

DESENVOLVIMENTO DE UMA ÓRTESE ABDUTORA DE POLEGAR CONFECCIONADA ATRAVÉS DA MANUFATURA ADITIVA

*DEVELOPMENT OF A THUMB ABDUCTOR ORTHOSIS MADE THROUGH ADDITIVE
MANUFACTURING*

TORRES, Pablo Marcel de Arruda; PhD. em Design e Inovação, Professor e pesquisador; Unidade Acadêmica de Design, UFCG, Campina Grande - PB. E-mail: pablo@design.ufcg.edu.br

SILVA, Samara Alves da; Estudante do Bacharelado em Design; Unidade Acadêmica de Design, UFCG, Campina Grande - PB. E-mail: sampx29@gmail.com

FURTADO, Nyanne Silva; Estudante do Bacharelado em Design; Unidade Acadêmica de Design, UFCG, Campina Grande - PB. E-mail: nyannefurtado16@gmail.com

MACÊDO, Haniel Pereira; Estudante do Bacharelado em Design; Unidade Acadêmica de Design, UFCG, Campina Grande - PB. E-mail: hanielmcd@gmail.com

ALVES, Matheus Ferreira; Estudante do Bacharelado em Design; Unidade Acadêmica de Design, UFCG, Campina Grande - PB. E-mail: matheusferreiraalves100@gmail.com

Resumo

As Tecnologias Assistivas (TA) proporcionam acessibilidade e autonomia para as pessoas com deficiência ou alguma dificuldade funcional. O abductor de polegar é utilizado para o tratamento de casos de polegar inclusos, cuja função é corrigir e posicionar este dedo em abdução, possibilitando com que os movimentos de pinça e flexão sejam realizados. O objetivo deste trabalho é desenvolver uma órtese abductora de polegar feita por meio de Manufatura Aditiva. O método aplicado foi o *Double Diamond*, utilizado em projetos de inovação e design. Como resultado, o modelo final possui duas versões, uma mais compacta e outra mais alongada, impressas planas e conformadas diretamente na mão do usuário. O padrão vazado permite o respiro da pele e a utilização em situações cotidianas, como escovar os dentes, tomar banho e lavar pratos.

Palavras-chave: Abdutor de polegar; Manufatura Aditiva; Tecnologia Assistiva; Design.

Abstract

Assistive Technologies provide accessibility and autonomy for people with disabilities or some functional difficulties. The thumb abductor is used to treat cases of included thumb, whose function is to correct and position this finger in abduction, enabling pinching and flexion movements to be performed. The objective of this work is to develop a thumb abductor orthosis made using Additive Manufacturing. The method was the Double Diamond, used in innovation and design projects. As a result, the final model has two versions, one more compact and the other more elongated, printed flat and formed directly into the user's hand. The hollow pattern allows the skin to breathe and can be used in everyday situations, such as brushing teeth, taking a shower and washing dishes.

Keywords: Thumb abductor; Additive Manufacturing; Assistive Technology; Design.

1 Introdução

Dados do *Global report on Assistive Technology* (Relatório Global sobre Tecnologias Assistivas) indicam que cerca de 2,5 bilhões de pessoas no mundo precisam utilizar pelo menos um dispositivo de Tecnologia Assistiva (TA) (World Health Organization; United Nations Children 's Fund, 2022, p. 23). Estes aparelhos possibilitam a realização e ampliação de atividades funcionais que anteriormente não eram executadas, proporcionando uma vida mais independente a seus usuários (Ministério da Saúde, 2019, p 14). Segundo a Lei Brasileira de Inclusão nº 13.146/2015, Tecnologias Assistivas são “produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que tenham como objetivo promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social” (Brasil, 2015).

Dentre os produtos que fazem parte deste campo, as órteses se destacam. Utilizadas como auxiliares no processo de reabilitação, são dispositivos aplicados de forma externa em um segmento do corpo, tendo como função complementar ou corrigir algum membro ou órgão, cujo seu sistema musculoesquelético tenha sido comprometido (Carvalho, 2013; Ministério da Saúde, 2019, p. 19). Já as órteses abductoras de polegar (Figura 1), são dispositivos utilizados no tratamento de pacientes que apresentam o polegar incluído em direção a palma da mão, limitando assim seus movimentos, sendo ocasionado devido a alguma disfunção neurológica. Esta órtese tem como função corrigir o posicionamento do dedo polegar, fixando-o em oposição, visando possibilitar ao usuário manipular e segurar objetos (Wagner, 2022).

Figura 1 - Exemplo de órtese abductora de polegar disponível no mercado



Fonte: <https://loja.fisio vital.com.br/products/ortese-de-polegar-esquerda-mckie-splint>.

A confecção da órtese deve ser feita de forma detalhada, levando em consideração as particularidades de cada usuário. No entanto, a produção de órteses personalizadas apresenta um custo elevado, devido ao processo de fabricação e materiais aplicados em sua confecção (Marinho *et al.*, 2020), tornando a obtenção deste tipo de dispositivo mais difícil. Com isso, a utilização do processo de Manufatura Aditiva ou impressão 3D na produção de órtese, vem ganhando cada vez mais espaço, integrando profissionais da área da saúde e do design (Ferrari *et al.* 2020). Esse método permite a fabricação de produtos personalizados, com geometrias complexas, de forma rápida e barata. Por meio de seu princípio de deposição de material em camadas, possibilitando mais liberdade formal em suas peças, com uma disposição maior de material e cores.

