

A impressão 3D no Desenvolvimento de Dispositivos Assistivos para Pessoas Idosas

3D Printing in the Development of Assistive Devices for Elderly People

Erica Tiemi Tobar¹, Reverson Tadeu Monteiro², Luciana Ramos Balleotti³, Fausto Orsi Medola⁴



Resumo: Este estudo buscou analisar o uso da impressão 3D no desenvolvimento de dispositivos assistivos para usuários idosos. Através de uma revisão de escopo, foi realizada uma busca a partir de descritores pré-definidos, nas bases de dados: Scopus, Pubmed e Web of Science. Após a aplicação de critérios de inclusão e exclusão, 11 trabalhos foram selecionados para análise neste trabalho. O estudo destaca como a impressão 3D tem possibilitado a criação de dispositivos personalizados, acessíveis e adaptáveis, melhorando a independência e a qualidade de vida dos usuários. Os diferentes estudos examinados destacaram a utilização da manufatura aditiva em robôs assistivos, exoesqueletos, cadeiras de rodas e dispositivos vestíveis, demonstrando a ampla gama de aplicações possíveis. Os resultados mostraram que a impressão 3D permite ajustes rápidos e específicos, aumentando a funcionalidade dos dispositivos, porém, ainda são necessários estudos adicionais para validar a eficácia desses dispositivos em contextos reais e com amostras maiores. Apesar da impressão 3D possibilitar inovações que podem melhorar a vida das pessoas idosas, promovendo maior independência e facilitando a execução de atividades diárias, esta área ainda é pouco explorada.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva. Pessoas Idosas. Impressão 3D. Design Inclusivo.

Abstract: This study aimed to analyze the use of 3D printing in the development of assistive devices for elderly users. Through a scoping review, a search was conducted using predefined descriptors in the following databases: Scopus, PubMed, and Web of Science. After applying inclusion and exclusion criteria, 11 studies were selected for analysis in this work. The study highlights how 3D printing has enabled the creation of customized, accessible, and adaptable devices, improving the independence and quality of life of users. The different studies examined emphasized the use of additive manufacturing in assistive robots, exoskeletons, wheelchairs, and wearable devices, demonstrating the wide range of possible applications. The results showed that 3D printing allows for quick and specific adjustments, enhancing the functionality of devices. However, additional studies are needed to validate the effectiveness of these devices in real-world contexts and with larger samples. Despite 3D printing enabling innovations that can improve the lives of elderly people by promoting greater independence and facilitating the performance of daily activities, this area is still underexplored.

Keywords: Assistive Technology. Elderly People. 3D Printing. Inclusive Design.

Introdução

Segundo a Organização Mundial da Saúde (2022), mais de 2,5 bilhões de pessoas precisam de um ou mais produtos

assistivos, e espera-se que esse número cresça para mais de 3,5 bilhões até 2050, à medida que a população global envelhece. Na área da tecnologia assistiva, a impressão 3D tem sido muito utilizada por proporcionar produtos com

maior precisão, conforto e possibilitando a personalização, contribuindo assim para a aceitação e satisfação do maior número de usuários (Ferrari *et al.* 2019). Janson (2015) destaca o uso da impressão 3D no desenvolvimento de dispositivos e equipamentos adaptativos que possam aumentar a independência dos pacientes em suas atividades diárias. Essas atividades, essenciais para a vida cotidiana, incluem tarefas como se alimentar, vestir-se, tomar banho, cuidar da aparência e utilizar o banheiro. De acordo com as limitações físicas e o nível de funcionalidade do paciente, pode ser necessário o uso de dispositivos de assistência ou equipamentos adicionais para melhorar a execução dessas tarefas ou facilitar seu desempenho.

O estudo de Turkistani e Qurban (2022) demonstrou que dispositivos assistivos impressos em 3D são eficazes em aumentar a independência de pessoas com deficiências físicas em suas atividades diárias. O custo-benefício dos dispositivos impressos em 3D, comparados com os equipamentos pré-fabricados, se mostraram mais econômicos e com melhores resultados para os participantes.

