

IMPRESSÃO 3D E TECNOLOGIA ASSISTIVA: ADAPTADORES PARA PESSOAS COM DIFICULDADE MOTORA NAS MÃOS.

3D PRINTING AND ASSISTIVE TECHNOLOGY: ADAPTATIONS FOR PEOPLE WITH MOTOR DIFFICULTIES IN THEIR HANDS.

Bárbara Bernadelli Ribeiro¹

Taynara Araújo Franco²

Karyne Gonçalves Matos³

Pedro H. Gonçalves⁴

Resumo

O artigo aborda o desenvolvimento de soluções em Tecnologia Assistiva com prototipagem rápida, visando criar e avaliar produtos assistivos impressos em 3D para pessoas com limitações motoras nas mãos. A pesquisa foi dividida em três fases: inspiração, ideação e implementação. Foram projetados dispositivos como estabilizadores de talheres e suportes multifuncionais, ajustados com o software “Fusion 360” e impressos em PLA. Testes em instituições de reabilitação mostraram melhorias na funcionalidade e independência dos usuários. O estudo destaca a eficácia da impressão 3D e sugere mais investigações sobre novos materiais e técnicas.

Keywords: Tecnologia Assistiva, Impressão 3D, Independência.

Abstract

The article addresses the development of Assistive Technology solutions with rapid prototyping, aiming to create and evaluate 3D printed assistive products for people with motor limitations in their hands. The research was divided into three phases: inspiration, ideation and implementation. Devices such as cutlery stabilizers and multifunctional supports were designed, adjusted with “Fusion 360” software and printed in PLA. Tests in rehabilitation institutions showed improvements in the functionality and autonomy of patients. The study highlights the effectiveness of 3D printing and suggests further investigations into new materials and techniques.

Palavras-chave: Assistive technology, 3D printing, Independence.

¹ barbara_bernadelli@hotmail.com

² taynara_franco@discente.ufg.br

³ karyne@discente.ufg.br

⁴ pedrogoncalves@ufg.br

1 INTRODUÇÃO

Durante as últimas décadas, houve uma mudança de paradigma na reabilitação do modelo biomédico para o modelo biopsicossocial, o que implica em uma modificação do foco de uma abordagem interpessoal para uma abordagem socioecológica. Com isso, essa alteração exige uma modificação das práticas profissionais que leve em consideração os fatores biológicos, psicológicos e sociais. Ao pensar essa alteração no contexto da deficiência, é necessário compreendê-la além das condições de saúde-doença individuais, ampliando a perspectiva ao considerar todas as barreiras que ampliam a incapacidade das pessoas com deficiência.

A incapacidade é definida como a interação complexa entre as condições de saúde somada às alterações nas funções e/ou estruturas do corpo (deficiência) e as limitações nas atividades e restrições na participação, influenciados pelos fatores contextuais pessoais e ambientais, constituindo-se como barreiras (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2020). A associação do estigma de desvalorização social à deficiência normaliza a ideia de redutibilidade da diversidade e da diferença a um tipo específico, com o objetivo de remodelar esse indivíduo a aparência funcional de uma pessoa comum. Portanto, ambientes diversos podem influenciar de maneiras variadas o mesmo indivíduo com uma condição de saúde específica.

Desse modo, ambientes com barreiras, ou sem facilitadores, podem restringir o desempenho do indivíduo, enquanto ambientes facilitadores podem contribuir para melhorar seu desempenho (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2020). Portanto, as modificações devem ser realizadas no ambiente e não no indivíduo, de modo a considerar a heterogeneidade das deficiências, reforçando a diferença entre indivíduos incapazes e deficientes. Nesse sentido, as deficiências incluem uma ampla variedade de condições únicas ou múltiplas que limitam a funcionalidade de um indivíduo não apenas devido às suas características intrínsecas, mas também devido à resistência e falta de maturidade da sociedade em aceitar qualquer tipo de diferença (VERAS & SANTOS, 2019).

De acordo com dados mais recentes da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (2023), a população com deficiência no Brasil no último trimestre de 2022, foi estimada em 18,6 milhões (considerando as pessoas com 2 anos ou mais). O número corresponde a 8,9% da população com essa faixa etária. Desse total, o perfil era mais feminino (10%) do que masculino (7,7%). Em relação à cor ou raça, houve maior incidência das pessoas que se autodeclararam como da cor preta (9,5%), contra 8,9% pardas e 8,7% brancas. No que tange aos domínios geográficos, a região Nordeste foi a que registrou o maior percentual (10,3%), já demais regiões marcaram índices próximos: Sudeste (8,2%), Norte (8,4%), Centro-Oeste (8,6%) e Sul (8,8%). Em relação ao índice de analfabetismo, o indicador, ao ser restringido para pessoas sem e com deficiência, aumenta de 4,1% para 19,5%, além de ser mais elevado na região Nordeste. Por fim, quanto ao mercado de trabalho, o número de pessoas com deficiência em idade economicamente ativa corresponde a 17,5 milhões, sendo que desses, mais de 12 milhões estavam fora do mercado de trabalho (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE], 2023).

Na tentativa de ultrapassar as perspectivas limitadoras, a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde - CIF enfatiza, dentro do processo de assistência e serviços de suporte e benefício de prestação continuada, como os fatores am-

bientais impactam a funcionalidade e podem ser amenizados por meio de adaptações ou utilização de suportes pessoais, como os produtos de Tecnologia Assistiva (CIPRIANO et al., 2023, p. 17).