A presente pesquisa foi realizada no âmbito do *Laboratório de Manufatura Aditiva para Tecnologia Assistiva - D4H Lab*, ligado ao Curso de Design e o Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). O projeto conta com a parceria do Centro

Especializado em Reabilitação (CER) unidade IV, também localizado na cidade de Campina Grande, Paraíba. O objetivo deste trabalho é descrever o processo de desenvolvimento de uma órtese abduzora de polegar confeccionada através de Manufatura Aditiva, de modo a torná-la mais leve, confortável e atrativa para o usuário.

2 Tecnologia Assistivas e o Abdutor de Polegar

Contemplando produtos e serviços, as Tecnologias Assistivas (TA) são desenvolvidas a fim de promover uma maior autonomia e acessibilidade para as pessoas com deficiência ou que apresentam alguma dificuldade funcional (Ferrari *et al.*, 2020). O setor de TA busca implementar as novas tecnologias em seus dispositivos, com o intuito de melhorar a qualidade de vida de seus usuários, tornando-se portanto, uma área multidisciplinar, contando com a presença de profissionais de diversos segmentos, incluindo designers.

A relação usuário-produto que se dá no âmbito dos dispositivos assistivos apresenta particularidades, quando comparados com produtos utilizados pela população em geral. A princípio, se tem a necessidade do uso desses dispositivos para a realização de determinadas atividades do cotidiano. De acordo com Medola (2020), “o produto deve estar adequado às condições e necessidades específicas do usuário para o desempenho de suas atividades nos ambientes em que estas são realizadas”.

Essa relação entre o objeto e quem o usa pode ser investigada utilizando métodos de análise de design que possibilitam entender quais fatores estão presentes nesta interação e como é possível melhorá-la. Segundo Löbach (2001), um bom produto precisa apresentar e contemplar aspectos físicos, estéticos e simbólicos. Assim, é importante desenvolver modelos de órteses que levem em consideração esses aspectos, fazendo com que o produto proporcione um melhor bem-estar físico e psicológico de quem os usa.

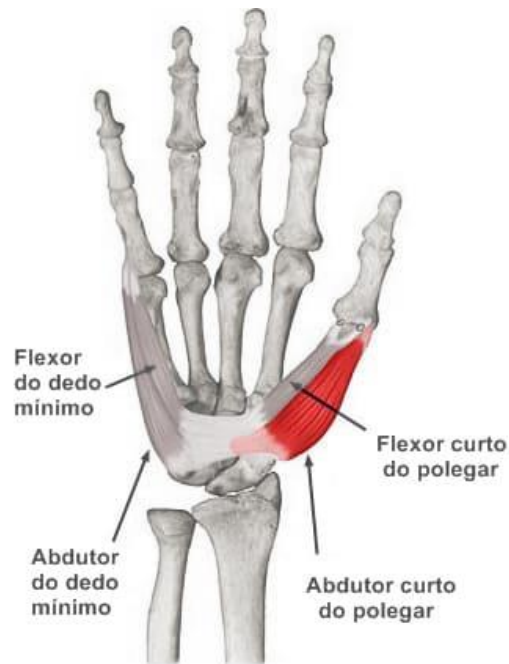
A adesão e aceitação das órteses por seus usuários contempla além dos aspectos físicos e funcionais do produto, fatores estéticos e emocionais. Para se ter uma melhor resposta ao tratamento, a prescrição e confecção da órtese tem que ser feita de forma detalhada e criteriosa, levando em consideração a particularidade de cada usuário (Ministério da Saúde, 2019, p.20). Mas nem sempre esse processo ocorre como desejado: em muitos casos os pacientes acabam abandonando as órteses devido a uma série de fatores, como indicado por Ferrari *et al.* (2020):

- Práticos/Funcionais - a causa de dores, lesões, irritações na pele e desconforto ao usar o dispositivo;
- Estéticos - muitas órteses focam exclusivamente na sua funcionalidade, tornando o produto menos atrativo para o seu usuário, um dos fatores que influencia, é a forma de fabricação destes equipamentos que geralmente são produzidos manualmente ou tendem a ser pré-fabricados, tornando-o mais difícil sua personalização; e
- Simbólicos - muitas pessoas abandonam seu tratamento devido ao estigma social que acompanha a utilização desse tipo de equipamento.

Os movimentos de pinça e flexão da mão possibilitam que o ser humano disponha e manipule objetos, realizando diversas atividades do dia-a-dia. O músculo abductor curto do polegar, situado na palma da mão (Figura 2), é um dos principais responsáveis por essas ações, pois possui a função principal de efetuar o movimento de oposição ou abdução do dedo polegar (quando o

polegar abre em relação à palma da mão). No entanto, alguns indivíduos não conseguem executar esse movimento do polegar devido a algum tipo de condição neurológica, fazendo com que ocorra a adução, o encolhimento em direção à palma da mão, popularmente conhecido como polegar incluído. A adução afeta diretamente a mão, limitando suas funções (Wagner, 2022). Nesses casos, o uso de órteses punho-mão ou OPM (*Wrist-Hand Orthosis* ou WHO) adutoras de polegar são recomendadas para o tratamento da adução, podendo ser curtas (envolvem somente a mão) ou longas (estendem-se até o antebraço).

