABSTRACT. Introduction: Technology is increasingly advancing and innovating in various areas of today's society, altering scientific and technological knowledge about what we know about the world, showing us that knowledge is increasingly expanding and that it is necessary to adapt to the flow of information in order to keep up to date. In light of this, healthcare is one of the areas most prone to evolution and improvement with the use of technology. In recent years, fingerprinting has emerged as a powerful and promising tool, achieving significant advances in diagnosis, treatments and even the creation of functional organs and tissues using 3D printing. Methodology: Bibliographic review of scientific articles in the SciELO, PubMed, Google Scholar and LILACS databases. Purpose: To highlight the usefulness of prostheses made by three-dimensional (3D) printing in the health field. Conclusion: The possibility of 3D creation from digital images has brought about a revolution in terms of precision, efficiency and customization for specific cases in different patients. Results: That said, prostheses manufactured by 3D printing have shown remarkable results for patients, due to better adaptation, comfort and functionality and also due to the speed and accessibility of the manufacturing process, it has the potential to reduce costs and waiting times for the production of more technological prostheses.

Keywords: *Technology; 3D printing; Prosthesis.*

INTRODUÇÃO



Todos os anos, milhares de pessoas no mundo perdem de maneiras diversas suas funções motoras em algum membro do seu corpo, seja por nascimento, má formação, amputação, ou ao decorrer da vida, muitas vezes por acidentes. De acordo com estatísticas do IBGE, no Brasil cerca de 0,3% da população nasceu com deficiência, enquanto 1% obteve a deficiência por meio de acidente ou doença (Junior, J. L. R, Cruz, L. M. S, Sarmanho, A. P. S, 2018).

A Tecnologia Assistiva (TA) é uma área que tem como objetivo o desenvolvimento das capacidades funcionais dessas pessoas com deficiência, e outras dificuldades como mobilidade reduzida e incapacidade de realizar algum movimento, ajudando na qualidade de vida e na inclusão social delas (Junior, J. L. R, Cruz, L. M. S, Sarmanho, A. P. S, 2018).

Conforme o tempo passa, o desenvolvimento de novas tecnologias e o aprimoramento de antigas tecnologias é inevitável em todas as áreas do mundo moderno, desde seu surgimento décadas atrás, onde foi por um tempo limitada por conta do pouco conhecimento sobre sua capacidade de utilização em diversos contextos, como na comunicação, nas indústrias, no transporte, entre outros. Em destaque, a área da saúde tem usado cada vez mais tecnologias que permitem melhorias desde o diagnóstico até a fase final do tratamento dos pacientes. De acordo com Morimoto et al. (2021), essa tecnologia está sendo desenvolvida há cerca de 30 anos, mas apenas na última década obteve a acessibilidade que tem hoje.

É importante destacar também a diferença entre próteses e órteses, muitas vezes confundidas pelas pessoas. Apesar de ambas servirem de auxílio para os deficientes, em sua maioria, físicos, as próteses são instrumentos utilizados para a substituição total do membro ou órgão do paciente (Haiduk, 2018) e as órteses são dispositivos assistivos que auxiliam no sistema músculo esquelético do paciente, sendo estática ou dinâmica na movimentação deste (Azevedo et al., 2018).

Segundo Lopes e Almeida (2013), existem relatos sobre a produção e utilização de próteses muito antigas, achados em vasos e outras artes. O mais antigo relato é de 484 a.C., onde é relatado que um soldado cortou seu próprio pé para escapar após ser condenado à morte. As próteses de membro inferiores surgiram antes das de membro superior, que tem seus primeiros registros por volta do século XV e XVI. Grandes destaques em projetar modelos de próteses foram Leonardo da Vinci e Ambroise Paré, ambos tinham grande conhecimento científico na época, inclusive sobre anatomia humana.

Já sobre a produção e utilização de órteses, desde a época de Hipócrates existem registros de utilização de mecanismos rústicos para corrigir ou auxiliar os movimentos do corpo humano (Azevedo et al., 2018).

