



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"



Faculdade de  
Arquitetura, Artes,  
Comunicação  
e Design

**VICTORIA MIYASHIRO SILVA**

**DESIGN E TECNOLOGIA ASSISTIVA: ESTUDO DE MATERIAIS E  
PROCESSOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE PRÓTESES DE  
MEMBRO SUPERIOR POR IMPRESSÃO 3D**

Bauru

2023

## **PROJETO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

VICTORIA MIYASHIRO SILVA

### **Design e Tecnologia Assistiva: Estudo de materiais e processos para o desenvolvimento de próteses de membro superior por impressão 3D disponíveis em código aberto**

Projeto de Conclusão de Curso  
apresentado para obtenção do título de  
bacharelado em Design com habilitação  
em Design de Produto, sob a orientação  
do Professor Dr. Fausto Orsi Medola.

**Bauru**

**2023**

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| S586d | <p data-bbox="470 1393 742 1429">Silva, Victoria Miyashiro</p> <p data-bbox="470 1433 1220 1556">Design e tecnologia assistiva : estudo de materiais e processos para o desenvolvimento de próteses de membro superior por impressão 3D / Victoria Miyashiro Silva. -- Bauru, 2023</p> <p data-bbox="494 1556 590 1590">43 f. : il.</p> <p data-bbox="470 1635 1189 1758">Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Design) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, Bauru</p> <p data-bbox="494 1758 837 1792">Orientador: Fausto Orsi Medola</p> <p data-bbox="470 1836 1204 1915">1. Tecnologia assistiva. 2. Design. 3. Prótese. 4. Impressão 3D. 5. Projeto de produto. I. Título.</p> |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

## **AGRADECIMENTOS**

Sou a primeira de casa a obter um diploma universitário, um sonho que desde criança idealizo e que só foi possível realizar com o apoio de muita gente. Eu não conseguiria sozinha e sei que não estive sozinha em momento algum dessa jornada.

Aos meus pais, Ana Hatsume e Paulo Sérgio, que tenho profunda gratidão por todo o esforço que exerceram para que eu pudesse realizar esse sonho. Sei que nem sempre a vida foi gentil com vocês, mas mesmo assim fizeram o possível para que eu pudesse viver as oportunidades que não tiveram. Pai, obrigada por me permitir vivenciar a oportunidade de estudar em uma das melhores universidades públicas do Brasil. Mãe, obrigada por todas as manhãs que me levou ao ponto de ônibus, pelos lanchinhos enrolados em duas folhas de papel toalha e por sempre, independentemente de qualquer obstáculo, me fazer acreditar que daria certo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fausto Orsi Medola, que me deu a oportunidade de mudar criticamente meu olhar sobre a escrita acadêmica e sobre a minha capacidade de produção científica. Eu achava que isso não fosse pra mim, que eu não conseguiria. Hoje, escrevo esse agradecimento após participar da primeira fase do XXXV CIC Unesp, onde nosso projeto de iniciação científica ficou com a 4ª colocação dentre tantos outros trabalhos igualmente importantes para a nossa sociedade. Muito obrigada, professor!

Agradeço ao Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela concessão de bolsa durante o período de desenvolvimento da minha pesquisa de iniciação científica que resultou neste Projeto de Conclusão de Curso, à Pró-Reitoria de Pesquisa - PROPe, da Unesp, em Bauru, pelo apoio e incentivo à pesquisa científica e ao Centro Avançado de Desenvolvimento de Produto - CADEP, centro de pesquisa da Unesp, em Bauru, pelo auxílio com os maquinários, materiais e compartilhamento de tantos conhecimentos fundamentais para a realização deste projeto.

No mais, a cada pessoa que, direta ou indiretamente, contribuiu para que eu realizasse o meu sonho, deixo o meu muito obrigada.