Esse tipo de tecnologia de assistência é considerado como um facilitador nos fatores ambientais da CIF, evidenciando que a utilização desse aspecto positivo pode impedir que a deficiência se transforme em uma restrição de participação (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2020). O Comitê de Ajudas Técnicas (CAT) define o termo Tecnologia Assistiva (TA) como:

Área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (Comitê de Ajudas Técnicas, 2007, p.2)

Estima-se que um bilhão de pessoas em todo o mundo necessitam de produtos de assistência e seus serviços e sistemas relacionados (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018) sendo a prestação de serviços, portanto, parte integrante da reabilitação ou habilitação. Ela é um método viável para otimizar a participação, ao aumentar o leque de atividades que uma pessoa pode realizar, pois, quando promove a independência nas atividades na utilização dos equipamentos, no lugar da assistência de um cuidador, ela permite a experimentação de níveis mais elevados de autossuficiência.

A modificação para modelos de saúde que proporcionem o chamado cuidado empoderado é defendido desde a década de 90 no Reino Unido, pelo qual a pessoa com deficiência pode solicitar assistência na escolha de serviços cotidianos (BARBOSA-FOHRMANN & ANGELICA, 2014, p. 13). Nesse modelo, há a possibilidade de que o próprio indivíduo utilize equipamentos e medicamentos necessários, promovendo assim sua capacidade de autocuidado e sua integração em atividades sociais fora de casa, o que contribui para sua inclusão e dignidade pessoal. Em resumo, visa-se a ampliação da participação social através de serviços de saúde que promovem a inclusão (VERAS & SANTOS, 2019).

Quanto aos principais desafios dos dispositivos de TA, o principal está relacionado a adaptar a sua usabilidade de modo a atender a diferentes limitações dentro de um grupo de indivíduos; por exemplo, um usuário com paralisia cerebral (PC) pode apresentar dificuldade em realizar os movimentos de desvio radial e desvio ulnar, pronação e supinação ou flexão e extensão de dedos. Em todos esses casos, há uma limitação em realizar atividades de vida diárias, como escovar os dentes, utilizar uma caneta, alimentar-se e etc.. Apesar de se tratar da mesma condição de saúde, a TA precisará ser adaptada ou modificada de acordo com o tipo de restrição, de modo que a adaptação seja única e resolutiva para cada contexto.

Dessa forma, inicialmente, é fundamental compreender as condições de saúde envolvidas na finalidade a que o dispositivo se dedica, para que frustrações e abandonos de uso sejam evitados. Além disso, faz-se necessário a reavaliação contínua da TA, levando em consideração a possibilidade de haver melhora ou progressão da condição de saúde, o que acarretaria em mudanças na finalidade do produto.

Quando se discute a respeito dos desafios da TA relacionados a países em desenvolvimento, estes envolvem as políticas limitadas quanto ao fornecimento, a insuficiente força de trabalho e a limitação na capacidade de formação, além de um cenário de mer-

cado de alto custo e com baixa disponibilidade (TORO-HERNÁNDEZ et al., 2019, p. 850).

Desse modo, uma possibilidade para tornar as TA mais acessíveis, seria desenvolvê-las em um processo personalizado, de baixo custo, curto período e alta duração.

A prototipagem rápida tem demonstrado um impacto positivo significativo no campo da produção de tecnologias assistivas (TA), proporcionando benefícios substanciais aos usuários. Essa metodologia permite o desenvolvimento de soluções personalizadas, garantindo maior conforto e usabilidade, além de possibilitar modificações eficazes nos projetos.

Ademais, especialmente por meio da impressão 3D, ela facilita ajustes rápidos e reduz o desperdício de material, o que promove um ciclo contínuo de testes e melhorias que resultam em soluções mais adequadas às necessidades dos usuários.

O processo de criação do produto se inicia em um modelo digital, que pode ser gerado a partir de um scanner 3D. Com o auxílio de um software específico, é possível realizar modificações e verificações de eficiência antes da impressão final, o que reduz significativamente os custos associados à criação de múltiplos protótipos. Assim, a utilização de modelos 3D acelera diversas etapas do desenvolvimento, tornando o processo mais eficiente e econômico, especialmente quando o molde exige várias alterações.

De modo geral, a modelagem digital e a impressão 3D tornam possível entregar essas características por utilizar um método de fabricação aditiva, na qual um modelo 3D digitalizado é manipulado e depois impresso em camadas sucessivas para construir o objeto desejado (FRANÇOISE et al., 2020, p. 418). Além do baixo custo, esse recurso possui vantagens como: rápida produção, viabilidade de personalização e menor geração de resíduos, se comparado aos métodos tradicionais de fabricação.

Pretende-se, como objetivo deste trabalho, descrever o desenvolvimento e os ajustes de produtos de TA impressos em 3D para pessoas com limitações motoras nas mãos.

O intuito é promover modelos para garantir um ajuste ideal entre pessoa, ambiente e dispositivo com informações sobre os utilizadores que irão ser beneficiados de determinados dispositivos e fornecer pistas úteis para o desenvolvimento da próxima geração de dispositivos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido pelo grupo de pesquisa do Laboratório de Estudos Investidos em Tecnologia Assistiva (Lab.EITA) da Universidade Federal de Goiás, composto por estudantes e doutores dos cursos de Fisioterapia e Design de Produto. O princípio do Laboratório é desenvolver e pesquisar tecnologias que promovem a inclusão e a acessibilidade às pessoas com limitações motoras ou que necessitem de auxílio da TA.

Com esta finalidade, a pesquisa foi estruturada em conformidade com etapas previamente definidas para garantir que o usuário fosse o centro de cada fase de desenvolvimento, ao utilizar o “Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projetos” (MERINO, 2016). Esse define inicialmente 3 Blocos de Referência: produto, usuário e contexto. O bloco de produto refere-se aos produtos de Tecnologia Assistiva a serem desenvolvidos; o bloco de usuário engloba pessoas com limitações motoras nas mãos; e o bloco de contexto abrange as atividades diárias desses usuários.