Figura 2 - Músculo abdutor curto do polegar em vermelho



Fonte: ifanatomia.wordpress.com (2012).

Segundo Wagner (2022), o abdutor de polegar tem como função posicionar o dedo polegar em oponência e abdução, sendo aplicado no processo de reabilitação dos pacientes, melhorando assim a qualidade de seus movimentos, evitando e corrigindo possíveis deformidades presentes na mão. A confecção desse tipo de órtese pode ser realizada manualmente por um profissional, como é o caso dos abdutores feitos com termoplásticos, ou que são pré-fabricadas com tamanhos pré-definidos, sendo disponibilizadas no mercado com valores que podem ultrapassar os R\$ 100,00. Com isso, muitas pessoas que precisam usar esse dispositivo acabam não conseguindo adquiri-lo. Deste modo, é válido analisar novos métodos para a fabricação desse tipo de órtese, com o intuito de melhorar a sua adaptação a cada caso e diminuir o tempo e custo de produção.

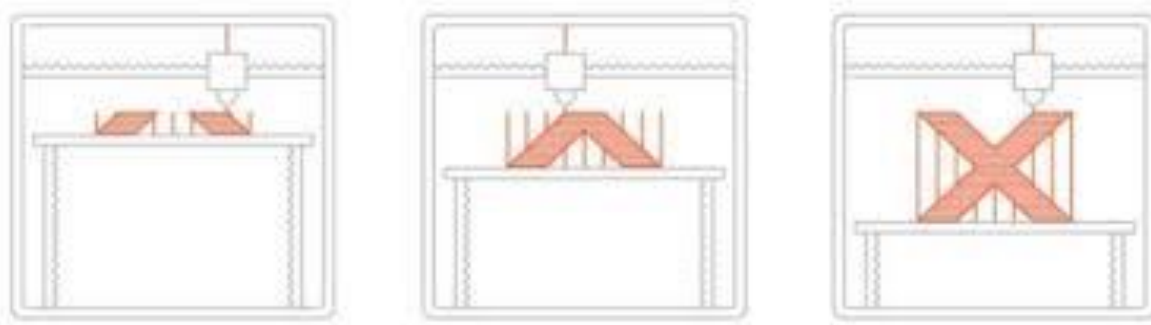
3 Manufatura Aditiva

A Manufatura Aditiva (ou *Additive Manufacturing* - AM) ou impressão 3D, permite a confecção de peças com geometrias complexas sem utilizar de outros processos, de forma mais rápida e barata, algo que não poderia ser feito por meios dos métodos tradicionais de produção, sem que tivesse um alto investimento em maquinários e moldes. Esse tipo de tecnologia vem ganhando cada vez mais espaço em diversos setores, como aeroespacial, automobilístico, construção civil e saúde (Kunkel, 2020).

A Manufatura Aditiva funciona basicamente com a deposição de um material em camadas sucessivas (Volpato e Carvalho, 2017 p. 16). Previamente ao processo de impressão, é necessário realizar a modelagem tridimensional da peça através de programas de computador do tipo CAD (*Computer-Aided Design*) e preparar o arquivo em um programa de fatiamento, responsável por dividir a geometria do modelo em finas camadas, configurando os parâmetros para impressão (*ibidem*, p. 17).

Existem diversos tipos de impressão 3D, porém para a realização deste projeto foi selecionado o tipo FDM (*Fused Deposition Modelling* ou Modelagem por Fusão de Depósito). Esse método é amplamente utilizado devido a variedades de aplicações de suas impressões e por possuir o valor de suas máquinas e materiais relativamente mais acessíveis (Portela, 2023). Seu funcionamento consiste na extrusão de um filamento termoplástico através de um bico extrusor aquecido (Figura 3), sendo depositado sob uma base de impressão, na forma de camadas sobrepostas (Jiang *et al.*, 2020, p. 01).

Figura 3 - Ilustração do processo de modelagem por fusão de depósito (FDM)



Fonte: 3dlab.com.br/impressao-3d-o-que-e.

Os insumos aplicados na impressão do tipo FDM são polímeros termoplásticos conformados na forma de filamentos vendidos em bobinas, cujos tipos mais comuns são: PLA (Ácido Polilático) - material biodegradável oriundo de plantas ricas em amido como milho, cana-de-açúcar, mandioca, batatas e trigo; ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) - originário do petróleo esse material é recomendado para peças que necessitem de uma maior resistências as nuances do ambiente; e PETG (Polietileno Tereftalato Glicol) - uma variação do famoso PET(Politereftalato de Etileno), esse material apresenta atributos considerados o meio termo entre o PLA e ABS.

4 Materiais e Método

O projeto resulta de uma parceria entre o D4H Lab da UFCG e o Centro Especializado em Reabilitação (CER-IV), uma instituição pública localizada na cidade de Campina Grande no estado da Paraíba, que oferece serviços de assistência e reabilitação de pessoas com diversos tipos de deficiência.

