

Aplicação da digitalização e impressão 3D na otimização de produtos assistivos

Zigmund, Laura Gadonski¹; Muniz, Laura Pardino²; Foggiatto, José Aguiomar³

1 – Departamento de Mecânica, UTFPR, laurazigmund@utfpr.alunos.edu.br

2 – Departamento de Mecânica, UTFPR, lauramuniz@alunos.utfpr.edu.br

3 – Departamento de Mecânica, UTFPR, foggiatto@utfpr.edu.br

* - Correspondência: Rua Deputado Heitor de Alencar Furtado, 5000, Sala EM-101, Ecoville, Curitiba, PR, Brasil, 81280-340.

DOI 10.52050/9788579177132-02

RESUMO

A crescente demanda por tecnologias assistivas reforça a necessidade de soluções personalizadas e acessíveis. Este estudo teve como objetivo aplicar a união da digitalização com a impressão 3D, para otimizar a fabricação de um produto assistivo. Foi realizado o escaneamento da geometria de um objeto já existente, seguido de modelagem digital e impressão 3D. O resultado mostra redução de custos, maior precisão dimensional, agilidade na entrega do dispositivo e maior personalização para atender cada indivíduo. Concluiu-se que essa abordagem contribui diretamente para a inclusão, autonomia e reabilitação de pessoas com deficiência.

Palavras-chave: digitalização 3D, impressão 3D, produto assistivo.

ABSTRACT

The growing demand for assistive technologies reinforces the need for customized and accessible solutions. This study aimed to apply the combination of digitalization with 3D printing to optimize the manufacturing of assistive products. The geometry of an existing object was scanned, followed by digital modeling and 3D printing. The result shows cost reduction, greater dimensional accuracy, agility in device delivery, and increased customization to meet each individual's needs. It was concluded that this approach directly contributes to the inclusion, autonomy, and rehabilitation of people with disabilities.

Keywords: 3D digitalization, 3D printing, assistive device.

1. INTRODUÇÃO

Mais de 2,5 bilhões de pessoas necessitam de um ou mais produtos de tecnologia assistiva (UNICEF, 2022, p. VII). Sendo assim, os produtos de tecnologia assistiva são de suma importância para pessoas com deficiência, pois são considerados extensões do próprio indivíduo. Por meio desses recursos, é possível ampliar e aprimorar atividades do dia a dia, mobilidade e comunicação, bem como a participação social e política (GARCÍA, 2017, p. 36). Dessa forma, tais tecnologias contribuem diretamente para a autonomia e inclusão dessas pessoas em diferentes contextos da vida cotidiana. O acesso a esses produtos, portanto, não deve ser visto como um privilégio, mas como um direito essencial para garantir equidade e dignidade a todos.

No entanto, a obtenção desses importantes produtos pode apresentar desafios. Além de certo desconhecimento sobre a existência desses recursos (GARCÍA, 2017, p. 39), há também a falta de personalização, uma vez que os produtos comerciais tradicionais nem sempre são projetados para atender às necessidades específicas de cada indivíduo. Outro ponto importante é a baixa acessibilidade, decorrente do alto custo de aquisição desses produtos (DEGERLI et al., 2020). Essa realidade acaba por limitar o acesso e o uso efetivo dessas tecnologias por grande parte das pessoas que mais necessitam delas.

Nesse contexto, em que a personalização se torna cada vez mais necessária e, também, visando acessibilidade por baixo custo, a tecnologia 3D se apresenta como uma excelente solução (VENNAM et al., 2024). Além dessas vantagens, essa tecnologia permite melhorias que favorecem uma adaptação mais fácil e rápida (DEGERLI et al., 2020). Outro aspecto relevante é sua flexibilidade, que possibilita o desenvolvimento de soluções sob medida, atendendo com maior precisão às demandas individuais. Assim, é possível unir, a manufatura aditiva (impressão 3D) por extrusão de material e por fotopolimerização em cuba, com o uso da digitalização 3D, que permite captar com precisão medidas de partes do corpo ou de objetos já existentes, para, então, otimizar e adaptar produtos assistivos conforme cada necessidade específica (VENNAM et al., 2024). Essa combinação tecnológica amplia as possibilidades de criação, ao mesmo tempo em que reduz custos e acelera processos.