Recentemente, o número de estudos utilizando a impressão 3D em dispositivos de tecnologia assistiva tem crescido, porém ainda há pouca variedade nos dispositivos e disponibilidade limitada de equipamentos além de poucas informações sobre o custo dos dispositivos assistivos produzidos por manufatura aditiva (Yeung *et al.* 2016; Ferrari *et al.* 2019; Turkistani, Qurban, 2022).

O presente estudo busca compreender, por meio de uma revisão de escopo, de qual forma a impressão 3D tem auxiliado no desenvolvimento de produtos assistivos para idosos, quais tipos de produtos e soluções têm sido desenvolvidos e avaliados, além de entender quais os benefícios de utilizar a impressão 3D no processo de desenvolvimento.

Materiais e Métodos

Foi realizada uma revisão de escopo buscando responder a questão para a lacuna apresentada. Amaral e Silva (2011) dividem a revisão em 15 etapas distribuídas em três fases: Entrada, Processamento e Saída. Durante a fase de Entrada, quando são definidos os parâmetros de Processamento, foram realizados testes com diferentes descritores de busca nas bases de dados Scopus, Web of Science e PubMed, que resultaram na definição dos descritores a seguir: "older" OR "older people" OR "older user" OR "older adults" OR "elderly" OR "aged" OR "aging" AND "3d printing" OR "3d printing" OR "3d print" OR "3d printer" AND "assistive technology" OR "assistive device" OR "self-help devices" OR "functional independence". A atividade seguinte são apresentados na Tabela 1, que exhibe todos os procedimentos metodológicos adotados, e consistiu na definição dos critérios de inclusão de artigos, delimitação de critérios de exclusão. Ainda, foram

aplicados dois filtros para a seleção dos artigos a partir de critérios de qualificação predefinidos. As buscas foram realizadas no mês de julho de 2024.

Tabela 1 | Critérios de Seleção de Artigos

Critérios de Inclusão	<ul style="list-style-type: none"> - Relacionar todos os descritores para a pesquisa; - Dispositivos assistivos em 3D para Idosos; - Idiomas: português e inglês; - Publicado nos últimos nove anos
Critérios de exclusão	<ul style="list-style-type: none"> - Trabalhos não especificados para pessoas idosas e manufatura aditiva; - Trabalhos com acesso completo bloqueados
Filtros adotados	<ul style="list-style-type: none"> - Filtro 1: Leitura de título, resumo e palavras-chave. - Filtro 2: Leitura de introdução, métodos, discussão e conclusão.

Fonte: Autoria própria.

Ao todo, o processamento da revisão (Tabela 2), analisou um total de 77 artigos, que, após aplicação dos filtros de leitura, resultaram na escolha de 18 artigos avaliados como adequados aos objetivos, porém apenas 11 artigos estavam com acesso disponível ao seu texto completo, sendo excluídos o restante. Este resultado representa um índice de aproveitamento de 9,74 % do total de artigos analisados.

Tabela 2 | Etapas do Processo de Revisão.

Etapa 1	Realização das buscas por artigos nas seguintes plataformas: Pubmed: 34 artigos Scopus: 46 artigos Web of Science: 33 artigos. Total: 113 artigos
Etapa 2	Exclusão por duplicidade Artigos restantes: 77
Etapa 3	Aplicação dos critérios de exclusão Artigos restantes: 11
Etapa 4	Acesso ao trabalho completo; Coleta dos dados seguintes: <ul style="list-style-type: none"> - Tipo de dispositivo; - Avaliado com pessoas idosas; - Procedimentos da avaliação; - País de desenvolvimento.

Fonte: Autoria própria.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos a partir da revisão de escopo foram organizados com ênfase nos objetivos, metodologia e amostragem utilizados nas investigações. A tabela 3 apresenta um resumo dos dados coletados.

Tabela 3 | Classificação dos Artigos Selecionados.

