



FABRICAÇÃO DIGITAL: INOVAÇÃO E ACESSIBILIDADE NO ENSINO SUPERIOR

DIGITAL MANUFACTURING: INNOVATION AND ACCESSIBILITY IN HIGHER EDUCATION

MATIELO, Adriel Correa¹
SOUZA, Fernanda Silveira de²,
CAJARVILLE, Gabriela de Medeiros Carriquiry³,
DALLA VECCHIA, Luisa Rodrigues Felix⁴,
SOARES, Roberta Mulazzani Doleys⁵

Resumo

Dentre as diversas possibilidades da fabricação digital, enfatiza-se a capacidade de criar instrumentos personalizados que visam o bem-estar e autonomia das pessoas. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi elaborar, por meio da impressão 3D, um equipamento específico para apoiar materiais de pintura de uma acadêmica com deficiência motora do Curso de Artes da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). A estudante manipula o instrumento de pintura com a boca para realizar as atividades artísticas. É válido ressaltar que este estudo faz parte de um projeto colaborativo entre o Grupo de Estudos para o Ensino/Aprendizagem de Gráfica Digital (GEGRADI) e o Núcleo de Acessibilidade e Inclusão da UFPel. Os resultados revelaram os desafios do processo de fabricação digital, desde a modelagem até o encaixe de cada peça para obter o modelo final. O modelo final poderá passar por ajustes decorrentes das percepções advindas durante o uso contínuo pela acadêmica. Por fim, constatou-se a importância da tecnologia em benefício da funcionalidade, conforto e, especialmente, no contexto artístico, ao proporcionar uma prática artística mais adequada e acessível.

Palavras-chave: fabricação digital; impressão 3D; artes; acessível; tecnologia.

Abstract

Among the various possibilities of digital fabrication, we emphasize the ability to create customized tools aimed at the well-being and autonomy of individuals. Therefore the purpose of this study was to develop, through 3D printing, a specific device to support painting materials for an arts student with motor disabilities from Federal University of Pelotas (UFPel). The student manipulates the painting instrument with her mouth to carry out artistic activities. It is worth highlighting that this study is a part of a collaborative project between Group of teaching/learning of Digital Graphics (GEGRADI) and the Accessibility and Inclusion Center of UFPel. The results reveal the challenges of the digital manufacturing process, from modeling to fitting each piece to obtain the final model. The final model may undergo adjustments based on perceptions arising during continuous use by the student. Finally, the

¹ Universidade Federal de Pelotas, adrielcmmatielo@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas, nandassilveira23@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas, gabrielamcarriquiry@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas, luisafelixd@gmail.com

⁵ Universidade Federal de Pelotas, soares.roberta@ufpel.edu.br

importance of technology in benefiting functionality, confort, and especially in the artistic context, by providing a more suitable and accessible artistic practice, was confirmed.

Keywords: digital fabrication; 3D printing; arts; accessibility; technology.

1 Introdução

A impressão 3D, ou manufatura aditiva, é uma tecnologia que permite a criação de objetos tridimensionais a partir de modelos digitais. Ao contrário dos métodos tradicionais de fabricação, que envolvem a remoção de material, como na usinagem, ou moldagem, como na injeção de plástico, a impressão 3D adiciona material camada por camada para construir o objeto desejado (Gerstle et al., 2014; Maia, 2016).

De acordo com Prado e Sogabe (2022) a fabricação digital originou-se no final da década de 1980, quando os primeiros processos de impressão 3D foram desenvolvidos e patenteados. No entanto, foi apenas nas últimas duas décadas que a impressão 3D se tornou mais acessível e difundida, graças ao avanço tecnológico e à redução de custos dos produtos que podem ser confeccionados, valorizando sua exploração por diversos mercados.

Atualmente, a impressão 3D tem aplicações em diversas áreas, incluindo a prototipagem rápida que, conforme os estudos Morimoto et al. (2021), permite a rápida fabricação de protótipos de produtos para teste em diversas indústrias; a arquitetura e construção, que utiliza essa tecnologia na criação de maquetes arquitetônicas e em peças e componentes construtivos; e no setor médico e odontológico, com a fabricação de próteses, órteses, implantes médicos e modelos anatômicos para planejamento cirúrgico. Sua versatilidade e capacidade de personalização têm contribuído para a inovação em diversos setores da indústria e da sociedade como um todo.