A impressão 3D por extrusão de material (material extrusion - MEX) tem como base o processo em que o material é extrudado com dimensão menor do que a do filamento alimentador por meio de um cabeçote extrusor, sendo, então, depositado sobre uma plataforma ou sobre uma camada previamente realizada. Convencionalmente, a impressora é montada de forma que o cabeçote se movimenta nos planos X e Y, enquanto a plataforma se desloca no plano Z (VOLPATO, 2024, p. 68). Dessa maneira, a impressão 3D por extrusão de material

permite a fabricação de peças com geometrias variadas, oferecendo infinitas possibilidades conforme a necessidade, usabilidade e criatividade aplicadas. Além disso, seu uso tem se destacado por unir precisão, acessibilidade e potencial de personalização em diversas áreas, inclusive na produção de produtos assistivos.

Outra Tecnologia bastante difundida atualmente é o processo de fotopolimerização em cuba (vat photopolymerization – VPP), que consiste na solidificação de objetos por meio da irradiação de luz ultravioleta ou visível sobre resinas poliméricas líquidas. A solidificação ocorre por meio de uma reação química denominada fotopolimerização, também conhecida como processo de cura. Como a resina é utilizada em estado líquido, é possível formar camadas extremamente finas, com espessura na ordem de micrômetros, o que resulta em alta precisão dimensional e excelente acabamento superficial da peça final (AHRENS, 2024, p. 43).

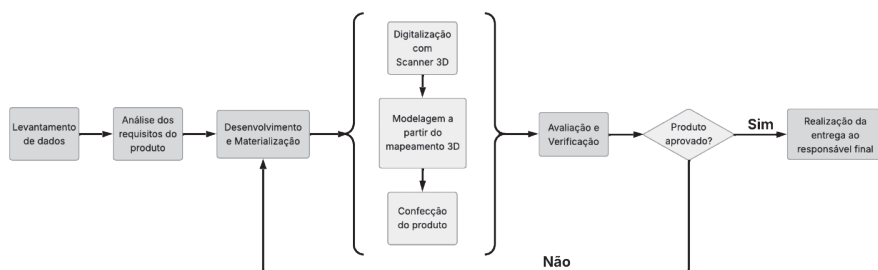
O escâner é utilizado para a digitalização 3D de peças, por meio do mapeamento de superfícies (GARCIA et al., 2022). Essa digitalização possui diversas aplicabilidades, sendo uma delas na área de tecnologia assistiva. O escâner pode ser empregado para obter medidas precisas da superfície corporal, sem a necessidade de exames de imagem da parte mutilada ou amputada que irá receber uma prótese (VENNAM et al., 2024). Além disso, também pode ser utilizado para capturar a geometria de um produto assistivo já existente, possibilitando seu aprimoramento ou adaptação, e até mesmo a redução de custos, tornando-o mais acessível às pessoas com deficiência. Essa tecnologia, portanto, amplia as possibilidades de inovação e personalização de forma prática e eficiente.

A junção da impressão 3D com a digitalização 3D representa um avanço significativo na produção de produtos assistivos. Enquanto a impressão 3D permite a criação de peças personalizadas com baixo custo e alta flexibilidade, a digitalização contribui com a obtenção precisa das medidas de partes do corpo ou da geometria de produtos já existentes, sem a necessidade de exames de imagem ou processos complexos. A impressão por fotopolimerização em cuba, em especial, se destaca pela alta precisão dimensional e excelente acabamento superficial, sendo ideal para a produção de peças detalhadas e com bom desempenho funcional em aplicações assistivas. Essa combinação tecnológica possibilita o desenvolvimento de soluções sob medida, adaptadas às necessidades específicas de cada indivíduo, além de permitir ajustes e melhorias em modelos previamente criados. Dessa forma, aliar essas duas tecnologias potencializa a personalização, a agilidade na produção e a acessibilidade, contribuindo diretamente para a inclusão e autonomia de pessoas com deficiência.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Como forma de otimização e aprimoramento dos produtos assistivos, as etapas desse processo de união da digitalização 3D com a impressão 3D é demonstrado no fluxograma na Figura 01.