A prática foi dividida em 3 fases distintas, conforme descrito pelo guia: inspiração, ideação e implementação. A fase de inspiração envolve a identificação das necessidades a serem atendidas e a análise de soluções existentes similares, com o objetivo

de entender o contexto e os requisitos do usuário para informar o desenvolvimento do produto. A fase de ideação inclui etapas de organização e criação, com a modelagem inicial do produto. Por fim, a fase de implementação abrange a execução e viabilização do projeto, com a avaliação do produto e produção de um manual de instruções para orientar o uso da TA.

2.1 FASE DE INSPIRAÇÃO

Durante a fase de inspiração, foram identificadas as principais necessidades de pessoas com limitações motoras nas mãos durante a realização de suas atividades diárias.

Para essa fase, em busca de inspiração para desenvolver os produtos, os integrantes do laboratório se reuniram em três momentos: o primeiro momento com os pais de crianças com Paralisia Cerebral, da Associação de Acolhimento à Pessoa com Paralisia Cerebral e Outras Deficiências (APC+). O segundo encontro foi composto, além dos integrantes, por profissionais da área de fisioterapia e da terapia ocupacional, que trabalham com neuroreabilitação. Por fim, no terceiro momento, os integrantes do laboratório acompanharam o tratamento de crianças com limitações motoras nas mãos, em uma clínica de reabilitação de Goiânia.

Dessa forma, no primeiro encontro, os pais que representaram a APC+ relataram que as dificuldades enfrentadas por seus filhos estavam relacionadas, principalmente, à dificuldade em realizar atividades de vida diária de alimentação, como segurar talheres e copos.

Em seguida, na reunião com os profissionais de instituições de reabilitação, foi destacada a elevada demanda por utensílios que facilitassem as atividades relacionadas à escrita, requerida em todas as faixas etárias, como segurar uma caneta.

Finalmente, no último momento, os colaboradores do laboratório, ao acompanharem as crianças em tratamento em uma clínica de Goiânia, identificaram a dificuldade dos usuários em manter um controle firme e estável ao manusear utensílios com a mão, especialmente àqueles que envolviam os movimentos de pronação e supinação.

Após a coleta desses dados e da identificação das principais dificuldades enfrentadas, a equipe do laboratório iniciou o planejamento dos protótipos. Dessa forma, buscou-se atender as necessidades que foram relatadas ou observadas, com o intuito de minimizar a realização dos movimentos de desvio ulnar e desvio radial, presentes nos momentos de alimentação e de escrita.

Nesse sentido, para a alimentação, planejou-se um adaptador de talher que se fixasse na mão do usuário, com o objetivo de proporcionar maior estabilidade e conforto ao segurá-lo e reduzir o esforço necessário para controlar o utensílio. Além disso, foi planejado um segundo protótipo, com o formato em L e com o mesmo objetivo de facilitar o movimento de levar o talher até a boca, reduzindo a dificuldade associada à manipulação do punho. A diferença entre os dois é que o segundo, ao aumentar o diâmetro do utensílio, necessita de força para o movimento de preensão, enquanto o primeiro é fixo à mão do usuário.

Ainda nesse contexto, para os momentos de escrita, pretendeu-se criar um produto que, da mesma forma, ampliasse o diâmetro dos instrumentos destinados a essa tarefa, melhorando a ergonomia e a aderência para pessoas com destreza limitada nas mãos.

Essas observações e necessidades destacadas durante a fase de inspiração são fundamentais para orientar o desenvolvimento dos produtos. Essa fase visa

garantir que as soluções desenvolvidas atendam efetivamente às dificuldades específicas identificadas.

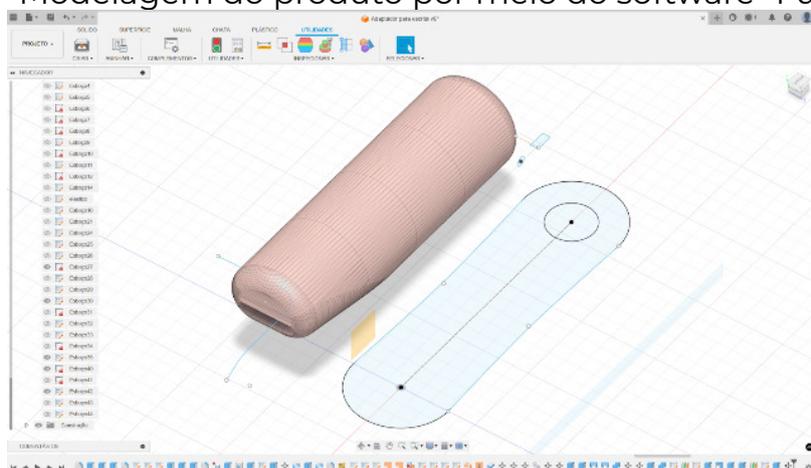
2.2 FASE DE IDEAÇÃO

Na fase de ideação, foram definidas as estratégias para o desenvolvimento dos protótipos e começaram a ser elaboradas as primeiras versões dos dispositivos de auxílio.

Nesta fase, a modelagem inicial dos protótipos começou por meio da análise dos esboços e conceitos que foram gerados na fase de inspiração. A equipe fez uma análise detalhada dos desenhos iniciais, identificando partes do design que poderiam ser simplificadas ou eliminadas para otimizar o uso de material e reduzir o tempo e o custo de produção.