## RESUMO

De acordo com dados do Painel de Indicadores de Saúde (PNS, 2019), apenas 0,5% das pessoas com deficiência no país utilizam equipamentos assistivos para membros superiores. A impressão 3D, com base em desenhos assistidos por computador, tem facilitado a produção de protótipos de próteses, proporcionando funcionalidade e personalização aos usuários. Essa abordagem é vista como uma alternativa viável à produção convencional, permitindo o desenvolvimento de dispositivos que atendam às necessidades e preferências dos usuários. O presente estudo analisa o design e os materiais selecionados para a impressão 3D de três próteses disponíveis em código aberto, com foco na eficácia funcional por meio de testes de preensão palmar comparativos. Embora uma prótese tenha apresentado bom desempenho no teste, todas mostraram limitações na capacidade de suportar carga, mostrando que a impressão 3D oferece a criação de próteses personalizadas, mas desafios ainda precisam ser superados para aprimorar sua funcionalidade.

**Palavras-chave:** Tecnologia assistiva; Design; Prótese; Impressão 3D.

## ABSTRACT

According to data from the Health Indicators Panel (PNS, 2019), only 0.5% of individuals with disabilities in the country utilize assistive devices for upper limbs. 3D printing, grounded in computer-aided design, has streamlined the production of prototypes for prostheses, affording functionality and customization to users. This approach is regarded as a viable alternative to conventional production, facilitating the development of devices tailored to meet the needs and preferences of users. The present study scrutinizes the design and selected materials for the 3D printing of three open-source prosthetics, with a focus on functional efficacy through comparative palmar grip tests. Despite one prosthetic demonstrating commendable performance in the test, all exhibited limitations in their capacity to bear load, underscoring that 3D printing allows for the creation of personalized prosthetics, yet challenges persist that must be overcome to enhance their functionality.

**Keywords:** Assistive technology; Design; Prosthesis; 3D printing.

## LISTA DE IMAGENS

|                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Estrutura da mão humana                                                                                                                                  | 14 |
| Figura 2 - Movimentos da mão                                                                                                                                        | 15 |
| Figura 3 - Ody Hand                                                                                                                                                 | 18 |
| Figura 4 - Osprey Hand                                                                                                                                              | 18 |
| Figura 5 - Unlimbted Phoenix Hand                                                                                                                                   | 19 |
| Figura 6 - Propriedades de Impressão Ody Hand: Paredes, preenchimento, material e velocidade                                                                        | 21 |
| Figura 7 - Tempo de impressão e quantidade de material utilizado para impressão completa da prótese Ody Hand                                                        | 21 |
| Figura 8 - Início da impressão das peças do dispositivo Ody Hand                                                                                                    | 22 |
| Figura 9 - Peças impressas do dispositivo Ody Hand                                                                                                                  | 23 |
| Figura 10 - Prótese Ody Hand montada                                                                                                                                | 23 |
| Figura 11 - Propriedades de Impressão Osprey Hand: Paredes, preenchimento, material e velocidade                                                                    | 24 |
| Figura 12 - Tempo de impressão e quantidade de material utilizado para impressão completa da prótese Osprey Hand                                                    | 24 |
| Figura 13 - Início da impressão das peças do dispositivo Osprey Hand                                                                                                | 25 |
| Figura 14 - Montagem do dispositivo Osprey Hand                                                                                                                     | 25 |
| Figura 15 - Prótese Osprey Hand montada                                                                                                                             | 25 |
| Figura 16 - Propriedades de Impressão Unlimbted Phoenix Hand: Paredes, preenchimento, material e velocidade                                                         | 27 |
| Figura 17 - Tempo de impressão e quantidade de material utilizado para impressão completa da prótese Unlimbted Phoenix Hand                                         | 27 |
| Figura 18 - Impressão Unlimbted Phoenix Hand                                                                                                                        | 28 |
| Figura 19 - Processo de termoformagem da manopla Unlimbted Phoenix Hand                                                                                             | 28 |
| Figura 20 - Prótese Unlimbted Hand montada                                                                                                                          | 29 |
| Figura 21 - Preensão palmar plena                                                                                                                                   | 30 |
| Figura 22 - Plataforma de teste de preensão palmar                                                                                                                  | 31 |
| Figura 23 - Objetos do teste de preensão palmar                                                                                                                     | 32 |
| Figura 24 - Modelos de próteses avaliadas e materiais de revestimento na palma: (a) Ody Hand com feltro (esquerda) e silicone (direita); (b) Osprey Hand com feltro |    |