Figura 01 - Fluxograma do processo começando no levantamento de dados até entrega do produto assistivo



Fonte: O autor (2025)

O desenvolvimento desse produto adotou um fluxo otimizado, fundamentado na metodologia GODP (Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projetos), que prioriza a integração entre usuário, produto e contexto de uso (MERINO, 2014). A jornada projetual iniciou-se com a fase de Levantamento de Dados e Informacional do GODP. Nesta etapa, buscou-se compreender profundamente o problema e as necessidades do usuário, conduzindo pesquisas que embasaram a concepção e validação inicial de um acessório para maçanetas capaz de permitir a abertura de portas sem o uso das mãos. Esta investigação preliminar foi crucial para direcionar as fases subsequentes do projeto. Na sequência, a fase de Análise e Síntese concentrou-se na interpretação dos dados levantados, na definição precisa dos requisitos do produto e no detalhamento do conceito do acessório. Com o conceito consolidado, avançou-se para a etapa de Desenvolvimento e Materialização.

O início da etapa de desenvolvimento parte da digitalização 3D onde é necessário que o equipamento esteja devidamente montado e nivelado. Os escâneres utilizam diferentes tecnologias para capturar a geometria do objeto, sendo os métodos mais comuns: luz estruturada, luz pulsada, digitalização a laser e fotogrametria. A luz estruturada projeta padrões geométricos sobre a superfície do objeto, e as deformações desses padrões são captadas por sensores para gerar a malha tridimensional. A luz pulsada, por sua vez, mede o tempo que a luz leva para atingir o objeto e retornar ao sensor, sendo eficiente para capturas rápidas e em ambientes com maior interferência luminosa. A digitalização a laser

utiliza feixes de laser que percorrem a superfície do objeto, medindo a distância entre o escâner e os pontos escaneados com alta precisão, o que a torna ideal para detalhes complexos. Já a fotogrametria reconstrói o modelo 3D a partir de múltiplas imagens em ângulos diferentes, sendo uma alternativa acessível, embora com menor precisão em superfícies uniformes ou com pouca textura. A escolha do método depende do tipo de objeto, do nível de detalhamento desejado e dos recursos disponíveis.

Um exemplo é o escâner CR-Scan Lizard da Creality. O CR-Scan Lizard funciona por meio de um sistema de digitalização 3D que utiliza um projetor e duas câmeras para capturar a luz refletida pelo objeto. Com suporte a diferentes modos de escaneamento, como o Modo Tabela (ideal para objetos pequenos), mostrado na Figura 02, e o Handscan (para objetos maiores ou de superfícies irregulares), ele realiza a digitalização utilizando luz infravermelha, o que permite seu uso em diferentes condições de iluminação, inclusive sob luz solar. O escâner é conectado ao computador via USB, e o processo é feito por meio de um software próprio, que coleta os dados, processa e gera o modelo 3D com alta precisão, chegando a capturar detalhes de até 0,05 mm.

Figura 02 - Escâner CR-Scan Lizard montado no Modo Tabela

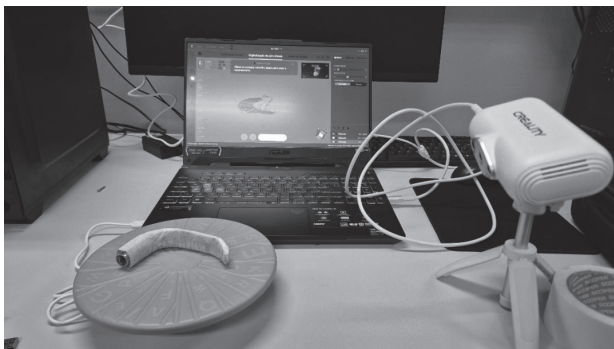


Fonte: O autor (2025)

A digitalização é realizada por meio do programa da própria marca do escâner (Creality), que permite ao usuário escolher entre a digitalização da geometria ou da textura do objeto. No caso dos produtos assistivos, opta-se pela digitalização da geometria, conforme demonstrado na Figura 03 onde uma maçaneta de porta foi digitalizada para auxiliar na geração de um acessório usado para facilitar o seu acionamento.