Ano	Autores	País	N	Dispositivo Desenvolvido
2015	SOLIS, Jorge <i>et al.</i>	India	11 5	Veículo robótico de assistência à caminhada.
2018	DESAI, Sumit <i>et al.</i>	Brasil	01	Cadeira de rodas reconfigurável, com capacidades de ficar em pé-sentar-dormir.
2019	SANTOS, Artur Vinicius Ferreira <i>et al.</i>	Brasil	1	Cabo estabilizador de tremores para talheres.
2021	ARLEO, Luca <i>et al.</i>	Itália	-	Braço robótico para auxílio no banho.
2022	TRIOLO, Emily Rose <i>et al.</i>	USA	10	Exoesqueleto assistivo de cinco dedos para a mão humana.
2022	SERDAR, Tumkor <i>et al.</i>	USA	-	Pegador de longo alcance (gripper) acessível para idosos.
2023	MIRELES, Caridad <i>et al.</i>	México	10	Robô móvel de enfermagem residencial para monitorar sinais vitais e auxiliar no ciclo de marcha.
2023	CARRASCO, Valeria Bravo <i>et al.</i>	Chile	28	Peça de vestuário inteligente para melhoria na marcha e postura corporal.
2024	MICHALEC, Pawel <i>et al.</i>	Áustria	-	Codificador linear
2024	LEONE,	Itália	1	Braço robótico montado em

	Simone <i>et al.</i>			cadeira de rodas
2024	Sheng-Lun KAO, Taiwan <i>et al.</i>		40	Dispositivo exclusivo de fortalecimento dos músculos intrínsecos do pé

Fonte: Autoria própria.

Os diferentes estudos analisados destacaram a utilização da manufatura aditiva em diversos projetos de dispositivos como em robôs assistivos, exoesqueletos, cadeiras de rodas e dispositivos vestíveis, demonstrando a ampla gama de aplicações possíveis. Os tipos de dispositivos assistivos variam conforme o nível de funcionalidade de cada pessoa com deficiência, por isso, é necessário adaptá-los individualmente a cada particularidade (King; An, 2021)

O estudo de Solis *et al.* (2015) explorou as capacidades perceptivas (sensação dos estímulos recebidos), cognitivas (processamento dos estímulos recebidos) e corporal-cinestésicas (resposta aos estímulos recebidos como um resultado da combinação de habilidades perceptivas e motoras). Dois veículos robôs assistivos foram desenvolvidos: um veículo robô inteligente para transporte de ferramentas médicas e um veículo robô assistivo amigável para dar suporte a idosos fisicamente. Um conjunto de experimentos preliminares foi realizado para verificar a estabilidade de todo o sistema em condições estáticas e dinâmicas, o sistema seguiu suavemente o movimento de caminhada desejado do usuário sem instabilidades.

Desai *et al.* (2018), utilizaram informações sobre as necessidades dos usuários para projetaram uma nova cadeira de rodas reconfigurável, com capacidades de ficar em pé-sentar-dormir, com o propósito de aumentar a independência e a qualidade de vida de indivíduos com deficiência de membros inferiores e idosos. A limitação do estudo foi que o dispositivo não foi testado com usuários de cadeira de rodas.

Santos *et al.* (2019), desenvolveram um dispositivo assistivo para dar suporte à alimentação de pessoas com doença de Parkinson ou com algum grau de tremor nas mãos, o dispositivo é uma patente de um cabo para talheres que estabiliza os tremores da mão do usuário.

Por sua vez, o estudo de Arleo *et al.* (2021) reproduziu em manufatura aditiva um braço robótico com toque suave para auxiliar pessoas no banho. O dispositivo utilizado como modelo é chamado de I-SUPPORT e a proposta fabricada por meio da Manufatura Aditiva é chamada de "AM I-SUPPORT". Foram realizados os testes entre as duas versões do dispositivo, os quais encontraram mais vantagens para o dispositivo com manufatura aditiva como facilidade de ajuste de design sem impactar no processo de fabricação, além da substituição rápida e direta de peças danificadas.

O estudo de Triolo *et al.* (2022) teve como objetivo o projeto e construção de um exoesqueleto assistivo de cinco dedos para a mão humana e validar sua capacidade de aumentar os esforços de preensão e pinça do usuário, ajudando na realização de atividades da vida diária. O dispositivo reduziu significativamente a atividade muscular do antebraço para manter esforços de preensão e pinça, mas não mostrou benefícios ao realizar esforços mínimos de pinça ou em alguns testes funcionais. O dispositivo permitiu controle independente de cada dedo e ajudou os participantes a manipular objetos comuns e delicados, apesar de alguns expressarem preocupação em quebrar os dedos impressos.