Segundo Volpato (2017), uma das áreas de grande potencial de uso da impressão 3D é a das Tecnologias Assistivas, que devido à grande variedade de soluções e dispositivos compreendidos e ao alto fator de customização que é possibilitado por meio das tecnologias de impressão 3D, visam não apenas fornecer dispositivos ou recursos, mas também promover a independência e melhores condições para as pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida.

A Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento interdisciplinar que abrange produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços destinados a promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida. Seu objetivo é proporcionar autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (ABNT, NBR ISO 9999:2016).

Uma das categorias de Tecnologia Assistiva é a das Órteses e Próteses. Segundo a *International Organization for Standardization* (1989), órteses são dispositivos utilizados

para modificar características estruturais e funcionais do sistema neuro-músculo-esquelético, enquanto as próteses são utilizadas para substituir, total ou parcialmente, um segmento do membro ou parte do corpo humano que esteja ausente ou com deficiência.

As órteses e próteses desempenham um papel crucial na restauração da funcionalidade e na melhoria da qualidade de vida de indivíduos com deficiências ou mobilidade reduzida. De acordo com Cook e Polgar (2015), por meio desses dispositivos é possível proporcionar maior independência e participação social, contribuindo para uma reintegração mais eficaz na sociedade.

Pessoas com deficiência muitas vezes necessitam de dispositivos especializados para superar os desafios do dia a dia. Foi nesse contexto que surgiu um projeto colaborativo entre o Grupo de Estudos para o Ensino/Aprendizagem de Gráfica Digital (GEGRA DI) e o Núcleo de Acessibilidade e Inclusão (NAI) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEl).

O NAI promove “políticas e ações que efetivem a inclusão no Ensino Superior, através da busca conceitual, política e prática pelo acesso, permanência e qualidade em todos os níveis, espaços e cotidianos da Universidade” (NAI, 2022, n.p). A parceria estabelecida visa o uso da fabricação digital para a produção de materiais e equipamentos que auxiliem o NAI e os estudantes a que atende nesta promoção de inclusão no ensino superior. Na ação descrita neste artigo trata do desenvolvimento de um suporte personalizado para instrumentos de pintura, atendendo às necessidades específicas de uma estudante do Centro de Artes da UFPEl.

Deste modo, o principal objetivo do projeto foi criar um adaptador para giz a partir da tecnologia da impressão 3D, para auxiliar diariamente nos estudos dessa aluna atendida pelo NAI. A equipe do projeto criou uma peça em Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS), que serve como apoio para os diferentes materiais utilizados pela aluna para desenhar usando a boca. Os principais materiais para os quais a aluna precisa desse suporte são os diferentes tipos de giz que, além de serem curtos para uso na boca, soltam muito resíduo quando em contato com os dentes e saliva.

Com base em um modelo inicial, foram impressos vários protótipos, explorando diferentes abordagens que variavam desde peças simples, sem mecanismos, até designs mais complexos que incluíam porcas e parafusos para ajustar o tamanho do giz. Apesar dos desafios enfrentados durante o processo de fabricação do adaptador, a equipe conseguiu desenvolver um modelo que auxiliará a estudante significativamente na execução de seu trabalho.

2 Metodologia

Trata-se de uma pesquisa exploratória dotada de procedimentos técnicos caracterizados como experimentais (Gil, 2002). Deste modo, o trabalho foi dividido em três etapas

principais: (1) Levantamento de necessidades e estudos referenciais; (2) modelagem digital e impressão 3D; (3) simulação e testagem. Cabe salientar que essas etapas não são sequenciais. Alguns processos envolvidos em cada etapa acontecem em paralelo com processos de outras etapas.

2.1 Levantamento de demandas e estudos referenciais

A demanda apresentada pelo NAI, foi de uma aluna do Centro de Artes que possui deficiência motora e que utiliza a boca para desenhar e pintar. Apesar de a acadêmica já possuir um instrumento para as tarefas, era necessária a criação de uma peça que se encaixasse melhor e fosse mais confortável para o seu uso nas atividades das aulas.

O instrumento que a estudante utiliza até o momento não possibilita a aplicação de diferentes tipos de gizes conforme sua necessidade. Ela também mencionou algumas questões que tornariam o uso do instrumento mais adequado, como a necessidade de ser mais fino (similar a espessura de um lápis) na parte inserida na boca, a fim de proporcionar maior estabilidade.