De acordo com Morimoto e colaboradores (2021), por meio de tecnologia computadorizada e softwares específicos, a impressão 3D consegue produzir produtos como órteses e próteses que podem auxiliar na função das pessoas no dia a dia. Além disso, esses produtos de impressão tridimensional são avançados e especializados de acordo com cada sujeito.

A manufatura aditiva, também conhecida como prototipagem rápida ou impressão 3D, é uma área que visa facilitar o desenvolvimento e a aplicação da TA. Os processos de fabricação avançados e versáteis produzidos permitem alta flexibilidade e velocidade na produção por auxiliar na obtenção de um produto com forma sofisticada (Silva et al., 2020). Além do mais, as próteses podem ser divididas em passivas e ativas. As passivas podem ser utilizadas para trabalho e também para estética, podendo ser aplicadas em qualquer grau de amputação. As relacionadas a trabalho, eram mais usadas antigamente, em forma de martelo, gancho, alicate e outras ferramentas (Haiduk, 2018).



Já as próteses ativas, possuem maior mobilidade e com movimentos controlados pelos pacientes. Estas também são divididas em dois grupos, as controladas de maneira pneumática, que são controladas de acordo com estímulos musculares, e também as controladas de maneira elétrica, que são por impulsos mioelétricos ou por interruptores (Haiduk, 2018).

Dentre os processos de impressão tridimensional que são utilizados atualmente, o destaque vai para o modelo de deposição de filamento fundido (FDM, Fused Deposition Modeling) que é o mais utilizado devido aos seus benefícios, como o baixo custo, singeleza e agilidade de produção. Este compõe-se em resumo na extrusão de camadas do material, onde cada camada corresponde a uma fração transversal do objeto 3D (Silva et al., 2020).

Para a captação dessas camadas, utiliza-se um software fatiador, que usa como modelo tridimensional virtual feito por outros softwares CAD (Computer Aided Design, ou Desenho Auxiliado por Computador). Depois é fatiado em camadas com espessuras definidas pelo desenvolvedor para consequente impressão, para criar o objeto 3D físico (Silva et al., 2020).

Os materiais mais utilizados para a impressão tridimensional e o método FDM são o polietileno tereftalato glicol (PETG), o polímero ácido láctico (PLA) e a acrilonitrila butadieno estireno (ABS). O PETG é um derivado do material utilizado geralmente na produção de garrafas de água, mas modificado com glicol, que apresenta boa resistência térmica e mecânica baixo empenamento (warping) e resistente a água e alguns produtos químicos. O PLA tem um custo acessível e é um material renovável e biodegradável, apresentando também baixa tenência a água, solventes e produtos químicos, com comportamento mais ágil. O ABS apresenta as mesmas características do PLA, porém tem utilização mais difícil por sofrer redução durante o resfriamento, levando ao empenamento do material (Silva et al., 2020).

METODOLOGIA

Foi realizada a pesquisa de revisão bibliográfica por meio das plataformas de bases de dados PubMed, Scielo, Google acadêmico, procurando mostrar ao máximo os conhecimentos em próteses impressas 3D. Os critérios de inclusão foram: estudos revisados e dirigidos, publicados no período de 2013 até atualmente, 2023, sem restrição de idioma de publicação, sendo eles em português e inglês, que trouxessem dados técnicos, experimentais e aplicados sobre o uso de próteses 3D dentro da prática na área da saúde. Foram excluídos os estudos que não tratassem o tema proposto e que não atendessem aos critérios de inclusão descritos. Para realizar a pesquisa e levantamento de dados sobre o projeto foram utilizadas as seguintes palavras-chave: Tecnologia; Impressão 3D, Prótese.

RESULTADOS/ DESENVOLVIMENTO

A prótese 3D é produzida a partir de um protótipo de design da peça, sem utilização de molde, apenas criado a partir de um software, onde há um arquivo digital que é utilizado para fazer as modificações (Carreira, Manso e Monteiro, 2022). Assim inicia-se a confecção após todos os ajustes, formando a prótese a partir de coordenadas enviadas para a impressora, que fatia e distribui o material em pouco tempo.

