

TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D NA SAÚDE BRASILEIRA: VANTAGENS E DESAFIOS DA CRIAÇÃO DE PRÓTESES PARA MEMBROS SUPERIORES

3D PRINTING TECHNOLOGY IN BRAZILIAN HEALTHCARE: ADVANTAGES AND CHALLENGES OF CREATING PROSTHESES FOR UPPER LIMBS

Giulia Gabriela Pena da Silva¹
Julia Maria de Andrade Meneses²
Marcela Coutinho Porto³
Raiane Gonçalves Oliveira⁴
Israel Marques Campos⁵

Resumo

O Brasil sofre de uma carência quanto à disponibilidade de serviços e dispositivos de assistência para pessoas com deficiência nos membros superiores. A tecnologia de impressão tridimensional (3D) movimenta esse panorama ao facilitar a produção de próteses para essa parcela populacional. O intuito desse artigo é, portanto, evidenciar as vantagens associadas ao uso da tecnologia de impressão 3D no sistema de saúde brasileiro para a produção de próteses de membros superiores e salientar, por meio de um ponto de vista crítico, quais as limitações dessa técnica. A metodologia utilizada foi a revisão de literatura narrativa e a busca textual se deu em bases de periódicos e bibliotecas online, como os portais da Scielo, de Periódicos da UFRJ e do Repositório Institucional da UNESP. Desafios relacionados à padronização dos termos de pesquisa dos artigos utilizados e o pequeno quantitativo de estudos que abordaram os membros superiores como centro de pesquisa permearam o processo de seleção dos artigos. Identificou-se, por intermédio da análise das pesquisas, que o uso de técnicas de impressão tridimensional apresenta benefícios relacionados à precisão e personalização dos produtos, à rapidez na fabricação, à redução dos custos e à variedade de materiais para a construção das próteses. Contudo, apesar de ter sua aplicabilidade aumentada na última década, seu uso acompanha limitações relacionadas à durabilidade e sustentabilidade da prótese e à questão da capacitação e treinamento profissional para criação do produto e acompanhamento do paciente durante a reabilitação. Inferiu-se que, apesar dessas limitações, a tecnologia de impressão 3D é promissora e pode ser entendida como uma ferramenta facilitadora da disseminação de dispositivos protéticos, estendendo o acesso a indivíduos usuários do sistema de saúde brasileiro.

Palavras-chave: impressão 3D; próteses e implantes; membros superiores.

Abstract

Brazil suffers from a lack of availability of services and assistive devices for people with disabilities in the upper limbs. Three-dimensional (3D) printing technology moves this panorama by facilitating the production of prostheses for this population group. The purpose of this article is, therefore, to highlight the advantages associated with the use of 3D printing technology in the Brazilian health system to produce upper limb prostheses and to highlight, through a critical point of view, the limitations of this technique. The methodology used was the review

¹ Acadêmica do Bacharelado Interdisciplinar em Saúde pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Lattes: <https://lattes.cnpq.br/5445811996087746>. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9045-7304>. Email: giuliapena@aluno.ufrb.edu.br.

² Acadêmica do Bacharelado Interdisciplinar em Saúde pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/553518773977633>. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5059-7955>. Email: juliaandrade@aluno.ufrb.edu.br

³ Acadêmica do Bacharelado Interdisciplinar em Saúde pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Lattes: <https://lattes.cnpq.br/7637866682978764>. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9044-3969>. Email: marcelacoutinho@aluno.ufrb.edu.br.

⁴ Acadêmica do Bacharelado Interdisciplinar em Saúde pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3385175182903490>. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8745-2248>. Email: raianegoncalves@aluno.ufrb.edu.br.