Serdar e Fetrow (2022) criaram um modelo de simulação dinâmica focando na melhoria do design de um pegador de longo alcance (gripper) para torná-lo mais acessível para idosos, incorporando um mecanismo de junta flexível com recurso de travamento automático. A força para operar o dispositivo assistivo foi estimada em 5 lbf, mas testes adicionais com protótipos 3D são necessários para maior precisão. Observou-se que a rigidez dos protótipos pode variar com forças de operação entre 3 e 5 lbf. Simulações dinâmicas são úteis para projetar mecanismos, porém os autores destacam que mais estudos são necessários para aprimorar dispositivos assistivos para pessoas com baixa força de pega.

Mireles *et al.* (2023), apresentaram o desenvolvimento de um robô móvel de enfermagem para monitorar sinais vitais de pacientes em casa e assim auxiliar em seu ciclo de marcha. O robô construído com impressão 3D, utiliza sensores e dispositivos eletrônicos para operar em três cenários: rastreamento do paciente, assistência no ciclo de marcha e monitoramento de sinais vitais. Uma interface gráfica foi desenvolvida para a interação entre o robô, pacientes e médicos. Testes com cinco voluntários demonstraram eficiência na assistência aos cuidados de saúde primários.

O estudo de Carrasco *et al.* (2023) observou que é possível integrar dispositivos vibratórios em vestuários eletrônicos para estimular a função muscular dos membros inferiores de idosos. Os resultados indicaram melhorias na marcha e no equilíbrio postural após 3 dias de uso das leggings inteligentes, sugerindo que essa tecnologia pode apoiar a função muscular e ajudar na prevenção de problemas motores relacionados ao envelhecimento. O desenvolvimento de têxteis inteligentes exige uma abordagem multidisciplinar que combine conhecimento em eletrônica, materiais inteligentes, design e medicina.

Michalec *et al.* (2024), apresentaram um sensor impresso em 3D para aplicações de reabilitação que pode ser fabricado de maneira simples e econômica e integrado a dispositivos de assistência vestíveis no nível de design ou montado posteriormente. Isso dá a possibilidade de aplicá-lo no monitoramento do progresso do paciente ou no controle de atuadores. Leone *et al.* (2024) propuseram como dispositivo inovador um braço robótico montado em cadeira de rodas

projetado para fornecer assistência de baixo custo, segura e confiável, além de autonomia nas refeições a pacientes com paralisia de membros superiores. O dispositivo é baseado em um design caracterizado por uma estrutura leve com alta adaptabilidade e portabilidade, cujo funcionamento válido foi preliminarmente validado por meio de testes de laboratório. Os resultados preliminares e o feedback dos usuários indicam a viabilidade, eficácia de engenharia e potencial do projeto proposto.

Kao *et al.* (2024), avaliaram um dispositivo de impressão 3D que compreende em uma placa que serve como base para fixação de apoios e espaçadores para os dedos, assim estimulando os músculos do núcleo do pé. Foram encontradas melhorias no equilíbrio estático entre adultos mais velhos, bem como melhorias significativas na composição corporal observadas entre os participantes sem comprometimento do equilíbrio e melhora da mobilidade funcional observada naqueles com comprometimento do equilíbrio. Essas descobertas ressaltam a eficácia dos exercícios de fortalecimento integrados como programas benéficos para melhorar o equilíbrio e a composição corporal em adultos mais velhos.

A tecnologia de impressão 3D tem sido amplamente empregada para a produção de produtos personalizados em pequenas quantidades, ganhando destaque no desenvolvimento de dispositivos assistivos e na reabilitação. Essa tecnologia permite o desenvolvimento de soluções ajustadas às necessidades individuais, possibilitando que os usuários realizem atividades diárias com maior autonomia. Assim, os profissionais podem adaptar os materiais para atender às demandas específicas de cada pessoa ou criar novos dispositivos. Além disso, foi constatada a eficácia e o ótimo custo-benefício dos produtos de tecnologia assistiva impressos em 3D em relação aos produtos pré-fabricados (Turkistani *et al.* 2024; Kim *et al.* 2013).