Para isso, foi realizada a modelagem dos protótipos, utilizando o software “Fusion 360” da Autodesk, visualizado na Figura 1, que permite a criação de modelos em 3D a partir de rascunhos em perfis 2D. Para a iniciação do processo de modelagem, é fundamental o planejamento de ideias e dimensões, o qual facilita o esboço e reduz os erros.

Figura 1 – Modelagem do produto por meio do software “Fusion 360”.



Fonte: Autor (2024).

O processo de modelagem começou com a criação de esboços preliminares, seguidos pela modelagem digital, onde foram aplicados refinamentos, como o arredondamento de bordas, para aumentar o conforto durante o uso. Esses refinamentos foram fundamentais para melhorar a funcionalidade e a ergonomia dos dispositivos, preparando-os para a fase subsequente.

Por fim, com a modelagem finalizada, ela é exportada para o formato de “STL” e é encaminhada para o software “CURA”, que fará a leitura e o processamento do arquivo.

2.3 FASE DE IMPLEMENTAÇÃO

Na fase de implementação, o arquivo gerado é enviado para a impressora 3D, sendo utilizado nesta pesquisa o modelo “Credlity Ender 3 S1 Pro” e o filamento de PLA (ácido polilático), devido às suas vantagens, como o baixo custo e a facilidade de impressão.

As primeiras impressões foram realizadas e as peças necessitaram de ajustes físicos de encaixe e de melhoria no conforto do usuário. Com base nas dificuldades encontradas, foi necessário realizar alterações nos modelos, descritas detalhadamente posteriormente.

Após a realização das adaptações, as novas impressões foram realizadas e destinadas à verificação final. Nesse processo de verificação, foi utilizado um instrumento de avaliação, produzido pelos integrantes do laboratório, por meio da adaptação do questionário “Avaliação da Satisfação do Usuário com a Tecnologia Assistiva de Quebec B-Quest (2.0)” (CARVALHO et al., 2014) foi adaptado.

Por fim, foi elaborado um manual de instruções para orientar o uso dos dispositivos pelos usuários finais. Este manual fornece informações detalhadas sobre como utilizar os protótipos de forma eficaz, assegurando que os usuários possam tirar o máximo proveito das soluções desenvolvidas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, são apresentados os principais resultados obtidos a partir das fases de desenvolvimento dos produtos e das avaliações realizadas. As discussões abordam tanto os desafios enfrentados quanto as soluções implementadas ao longo do processo.

3.1 DESENVOLVIMENTO DOS PRODUTOS

Durante o desenvolvimento, os utensílios foram planejados com o objetivo de proporcionar maior acessibilidade e usabilidade para pessoas com limitações motoras. Portanto, cada produto foi projetado para atender a uma necessidade específica, sendo que as etapas de desenvolvimento e de ajustes de cada um serão descritas a seguir.

3.2.1 SUPORTE MULTIFUNCIONAL

O desenvolvimento do auxiliador surgiu da identificação da dificuldade em realizar os movimentos de desvio ulnar e radial, particularmente na alimentação, conforme relatado durante a fase de inspiração. A pesquisa inicial concentrou-se na identificação de uma solução que promovesse a facilitação do uso de talheres, resultando na seleção de um modelo de referência para suporte de talheres, obtido de uma fonte gratuita online.

Com o objetivo de expandir a funcionalidade do produto existente, conforme a Figura 2, a equipe do laboratório trabalhou para incorporá-lo a novas funções, de modo que um único dispositivo fosse capaz de atender a também a outras necessidades do dia a dia.

Figura 2 – Suporte multifuncional.



Fonte: Autor (2024).

Para essa expansão, foram consideradas atividades como segurar um copo e abrir a tampa de uma garrafa plástica. Com isso, foram desenvolvidos separadamente um abridor de garrafas e um suporte para copos, e o produto original foi modificado para

incluir, em sua porção inferior, uma área de encaixe para esses acessórios.

Desse modo, o suporte, inicialmente destinado a adaptar talheres, manteve a sua função e ganhou outras duas. Em sua estrutura, o acessório destinado a segurar o copo possui um modelo de encaixe que se conecta no mesmo local em que o talher e permite que o usuário leve o copo até a boca sem a necessidade do movimento de preensão em garra. O acessório desenvolvido para abrir garrafas plásticas se conecta entre os dois encaixes do talher e auxilia a abertura da tampa da garrafa sem a necessidade do movimento de preensão tridigital.

Posteriormente, visando maximizar as funções do produto e em paralelo ao desenvolvimento do outro dispositivo voltado para a escrita, foi incorporada ao utensílio uma última funcionalidade. Através de um orifício na extremidade do produto, tornou-se possível acoplar canetas e lápis, convertendo-o também em um recurso destinado à escrita.

Figura 3 – Acessório para segurar copo; Acessório para abrir para garrafas plásticas; Suporte multifuncional; Suporte multifuncional conectado ao acessório de copo; Suporte multifuncional conectado ao acessório de abrir garrafas plásticas.



Fonte: Autor (2024).

3.2.2 ENGROSSADOR EM L

O engrossador em L foi desenvolvido desde o início pela equipe do laboratório, com o objetivo de auxiliar a alimentação, também pensado de modo a minimizar os movimentos de desvio ulnar e radial, além de permitir uma melhor preensão. Para isso, ele foi elaborado com um formato em L e com o seu cabo maior. Inicialmente, ele foi projetado com formato quadrado, mas durante o processo de desenvolvimento, seu formato foi modificado para incluir arredondamentos nos cantos, proporcionando uma pega mais ergonômica e confortável. O modelo está ilustrado abaixo (Figura 4).

Figura 4 – Engrossador em L.



Fonte: Autor (2024).