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| (esquerda) e silicone (direita); (c) Unlimbted Phoenix Hand sem revestimento (esquerda) e com silicone (direita) | 33 |
| Figura 25 - Teste de preensão palmar com a Ody Hand com palma de feltro                                          | 34 |
| Figura 26 - Teste de preensão palmar com a Ody Hand com palma de silicone                                        | 34 |
| Figura 27 - Teste de preensão palmar com a Unlimbted Phoenix Hand                                                | 35 |
| Figura 28 - Teste de preensão palmar com a Unlimbted Phoenix Hand com palma de silicone                          | 35 |
| Figura 29 - Teste de preensão palmar com a Osprey Hand com palma de silicone                                     | 35 |
| Figura 30 - Tabela da taxa de sucesso das próteses em teste de preensão palmar e em suas diferentes condições    | 37 |

## **SUMÁRIO**

|                                                     |           |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| <b>AGRADECIMENTOS</b>                               | <b>3</b>  |
| <b>RESUMO</b>                                       | <b>4</b>  |
| <b>ABSTRACT</b>                                     | <b>4</b>  |
| <b>LISTA DE IMAGENS</b>                             | <b>6</b>  |
| <b>SUMÁRIO</b>                                      | <b>8</b>  |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b>                                | <b>9</b>  |
| <b>2. OBJETIVO</b>                                  | <b>11</b> |
| <b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>                     | <b>12</b> |
| 3.1 Tecnologia Assistiva                            | 12        |
| 3.2 Impressão 3D                                    | 12        |
| 3.3 Estrutura da mão humana                         | 13        |
| 3.4 Prótese                                         | 14        |
| <b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b>                       | <b>16</b> |
| 4.1 Escolha do material                             | 16        |
| 4.1.1 Poli ácido láctico (PLA)                      | 17        |
| 4.2 Escolha dos modelos                             | 17        |
| 4.3 Impressão dos modelos                           | 21        |
| 4.3.1 Impressão e montagem - Ody Hand               | 21        |
| 4.3.2 Impressão e montagem - Osprey Hand            | 24        |
| 4.3.3 Impressão e montagem - Unlimbted Phoenix Hand | 28        |
| <b>5. TESTES DE PREENSÃO PALMAR</b>                 | <b>31</b> |
| <b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>                    | <b>38</b> |
| 6.1 Insucesso nos resultados                        | 39        |
| <b>7. CONCLUSÕES</b>                                | <b>41</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>                   | <b>42</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo informações da Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) de 2019, inquérito de saúde de base domiciliar, de âmbito nacional, realizada pelo Ministério da Saúde em cooperação com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de 17,3 milhões de pessoas com idade superior a 2 anos possuem algum tipo de deficiência no Brasil, sendo 5,5 milhões dessas (2,7%) pessoas portadoras de deficiência física nos membros superiores. Ainda segundo dados do Painel de Indicadores de Saúde (PNS, 2019), 0,5% do total de pessoas com deficiência no país fazem uso de equipamentos de auxílio para membros superiores.

No que diz respeito à Tecnologia Assistiva (TA), sua interdisciplinaridade e a sua gama de Recursos e Serviços que visam colaborar com a promoção da vida independente e da inclusão de pessoas com deficiência, encontra-se o design aplicado à Tecnologia Assistiva, campo em que, relacionada a área da saúde, viabiliza o desenvolvimento e planejamento de dispositivos mais adequados ao seu uso e que promovem a satisfação do usuário (OLIVEIRA, et al., 2017). Apesar das garantias e direitos, como a Lei brasileira de Inclusão da pessoa com deficiência 13.146 de 2015, algumas pessoas com deficiência física não tem acesso ou acabam abandonando o uso de seus dispositivos por diversos fatores, incluindo questões pessoais, tais como não gostar do recurso, não ver necessidade em sua utilização ou ter medo de utilizá-lo. Além disso, leva-se em conta fatores estéticos e ergonômicos, como a necessidade de um dispositivo mais seguro ou de menor complexidade de uso (SILVA, 2016).