Nesta etapa também foi realizada uma revisão de literatura sobre os temas de fabricação digital, tecnologias assistivas e uma busca por equipamentos similares.

2.2 Modelagem digital e impressão 3D

Esta etapa envolveu o processo criativo projetual baseado nas necessidades indicadas pela estudante e a impressão em 3D dos diferentes modelos criados. As impressões foram realizadas na impressora 3D SETHI3D S4X utilizando o filamento ABS de 1,75mm.

Foram realizadas duas abordagens de modelagem, a primeira reproduzindo o acessório já utilizado pela estudante, com mecanismos de regulagem de altura do giz com base em um mecanismo giratório na base, a segunda se baseou em uma modelagem de um acessório novo e simplificado com ajuste de altura do giz de forma manual e fixação com o uso de um parafuso. Por questões de simplificação visando as possíveis reproduções do modelo, optou-se pela segunda linha mais simplificada.

O acessório é composto de três partes: a porção denominada “base” é inserida na boca da estudante para o manuseio do instrumento de pintura; a “ponta” permite a fixação da base, e na extremidade da ponta, são aplicados os gizes e alguns lápis; o chamado “parafuso de fixação” atua na estabilização do giz ou do lápis no instrumento.

Para o processo de modelagem foi utilizado o software Autodesk Fusion360, já os softwares usados para realizar o fatiamento do modelo foram Simplify3D® e UltiMaker Cura.

2.3 Simulação e testagem

Nesta etapa os diferentes modelos foram produzidos em Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) e testados. Inicialmente, as estruturas foram sendo testadas por meio da simulação de seu uso pela própria equipe envolvida na produção. Essa simulação buscou assegurar que alguns critérios de rigidez e funcionalidade estivessem sendo atendidos pelas peças. Mediante esse processo, os erros e problemas identificados nas peças já eram imediatamente corrigidos criando um novo modelo.

Uma vez corrigidos os problemas identificados nas simulações, os modelos finais foram testados pela estudante buscando identificar se estava adequado para uso pretendido e possíveis pontos para melhorias. Atualmente as peças encontram-se em uso pela estudante. Dessa forma, depois de um certo tempo, pretende-se obter um retorno da estudante tendo em vista que podem aparecer problemas que apenas serão identificados com a utilização contínua do modelo.

3 Resultados

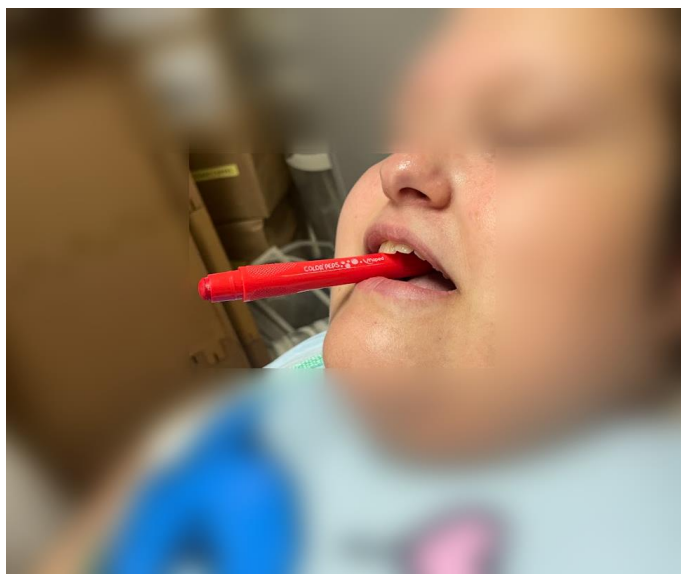
A acadêmica apresentou à equipe do GEGRADI o atual modelo de sua utilização, o qual compreendia uma estrutura arredondada em plástico (Figura 1) contendo um giz em seu interior, e a Figura 2 apresenta a acadêmica portando o instrumento empregado nas atividades do curso.

Figura 1 - Instrumento utilizado pela aluna nas aulas



Fonte: Autores.