A partir dos resultados apresentados, é possível observar uma ampla variedade de dispositivos desenvolvidos e abordados nos artigos selecionados, como robôs que auxiliam na mobilidade, peça de vestuário vibratória que estimula a função muscular dos membros inferiores, e cabo estabilizador de tremores para talheres, entre outros. Tais estudos demonstram como a impressão 3D pode ser aplicada e suas possibilidades na fabricação de peças personalizadas para cada projeto e como esta tecnologia pode contribuir no desenvolvimento de diversos tipos de tecnologia assistiva. No entanto, dos 113 artigos resultantes das buscas nas bases de dados, apenas 11 estudos estavam relacionados ao desenvolvimento de dispositivos de tecnologia assistiva para usuários idosos e ao uso de impressão 3D, sendo possível observar que há uma lacuna no desenvolvimento de tecnologia assistiva voltado para usuários idosos.

Conclusão

Este estudo de revisão explorou as oportunidades que a impressão 3D oferece para o design e produção de dispositivos de tecnologia assistiva. A manufatura aditiva se destaca como uma alternativa eficiente para criar dispositivos assistivos econômicos e adaptáveis, capazes de atender às necessidades específicas de cada cliente em sua rotina diária. Este estudo demonstra a contribuição da impressão 3D no desenvolvimento de soluções personalizadas e acessíveis para a população idosa, abrangendo desde robôs assistivos e exoesqueletos até cadeiras de rodas e dispositivos vestíveis, evidenciando a ampla gama de aplicações possíveis.

Os resultados ressaltam a capacidade da impressão 3D em permitir ajustes rápidos e específicos nos dispositivos, melhorando sua adaptabilidade e funcionalidade conforme as necessidades dos usuários, entretanto, é necessário estudos adicionais que validem a eficácia desses dispositivos em contextos reais e com amostras maiores. Contudo, desafios persistem, como a necessidade de mais estudos relacionados ao desenvolvimento de dispositivos para usuários idosos, explorando as diversas aplicações da impressão 3D, como a produção de produtos únicos e personalizados que atendam as necessidades de cada usuário. Estudos futuros podem explorar novas aplicações da impressão 3D e aprimorar as soluções existentes, contribuindo para o desenvolvimento de dispositivos cada vez mais eficientes e acessíveis, que possam melhorar significativamente a qualidade de vida dos idosos, promovendo maior independência e facilitando a realização das atividades diárias.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa (FAPESP), processo 2023/11155-7.

Referências

ARLEO, Luca *et al.* I-support soft arm for assistance tasks: a new manufacturing approach based on 3D printing and characterization. **Progress in Additive Manufacturing**, [S.l.], v. 6, p. 243–256, 2021. <https://doi.org/10.1007/s40964-020-00158-y>.

CARRASCO, Valeria Bravo; VIDAL, Javier Munoz; CAPARRÓS-MANOSALVA, Cristián. Vibration motor stimulation device in smart leggings that promotes motor performance in older people. **Medical & Biological Engineering & Computing**, [S.l.], v. 61, p. 635–649, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11517-022-02733-7>.

DESAI, Sumit; MANTHA, Shankar; PHALLE Vikas. Design of a reconfigurable wheelchair with stand-sit-sleep capabilities for enhanced independence of long-term wheelchair users. **Technology and Disability**, [S.l.], v. 30, n.3, p. 135–151, 2018. <https://doi.org/10.3233/tad-180210>.

FERRARI, Ana Lya Moya. Influência do Design de Órteses de Punho e Mão no Desconforto, Transmissão de Torque e Desempenho em Tarefas Manuais. **Dissertação (Mestrado)** -

Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 97 f., 2019.

<http://hdl.handle.net/11449/181122>

JANSON, Robin. 3-D printing: shaping the future of occupational therapy practice. **American Occupational Therapy Association Technology Special Interest Section Quarterly**. [S.l.], v. 25, n. 4, p. 1–4, 2015.

KAO, Sheng-Lun *et al.* Effects of integrated intrinsic foot muscle exercise with foot core training device on balance and body composition among community-dwelling adults aged 60 and above. **BMC Geriatrics**. [S.l.], V. 24, n. 403, p. 1–9, 2024. <https://doi.org/10.1186/s12877-024-04945-y>.