O método projetual aplicado no decorrer do trabalho é o *Double Diamond* (Duplo Diamante), original do *Design Council* da Inglaterra, aplicado em projetos de design e inovação (Ball, 2019). Esse modelo consiste na divisão do projeto em fases, representadas por meio de um esquema visual na forma de dois diamantes que comportam quatro etapas, sendo elas:

- **Descobrir (*Discover*)** - Nesta fase há o questionamento inicial acerca do desafio que será abordado, realizadas através de pesquisas sobre o tema, identificando assim, quais são os problemas e necessidades de cada usuário;
- **Definir (*Define*)** - Na segunda fase, uma análise é feita por meio das pesquisas realizadas anteriormente, buscando aliar as necessidades do usuário com o problema, resultando na criação do briefing do projeto;
- **Desenvolver (*Develop*)** - Como o próprio nome sugere, esta etapa consiste em ser responsável pelo o desenvolvimento, os testes e o refinamento de alternativas que visam solucionar o desafio proposto; e
- **Entregar (*Deliver*)** - Por fim, na última etapa torna possível a realização com base na seleção da alternativa que melhor solucione o problema, na qual são feitos os últimos ajustes para lançá-la.

O primeiro diamante contemplou as etapas *Descobrir* e *Definir*, destinadas a atividades de pesquisa de dados em bases científicas e comerciais; análises dos modelos de órteses abductoras de polegar disponíveis no mercado; aprofundamento no desenvolvimento de habilidades sobre as tecnologias empregadas no projeto, como a modelagem tridimensional e a impressão 3D; e a realização de testes que possibilitaram um maior entendimento das possibilidades e limitações que estas tecnologias oferecem.

A próxima fase da pesquisa correspondeu ao segundo diamante, iniciando-se com a etapa *Desenvolver*, onde ocorreu a elaboração de alternativas para órteses abductoras de polegar que pudessem ser produzidas por meio da manufatura aditiva. Para tanto, foram feitas pesquisas visuais, desenhos falados e *mockups* (modelos tridimensionais de baixa fidelidade, feitos com materiais mais simples e baratos, como cartão, papel e arame). Ainda nesta etapa foi realizada a seleção das melhores alternativas propostas, que foram então modeladas e impressas em 3D, seguidas por testes de resistência e usabilidade. A última etapa foi *Entregar*, que tem como objetivo a avaliação e validação dos produtos desenvolvidos, realizando os últimos ajustes nas órteses criadas, com o intuito de disponibilizar este projeto para o CER-IV. Vale salientar que até o momento, o projeto encontra-se na etapa de *Entregar* ainda em andamento.

Para a execução deste projeto, os materiais aplicados fazem parte da estrutura do *D4H Lab*, a saber *notebooks* com *softwares* de modelagem 3D e fatiamento dos modelos eletrônicos; impressoras 3D do tipo FDM (*Fused Deposition Modelling*); e os filamentos termoplásticos para confecção dos protótipos e do modelo final da órtese.

5 Desenvolvimento do Projeto

O projeto se iniciou com a definição do seu objeto de estudo, a partir de um dos encontros ocorridos entre os membros do *D4H Lab* e os profissionais da terapia ocupacional e fisioterapia do CER-IV CG. Foram analisadas as demandas e necessidades relatadas, no qual foi indicado que a órtese abduutora de polegar é uma das mais empregadas na reabilitação dos pacientes atendidos no centro. Foi feita uma pesquisa teórica sobre o assunto, baseada em fontes científicas e comerciais já publicadas, de modo a compreender melhor o tema do projeto. Ao mesmo tempo, as Terapeutas Ocupacionais do CER-IV nos auxiliaram com informações práticas sobre a órtese e sua confecção manual, além dos modelos comumente utilizados por elas na reabilitação (Figura 4).

Figura 4 - Abductor de polegar utilizado pelos pacientes do CER-IV CG



Fonte: autores.

Com os dados gerados a partir da pesquisa realizada, foi feita uma análise comparativa dos modelos de abdutores encontrados no mercado, com o intuito de identificar as suas características comuns, além de identificar pontos positivos e negativos nos produtos existentes. Ao todo, foram selecionados seis modelos de abdutores de polegar, onde cada um dos exemplares possuía algum atributo que o diferenciava dos demais. Alguns pontos de melhorias deste comparativo foram listados, como: não entrar em contato com a água, pois alguns são feitos de tecido, demorando assim para serem secados; a maioria dos modelos focam somente na função prática do produto, fazendo com que a estética fique em segundo plano, sobretudo quando se fala de órteses para crianças; e não apresentam variações de cores, ficando sempre entre o preto, bege e azul. Partindo das informações obtidas, foram estabelecidos os requisitos e parâmetros do projeto (Tabela 1), servindo como base para os atributos que o produto final deve ter.

A geração de alternativas deu-se por meio da busca por referências visuais do universo lúdico (para os modelos infantis) e adulto. Por ser um produto com pequenas dimensões, a representação dos conceitos criados para o abductor de polegar se deu através de desenhos, mas principalmente por modelos volumétricos (*mockups*) em tamanho real, possibilitando assim a realização de análises sobre a sua funcionalidade, estrutura, usabilidade e conforto. Ao todo foram geradas nove alternativas de órteses abductoras de polegar, dentre elas cabe ressaltar algumas soluções que auxiliaram o processo de desenvolvimento do produto final. O primeiro conceito realizado parte do princípio de uma estrutura semelhante a um anel conectado a uma pulseira através de uma haste (Figura 5).