Essas próteses são aplicadas, seja em membros superiores ou inferiores, sendo assim a prótese pode ser considerada tudo que substitui um membro ou parte do corpo. Como exemplo, existem as próteses neurais, que são utilizadas principalmente em próteses ativas de



mão, as próteses mioelétricas que são controladas por sinais de Eletromiografia, de onde extraem informações (Lopes e Almeida, 2013).

De acordo com Azevedo e colaboradores (2018), próteses de coração e vasos ainda estão em desenvolvimento quanto ao modelo 3D porque é preciso considerar a anatomia de cada indivíduo de maneira singular. Mas por outro lado, na área de ensino modelos, 3D têm sido utilizados para o ensinamento sobre estruturas cardiovasculares normais e anormais, pois permite a percepção sobre estruturas que não são perceptíveis em modelos 2D.

Já nas próteses mamárias, Azevedo et al., (2018), a utilização do modelo 3D, possibilita a verificação volumétrica acerca dos implantes, permitindo que os profissionais realizem os procedimentos com melhor precisão e resultados, já que, possibilita que não haja assimetrias. Isso leva a uma melhoria na estética dos procedimentos de mamoplastia e mastectomia.

Ademais, segundo Azevedo et al., (2018), outros tipos de próteses 3D são de cabeça e pescoço, na parte de defeitos ósseos e reconstruções faciais, que tem grande complexidade por conta da irregularidade desses ossos. Utilizando as próteses tridimensionais é possível construir uma peça anatômica com regularidade para facilitar o enxerto no paciente. Também há as próteses de vias aéreas, onde o uso de bioimpressão 3D tem sido destaque, em estudos para realização de enxertos revestidos com células mesenquimais do estroma humano mostraram que a regeneração da traqueia foi maior. A longo prazo, há planejamento de utilização para substituição de segmento grande de traqueia em cirurgias de via aérea.

Por último, também de acordo com Azevedo e colaboradores (2018), a prótese de pele é utilizada como enxertos de pele, em sua maioria, para tratar queimaduras extensas, traumas e defeitos causados pelo tratamento e retirada de tumores. Com a utilização do modelo 3D, esse tipo de prótese é um dos que tem resultado melhor, pois as camadas de pele são mais simples de serem produzidas quando comparadas com outros tipos de enxerto ou membros, onde já existem trabalhos que reconstituem a histologia da pele e sua arquitetura de deposição de células por função e profundidade.

Após a pesquisa sobre a utilização de próteses 3D, os seguintes resultados foram encontrados:

Próteses de membros superiores: Três pacientes. O primeiro caso era um homem de 34 anos com um tumor celular na parte distal do rádio esquerdo. O segundo consistia em um homem de 39 anos com defeito ósseo pós-traumático do pulso resultante da deterioração tanto óssea como de tecidos moles dois anos antes, com perda parcial da articulação. O último caso compreende uma paciente que apresentava tumor celular na extremidade distal do rádio direito. Esta havia implantado prótese no pulso, porém sem sucesso, causando compressão dos ossos do carpo por 6 anos. Para cada um dos casos, foi gerado um modelo de prótese por tomografia computadorizada e em seguida projetados e impressos em 3D. Os três pacientes passaram por cirurgia e implantação dos dispositivos. A anatomia e parte da função foram restauradas após a operação, além de terem alívio de dores e alto nível de satisfação (Azevedo et al., 2018).

Próteses de cabeça e pescoço: Também três casos. O primeiro paciente de 18 anos, portador de defeito craniano após uma craniotomia descompressiva por acidente de moto há 1 ano. O segundo paciente de 34 anos, portador de sequela de fratura panfacial por acidente de moto há 3 anos. Já o terceiro caso é uma paciente de 29 anos, que portava ameloblastoma de mandíbula e precisou de cirurgia para remoção. O primeiro paciente teve como resultado uma cirurgia bem realizada, com a fixação da prótese customizada por placas e parafusos e prototipagem realizada na Eincobio® para realizar o procedimento. O segundo paciente também apresentou uma cirurgia de sucesso e também teve fixação da prótese modelada com



placas e parafusos, evoluindo bem após operação com êxito. A terceira paciente teve ressecção do tumor e aplicação da prótese craniofacial, e evoluiu na 3ª semana pós-operatória com infecção de sítio cirúrgico tratada com antibiótico venoso e com uma paresia do ramo marginal mandibular que vem sendo tratada pela fonoaudiologia com sucesso (Maricevich et al., 2015).