Ele possui uma abertura com formato semelhante ao símbolo de adição para talheres, o que permite que o usuário possa utilizar o talher em duas orientações: horizontal ou vertical. Esse design versátil contribui para maior conforto e facilidade durante as refeições, adaptando-se às preferências individuais do usuário.

3.2.3 ENGROSSADOR DE ESCRITA

O engrossador de escrita é um modelo parecido com o engrossador em L, sendo também um modelo autoral do laboratório, conforme ilustrado pela Figura 5.

Figura 5 – Engrossador para escrita.



Fonte: Autor (2024).

Durante o seu desenvolvimento, após a definição do formato, foi incorporado um sistema de parafuso e rosca ao lado do furo destinado aos instrumentos de escrita. Esse sistema permite ajustar o encaixe para diferentes tamanhos de lápis e canetas. Para esse sistema, a estratégia utilizada foi a modelagem de uma rosca interna no próprio engrossador, seguindo as medidas de um parafuso de metal padrão e pequeno tamanhos.

3.3 DESENVOLVIMENTO DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO

A partir dos modelos prontos, a próxima etapa envolveu a elaboração de um método para avaliar a aceitação e a satisfação dos usuários em relação a essas TA (Figura 6).

Figura 6 – Ficha de Avaliação do Adaptador para Copos.

Ficha de Avaliação dos Produtos de Tecnologia Assistiva - Alimentação

Esta ficha foi baseada no questionário *Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (B-QUEST 2.0)* e destina-se a avaliar a satisfação com o uso do recurso de tecnologia assistiva. A coleta de informações será utilizada para o aprimoramento contínuo dos produtos, bem como para avaliar sua eficácia. O registro do nome do responsável pelo paciente e da data tem por finalidade exclusiva a eventual necessidade de esclarecimentos futuros. As informações do paciente são solicitadas considerando a diversidade na aplicação do produto, que pode variar conforme o diagnóstico funcional e a idade do usuário.
Cada produto possui uma atribuição, o que não impede que ele seja utilizado em outra função.

Responsável pelo paciente:	Data da avaliação: / /	
Nome do paciente:	Data de nascimento do paciente: / /	
Diagnóstico clínico e funcional:		
Paciente tem dependência para realizar qual tipo de AVD:		
Auxiliador Multifuncional – Copo	Atende	Não atende
		
	Assinale com um X abaixo	
Eficácia na realização da atividade		
Facilidade de uso		
Facilidade de ajustar		
Estabilidade e segurança		
Conforto ao utilizar		
Dimensões e peso do auxiliador		
Resistência do auxiliador		

Fonte: Autor (2024).

Para isso, o questionário “Avaliação da Satisfação do Usuário com a Tecnologia Assistiva de Quebec B-Quest (2.0)” (CARVALHO et al., 2014) foi adaptado.

Durante a adaptação, foram removidas questões que não eram pertinentes ao contexto específico dos dispositivos desenvolvidos e inseridas novas perguntas que abordam aspectos relevantes, não contemplados pela versão original do questionário. Além disso, o preenchimento da ficha de avaliação foi destinado aos profissionais responsáveis pela reabilitação dos usuários, como fisioterapeutas ou terapeutas ocupacionais que os acompanhavam.

A ficha de avaliação foi acrescida com informações adicionais como o ano de nascimento e o diagnóstico clínico e funcional do paciente, o nome do profissional e a data da coleta. Esses dados foram considerados importantes, visto que um produto pode atender com eficiência a um tipo de diagnóstico, ou a uma faixa etária específica, ao mesmo tempo que pode não ter a mesma eficácia em outro tipo de diagnóstico ou idade. Além disso, se mostrou relevante coletar a informação do nome do profissional e da data de coleta, por ser comum que, no início, os usuários encontrem dificuldades de uso que podem ser modificadas após um período de adaptação, sendo possível, a partir desse dado, fazer esse acompanhamento.

Portanto, é fundamental que o profissional avalie e responda ao instrumento com base em critérios específicos relevantes para o contexto do usuário.

3.4 AVALIAÇÃO DOS DISPOSITIVOS

Após a etapa de elaboração do questionário, os produtos foram enviados para algumas instituições de reabilitação parceiras e profissionais da área, junto às fichas impressas de avaliação.

Em seguida, as fichas eram preenchidas pelos profissionais e, após o preenchimento, a equipe do laboratório retornava às instituições para a coleta das respostas.

No momento de análise dessas respostas, percebeu-se que algumas informações da ficha não estavam preenchidas por completo, o que limitou a precisão da coleta de dados. Desse modo, a ficha impressa foi transferida para o meio digital, de forma que, para concluir a avaliação, o profissional precisaria responder a todos os campos.

3.5 AJUSTES NA PRODUÇÃO

Após as coletas das respostas das fichas de avaliação, percebeu-se a necessidade de ajustes nos produtos que estavam sendo desenvolvidos. Foram destacados erros dimensionais, falta de conforto e inadequação quanto à adaptação para os usuários. Além disso, novas formas de uso foram surgindo de acordo com a necessidade que era apresentada. Como resultado, foram necessários ajustes em cada um dos produtos para corrigir os erros e melhorar a usabilidade dos produtos.

3.5.1 SUPORTE MULTIFUNCIONAL

O suporte multifuncional, como foi mencionado anteriormente, teve seu desenvolvimento a partir de um modelo similar, que foi aprimorado com adaptações e aces-

sórios. Nas avaliações, foi observado que o encaixe para as mãos do suporte não era confortável e não se ajustava adequadamente para as mãos de adultos. Portanto, o primeiro ajuste foi realizado na sua alça.