Após a digitalização, o modelo pode ser exportado em formatos como OBJ, STL e PLY, ficando pronto para ser utilizado ou modificado conforme a necessidade. Esse arquivo é então transferido para programas de modelagem, como o Meshmixer (Figura 04) – software gratuito voltado para modelagens com superfícies irregulares, superfícies com geometrias orgânicas – ou o SolidWorks (Figura 05), mais indicado para modelos com parametrização e maior controle dimensional.

Figura 03 - Escaneamento de geometria



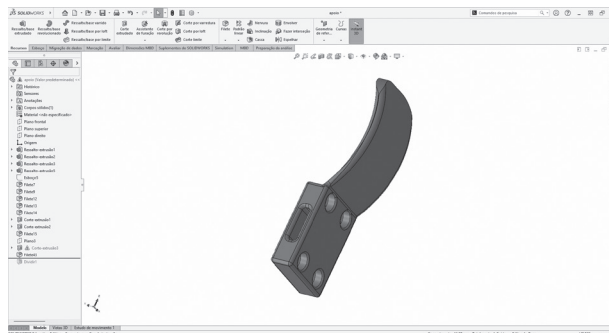
Fonte: O autor (2025)

Figura 04 - Exemplo de maçaneta de porta modelada no Meshmixer após escaneamento 3D



Fonte: O autor (2025)

Figura 05 - Exemplo de acessório para maçaneta modelada no Solidworks



Fonte: O autor (2025)

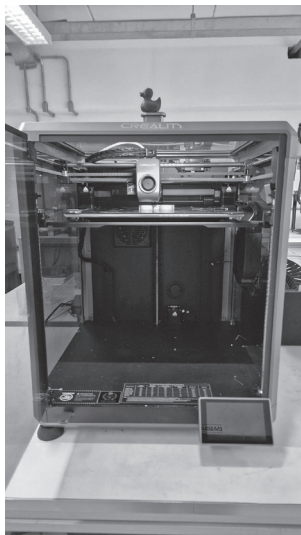
Após a digitalização, o arquivo foi utilizado num programa de modelagem, onde foram feitas as modificações necessárias, garantindo que o produto assistivo atendesse de forma mais precisa às demandas da pessoa que irá utilizá-lo.

Durante a fase de fabricação do produto, pode-se definir se a própria impressão por extrusão será o produto final ou se ela servirá como um molde para a fabricação posterior com outros métodos. Nesse segundo caso, o molde gerado pela impressão pode ser utilizado em processos como laminação com resina e fibras de vidro ou carbono – recomendada para produtos que exigem maior resistência mecânica – ou ainda com silicone, ideal para aplicações com foco mais estético.

Após a obtenção do modelo digital e sua preparação para fabricação, o próximo passo envolve, por exemplo, a manufatura aditiva por extrusão de material (MEX), que pode ser realizada com uma impressora 3D Creality K1 Max, como a mostrada na Figura 06. A escolha do material do filamento dependerá da avaliação do uso pretendido do produto e dos esforços mecânicos aos quais ele será submetido.