Do mesmo modo, conceitos voltados para o público infantil também foram criados. O que norteou o projeto dos abdutores infantis era aplicar uma figura lúdica (animais, foguete espacial, etc.) na estrutura do abductor, pois a maioria dos modelos de órteses abductoras presentes no mercado não apresentam tal atributo. Sendo assim, é possível destacar que o abductor em formato de elefante apresentado na Figura 6 busca fazer o uso da forma das orelhas e da tromba do animal, para servirem como imobilizadores do dedo polegar.

Tabela 1 - Requisitos e parâmetros do abductor de polegar

Atributos	Requisitos	Parâmetros
Ergonômico	Imobilizar o polegar	Polegar posicionado em abdução
	Ter seu tamanho compatível com o usuário	Dimensões das mãos
	Ser confortável	Seguir a anatomia da mão
Estrutural	Apresentar um sistema de travamento / fechamento	Pinos, moldagem, encaixe, entalhe
	Possuir uma estrutura resistente	
	Possibilitar que a pele respire	Superfície vazada
Material	Ser compatível com impressão 3D	Filamentos de PLA ou PETG
	Facilitar a sua manipulação	
	Ser resistente, durável e leve	
Estético	Apresentar elementos do universo infantil	Animais, personagens, <i>cartoons</i> , etc.
Produção	Ser produzidos através da manufatura aditiva	Estereografia ou FDM
Econômico	Possuir baixo custo de fabricação	Utilização de poucos materiais e processo de fabricação simplificado

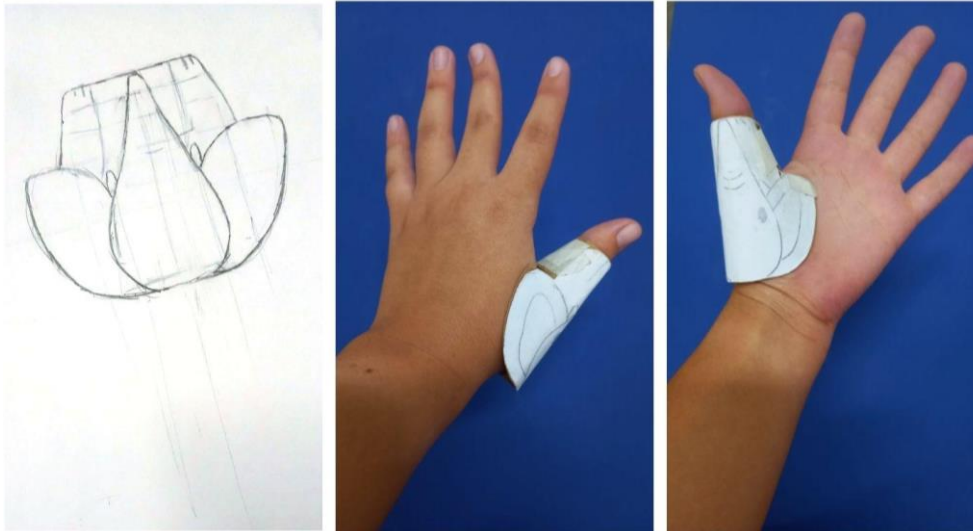
Fonte: autores.

Figura 5 - Primeiro conceito de abductor, confeccionado em papel, para verificação da anatomia da mão



Fonte: autores.

Figura 6 - Modelo em papel, para a versão infantil Elefante



Fonte: autores.

Durante o período de desenvolvimento realizou-se mais uma visita ao CER-IV CG, onde os conceitos gerados foram apresentados, com a intenção de receber *feedback* e sugestões de melhorias das Terapeutas Ocupacionais envolvidas no projeto. Durante o encontro, um dos pontos destacados sobre o conceito de abdutor Elefante pautava sobre a falta de um item que fixasse o abdutor na mão do usuário, sobretudo para crianças, partindo-se do pressuposto de que as mesmas podem acabar retirando a órtese, atrapalhando o seu tratamento. Assim, o conceito Elefante foi descartado e novos conceitos foram desenvolvidos.

Com o intuito de resolver esse tópico destacado pelos profissionais do CER- IV, a estrutura constituída por um anel e pulseira presente na primeira alternativa gerada outrora foi resgatada. Assim, novos modelos volumétricos de cartão do abdutor foram rapidamente confeccionados e testados (Figura 7). Dentre as demais alternativas, uma nova possibilidade surgiu, a qual baseava-se ainda no primeiro modelo, substituindo o que seria a pulseira por uma tira de velcro, que melhor fixasse o abdutor à mão do usuário (Figura 8). Dentre os modelos gerados, a alternativa com velcro foi selecionada para ser modelada e impressa em 3D, por ser a que mais se aproximou dos requisitos e parâmetros definidos para o projeto.