Para melhorar a adaptação do encaixe às diferentes dimensões das mãos, foram escaneadas as mãos de dois integrantes do laboratório, permitindo a modelagem do produto para se adequar a diferentes tamanhos anatômicos.

Ademais, um dos acessórios que foi desenvolvido, o abridor de garrafas, apresentou falhas nas primeiras impressões, pois não se ajustava a todos os tamanhos de tampas. O tamanho do abridor foi então redimensionado para garantir um encaixe mais eficiente em outros tamanhos.

Por fim, a modificação para a inclusão de lápis e canetas no suporte apresentou falhas no sistema de encaixe de parafusos. O parafuso de metal, além de muito pequeno, se mostrava incompatível com a porca interna do suporte, mesmo com ajustes. Para resolver essa questão, foi feita uma alteração na estrutura para acomodar um parafuso modelado e impresso em 3D. Esse ajuste melhorou a estabilidade do encaixe e permitiu que o produto se adaptasse a uma variedade maior de materiais disponíveis no mercado. Os produtos, após os ajustes, podem ser visualizados conforme a Figura 7.

Figura 7 – Suporte multifuncional após o ajuste e seus acessórios.



Fonte: Autor (2024).

O resultado foi que os produtos finais eram estáveis e adequados para os usuários com fraqueza muscular, devido ao tamanho maior e mais estável do parafuso em 3D.

3.5.2 ENGROSSADOR EM L

O engrossador em L, utilizado para encaixe de talheres, teve o seu desenvolvimento de forma mais assertiva e não obteve muitos ajustes.

O modelo final foi definido e avaliado, e o seu uso por crianças com paralisia cerebral não se mostrou indicado devido aos espasmos neurológicos, que os faziam abrir a mão de forma involuntária. Logo, foi levantada uma necessidade, por esse grupo, de um suporte que prendesse o objeto à mão.

Para proporcionar tal firmeza, foi desenvolvido um suporte para as mãos que deveria ser acoplado ao engrossador, e, assim, a alça poderia ser encaixada na própria estrutura e retirada quando fosse necessário.

Foi utilizado o filamento PLA flexível para a produção da alça, mesmo material do engrossador, pois apresentava ser um material mais resistente, o que

auxiliaria no encaixe para as mãos. Entretanto, a estratégia adotada mostrou-se desvantajosa e foi abandonada, pois, mesmo com a alça, o objeto ainda não se prendia de forma segura à mão (Figura 8).

Figura 8 – Adição da alça no engrossador em L.



Fonte: Autor (2024).

Em seguida, foi elaborada uma segunda tentativa para suprir a necessidade desse grupo. Dessa forma, para adaptar o suporte, de modo firme, a diferentes tamanhos de mãos, foram desenvolvidos moldes impressos em 3D, conforme ilustrado na Figura 9, para serem preenchidos com borracha de silicone “Shore A 9 – 10”.

Figura 9 – Molde para o auxiliar impresso em 3D.



Fonte: Autor (2024).

No entanto, o silicone não foi eficaz, pois se rompeu durante os testes e não apresentou a elasticidade necessária para se ajustar de maneira adequada. Como alternativa, foi escolhido o látex “Látex Líquido Natural Bi Centrifugado RDX 29” conforme mostra a Figura 10.

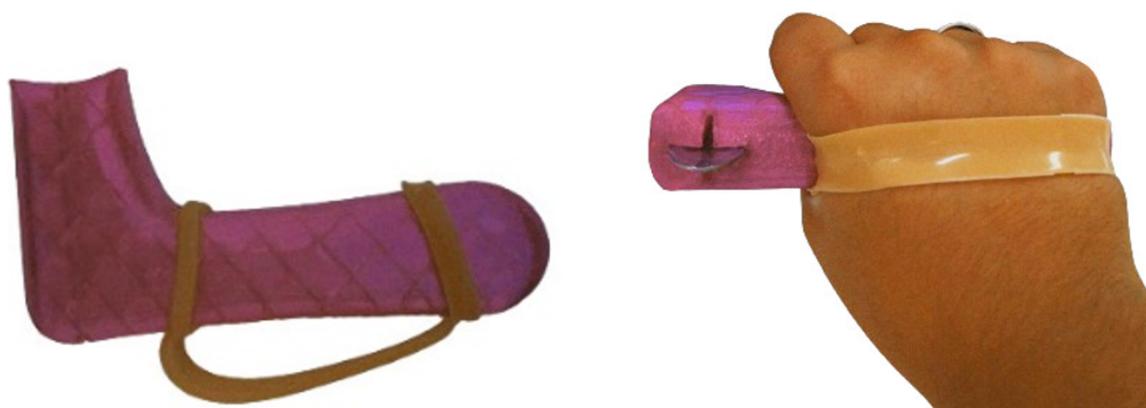
Figura 10 – Auxiliares de silicone e látex, da esquerda para direita.



Fonte: Autor (2024).

O látex material permitiu envolver o engrossador e ajustar-se de forma eficiente ao tamanho da mão de cada indivíduo (Figura 11).

Figura 11 – Engrossador em L com auxiliar.



Fonte: Autor (2024).

Com a utilização bem-sucedida dos auxiliares de látex, a equipe do laboratório desenvolveu novos modelos de moldes, com diferentes tamanhos.

Os modelos desenvolvidos podem ser utilizados para auxiliar o engrossador e também podem ser úteis sozinhos. Essa última alternativa pode ser realizada ao dar uma volta com o auxiliar na parte externa da mão e conectando os furos das extremidades do auxiliar às extremidades de uma caneta ou de um talher, por exemplo. Dessa forma, o objeto a ser segurado fica preso à mão de forma eficiente, no entanto, esse modo de uso exige que uma pessoa auxilie a colocação, ou que a própria pessoa, diante de uma boa habilidade com a mão oposta, coloque em si mesma.