⁵ Doutor em Educação pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Docente da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9354032949753717>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8514-8108>. Email: israelcampos@ufrb.edu.br.

of narrative literature and the textual search took place in databases of journals and online libraries, such as the portals of Scielo, Journals of UFRJ and the Institutional Repository of UNESP. Challenges related to the standardization of search terms for the articles used and the small number of studies that addressed the upper limbs as a research center permeated the article selection process. It was identified, through the analysis of the research, that the use of three-dimensional printing techniques presents benefits related to the precision and customization of the products, the speed of manufacture, the reduction of costs and the variety of materials for the construction of the prostheses. However, despite having its applicability increased in the last decade, its use follows limitations related to the durability and sustainability of the prosthesis and the issue of professional qualification and training for the creation of the product and monitoring of the patient during rehabilitation. It was inferred that, despite these limitations, 3D printing technology is promising and can be understood as a tool that facilitates the dissemination of prosthetic devices, extending access to individuals who use the Brazilian health system.

Keywords: 3D printing; prostheses and implants; upper limbs.

1 Introdução

A Impressão 3D, do inglês *3D Printing* (3DP), obteve seus primeiros registros no ano de 1984 através do norte americano Chuck Hull, reconhecido como pioneiro na implementação dessa tecnologia inovadora. A técnica baseada no método de estereolitografia, que consiste em solidificar resina através de feixes de luz ultravioleta, foi responsável por revolucionar os mais diversos segmentos industriais, como os setores relacionados à engenharia e à construção civil, e vem se popularizando com a redução dos custos de impressão e a facilitação de acesso às impressoras e aos materiais (Costa *et al.*; 2021).

A difusão dessa tecnologia na área da saúde é evidente quando se analisa a utilização da técnica de Manufatura Aditiva, do inglês *Additive Manufacturing* (AM), entendida como sinônimo de impressão 3D, para a produção de modelos anatômicos em instituições acadêmicas, facilitando o processo de ensino, para a replicação de órgãos, a nível cirúrgico, a fim de se investigar ou ensaiar procedimentos, como a retirada de tumores, ou até mesmo, a nível diagnóstico, para o mapeamento de doenças, otimizando o tempo de consulta e tornando mais precisas as informações.

No Brasil, a técnica de impressão 3D tem sido bastante utilizada para a produção de dispositivos de Tecnologia Assistiva. Esses utensílios são, pela Lei Brasileira de Inclusão (Brasil, 2015), definidos como dispositivos, metodologias, produtos, estratégias, equipamentos, recursos, serviços e práticas que tenham como finalidade promover a autonomia, a independência e a inclusão social à pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida.

Dados levantados por uma pesquisa feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), aliado ao Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania, no ano de 2022, revelam que cerca de 8,9% da população brasileira possui algum tipo de deficiência. Nesse sentido, uma análise feita pela Pesquisa Nacional de Saúde (PNS), em 2019, afirmou que 2,7% dessa parcela populacional, cerca de 5,5 milhões de pessoas, têm deficiência nos membros

superiores. No entanto, o Painel de Indicadores da Saúde, também publicado em 2019, apontou que apenas 0,5% desses indivíduos conseguem o acesso a dispositivos de tecnologia assistiva que os auxiliem, nesse caso, às próteses ou órteses de membros superiores.

Os dispositivos ortéticos são produtos de uso temporário que buscam auxiliar no funcionamento de uma parte do corpo já existente, para evitar ou corrigir alguma deformidade. Em contrapartida, as próteses de membros superiores, objeto de estudo do presente trabalho, surgem como dispositivos permanentes, criados com a função de substituir um membro ausente, oferecendo autossuficiência ao usuário.

As pesquisas citadas demonstram um abismo entre ser portador de uma deficiência e usufruir de serviços que possibilitem a diminuição das problemáticas trazidas por essa circunstância. Nesse contexto, a fim de reduzir os problemas relacionados ao acesso a esses dispositivos, o uso da impressão 3D surge como uma alternativa para confeccionar, melhorar e ampliar a distribuição de próteses no sistema de saúde brasileiro. Ademais, destaca-se a necessidade de integração de várias áreas do conhecimento, como a engenharia, a medicina, a psicologia, a terapia ocupacional e o design, a fim de que essa difusão ocorra exitosamente e alcance seu objetivo principal de trazer independência ao usuário.