Figura 2 - Acadêmica usando o instrumento atual de pintura



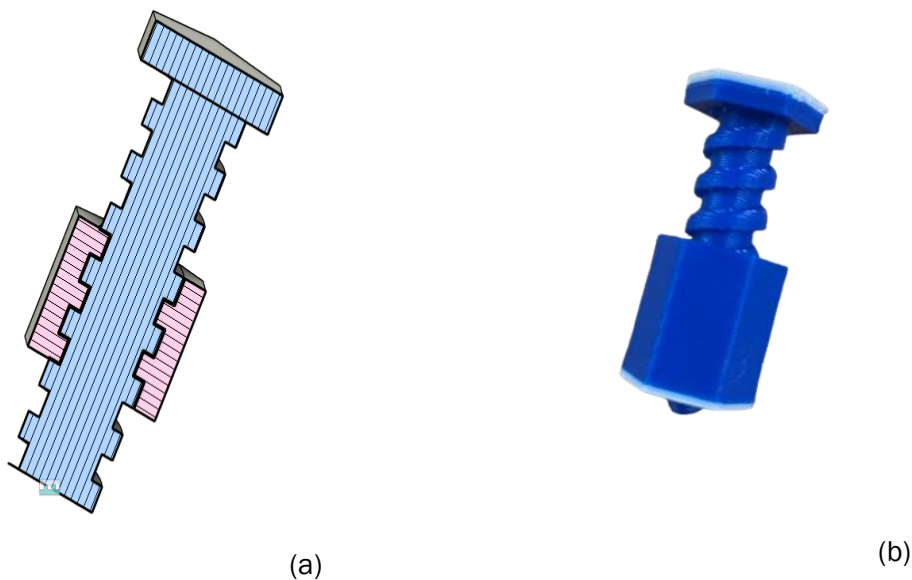
Fonte: Autores.

Observa-se que a estrutura ilustrada na Figura 1 embasou as ideias iniciais realizadas pela equipe. Desse modo, optou-se por um modelo semelhante ao já utilizado pela acadêmica e que sanaria as suas principais necessidades, as quais compreendem um instrumento versátil capaz de abrigar dois tipos de giz e lápis, além de ser uma estrutura em material não deteriorável, uma vez que a permanência do material na boca, dependendo de suas características, pode ocorrer a deterioração.

Um dos maiores desafios da modelagem e da impressão diz respeito aos parafusos da peça, tanto da porca quanto do parafuso. Houve a necessidade de customizá-los, além de compreender as limitações de resolução da impressora, pois a ausência desses esclarecimentos, condicionaram, inicialmente, ao não encaixe de ambas as peças. Como a impressão 3D é realizada camada por camada, no momento de criar o modelo digital, todos os cálculos relacionados às medidas internas das peças devem ser extremamente precisos, porém ao colocar ambas as peças para imprimir, foi observado a falta de consideração das tolerâncias impostas pela impressora, o que resultou em um erro de fabricação devido a uma pequena redução no diâmetro da rosca. Essa diminuição do diâmetro, impediu que o parafuso fosse rosqueado.

Diante disso, o problema foi solucionado no decorrer do projeto ao ter a dimensão interna da porca ajustada levando em consideração a tolerância existente entre o modelo digital e o protótipo impresso (Figura 3).

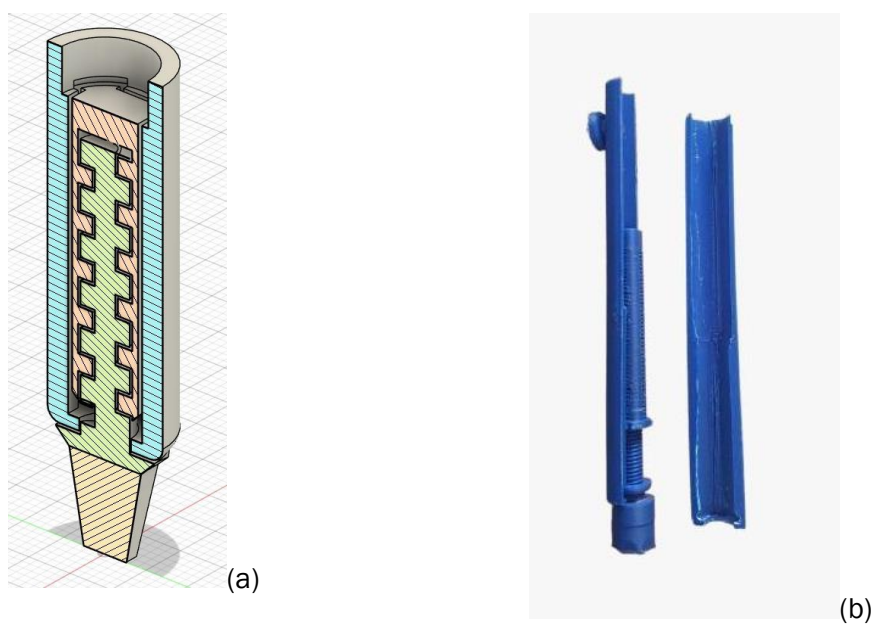
Figura 3 - Modelo digital do parafuso e porca (a) Protótipo impresso (b)