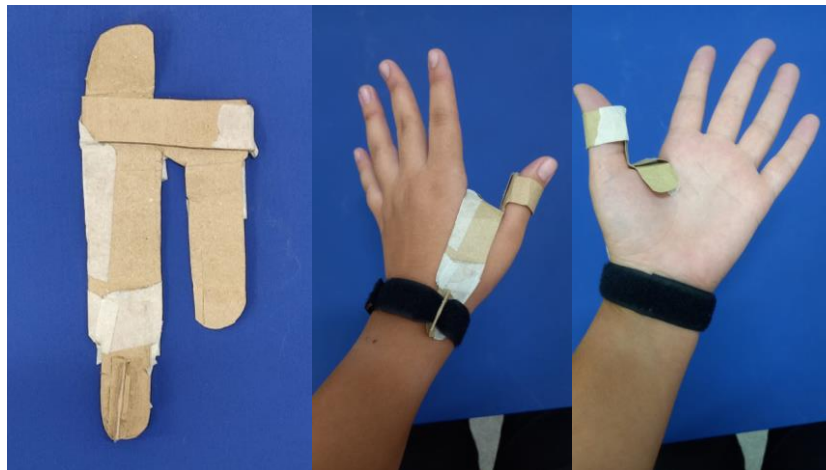
Torna válido ressaltar que, a partir deste momento, todas as versões começaram a ser pensadas para serem impressas de forma plana e moldadas diretamente na mão do usuário através do seu aquecimento. Essa característica torna possível produzir um produto de tamanho único, mas que pode ser adaptado a diferentes tamanhos e anatomias de mãos. Para isso, o material PLA seria o mais indicado, por ter a temperatura de fusão mais baixa.

Figura 7 - Modelos volumétricos de estudo confeccionados e testados diretamente na mão



Fonte: autores.

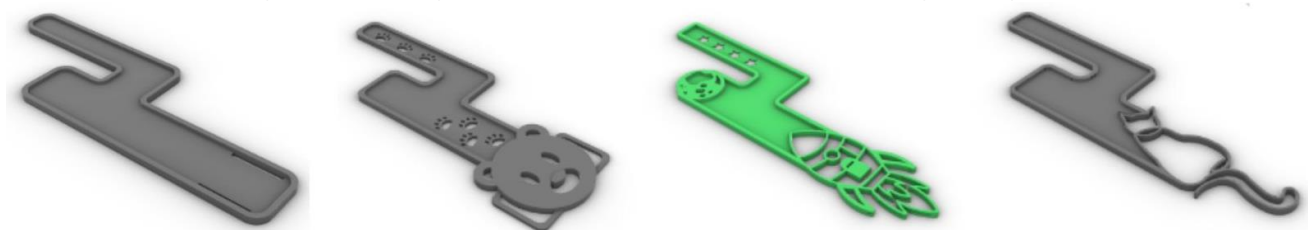
Figura 8 - Estudos com modelos volumétricos aplicando velcro para fixação à mão



Fonte: autores.

Com o modelo de abdutor e o modo de produção definidos, iniciou-se a modelagem 3D dos abdutores, já focando na estratégia de imprimi-los planos. O primeiro foi o modelo adulto, o qual chamamos de modelo base, cujo princípio foi aplicado em seguida nos modelos infantis. Se tratou de uma peça plana, com planos diferentes, contornos arredondados e com duas aberturas nas laterais para a passagem do velcro. Esse mesmo princípio foi aplicado nos modelos infantis, que receberam temas e desenhos lúdicos, como urso, foguete e gato (Figura 9). Com os modelos digitais prontos, a próxima fase foi a realização da impressão e os testes com o aquecimento e moldagem dos modelos à mão.

Figura 9 - Modelagem 3D dos abdutores versões base, urso, foguete e gato



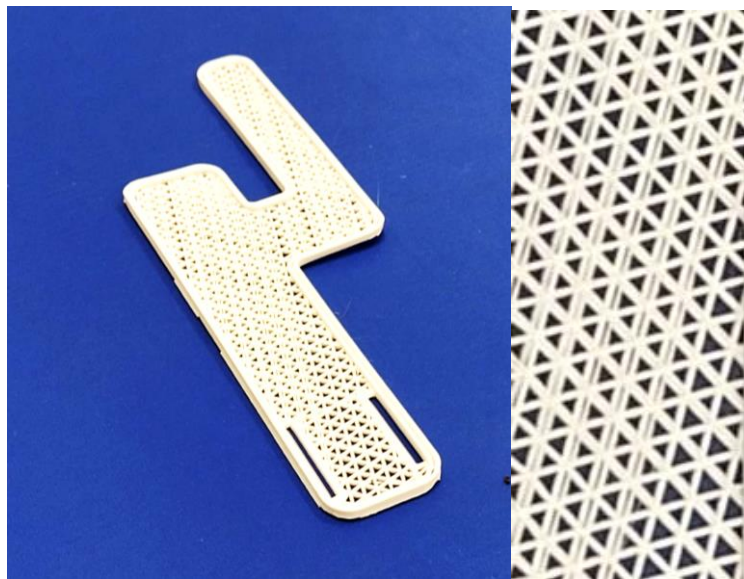
Fonte: autores.

6 Resultados e Discussão

Com os modelos digitais, a próxima etapa foi fatiá-los digitalmente, em um programa de computador fatiador responsável por fracionar a geometria das peças em finas camadas e configurar os parâmetros para sua impressão. Neste *software*, que é a última etapa antes da impressão 3D, também é possível configurar a versão final da peça, visualizar as camadas e simular o processo de impressão.

No modelo de abductor para adulto (abductor base), optamos por criar uma área vazada no meio, com bordas maciças e resistentes ao redor. Para isso, algumas configurações de impressão foram pré-definidas, tais como: a retirada das camadas superiores e inferiores, deixando exposto o interior da peça; e a aplicação do preenchimento com 30% de densidade, do tipo triângulo (Figura 10). No decorrer dos testes realizados com o modelo base, identificou-se que ao posicionar uma haste mais alongada em direção à palma da mão houve uma melhora na fixação e estabilidade da órtese, o que dispensou o velcro como item de fixação. Ao mesmo tempo, percebeu-se a possibilidade de desenvolver um modelo de abductor mais compacto, visando o aprimoramento da órtese.