O vigente estudo, portanto, tem como objetivo discorrer acerca das vantagens e desafios relacionados ao uso da tecnologia de Manufatura Aditiva no sistema de saúde brasileiro para a produção de próteses de membros superiores. Para tanto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em meios eletrônicos que apontou como algumas das vantagens inerentes à impressão 3D a precisão e personalização dos produtos, a rapidez na fabricação, a redução dos custos e a variedade de materiais para a construção das próteses.

Contudo, apesar de ter sua empregabilidade aumentada na área da saúde e trazer diversos benefícios aos seus usuários, os estudos também levantaram questões relacionadas à baixa resistência à força de prensão, ao debate acerca da durabilidade e da sustentabilidade na escolha do material para a montagem da prótese e à questão da capacitação e treinamento profissional para criação do produto e acompanhamento do paciente durante a reabilitação. Tais aspectos serão discutidos com maior profundidade na seção de “Resultados e discussão”.

A importância deste estudo reside na necessidade de se ampliar o debate sobre a temática, entendendo a importância dessa tecnologia e sua aplicabilidade no sistema brasileiro de saúde, contribuindo, conseqüentemente, com a popularização e a valorização de programas que fornecem esses materiais, como o Mao3D, desenvolvido em 2015 pela Professora Doutora Maria Elizete Kunkel em parceria com a e-Nable, que distribui próteses 3D para indivíduos inseridos em situação de vulnerabilidade socioeconômica em todo o Brasil.

2 Metodologia

A presente produção consiste em uma revisão de literatura narrativa. O levantamento de referências foi realizado em bibliotecas virtuais após a delimitação dos critérios de inclusão e exclusão dos artigos. Somente foram considerados aqueles que possuíam relação com a temática, que estivessem escritos em língua portuguesa e tivessem sido publicados no intervalo dos últimos 5 anos. Tais critérios foram selecionados visando especificar a produção e proporcionar maior coerência quanto ao objetivo escolhido.

Os descritores utilizados para o refinamento das buscas foram “Impressão 3D”, “Tecnologia”, “Próteses”, “Membros Superiores”, em associação ao conectivo “e”. A coleta de dados se deu nas bibliotecas do SciELO, do Portal de Periódicos da UFRJ, do Repositório Institucional da UNESP e no site das editoras Atena e Científica Digital, resultando na seleção dos artigos e capítulos de livro utilizados no estudo. Além disso, foram utilizados pesquisas e dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Painel Nacional da Saúde (PNS) e do Painel de Indicadores da Saúde, a fim de ajustar-se ao recorte territorial brasileiro selecionado. Também foram incluídos na análise bibliográfica, trabalhos de conclusão de curso (TCC), dissertações de mestrado e outros artigos científicos provenientes de revistas científicas, não indexadas aos portais citados. Entretanto, para sua utilização no estudo foi verificada a existência do registro DOI do arquivo e do ISSN da revista, também foi considerado a qualidade e a solidez do estudo.

Durante o processo, foi possível identificar que uma grande parcela dos estudos promovia enfoque à temática da impressão 3D na área da odontologia, versando acerca da fabricação de próteses dentárias, sendo excluídos da análise bibliográfica do artigo. A predominância de textos com publicação recente, dada a atualidade do tema pesquisado e a ausência de padronização dos termos de pesquisa dos artigos lidos são outros pontos notórios igualmente observados. A base teórica dos artigos selecionados apresenta majoritariamente estudos em língua estrangeira, principalmente em língua inglesa, indicando uma possível escassez de produções nacionais acerca da temática.