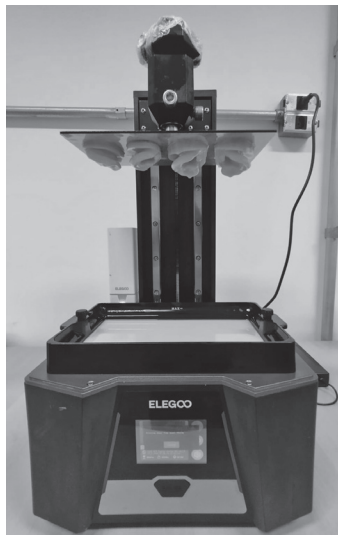
Os polímeros mais utilizados incluem o PLA, que é fácil de imprimir e biodegradável, ideal para protótipos ou produtos com baixa exigência estrutural; o TPU, um material flexível e resistente, indicado para itens que exigem elasticidade; e o ABS, conhecido por sua durabilidade e resistência ao impacto, sendo mais adequado para peças funcionais que resistem a maiores solicitações mecânicas. Uma alternativa à impressão 3D por extrusão de material é a impressão por fotopolimerização em cuba (VPP), numa impressora como a mostrada na Figura 07.

Figura 06 - Exemplo de uma impressora MEX



Fonte: O autor (2025)

Figura 07 - Exemplo de impressora VPP



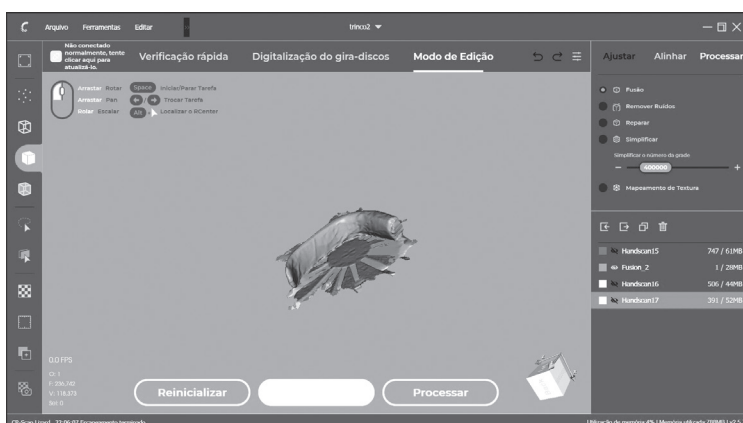
Fonte: O autor (2025)

Concluída a confecção do produto, ele deve passar por uma etapa de verificação para avaliar se atende plenamente às necessidades previstas e se está em conformidade com os critérios de funcionalidade, conforto e usabilidade. Essa averiguação é essencial para garantir que o produto assistivo realmente cumpra seu papel de forma eficaz e foi realizada pela equipe de projeto. Caso o item não seja aprovado nessa avaliação, é necessário retornar à etapa de modelagem, realizando os ajustes necessários até que o resultado seja satisfatório. Por outro lado, se o produto for validado, ele estará pronto para ser entregue à pessoa com deficiência, promovendo mais autonomia e qualidade de vida.

Como estudo de caso da aplicação dessa metodologia, destaca-se o desenvolvimento de um acessório para maçanetas, que permite abrir portas sem o uso das mãos. Este dispositivo foi projetado para situações em que o contato manual direto com a maçaneta não é possível ou recomendável. É especialmente útil para pessoas com deficiência ou limitações motoras nos membros superiores, que enfrentam dificuldades ao manusear maçanetas convencionais. Além disso, seu uso é altamente recomendado em ambientes como hospitais, escritórios e locais públicos, onde o contato frequente com maçanetas pode favorecer a proliferação de microrganismos e, conseqüentemente, de doenças — já que mãos contaminadas podem transferir patógenos ao rosto. O acessório tem, portanto, o objetivo de interromper essa cadeia de contaminação, ao mesmo tempo que promove maior autonomia, segurança e acessibilidade.

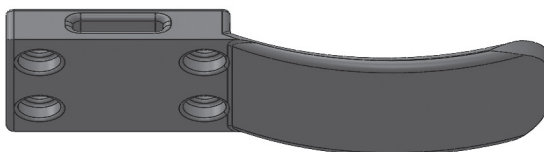
O desenvolvimento do Estudo de Caso começou com o escaneamento da superfície da maçaneta (Figuras 03 e 08), gerando a geometria base. Seguiu-se a modelagem tridimensional do acessório no programa Meshmixer (Figura 04) e, posteriormente, sua modelagem no programa SolidWorks (Figuras 05 e 09), ajustando-o aos requisitos funcionais e de fabricação. O produto impresso, resultado da fase de materialização, possibilitou uma Avaliação e Verificação inicial de sua eficácia e adequação. Toda a sequência de desenvolvimento, guiada pelos princípios e etapas do GODP e ilustrada no fluxograma da Figura 01, evidencia um ciclo de projeto consistente e focado na solução eficaz das necessidades identificadas.