3.5.3 ENGROSSADOR DE ESCRITA

Por fim, o engrossador de escrita, também desenvolvido no laboratório, foi projetado para encaixar diferentes tamanhos de canetas e lápis. Inicialmente, utilizava-se um parafuso metálico M3, que se mostrou inadequado devido ao seu pequeno tamanho, dificultando o manuseio e a rotação. Para solucionar isso, foi projetado um novo parafuso, mostrado na Figura 12, para ser impresso em 3D.

Figura 12 – Parafuso impresso em 3D.



Fonte: Autor (2024).

O novo parafuso é significativamente maior e oferece um design mais ergonômico, facilitando o processo de rosqueamento e proporcionando uma melhor experiência ao usuário.

O engrossador ajustado com o novo parafuso agora oferece um ajuste mais eficiente e confortável para diferentes tamanhos de utensílios de escrita, visualizado na Figura 13.

Figura 13 – Engrossador de escrita após ajuste.



Fonte: Autor (2024).

3.6 DESENVOLVIMENTO DO MANUAL

Na etapa de avaliação, observou-se que dispositivos que eram projetados inicialmente para funções específicas, como por exemplo a alimentação, eram utilizados de maneiras inesperadas, como para a escrita. Essa versatilidade indicou que, embora as funções principais dos produtos sejam importantes, a capacidade de adaptá-los para finalidades alternativas pode ampliar significativamente seu valor e eficácia.

Em resposta a essa descoberta, foram elaborados manuais para cada um dos dispositivos, a fim de fornecer descrições detalhadas dos utensílios, juntamente com sugestões de uso e orientações sobre cuidados e manutenção. As diretrizes incluídas visam não apenas instruir sobre a utilização principal, mas também orientar sobre possíveis usos adicionais que foram identificados durante os testes (Figura 14).

Figura 14 - Manual do adaptador.



Fonte: Autor (2024).

Este recurso teve o objetivo de proporcionar uma compreensão mais abrangente dos produtos, orientando os usuários sobre suas funções principais e secundárias, assegurando a manutenção adequada.

Este trabalho ilustra que a prototipagem rápida, por meio da impressão 3D, tornou possível modelar TA em um programa de computador, e tê-la completamente usual em questão de horas. Diversos estudos, indivíduos, famílias e grupos sociais estão desenvolvendo soluções em TA de forma muito mais acessível do que o que se tinha antes.

Foi identificado, durante a produção e/ou desenvolvimento das TA, a necessidade do projetista de trabalhar com o uso de modelos 3D de membros reais para corrigir erros e aprimorar o projeto. O maior desafio da modelagem humana virtual é retratar características as mais reais possíveis. Na prática, os modelos humanos virtuais são compostos por várias camadas, cada uma responsável por uma componente de formação corporal. Os modelos de esqueletos são compostos, geralmente, por uma representação aramada com um grau de liberdade em suas juntas rotacionais. Devido a isso, é justificável que muitos estudos estejam explorando o desenvolvimento desses dispositivos, a partir da tecnologia de impressão 3D, tendo em vista que esta permite maior rapidez e menor custo em sua produção.

Há também dificuldades enfrentadas na utilização das impressoras 3D, alguns programas exigem maiores experiências com as ciências de design, programação e a própria modelagem 3D, o que se torna uma dificuldade no alto nível de conhecimento técnico para executar a modelagem no programa 3D. Porém, este aumento na complexidade tecnológica e no uso de novos processos, dos equipamentos de TA cria a necessidade de uma formação específica nessa área, sendo buscadas cada vez mais fontes de estudo e aprendizagem.

Estudos reunidos no livro “Tecnologia Assistiva: Desenvolvimento e Aplicação” (MEDOLA; PASCHOARELLI, 2018) destacam o uso da impressão 3D como uma metodologia promissora na produção de TA e economicamente viáveis (BALEOTTI; MEDOLA; RODRIGUES, 2018, p. 205). O uso de softwares para a modelagem de um design ergonômico favorece a aceitação dos dispositivos e promove adesão e funcionalidade.

Segundo Kbar et al., (2016, p.1), apesar do desenvolvimento de novas ideias e tecnologias para apoiar as pessoas com deficiência, essas soluções ainda são muito limitadas. A revisão da literatura revelou que existe uma demanda de produtos com foco na acessibilidade para auxiliar nas atividades diárias e uma baixa disponibilidade desses produtos, sendo que, quando existentes, são de difícil acesso e alto custo (TORO-HERNÁNDEZ et al., 2019, p. 418).

Adicionalmente, os estudos destacam a importância da colaboração multiprofissional para a criação dos dispositivos, conectando cursos de atuações diferentes em um propósito comum. Dessa forma, é possível criar dispositivos que não só atendam às necessidades funcionais, mas também às preferências estéticas e simbólicas dos indivíduos (CRISTO; PINHEIRO, RODRIGUES JUNIOR, 2018, p. 215).

Estes estudos buscaram implementar o uso da impressão 3D como método de manufatura para confecção, desenvolvendo e confeccionando protótipos no campo da modelagem digital 3D e prototipagem das TA, entendendo que este conhecimento possibilitará o desenvolvimento de novas tecnologias a um custo acessível e em menor tempo.

CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo a produção e o desenvolvimento de produtos voltados para Tecnologia Assistiva, utilizando impressão 3D, para indivíduos com limitações motoras nas mãos. Os resultados obtidos demonstram a eficácia dessa abordagem na melhoria da funcionalidade e independência dos usuários.