3 Resultados e discussão

A utilização de novas técnicas, nos processos de produção de dispositivos de tecnologia assistiva, já é uma realidade observada no cenário atual. O uso de métodos de impressão 3D para a produção de próteses tem ganhado destaque na última década com a popularização das impressoras 3D. Assim, a partir dos artigos escolhidos, foi possível identificar as vantagens e

as desvantagens relacionadas ao uso e à fabricação de próteses de membros superiores por esse tipo de impressão. O quadro abaixo sintetiza as vantagens mencionadas ou identificadas em alguns dos trabalhos selecionados.

Quadro 1: análise inicial dos benefícios indicados nos artigos selecionados

Autor(es)	Metodologia de pesquisa	Contribuições apontadas
Kunkel <i>et al.</i>	Estudo de caso.	Capacidade de customização. Possibilidade de combinação de materiais para a produção do dispositivo. Capacidade de reprodução de boa aparência estética, produzindo traços mais delicados. Redução de custos de produção. Capacidade de produção com diversos tipos de materiais, podendo, assim, testar e modificar aspectos relacionados à resistência e durabilidade da prótese.
Morimoto <i>et al.</i>	Revisão bibliográfica integrativa.	Baixo custo de produção e maior precisão no desenvolvimento das peças. Possibilidade de utilizar materiais biodegradáveis e biocompatíveis.
Braga <i>et al.</i>	Pesquisa bibliográfica.	Preço final competitivo. Produção personalizada. Redução na geração de resíduos. Evolução de mecanismo de tecnologia assistiva e barateamento de artigos personalizados.
Silva.	Estudo de caso.	Próteses adaptáveis às necessidades e características de cada usuário. Rápida fabricação. Facilidade na manipulação das estruturas e confecção de modelos mais confortáveis para o paciente.
Pires <i>et al.</i>	Revisão bibliográfica sistemática.	Produção de dispositivos de tamanhos, formas e materiais. Acessível e eficiente em termos de tempo e custo. Maior precisão e ajuste dos dispositivos.

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Os estudos abordaram, entre um dos principais benefícios, a possibilidade de personalização dos dispositivos protéticos para cada paciente, facilitando a adaptação do usuário ao aparelho. Tal capacidade se configura como uma singularidade dessa técnica de impressão, pois a produção de próteses tradicionais em larga escala não leva em consideração as especificidades de cada paciente, como as deformidades do coto, a sensibilidade do tecido da pele e a capacidade de mobilidade das articulações. Essa característica se constitui como fundamental para reduzir os índices de abandono dos processos de reabilitação, que chegam em torno dos 90% (Kunkel *et al.*, 2019). O tamanho, as cores, o material, o peso e o modelo da prótese impressa, podem ser modificados de acordo com a necessidade e a função final que será executada pelo dispositivo.

Compreender as individualidades anatômicas do paciente e as particularidades de cada caso é necessário para promover um processo de reabilitação pacífico e exitoso, sem o abandono da prótese ao final do ciclo e para garantir um bom retorno do usuário à sua rotina. Além disso, essa tecnologia de impressão permite a reprodução de geometrias mais complexas, com uma grande precisão e detalhamento, e a utilização de um dos membros como “espelho”, ou seja, caso o usuário necessite de uma prótese de mão esquerda, a mão direita pode ser utilizada como modelo para a produção do dispositivo, trazendo uma boa aparência estética e

replicando traços mais delicados (Braga *et al.*, 2023; Kunkel *et al.*, 2019; Morimoto *et al.*, 2020; Silva, 2023).

Quanto ao tempo de produção, os estudos apontaram que as impressoras podem fabricar tais próteses em alguns dias ou em poucas horas, variando conforme o design do dispositivo e o material utilizado. No estudo desenvolvido por Silva (2023), a média do tempo de produção foi de 13 horas e 13 minutos, criando três modelos distintos de próteses de mão. Um segundo ponto, ainda nessa esfera, mencionado no estudo de Kunkel *et al.* (2019), foi a possibilidade de criação de protótipos antes da fabricação do produto, reduzindo o tempo de desenvolvimento do dispositivo e permitindo a identificação das possíveis falhas do aparelho, já que é possível realizar a testagem da prótese.