Também há resultados sobre a produção de próteses, como a de Haiduk (2018), onde foi confeccionada uma prótese de mão em cerca de 20 horas. Durante o processo, para produção de cada dedo, foi necessário 1 hora e 30 minutos e 6 horas para a parte da palma da mão. Também tiveram peças que foram descartadas e uma reprodução delas foi realizada. No fim, após teste de força, mobilidade e resistência, o resultado obtido foi de uma prótese de baixo custo, leve e resistente, sendo assim, apresentando vantagem de tempo de desenvolvimento, comparada a prótese biônica comum.

Segundo SILVA, Thiago (2022), como exemplo de vantagem de preço, as próteses fabricadas a partir do processo e impressão tridimensional tendem a custar menos que uma mão biônica, já que tem baixo custo de polímeros como ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), que é uma resina constituída a partir de petróleo (Cruz, Junior e Sarmanho, 2018) e Tritan, que é um material de copliester, muito utilizado para fabricar recipientes que evitem a contaminação. A maior dificuldade e com custo mais elevado se encontra nas automações do processo de transformação em uma prótese ativa e funcional, porém, mesmo assim o custo ainda é 50 vezes menor que o de uma prótese biônica, que chega a custar 100 mil reais.

Já como vantagem de utilização e ajustabilidade, outro exemplo de prótese já citada anteriormente, a de membro superior, que geralmente tem maior dificuldade no procedimento cirúrgico quando é causada por um grande trauma ou tumor, e após a cirurgia os pacientes acabam ficando com deformidades em sua fíbula por ser um grande volume de defeito resultante. Nesse caso a prótese 3D tem sido de grande ajuda nesse tipo de cirurgia, no bem estar do paciente, já que a fabricação de implantes é bem desafiadora e o resultado após a utilização dessas próteses apresenta maior satisfação dos pacientes, principalmente esteticamente (Azevedo e colaboradores, 2018).

Outra vantagem encontrada é que para realizar a produção de uma prótese utilizando impressão tridimensional, não é necessário ter um conhecimento amplo em informática, matemática e outras áreas relacionadas (Carreira, Manso & Monteiro, 2022), sendo assim, é possível utilizar essa tecnologia de maneira simples e ao mesmo tempo sofisticada, por qualquer indivíduo.

Sendo assim, diante dos resultados obtidos, a aplicação do uso de próteses 3D se mostrou muito relevante e futuramente alcançará mais espaço na área da saúde, conforme o seu aprimoramento e conhecimento se expandem cada vez mais, assim como suas possibilidades de auxílio no tratamento de deficiências dos pacientes, principalmente aqueles com menor condição financeira (Rodrigues & Stocco, 2020).

CONCLUSÃO

De acordo com o que foi demonstrado durante o projeto, é possível concluir que o uso de Impressão 3D tem sido destaque na produção de modelos e peças anatômicas de alto nível de singularidade e precisão para cada caso apresentado. Tanto modelos de próteses quanto de órteses tem sido desenvolvidos em diversos setores da indústria medicinal, como nos setores de odontologia, engenharias, em união com o comércio, a pesquisa e a impressão de órgãos também.



Ademais, o método de produção utilizando impressão tridimensional apresenta diversas vantagens como o tempo de produção, o ajuste correto para o paciente, a economia no uso de materiais, além da facilidade para o seu desenvolvimento estrutural e a partir disso sua futura impressão, como já dito anteriormente. Diante disso é possível dizer que com o passar do tempo, essa técnica tende a melhorar mais e ganhar cada vez mais espaço em diversas áreas, principalmente na área da saúde, que com o passar dos anos foi ficando cada vez mais tecnológica e inovadora.

Porém para que esse recurso possa evoluir e ganhar mais espaço, e assim conseguir aproveitar suas vantagens é preciso que tenha mais estudo e desenvolvimento do estudo sobre ele. As empresas que desenvolvem essa tecnologia precisam se adaptar ao movimento atual do uso de impressão 3D para aprimorá-lo. Assim como os desenvolvedores desta, precisam avançar mais nos seus estudos e assim conseguiram atingir os níveis que almejam de conhecimento, para que processos como o desenvolvimento de partes anatômicas de maior complexidade sejam viáveis em um futuro próximo.