Fonte: Autores.

Com o êxito na confecção do parafuso e da porca, além do entendimento das limitações e das resoluções da impressora 3D, iniciou-se o projeto do instrumento completo. O objetivo inicial foi elaborar um modelo semelhante ao utilizado pela estudante, no qual a rotação da base possibilita o ajuste do tamanho do giz. No entanto, esse protótipo inicial foi descartado (Figura 4), pois mostrou-se muito complexo para ser replicado e, por conter aberturas, poderia ser de difícil higienização.

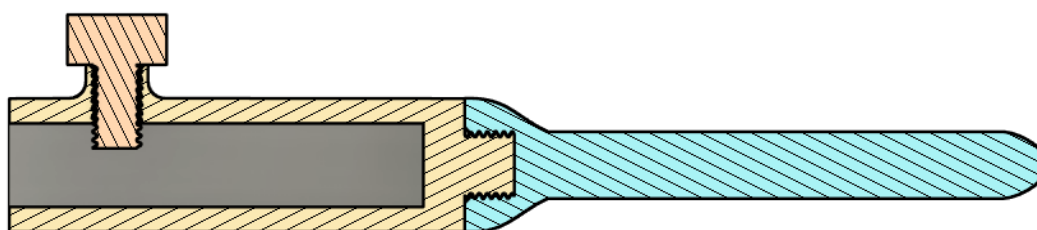
Figura 4 - Modelo digital inicial do instrumento (a) Protótipo impresso (b)



Fonte: Autores.

O novo modelo (Figura 5) teve como objetivo a simplificação de montagem e facilidade de higienização. O modelo conta com três peças integradas, sendo elas: uma base, que será mantida na boca da aluna para as atividades artísticas e possui uma rosca fêmea com 10mm de diâmetro; uma ponta, a qual abrigará o giz, e em sua base há um fuso macho com 10mm de diâmetro; e um parafuso de fixação com 6mm de diâmetro, que será roscado em um orifício presente na ponta, permitindo a fixação do giz e mantendo-o estável.

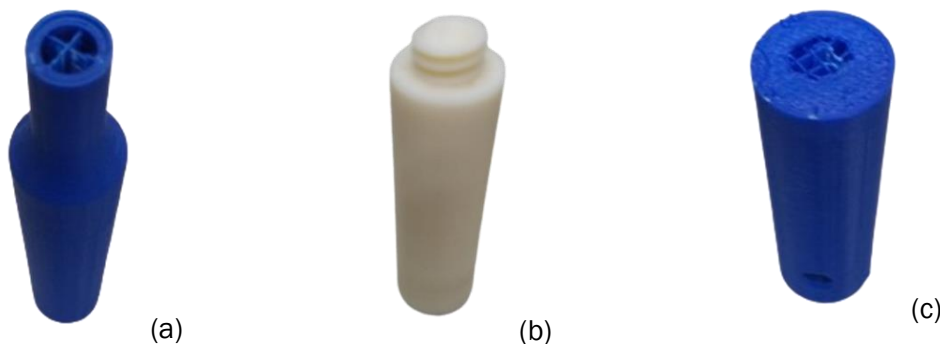
Figura 5 - Modelagem do novo instrumento



Fonte: Autores.

Com o modelo definido, alguns desafios precisaram ser superados no fatiador para a impressão do protótipo, como a fragilidade do modelo, a resolução de impressão e a orientação de impressão, os quais foram superados alterando as configurações de fatiamento. A fragilidade (Figura 6a) da peça foi superada aumentando a quantidade de camadas de perímetro. O modelo conta com roscas finas (Figura 6b), para isso foi necessário definir a resolução em 0,1mm de altura de camada para que os filetes das roscas fossem impressos de forma devida. Como a impressão 3D é realizada por deposição de material em camadas, fez-se necessário imprimir o protótipo na posição diagonal para que as linhas das camadas não ficassem coincidentes com o sentido dos filetes das roscas, minimizando assim a possibilidade de ruptura por cisalhamento (Figura 6c).