A relação de custo-benefício, também abordada nos textos, destaca que a escolha do equipamento deve considerar os desejos do paciente, a fim de evitar o abandono da peça. Porém, no que tange aos valores finais e aos custos de produção com tecnologia de impressão 3D, os gastos são significativamente reduzidos quando comparados a outros modelos ou formatos de produção. Nessa perspectiva, com a utilização da tecnologia 3D, pode-se desenvolver próteses a baixo custo e em regiões onde o acesso à saúde seja precário ou dificultado, tornando-se, portanto, uma tecnologia com potencial de aplicabilidade no Sistema Único de Saúde (SUS). A distinção entre esses valores pode ser atribuída à necessidade de materiais específicos e uma elevada quantidade de mão de obra para a fabricação de próteses que não utilizam técnicas de impressão 3D (Figliolia, 2021; Kunkel *et al.*, 2019).

Os valores finais desses dispositivos variam, principalmente, pelo custo do componente empregado para a produção. No caso dos dispositivos protéticos impressos em 3D, a confecção e desenvolvimento pode se dar a partir de diferentes materiais, selecionados e direcionados a cada sujeito, considerando fatores como a condição financeira, o nível de comprometimento da função, as funcionalidades desejadas e o tipo de material mais adequado ao objetivo do dispositivo. Essa escolha influencia diretamente na durabilidade, resistência e leveza da prótese, devendo, portanto, ser cuidadosamente selecionada para atender as demandas da peça.

Os materiais mais comumente mencionados nos estudos foram o Ácido Polilático (PLA) e a Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS). Embora ambos sejam tipos de termoplásticos, possuem características bastante distintas no que se refere a algumas propriedades. O primeiro é muito utilizado por possuir uma baixa temperatura de fusão, o que torna sua manipulação mais fácil, além de ser um material biodegradável, derivado de componentes naturais, e biocompatível. Já o ABS é amplamente utilizado por ser economicamente favorável, além de resistente, e por contar com uma boa capacidade de

flexibilidade (Figliolia, 2021). Contudo, apresenta em sua composição acrilonitrila, butadieno e estireno, componentes derivados do petróleo, tornando o composto um gerador de produtos tóxicos e que levam longos períodos para se decompor na natureza.

A associação entre compostos diferentes para a produção dos dispositivos foi observada nos estudos de Kunkel *et al.* (2019) e Silva (2023), podendo associar as propriedades do material a peças que demandem de maior rigidez ou aquelas que necessitem de maior plasticidade. A capacidade de corrigir erros durante o processo de construção da prótese, sem que toda a peça seja perdida, reduz o consumo de matéria-prima e a geração de resíduos (Braga *et al.*, 2023). A técnica de estereolitografia empregada também permite o aproveitamento desses resíduos e excedentes de produção, na medida em que a remanipulação desses materiais pode resultar na construção de novos dispositivos (Kunkel *et al.*, 2019).

A disponibilidade de uma variedade de materiais para produção de próteses de membros superiores, a partir de tecnologia 3D, permite a criação de dispositivos mais leves. Essa diminuição no peso, a personalização com o intuito de conferir uma maior proporcionalidade com o restante do corpo e a capacidade de integrar tecnologias de inteligência artificial, são capazes de melhorar a experiência do usuário e facilitar a realização das tarefas diárias. Assim, essas próteses cumprem com o objetivo principal de trazer independência ao paciente, possibilitando a realização de atividades comuns anteriores ao processo de amputação, além de melhorar a autoestima e incentivar a participação social (Kunkel *et al.*, 2019; Morimoto *et al.*, 2020; Pires *et al.*, 2023; Silva, 2023).