LEONE, Simone *et al.* Design of a Wheelchair-Mounted Robotic Arm for Feeding Assistance of Upper-Limb Impaired Patients. **Robotics**. [S.l.], v. 13, n. 38, 2024. <https://doi.org/10.3390/robotics13030038>.

MICHALEC, Pawel; FALLER, Lisa-Marie. 3-D-Printing and Reliability Evaluation of an Easy-to-Fabricate Position Sensing System for Printed Functional Wearable Assistive Devices. **IEEE Sensors Journal**. [S.l.], vol. 24, n. 4, p. 4137–4149, Feb. 2024, doi: 10.1109/JSEN.2023.3345018.

MIRELES, Caridad; SANCHEZ, Misael; CRUZ-ORTIZ, David; SALGADO, Iván; CHAIREZ, Isaac. Home-care nursing controlled mobile robot with vital signal monitoring. **Medical & Biological Engineering & Computing**, [S.l.], v. 61, p. 399–420, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11517-022-02712-y>.

RO, Eun Rae *et al.* Usability Study to Promote Co-Creation Among People With Disabilities, Developers, and Makers With a Focus on the Assistive Technology Open Platform in Korea. **IEEE Access**, [S.l.], v. 12, p. 39016–39027, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3345036.

SANTOS, Artur Vinicius Ferreira *et al.* User-centered design of a customized assistive device to support feeding. **Procedia CIRP**, [S.l.], v. 84, p. 743–748, 2019. ISSN 2212-8271. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.318>.

SERDAR, Tumkor; FETROW, William. Hands-on Project in a Modeling and Simulation Course: Assistive Device for Elderly. **ASEE 2022 Annual Conference Excellence Through Diversity**, Minneapolis, 2022. paper ID #38117.

SOLIS, Jorge; DE LA ROSA, Jose Pablo. Development of a Human-friendly Walking Assistive Robot Vehicle : System Integration and Preliminary Stability Tests. **The 14th IFToMM World Congress**. Taipei, p. 287–92, 2015. <https://doi.org/10.6567/IFToMM.14TH.WC.OS13.118>.

TRIOLO, Emily Rose *et al.* Design and experimental testing of a force-augmenting exoskeleton for the human hand. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, [S.l.], v. 19, n. 23, 2022. <https://doi.org/10.1186/s12984-022-00997-6>.

TURKISTANI, Taghreed; QURBAN, Wesam. The effect of using three dimensional (3D)-printed assistive devices for clients with physical disabilities to increase self-independency in daily activities. **Journal of Public Health**, [S.l.], v. 30, p. 849–853, 2022.
<https://doi.org/10.1007/s10389-020-01362-4>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global report on assistive technology. **World Health Organization and the United Nations Children's Fund (UNICEF)**, Geneva, 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

YEUNG Kwok-Tak *et al.* Use of and self-perceived need for assistive devices in individuals with disabilities in Taiwan. **Journal Pone**, [S.l.], v. 11, n. 3, 2016, e. 0152707.

Vínculo institucional | titulação | área de atuação

Erica Tiemi Tobaró¹

UNESP/FAAC - PPG em Design-Mestrado | Designer | Ergonomia | Manufatura Aditiva | Tecnologia Assistiva
 | <https://orcid.org/0009-0008-5783-2234>

Reverson Tadeu Monteiro²

UNESP/FAAC - PPG em Design-Doutorado | Eng^o Eletricista / Eng^o Seg. do Trabalho | Ergonomia e Tecnologia Assistiva
 | <https://orcid.org/0000-0002-7793-5889>

Luciana Ramos Balleotti³

UNESP/IB - PPG Desenvolvimento Humano e Tecnologias | Professora Doutora | Terapia Ocupacional e Tecnologia Assistiva
 | <https://orcid.org/0000-0002-3300-2075>

Fausto Orsi Medola⁴

UNESP/FAAC – PPG em Design | Professor Doutor | Ergonomia e Tecnologia Assistiva
 | <https://orcid.org/0000-0003-2308-6524>

Correspondência*

A correspondência e os pedidos de materiais devem ser endereçados a erica.tobaro@unesp.br.