Figura 08 - Superfície da maçaneta escaneada



Fonte: O autor (2025)

Figura 09 - Modelo do acessório



Fonte: O autor (2025)

3. RESULTADOS

A união entre a digitalização 3D e a impressão 3D demonstrou resultados significativos no desenvolvimento de um produto assistivo personalizado. A aplicação integrada dessas tecnologias permitiu uma redução considerável no tempo de produção pela supressão de etapas convencionais. A fase de medição manual da peça base para o desenvolvimento do estudo de caso foi inteiramente substituída pela captura digital, agilizando significativamente o fluxo de desenvolvimento.

Além dos ganhos em agilidade, outro benefício observado foi a viabilidade econômica do processo. A impressão 3D, associada ao uso de softwares gratuitos e materiais de baixo custo, apresentou despesas muito inferiores quando comparada à aquisição de produtos comerciais ou à fabricação por métodos convencionais. Essa acessibilidade favorece, de forma decisiva, a democratização do acesso a tecnologias assistivas.

O processo foi desenhado para ser eficiente e replicável, resultando em um produto com duas características principais: alta adaptabilidade para diferentes formatos de maçaneta e custo reduzido. A adaptabilidade a diferentes maçanetas é uma consequência direta do escaneamento 3D. Considerando apenas o gasto com o material, o custo de fabricação, de aproximadamente 4 reais por unidade, foi alcançado pelo uso de apenas 40 gramas de filamento PLA, sendo que o preço médio de um quilograma desse filamento é de 100 reais. Este polímero foi selecionado por apresentar — com alto grau de preenchimento na extrusão — a rigidez necessária para suportar os esforços mecânicos exigidos. Trata-se, portanto, de uma solução de baixo custo, escalável e de alto impacto social.

De forma geral, conforme apresentado no fluxo esquemático da Figura 01, o processo que abrange desde a digitalização até a modelagem e impressão final comprova a praticidade e eficiência desse método. Como consequência, o produto desenvolvido (Figura 10) atendeu plenamente o objetivo proposto, promovendo benefícios não apenas funcionais, mas também sociais e emocionais. O resultado contribuirá diretamente para o aumento da autonomia em pessoas amputadas com dificuldade para acionar maçanetas de portas.

Figura 10 - Acessório instalado



Fonte: O autor (2025)

4. DISCUSSÃO

Com base na análise do resultado do dispositivo de adaptação da maçaneta, observa-se que a utilização combinada da digitalização 3D com a impressão 3D, apresenta impacto significativo na autonomia de indivíduos que fazem uso de produtos assistivos fabricados por esse método (DEGERLI et al., 2020). Esses efeitos positivos se refletem em aspectos fundamentais como mobilidade, comunicação e a realização de atividades cotidianas, além de melhorias no convívio social e na autoestima - fatores essenciais para uma inclusão plena e com qualidade. Nesse contexto, o ganho de autonomia observado no projeto da maçaneta não é apenas um resultado técnico, mas a própria manifestação desses benefícios, validando o potencial transformador da tecnologia assistiva personalizada.

Além da personalização, outro ponto de destaque é a agilidade no fornecimento dos dispositivos assistivos personalizados. A tecnologia permite acelerar o processo de produção, reduzindo prazos de entrega, o que é especialmente benéfico para pacientes que necessitam de soluções rápidas para manter ou recuperar sua autonomia (VENNAM et al., 2024).

O dispositivo desenvolvido ilustra essa eficiência: o uso do escâner 3D eliminou a etapa de medição manual, otimizando o tempo de criação. Além disso, o design demonstrou ser altamente adaptável, exigindo apenas um novo mapeamento digital para futuras adaptações para outros modelos de maçanetas.