A revisão de literatura demonstrou que o uso de próteses de membros superiores, produzidas a partir da tecnologia de impressão 3D, apresenta vantagens significativas e variadas, fato importante para entender a necessidade de ampliar os investimentos nessa cadeia produtiva. No entanto, apesar de todos os benefícios resultantes do uso dessa técnica, o cenário brasileiro enfrenta as seguintes limitações: a falta de capacitação de profissionais para a formação de uma equipe multidisciplinar na reabilitação do paciente, as adversidades relacionadas às características próprias das próteses e a ausência de padronização de termos de pesquisa que caracterizem a tecnologia de impressão 3D. O quadro 2 menciona os pontos identificados em cada estudo.

Quadro 2: análise inicial dos desafios mencionados nos artigos selecionados

Autor(es)	Metodologia de pesquisa	Limitações apontadas
Morimoto <i>et al.</i>	Revisão bibliográfica integrativa.	Baixa força de prensão das próteses. Dificuldades na realização de movimentos de motricidade fina. Desafios relacionados à regulamentação da nomenclatura utilizada para pesquisa.
Silva.	Estudo de caso.	Menor durabilidade a depender do material e modelo escolhido.
Braga <i>et al.</i>	Pesquisa bibliográfica.	Necessidade de ampliar os conhecimentos dos profissionais de saúde acerca da tecnologia de impressão 3D.
Figliolia.	Estudo de caso.	Falta de treinamento de profissionais para lidar com as técnicas de modelagem.

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

A atuação conjunta de profissionais especialistas, durante o processo de confecção da prótese e da reabilitação do paciente, é de suma importância para o êxito do tratamento. Entretanto, o descompasso entre o desenvolvimento da tecnologia de impressão 3D aplicada à saúde e a capacitação de profissionais de diversas áreas, para um trabalho multidisciplinar, apresenta-se como uma problemática na realidade brasileira.

Para a confecção de uma tecnologia assistiva, dentre elas as próteses, são necessários especialistas de diferentes áreas do conhecimento, como designers, engenheiros e profissionais da área da saúde, uma vez que cada profissional contribuirá cooperativamente para o produto (Costa, 2019). Sob essa perspectiva, a comunicação assertiva entre os membros de uma equipe multidisciplinar torna-se crucial para a personalização das próteses, de modo a atender as demandas anatômicas, a funcionalidade e a inclusão social do sujeito. Ademais, a comunicação clara entre a equipe e o paciente propicia maior compreensão da abordagem utilizada, consequentemente, o indivíduo, antes um sujeito passivo na terapêutica, assume um papel ativo com autoridade para questionar e intervir no próprio tratamento.

Observando o uso das próteses, tanto tradicionais quanto as de impressão 3D, apresenta-se como problemática comum a baixa força de prensão proveniente desses dispositivos. A força preênsil nos membros superiores pode ser exercida graças aos movimentos independentes dos segmentos das mãos e dos dedos, que combinados podem apresentar infinitos padrões de movimentos (Costa, 2019). Quando há a redução dessa força, atividades cotidianas que exigem precisão motora, tanto no controle quanto na força exercida, como segurar um copo ou abotoar o botão de uma camisa, tornam-se tarefas árduas e que limitam a independência do paciente e a inclusão social.

Outra restrição relatada foi a necessidade da realização de estudos na área que analisem a eficiência e a durabilidade de próteses confeccionadas, a partir de produtos biodegradáveis. O Ácido Polilático (APL) é um material biodegradável, o que o torna uma opção menos danosa ao meio ambiente, porém a resistência e a durabilidade em próteses ainda não são conclusivas. Em

oposição, a Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) é um material derivado do petróleo com alta flexibilidade e leveza, características favoráveis para o uso na confecção de próteses (Figliolia, 2021). Nesse sentido, cria-se um impasse quanto ao uso desses materiais para a produção dos dispositivos, já que as próteses tradicionais, apesar do alto custo e dos materiais não deterioráveis, em maior frequência, apresentam maior durabilidade, enquanto as feitas de recursos naturais apresentam menor preço, porém sua resistência a longo prazo ainda não é conhecida. Isso implica questionamentos quanto ao custo-benefício, uma vez que o paciente pode necessitar recomprar a peça com maior frequência, aumentando o custo final do uso da tecnologia.