A aplicação da impressão 3D, processo de fabricação pautado na adição contínua de material na forma de camadas (VOLPATO, 2017), pode ser utilizada em diversos setores para produção de dispositivos, inclusive, na área da saúde. A associação do design, Tecnologia Assistiva (TA) e a prototipagem rápida (PR), possibilita a produção de protótipos ou modelos de próteses por meio de desenho assistido por computador (*computer-aided design*), contribuindo para o desenvolvimento de dispositivos personalizados e que ofereçam boa funcionalidade aos usuários no desempenho de suas atividades diárias. Estudos têm destacado os potenciais benefícios da utilização da impressão 3D no design de dispositivos protéticos e ortóticos, além de mostrarem a importância e necessidade de soluções inovadoras que promovam a otimização das funções e que minimizem o abandono

destes dispositivos assistivos (FIGLIOLIA et al., 2020; SILVA et al., 2019). A tecnologia de impressão 3D torna-se, também, uma facilitadora na produção de dispositivos protéticos de membro superior com funções cada vez mais complexas, buscando trazer melhorias para o usuário (FIGLIOLIA et al., 2019).

Por conta de sua acessibilidade e ampla viabilidade de personalização, a impressão 3D se torna uma alternativa de baixo custo em relação à produção convencional de próteses, dando mais acesso às pessoas com deficiência na obtenção deste dispositivo (RODRIGUES et al., 2020). A produção de tais próteses por sistemas aditivos pode ser realizada com o uso de diferentes materiais, a depender de diversos fatores, dentre eles questões financeiras e de funcionalidade, por exemplo (RODRIGUES et al., 2020). O estudo de cada material que pode ser utilizado na prototipagem rápida, levando-se em consideração as condições e objetivos de sua aplicação, pode contribuir para a aceitação ou, até mesmo, na diminuição do abandono do uso desses dispositivos por parte dos usuários (FIGLIOLIA, 2021). Também corroborado por Costa, et al., (2015), compreender melhor esses fatores que levam ao abandono das próteses, tais como desconforto e insatisfação, é fundamental para melhorar a eficácia e promover resultados efetivos.

Embora a tecnologia de impressão 3D seja amplamente empregada, sua aplicação para o desenvolvimento de Tecnologia Assistiva ainda tem sido baixa (FERRARI, 2019). Além disso, mostra-se uma significativa lacuna nos estudos relacionados a aspectos como durabilidade, capacidade de suportar carga, conforto e adaptação ao uso diário dessas próteses disponíveis em código aberto.

## **2. OBJETIVO**

Analisar o design de próteses de mão desenvolvidas por impressão 3D disponíveis em plataformas de acesso aberto e estudar a aplicação do filamento PLA no desenvolvimento destes dispositivos, buscando compreender os fatores e parâmetros que implicam no melhor desempenho funcional, aceitação e satisfação do usuário, e percepção em relação aos aspectos estéticos e simbólicos. Para isto, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar o desempenho da preensão palmar e sustentação de objetos de próteses desenvolvidas por impressão 3D de diferentes designs;
- Avaliar a influência do uso materiais auxiliares no desempenho das próteses em teste de preensão palmar;
- Identificar os componentes de próteses de membro superior desenvolvidas por impressão 3D que contribuem para a baixa eficiência na preensão palmar e sustentação de objetos;

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo, são explorados os conceitos fundamentais que embasam a pesquisa, estabelecendo uma estrutura para a compreensão das questões-chave.

#### **3.1 Tecnologia Assistiva**

A tecnologia assistiva, ou TA, é definida como um conjunto de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência, buscando promover uma vida independente e com inclusão social (BERSCH, 2008).