Figura 6 - Poucas camadas de perímetro (a) Baixa resolução de impressão (b) Orientação de impressão (c)

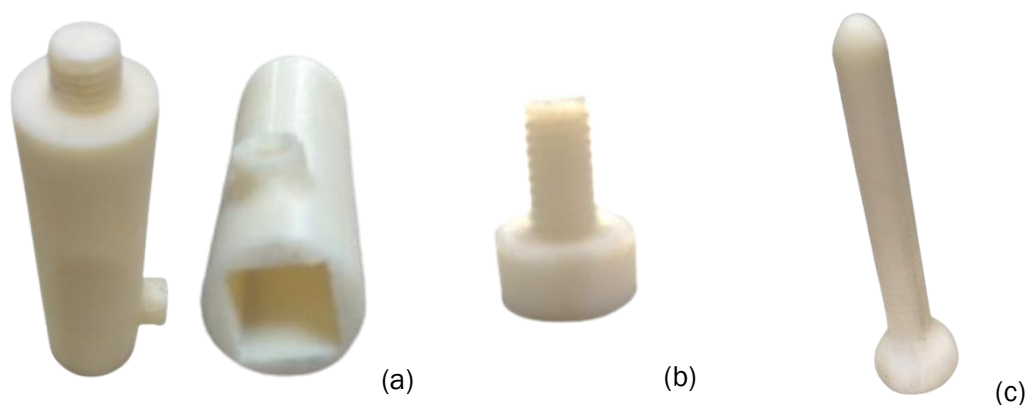


Fonte: Autores.

A impressão do modelo com melhor desempenho foi com as seguintes configurações: bico extrusor em 230°C, mesa aquecida a 100°C, altura de camada em 0,1mm, velocidade de impressão de 80mm/s, topo e base em 6 camadas e espessura da parede/perímetro de 6 linhas.

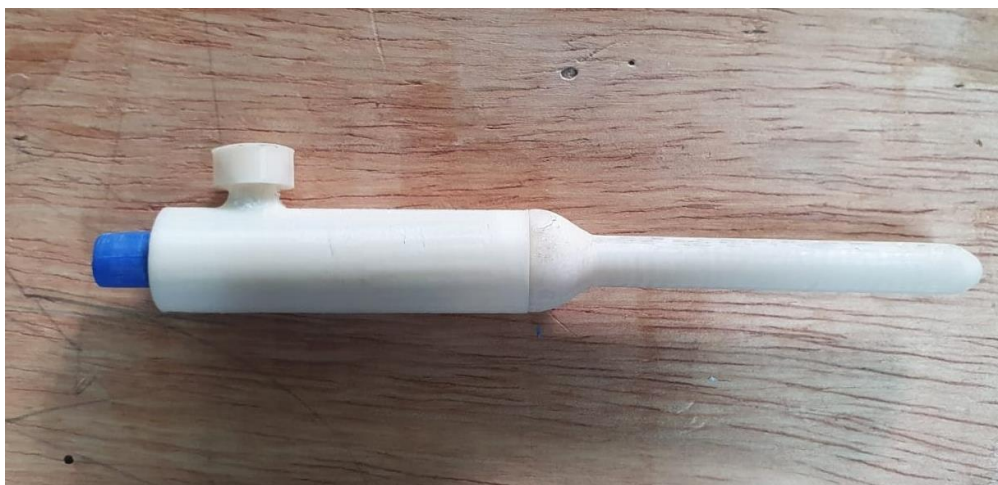
As peças impressas do instrumento, apresentadas na Figura 7, são as seguintes: vista da ponta conectora da base e vista do local de inserção dos materiais de pintura (a); vista do parafuso que permite a fixação dos materiais no equipamento (b); e vista da base (c), essa base é inserida na boca da estudante e possibilita a sustentação e manuseio do conjunto (Figura 8).

Figura 7 - Ponta e vista do local de inserção de materiais (a) Parafuso de fixação (b) Base (c)



Fonte: Autores.