No que se refere aos limites do presente trabalho, é crucial citar a inexistência de uma regulamentação de nomenclaturas utilizadas para pesquisa que definem o termo “impressão tridimensional”, uma vez que diferentes palavras, como por exemplo “manufatura aditiva”, são empregadas para se referir a esse conceito, o que gera dificuldades entre os pesquisadores na fase da coleta de dados para a pesquisa (Morimoto *et al.*, 2020). Ademais, o uso de descritores distintos gera um obstáculo para a disseminação do conhecimento na comunidade científica, essencial para o desenvolvimento da área.

Apesar das limitações mencionadas, a respeito de aspectos pontuais da funcionalidade das próteses, essa tecnologia representa um elevado potencial para promover transformações positivas na vida das pessoas. Uma amostra dessa realidade é o programa Mao3D desenvolvido pela Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) criado no ano de 2015, que utiliza a tecnologia da impressão 3D para fabricação de próteses que são distribuídas gratuitamente para pessoas com deficiência física que não conseguem obter acesso a tais recursos pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Essa iniciativa representa uma solução inovadora para as pessoas beneficiadas, uma vez que possibilita a oportunidade de retomada de atividades cotidianas com mais autonomia e segurança, além de oferecer dispositivos de baixo custo, adaptáveis e que são desenvolvidos em tempo reduzido, reafirmando a relevância dessa tecnologia como uma solução acessível e transformadora na área da saúde.

4 Considerações finais

O vigente artigo verificou a utilização da impressão tridimensional no âmbito da saúde, com foco na confecção de próteses para membros superiores, a qual surge como uma alternativa para melhorar e ampliar a distribuição desses dispositivos no Brasil, uma vez que o país apresenta problemas quanto à acessibilidade de dispositivos protéticos. A técnica de impressão 3D, aliada à Tecnologia Assistiva, utiliza de várias áreas do conhecimento dentro de suas

produções, destacando a necessidade de uma abordagem multidisciplinar ao projetar as próteses, levando em consideração a funcionalidade, a mecânica e a estética desses aparelhos, além do processo de reabilitação dos usuários, com a finalidade de promover a autossuficiência e a inclusão social.

Vale também fornecer destaque, novamente, a programas que representam a esperança para aqueles que são portadores de deficiências nos membros superiores e não têm acesso aos dispositivos de tecnologia assistiva, como o projeto de extensão MAO3D, criado pela Doutora Maria Elizete Kunkel, que distribui próteses de membros superiores para crianças de todo o Brasil. Nesse sentido, o presente trabalho objetivou discorrer acerca das vantagens e dos desafios relacionados ao uso da tecnologia de Manufatura Aditiva, no sistema de saúde brasileiro, para a produção de próteses de membros superiores.

Em relação ao primeiro item, pôde-se concluir como benefícios inerentes à impressão 3D a precisão e a personalização dos produtos, imprescindível para reduzir os altos índices de abandono, o tempo de produção consideravelmente rápido quando se comparado ao das próteses convencionais, correlacionado a possibilidade de produzir protótipos antes da fabricação do produto. Tal técnica permite a identificação de falhas e não exige o descarte total da peça, além da relação custo-benefício, associada a empregabilidade de uma variedade de materiais, que torna os gastos das próteses de impressão 3D significativamente reduzidos.