A TA pode ser dividida em duas categorias principais:

- a) Hardware: Dispositivos físicos que ajudam as pessoas com deficiência a realizar tarefas cotidianas como exemplo das próteses, órteses, equipamentos de mobilidade, mobiliários adaptados e dispositivos de comunicação aumentativa e alternativa.
- b) Software: Programas de computador ou aplicativos que ajudam as pessoas com deficiência a realizar tarefas cotidianas. Alguns exemplos de TA de software incluem software de leitura de tela, software de comunicação alternativa e software de controle do computador.

Em outras palavras, a TA auxilia as pessoas com deficiência a realizar tarefas cotidianas, a se comunicar com outras pessoas e a participar da sociedade de forma plena e independente (BERSCH, 2008).

#### **3.2 Impressão 3D**

A impressão tridimensional (3D), também conhecida como prototipagem rápida, refere-se ao método de fabricação realizado pela adição de material, camada por camada, possibilitando a produção de protótipos ou modelos tridimensionais a partir de geometrias geradas em sistemas CAD (*Computer-Aided-Design*) (MEDEIROS, 2014).

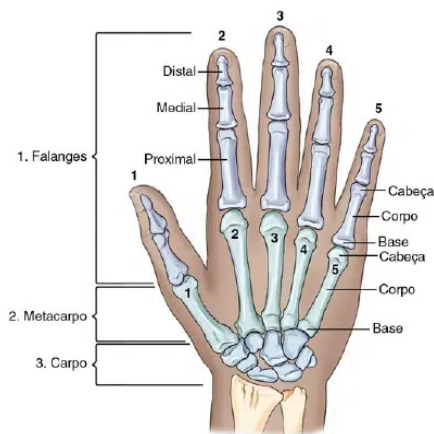
Essa tecnologia está se destacando no mundo, principalmente na última década (MORIMOTO et al., 2021), além de estar sendo aplicada em uma variedade de campos, incluindo a produção de objetos funcionais e de uso final. O aumento da divulgação da tecnologia, o desenvolvimento de novas técnicas e materiais, o aumento da busca por tecnologias de baixo custo e a disponibilização de softwares de código aberto na internet, são alguns dos fatores que contribuem para o crescimento da tecnologia de impressão 3D (RODRIGUES et al., 2020).

A impressão 3D FDM, ou modelagem por deposição fundida, é uma das tecnologias de impressão 3D mais comuns. Nesse processo, um filamento de material termoplástico é aquecido até atingir o ponto de fusão e, em seguida, depositado em uma base, camada por camada, até que um objeto tridimensional seja formado (MORIMOTO et al., 2021).

No campo da Tecnologia Assistiva, a impressão 3D pode ser usada para criar uma variedade de dispositivos, como próteses, órteses e dispositivos de mobilidade. Esses dispositivos podem ser personalizados para atender às necessidades específicas de cada usuário, o que pode melhorar sua funcionalidade e conforto (OLIVEIRA, et al., 2017).

### **3.3 Estrutura da mão humana**

A mão é um órgão complexo que permite uma variedade de movimentos. Os ossos da mão são responsáveis por fornecer estrutura e suporte à mão, bem como permitir sua movimentação (OLIVEIRA et al., 2017). A mão é composta por 27 ossos, divididos em três grupos que são o carpo, metacarpo e as falanges, como mostra a Figura 1 a seguir:



**Figura 1** - Estrutura da mão humana.  
**Fonte:** BONTRAGER, 2015.

Os ossos da mão são unidos por articulações, que permitem a movimentação da mão. As principais articulações da mão são:

- a) Articulações do carpo: permitem o movimento do punho;
- b) Articulações metacarpofalângicas: permitem a flexão, extensão, abdução e adução dos dedos;
- c) Articulações interfalângicas: permitem a flexão e a extensão dos dedos.