Figura 10 - Abductor base impresso com padrão vazado

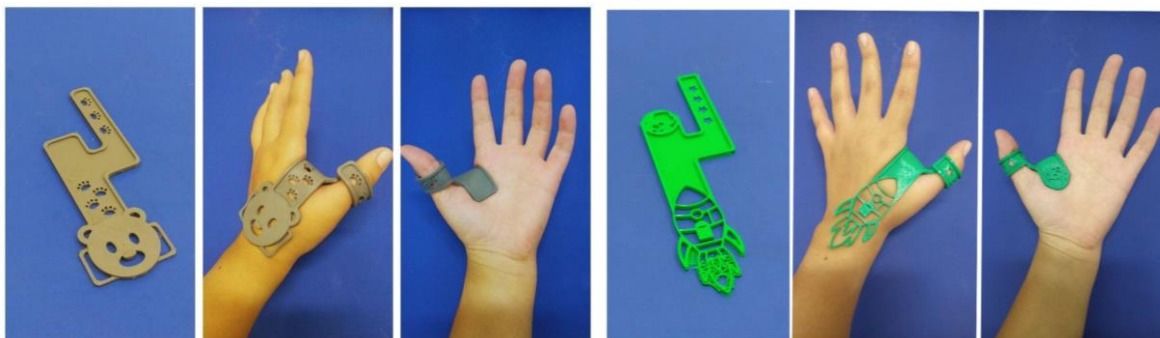


Fonte: autores.

Em relação aos abdutores infantis (Figura 11), modelos urso e foguete, mantiveram os parâmetros de impressão padrão. Em relação ao modelo urso, sua estrutura apresentou ótima resistência e acabamento, porém mostrou-se necessário arredondar as suas laterais para eliminar pontos de tensão e rever o desenho do urso para que se adequasse melhor à mão de uma criança. Quanto ao abductor foguete, identificou-se que a forma circular posicionada na palma da mão gera um maior conforto e a região (localizada nos propulsores) por onde passaria o velcro apresentou-se frágil por causa de sua baixa espessura, acarretando em sua quebra.

Como ambos os modelos de abdutores infantis necessitam de modificações e adequações, optou-se por postergar o seu desenvolvimento, dando enfoque ao abductor base destinado ao público adulto. Alterações na forma do modelo base foram realizadas, abarcando as indicações percebidas no período de testes, culminando na geração de duas novas versões.

Figura 11 - Abdutor urso e foguete impressos



Fonte: autores.

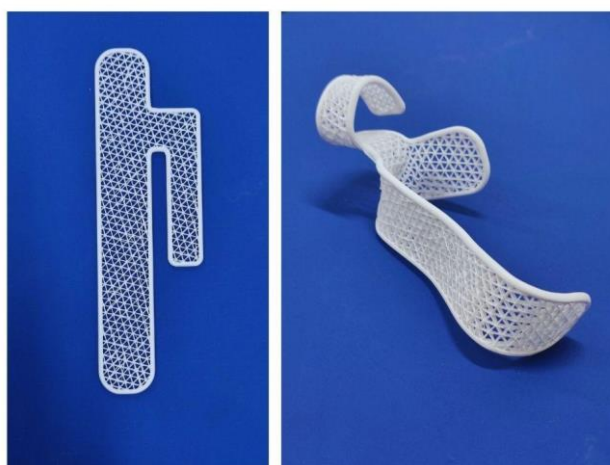
A primeira versão do modelo base apresenta uma estrutura mais compacta e discreta, semelhante a um anel com duas abas. Mesmo apresentando dimensões menores, essa versão cumpre com a função de imobilizar e posicionar o polegar em abdução, além de conseguir se adaptar a diferentes tipos de mãos, como pode ser observado na figura 12, onde exemplares deste modelo são utilizados em duas mãos distintas. A segunda versão do abdutor apresenta uma haste longa o suficiente para se adaptar a diferentes tipos de mãos, sendo capaz de contornar a região palmar até chegar na parte superior da mão, substituindo assim o velcro como forma de fixação da órtese (Figura 13).

Figura 12 - Modelo compacto do abdutor, utilizado em duas mãos diferentes



Fonte: autores.

Figura 13 - Modelo alongado do abdutor de polegar



Fonte: autores.

Por serem impressas com o filamento PLA - material que apresenta uma baixa resistência à temperatura, ambas as versões são impressas planas e posteriormente moldadas por meio de calor diretamente na mão do usuário (Figura 14), adaptando-se à sua anatomia. O PLA se mostrou flexível e moldável em uma temperatura próxima dos 60 graus, o que não incorre no risco de provocar algum tipo de queimadura no paciente, adaptando assim uma órtese padrão à sua anatomia e melhorando o conforto. Por possuir uma superfície vazada com padrões triangulares, possibilita uma melhor respiração da pele e um desenho diferente ao produto.

Figura 14 - Etapas de aquecimento e moldagem do modelo alongado à mão



Fonte: autores.

Figura 15 - Modelos finais dos abdutores de polegar



Fonte: autores.