No entanto, houve também a identificação de limitações para a consolidação desses dispositivos no cenário brasileiro. É possível salientar a necessidade de capacitação de profissionais e a escassez de equipes multidisciplinares para a produção desses utensílios e para a reabilitação do paciente, uma vez que a interdisciplinaridade é fundamental para o êxito do tratamento. Outrossim, a baixa força de prensão proveniente das próteses, que interfere em ações cotidianas e converge com o objetivo de promover autonomia ao usuário, a carência de estudos quanto a eficiência e a durabilidade a depender do material escolhido para a produção, visto que existe um embate entre a resistência e a sustentabilidade, além da inexistência de padronização de nomenclaturas empregadas nas pesquisas para definir o termo “impressão tridimensional” foram observadas no estudo.

Em suma, apesar dos desafios apresentados, a tecnologia de impressão 3D é uma alternativa de fabricação que merece valorização e investimento. Sugere-se a ampliação de estudos e práticas que envolvem a aplicação da tecnologia 3D no campo de impressão protética, com intuito de sanar suas limitações e introduzi-la, dessa forma, com maior excelência no sistema de saúde brasileiro.

Referências

BRAGA, E. J. *et al.* O uso da impressão 3D na Medicina. *In: MARTINS, E. R. **Tecnologias e Metodologias Ativas: a interdisciplinaridade tecnológica em pesquisa.*** São Paulo: Editora Científica Digital LTDA, 2023.

BRASIL. Lei n.º 13.146, 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, v. 152, n. 127, p. 2, 7 jul. 2015. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=07/07/2015&jornal=1&pagina=2&totalArquivos=72>. Acesso em: 11 nov. 2024.

COSTA, J. M. R. D. *et al.* Aplicabilidade da Impressão 3D como tecnologia em saúde e soluções inovadoras durante a pandemia. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 5, p. 49120–49130, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv.v7i5.29867>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/29867>. Acesso em: 25 out. 2024.

COSTA, M. A. G. **Idealização de uma prótese multiarticulada mio elétrica.** 2019. 119 f. Dissertação (Mestrado em Design de Equipamento) — Universidade de Lisboa, Lisboa, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ulisboa.pt/handle/10451/47505?locale=en>. Acesso em: 08 dez. 2024.

FIGLIOLIA, A. C. **Materiais para impressão 3D no desenvolvimento de próteses de membro superior:** análise do desempenho mecânico e funcional. 2021. 147 f. Dissertação (Mestrado em Design) — Universidade Estadual Paulista (Unesp), Bauru, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/51100e52-5d78-4ca1-aba2-2aebcc6dacb7>. Acesso em: 18 out. 2024.

KUNKEL, M. E. *et al.* Mao3d - protetização e reabilitação de membro superior adulto com a tecnologia de impressão 3d. *In: CARDOSO, N. A.; ROCHA, R. R.; LAURINDA, M. V. A **Produção do Conhecimento na Engenharia Biomédica.*** Ponta Grossa: Atena Editora, 2019.

MORIMOTO, S. Y. U. *et al.* Órteses e próteses de membro superior impressas em 3D: uma revisão integrativa. **Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional**, [S. l.], v. 29, p. 1-14, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2526-8910.ctoAO2078>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cadbto/a/fLwFnzyvCZnGGxPnRLdVt3w/>. Acesso em: 18 out. 2024.

PIRES, M. E. P. *et al.* Impressão 3d na ortopedia: onde estamos e aonde podemos chegar. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 9, n. 4, p. 951-965, 2023. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v9i4.9281>. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/9281>. Acesso em: 22 out. 2024.

SILVA, V. M. **Design e Tecnologia Assistiva:** Estudo de materiais e processos para o desenvolvimento de próteses de membro superior por impressão 3D disponíveis em código aberto. 2023. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Design) — Universidade Estadual Paulista (Unesp), Bauru, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/0462c111-0ee1-402b-ad56-3cf9ef88c971>. Acesso em: 18 out. 2024.

Data de submissão: 19 de dezembro de 2024

Data de aceite: 17 de janeiro de 2025