A impressão 3D possibilitou a criação de protótipos personalizados e adaptáveis às atividades diárias, permitindo processos de desenvolvimento mais rápidos e econômicos. A flexibilidade oferecida pela impressão 3D foi fundamental para realizar modificações ágeis nos protótipos, ajustando dimensões e funcionalidades conforme as necessidades específicas dos usuários.

Os produtos desenvolvidos, inicialmente voltados para funções específicas como alimentação e escrita, mostraram-se versáteis, sendo utilizados de formas inesperadas pelos usuários. Essa adaptabilidade evidencia a importância de um design que possa atender a múltiplas necessidades, ampliando significativamente o valor e a eficácia dos dispositivos assistivos.

Este estudo reforça a importância da abordagem centrada no usuário ao utilizar a viabilidade da impressão 3D aplicada à saúde. Essa abordagem promove não apenas a democratização do acesso a TA, como também fomenta novas direções para a pesquisa de materiais, design ergonômico e funcionalidade ampliada.

Portanto, a produção de produtos assistivos impressos em 3D não apenas oferece praticidade no desenvolvimento, mas também contribui de forma significativa para o bem-estar e para a independência dos usuários. Esses dispositivos, projetados para facilitar atividades cotidianas como refeições e escrita, ajudam a criar um ambiente mais acessível e inclusivo, melhorando a qualidade de vida.

Para avançar na pesquisa e desenvolvimento de produtos assistivos impressos em

3D, recomenda-se realizar avaliações longitudinais para verificar a durabilidade e eficácia dos dispositivos ao longo do tempo, explorar novos materiais para melhorar a resistência e funcionalidade, e expandir os testes para uma população mais diversificada. Além disso, a integração com tecnologias adicionais, o desenvolvimento de interfaces adaptativas e a investigação de usos inesperados dos produtos podem oferecer novas oportunidades para aprimorar a personalização e a versatilidade dos dispositivos.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à UFG - Universidade Federal de Goiás pelo apoio fornecido ao longo deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BALEOTTI, L. R.; MEDOLA, F. O.; RODRIGUES, O. V. Digitalização e impressão 3D na tecnologia assistiva: desenvolvimento de órtese de membro superior. In: MEDOLA, F. O.; PASCHOARELLI, L. C. **Tecnologia assistiva: desenvolvimento e aplicação**. Bauru: Canal 6, 2018.
- BARBOSA-FOHRMANN, A. P.; ANGELICA, T. C. A. Crianças com deficiência e o acesso à educação fundamental no Brasil: Inclusão ou integração? Uma análise a partir do direito constitucional. **Revista Pensar**, 2014.
- CARVALHO, K. E. C. DE; GOIS JÚNIOR, M. B.; SÁ, K. N. Tradução e validação do Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (QUEST 2.0) para o idioma português do Brasil. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 54, n. 4, p. 260–267, jul. 2014.
- CIPRIANO, A. D. S.; MARCELINO, J. F. D. Q.; NASCIMENTO, L. S. D.; LACERDA, A. M.; SANGUINETTI, D. C. D. M. Ações em tecnologia assistiva com mulheres hospitalizadas. **Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional**, v. 31, 2023.
- CRISTO, A. L. L. F.; PINHEIRO, T. Y.; RODRIGUES JÚNIOR, J. L. A interface entre terapia ocupacional e impressão 3D: desenvolvimento de protótipo de prótese funcional. In: MEDOLA, F. O.; PASCHOARELLI, L. C. **Tecnologia assistiva: desenvolvimento e aplicação**. Bauru: Canal 6, 2018.
- COMITÊ DE AJUDAS TÉCNICAS. Ata da Reunião VII, de dezembro de 2007. **Comitê de Ajudas Técnicas, Secretaria Especial dos Direitos Humanos**, Presidência da República (CORDE/SEDH/PR), 2007.
- FRANÇOISE, C. A.; SESCLEIFER, A. M.; KING, W. T.; LIN, A. Y. Three-dimensional printing in medicine: A systematic review of pediatric applications. **Pediatric Research**, v. 89, p. 415–425, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41390-020-0680-5>.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pessoas com deficiência 2022: Pesquisa nacional por amostra de domicílios contínua. **IBGE**, 2023.
- KBAR, G.; AL-DARAIEH, A.; MIAN, S. H.; ABIDI, M. H. Utilizing sensors networks to develop a smart and context-aware solution for people with disabilities at the workplace (design and implementation). **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 12, n. 9,

p. 1–25, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/8178987>

MEDOLA, F. O.; PASCHOARELLI, L. C. **Tecnologia assistiva: desenvolvimento e aplicação**. Bauru: Canal 6, 2018. 445 p. ISBN 978-85-7917-514-5.

MERINO, Giselle Schmidt Alves Díaz. **GODP - Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projetos**: uma metodologia de design centrado no usuário. Florianópolis: NGD/UFSC, 2016. Disponível em: www.ngd.ufsc.br.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde - CIF. São Paulo: EDUSP, 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Resolution WHA71.8. Improving access to assistive technology. In: **Seventy-first World Health Assembly**, Geneva, 21–26 May 2018. Resolutions and decisions, annexes. Geneva: World Health Organization, 2018.

TORO-HERNÁNDEZ, M. L.; KANKIPATI, P.; GOLDEBERG, M.; CONTEMPOMI, S.; TSUKIMOTO, D. R.; BRAY, N. Appropriate assistive technology for developing countries. **Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America**, v. 30, n. 4, p. 847–865, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2019.05.003>.

VERAS, A. L. A.; SANTOS, V. É. D. S. Autonomia e direito de ser indivíduo pleno à pessoa deficiente na política de inclusão social. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i10.1565>.