A tecnologia tridimensional, diante de toda evidência pesquisada, tende a ser um sucesso cada vez maior. O desenvolvimento de novos materiais também pode ser mais uma possível melhoria para possíveis futuras produções. Derivados de materiais já utilizados como o ABS (acrilonitrila butadieno) e o PLA (poliácido láctico) devem ser utilizados, já que o conhecimento sobre eles para produção é utilizado com frequência atualmente.

Sendo assim, apesar de algumas dificuldades no processo de melhoria, a possibilidade de rapidez no atendimento aos pacientes, análises mais rápidas e precisas, procedimentos menos invasivos e mais seguros, a redução do erro humano e um maior planejamento seguro com o uso da impressão 3D para a produção de próteses devem ser o foco para que seja possível que no futuro esse método seja presente em maior número na área da saúde.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, L. G. C.; JUNIOR, L. O. S. B.; OLIVEIRA, M. S.; AMORIM, N. D. M.; COUTINHO, K. D.; NAGEM, D. A. P.; NETO, C. L. B.; HÉKIS, H. R.; VALENTIM, R. A. **M. Tecnologia 3D na saúde: uma visão sobre órteses e próteses, tecnologias assistivas e modelagem 3D**. 1. ed. Rio Grande do Norte: SEDIS-UFRN, 2018. 95 p.

CARREIRA, A. S.; MANSO, D. G. S.; MONTEIRO, G. G. A Utilização e Aplicação da Impressora 3D na área de Saúde. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 9, p. 340-354, 2022.

HAIDUK, P. F. **Pesquisa e Desenvolvimento Estrutural de Prótese de mão utilizando Impressão 3D**. 2018. 43 f. Monografia (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

JUNIOR, J. L. R.; CRUZ, L. M. S.; SARMANHO, A. P. S. Impressora 3D no Desenvolvimento de Pesquisas com Próteses. **Revista Interinstitucional Brasileira de Terapia Ocupacional**, v. 2(2), p. 398-413, 2018.

LOPES, J. A. L.; ALMEIDA, L.C. **Metodologia para Concepção de Próteses Ativa de mão utilizando Impressora 3D**. 2013. 79 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Eletrônica) - Universidade de Brasília, 2013.



MARICEVICH, P.; PANTOJA, E.; MANSUR, A.; PEIXOTO, A.; AMANDO, J.; BORGES, P. Y. V.; BRAUNE, A.; NASSER, J. A.; CRUZ, R. L. Prototipagem: aplicações na cirurgia crânio- maxilo-facial do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO)- RJ. **Rev. Bras. Cir. Plást**; v. 30(4), n. DOI: 10.5935/2177-1235.2015RBCP0203, p. 626-632, 2015.

MORIMOTO, S. Y. U.; CABRAL, A. K. P. S.; SANGUINETTI, D. C. M.; FREITAS, E. S. R.; MERINO, G. S. A. D.; COSTA, J. . P.; COELHO, W. K.; & AMARAL, D. S. Órteses e próteses de membro superior impressas em 3D: uma revisão integrativa. **Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional**, 29, e2078, 2021.
<https://doi.org/10.1590/2526-8910.ctoAO2078>

RODRIGUES, R. A.; STOCCO, T. D. Utilização de membros protéticos fabricados a partir de impressão 3D para amputados. **Archives of Health Sciences**, v. 27 (1), n. ISSN: 2318-3691, DOI: 10.17696/2318-3691.27.1.2020.1640, p. 65-69, 2020.

SILVA, E. F.; SILVA, L.M.; DEON, V. G.; TOSO, M. A. Impressão 3D Aplicada à Tecnologia Assistiva. **Revista Destaques Acadêmicos (Univates)**, v. 12, n. 4, p. 181-193, 2020.

SILVA, T. **Impressão 3D e Automação de uma Prótese de membro superior com baixo custo**. 2022. 22 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2022.