No entanto, algumas limitações devem ser consideradas. O uso de escâneres mais acessíveis, que funcionam por meio da captura de fotos, pode comprometer a fidelidade da geometria escaneada, principalmente em casos mais delicados, superfícies mais irregulares ou brilhantes (DEGERLI et al., 2020). Essa falha na digitalização pode gerar uma incompatibilidade dimensional entre a peça e a maçaneta, comprometendo a fixação e a transferência de torque. Situação semelhante pode ocorrer com impressoras 3D de baixo custo, que, por sua limitação técnica, nem sempre reproduzem com precisão o modelo digital.

Além disso, é importante destacar que todo esse processo — desde a digitalização até a impressão final — exige conhecimento técnico específico. O domínio de ferramentas de escaneamento, modelagem e impressão é fundamental para garantir bons resultados, o que pode ser um obstáculo quando não há profissionais capacitados (VENNAM et al., 2024).

5. CONCLUSÕES

A união entre o escâner 3D e a impressão 3D, otimiza significativamente o tempo de produção, uma vez que ao acelerar a etapa de aquisição da geometria necessária para o desenvolvimento do dispositivo assistivo. Além disso, essa combinação melhora a qualidade dos produtos assistivos, já que possibilita a criação de peças sob medida, o resultado é um produto totalmente personalizado, adaptado às atividades e necessidades específicas de cada pessoa. Outro fator importante é a viabilidade econômica desses processos, que geralmente apresentam custo menor do que a aquisição de produtos prontos.

Um dispositivo assistivo, projetado conforme as particularidades do usuário, impacta positivamente a vida do usuário em múltiplas frentes: Ajuda na mobilidade, viabiliza atividades diárias e fortalece tanto a autoestima quanto os vínculos sociais. O acessório para maçaneta desenvolvido é um exemplo prático disso: ao permitir que um indivíduo com amputação de membro superior execute uma tarefa fundamental como abrir uma porta, o dispositivo restaura não apenas uma capacidade motora, mas devolve uma parcela essencial de autonomia e privacidade.

Em última análise, este exemplo demonstra que o poder do fluxo de trabalho digital, unindo escaneamento e impressão 3D, reside não apenas na sua eficiência técnica, mas, principalmente, em sua capacidade de gerar ferramentas de alto impacto para a integração de pessoas com deficiência, reforçando sua autonomia, participação ativa e senso de pertencimento.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Fundação Araucária pelo apoio financeiro do NAPI-TA (Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva), ao CNPq pela bolsa de produtividade em desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora, ao Departamento de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e Núcleo de Manufatura Aditiva e Ferramental (NUFER) a oportunidade de aprimoramento de estudos por meio da iniciação de pesquisa. E, ainda agradeço aos professores e colegas pelo suporte durante o desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

DEGERLI, Y. I.; DOGU, F.; OKSUZ, C. Manufacturing an assistive device with 3D printing technology - a case report. *Applied materials today*, v. 40, out. 2024.

GARCÍA, J. C. D. *Livro branco da tecnologia assistiva no Brasil*. São Paulo: IT'S BRASIL, 2017. p. 36-42.

GARCIA, T. R.; MACEDO, R. M.; VAZ, M. H. V.; BORGES, G. H. I.; ZENDRON, I. M.; ARRUDA, J. T. Impressão 3D de peças anatômicas como ferramentas de educação e auxílio na prática clínica. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 13. 2022.

MERINO, G. S. A. D. *Metodologia para a prática projetual do design: com base no Projeto Centrado no Usuário e com Ênfase no Design Universal*. 2014. 212p. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

UNICEF, *Global report on assistive technology*. 2022.

VENNAM, S.; KN, V.; PATI, F. 3D printed personalized assistive devices: A material, technique, and medical condition perspective. *Assistive Technology*, 34(1), 121-125. 2020. p. VII.

VOLPATO, N.; AHRENS, C. H. *Tecnologias e aplicações da manufatura aditiva*. Curitiba: Blucher, 2024. p. 43–115.