7 Conclusões

Os resultados alcançados são satisfatórios, pois os modelos finais das órteses abductoras de polegar contemplam os requisitos e parâmetros definidos para o projeto. Logo, o objetivo de gerar órteses personalizadas feitas por meio da manufatura aditiva que possam ser adaptadas e confortáveis para cada um de seus usuários foi atingido.

Os modelos de abdutores de polegar oriundos da pesquisa contém alguns aspectos que podem ser destacados: funcionais: consegue posicionar o dedo em oposição, exercitando esse movimento e dando mais funcionalidade à mão; ergonômicos: torna-se mais confortável por seguir a anatomia específica da mão de cada usuário/paciente; estéticos: dispõe de um desenho leve, que combina com o formato da mão e pode ser feito numa grande variedade de cores. Além dessas, outra mudança significativa em relação aos modelos utilizados pelo CER-IV CG são as duas versões do modelo final, que podem ser utilizadas de acordo com as necessidades e preferências das

Terapeutas Ocupacionais e seus pacientes. A versão alongada se estende pela mão, ficando fixa à mão sem a necessidade de velcro. Já a versão compacta se assemelha a um anel, seu uso e finalidade são facilmente compreendidos. Ambas se caracterizam por serem leves, discretas e resistentes à água e ao suor.

O projeto buscou ir além da função prática da órtese, buscando contemplar também aspectos estéticos, o que pode aumentar a aceitação do usuário e diminuir o abandono. Esses fatores podem ser verificados em pesquisas posteriores. Como avanço da pesquisa, faz-se ainda necessário a realização de testes com usuários reais das órteses elaboradas, visto que até então o projeto se baseou nos seus aspectos tecnológicos e de produção. Sendo compreendida a importância dessa etapa na avaliação e obtenção de *feedback* para refinamento e melhoria das órteses, adaptando-as e validando-as até que possam fazer parte do cotidiano de quem as usa.

A pesquisa demonstra o potencial da aplicação da Manufatura Aditiva no setor da saúde, gerando produtos personalizados e adaptados a cada usuário. Também ilustra como o Design pode colaborar para a geração de novas soluções a partir do entendimento das pessoas, o que pode resultar em inovações mais adequadas e que possam ser mais facilmente adotadas.

8 Agradecimentos

A presente pesquisa foi possível graças ao apoio da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ), com recursos do Edital 09/2021 - Demanda Universal, a quem deixamos aqui o nosso agradecimento.

9 Referências

BALL, J. **The Double Diamond: A universally accepted depiction of the design process.** Design Council. 2019. Disponível em: <<https://www.designcouncil.org.uk/our-work/news-opinion/double-diamond-universally-accepted-depiction-design-process/>>. Acesso em: 25 maio 2024.

BRASIL. Lei nº 13146, de 6 de julho de 2015. Lei nº 13.146 de 06/07/2015. **Diário Oficial da União**, 7 jul. 2015. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/584958>. Acesso em: 6 jun. 2024.

CARVALHO, J. A. **Órteses: um recurso terapêutico complementar.** 2ª ed. Barueri: Editora Manole Saúde, 2013.

JIANG, Z.; DIGGLE B.; TAN, M. L.; VIKTOROVA, J.; BENNETT, C.; CONNAL, L. A. **Extrusion 3D Printing of Polymeric Materials with Advanced Properties.** *Advanced Science*, v. 7, n. 17, 2020.

KUNKEL, M. E. *et al.* **Manufatura aditiva do tipo FDM na Engenharia Biomédica. Fundamentos e Tendências em Inovação Tecnológica**, v. 1, p. 50-69, 2020.

LÖBACH, B. **Design industrial: bases para a configuração de produtos industriais.** São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

MARINHO, F. D. *et al.* **Use of 3D printed orthosis and occupational therapeutic treatment in rhizarthrosis.** *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, v. 28, p. 1151-1164, 2020.

MEDOLA, F. O. **Design e tecnologia assistiva: interdisciplinaridade na pesquisa e desenvolvimento sobre mobilidade em cadeira de rodas.** 2022. Tese de livre-docência. Faculdade

de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design. Bauru, 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Guia para Prescrição, Concessão, Adaptação e Manutenção de Órteses, Próteses e Meios Auxiliares de Locomoção**. 1ª ed. Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção Especializada à Saúde, Departamento de Atenção Especializada e Temática. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2019.

FERRARI, A. L. M. *et al.* **Design Tecnologia a serviço da qualidade de vida**. Bauru - SP: Canal 6 Editora, 2020. *e-book* (182 p.). Disponível em:
<<https://www.google.com.br/books/edition/Design/ORwJEAAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1>>. Acesso em: 5 jun. 2024.

PORTELA, S. **O que é Impressão 3D? Conteúdo completo sobre essa tecnologia!** 29 jan. 2023. Disponível em: <<https://3dlab.com.br/impressao-3d-o-que-e>>. Acesso em: 24 maio. 2024

VOLPATO, N.; CARVALHO, J. **Introdução à manufatura aditiva ou impressão 3D**. In: VOLPATO, N. (org.). *Manufatura Aditiva: Tecnologias e aplicações da impressão 3D*. São Paulo: Blucher, 2017.

WAGNER, C. **Abdutor de Polegar: o que é e como usar?** 26 ago. 2022. Disponível em:
<<https://mercur.com.br/blog/abdutor-de-polegar-o-que-e-e-como-usar>>. Acesso em: 24 maio 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND. **Global report on assistive technology**. World Health Organization, 2022.