Figura 8 - Conjunto completo



Fonte: Autores.

A Figura 8 ilustra o modelo final, com todas as peças devidamente encaixadas, demonstrando sua viabilidade para utilização. No entanto, é importante destacar que este

protótipo ainda precisa ser testado pela acadêmica, tanto em termos de sua utilidade nas tarefas artísticas e no atendimento às suas expectativas, quanto na identificação de eventuais ajustes necessários para aprimorar o modelo.

4 Conclusão

A fabricação digital permite a produção de objetos tridimensionais a partir de modelos digitais, oferecendo uma ampla variedade de soluções customizadas e dispositivos adaptados às necessidades individuais dos usuários. Desse modo, o objetivo da pesquisa foi explorar o potencial da impressão 3D para a criação de um instrumento personalizado de pintura para auxiliar uma estudante com deficiência motora a realizar atividades artísticas.

Durante o projeto foram adotadas diversas abordagens de modelagem com diferentes técnicas de impressão no intuito de criar algo que atendesse às necessidades específicas da estudante. Os resultados demonstraram não apenas a capacidade da impressão 3D de produzir dispositivos personalizados, como também os desafios técnicos e as soluções criativas encontradas durante o processo de desenvolvimento.

O projeto exemplifica como a fabricação digital pode ser aplicada de forma eficaz para criar dispositivos adaptativos que não apenas atendem às necessidades individuais, mas também promovem a autonomia e participação social. Ademais, a escolha da abordagem com foco no usuário e direcionada para a melhoria contínua reflete o compromisso com a inovação e a excelência na área das Tecnologias Assistivas.

De modo geral, este estudo destaca o papel transformador da impressão 3D na criação de soluções personalizadas e acessíveis para pessoas com deficiência, promovendo a acessibilidade em diversos aspectos da vida cotidiana.

Colaboradores

Adriel C. Matielo - Modelagem, fabricação digital e redação

Fernanda S. de Souza - Pesquisa e redação

Gabriela de M. Carriquiry Cajarville - Modelagem e pesquisa

Luisa R. F. Dalla Vecchia - Análise de modelos, pesquisa e redação

Roberta M. Doleys Soares - Pesquisa e redação

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 9999:2016**: Tecnologia assistiva - Requisitos de produtos e sistemas de tecnologia assistiva. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

COOK, Albert M; POLGAR, Janice Miller. (2015). **Assistive Technologies: Principles and Practice**. Elsevier Health Sciences.

GERSTLE, Theodore L.; IBRAHIM, Ahmed M. S.; KIM, Peter S.; LEE, Bernard T.; LIN, Samuel J. (2014). **A plastic surgery application in evolution: three-dimensional printing**. Plastic and Reconstructive Surgery, 133(2), 446-451.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. (1989). **ISO 8549-1:1989**. Prosthetics and orthotics – Vocabulary – Part 1: General terms for external limb prostheses and external orthoses. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8549:-1:ed-1:v1:en>>. Acesso em: 06 de abril de 2024.

MAIA, Bruno Alves. (2016). **Parametrização dimensional, por modelo de regressão, de próteses de mão para crianças, confeccionadas por manufatura aditiva**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Goiás, Catalão.

MORIMOTO, Sandra. Yoshie Uraga; CABRAL, Ana Karina Pessoa da Silva, SANGUINETTI, Daniele Carneiro de Menezes; FREITAS, Elvis da Silva Rodrigues de; MERINO, Giselle Schimidt Alves Diaz; COSTA, José Ângelo Peixoto da; COELHO, Weldma Karlla; AMARAL, Daniela Salgado. (2021). **Órteses e próteses de membro superior impressas em 3D: uma revisão integrativa**. Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional, 29, e 2078. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2526-8910.ctoAO2078>. Acesso em: 13 de abril de 2024.

NÚCLEO DE ACESSIBILIDADE E INCLUSÃO (NAI). (2022). **Sobre o Núcleo**. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/nai/sobre/>>. Acesso em: 13 de abril de 2024.

PRADO, Vanderlei Marcos do; SOGABE, Milton Terumitsu. **Impressão 3D no desenvolvimento de produtos de tecnologia assistiva: contribuições do design**. Projética, Londrina, v. 13, n. 1, p. 15-35, 2022.

VOLPATO, Neri. **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D**. São Paulo: Blucher, 2017.