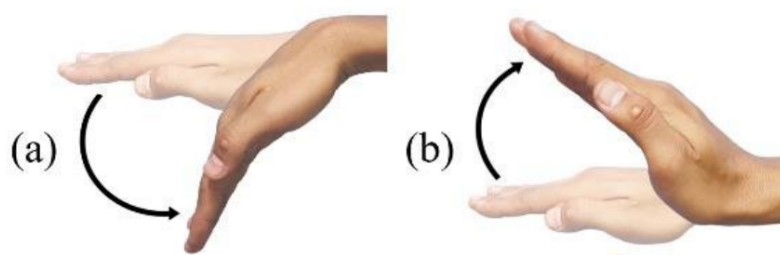
### 3.4 Prótese

Segundo a International Organization for Standardization (1989), as próteses, ou dispositivos protéticos, são dispositivos que permitem às pessoas com deficiência recuperar a funcionalidade de um membro ou parte do corpo ausente ou com deficiência.

Existem tipos diferentes de próteses, cada uma com suas próprias características e necessidades. Por isso, os materiais utilizados para a sua confecção também são variados, de acordo com o objetivo da prótese, condições do paciente e o nível de comprometimento da função (RODRIGUES et al., 2020). Um dos materiais mais comuns para a confecção de próteses utilizando a impressão 3D FDM são os polímeros, como o PLA.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento inicial do projeto, foi pré-definido o requisito de que o dispositivo protético deveria atender pessoas que passaram por uma amputação parcial da mão, ou do metacarpo, com punho funcional e movimento de flexão de pelo menos 30°, como mostra a Figura 2, podendo, então, acionar a articulação das próteses. Portanto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto e uma consulta por modelos de próteses de membro superior disponíveis em código aberto para impressão 3D.



**Figura 2** - Movimentos da mão  
**Fonte:** FREITAS, 2019.

Baseado nos princípios de colaboração, design de código aberto e inovação orientada ao usuário e comunidade, a ONG e-NABLE ([e-nablebrasil.org](http://e-nablebrasil.org)) que conta com uma rede global de voluntários, incluindo designers, engenheiros, médicos, professores, alunos e pessoas da cultura *maker*, dedica-se à criação de mãos e braços protéticos impressos em 3D de baixo custo para indivíduos que precisam de próteses de membros superiores. Devido a esses fatores, foi decidido imprimir as próteses disponibilizadas pela e-NABLE, visto a contribuição para um movimento global de *makers* e designers que estão usando suas habilidades e recursos para criar um impacto social positivo.

### 4.1 Escolha do material

Para as impressões das próteses, inicialmente, foi utilizado o material PLA, um filamento que é bastante utilizado em indústrias, principalmente na fabricação de implantes médicos (SANTANA, 2018). Para além desses fatores, o PLA possui uma temperatura de extrusão relativamente baixa comparada a outros filamentos, o que facilita a impressão em uma variedade de impressoras 3D, sendo elas abertas ou

fechadas, possui boa aderência na mesa de impressão, baixa contração, boa dureza superficial e qualidade visual na impressão.

#### 4.1.1 Poli ácido lático (PLA)

O filamento PLA é um dos materiais mais populares para impressão 3D. Ele é feito a partir de ácido lático, um polímero natural derivado de fontes renováveis, como o milho, a batata e a cana-de-açúcar (SANTANA, 2018).

O PLA tem uma variedade de propriedades que o tornam um material ideal para impressão 3D, pois é um material relativamente fácil de imprimir. Ele não é tão propenso a deformar ou aderir à mesa de impressão quanto outros materiais. Também se trata de um material com boa resistência mecânica, sendo usado para imprimir objetos que precisam ser duráveis (SANTANA, 2018).

Devido a sua biocompatibilidade, o que significa que é seguro para o corpo humano, o PLA torna-se um material ideal para a criação de próteses, órteses e outros dispositivos que entrarão em contato com a pele (SANTANA, 2018), sendo um material promissor para o uso em tecnologia assistiva.

#### 4.2 Escolha dos modelos

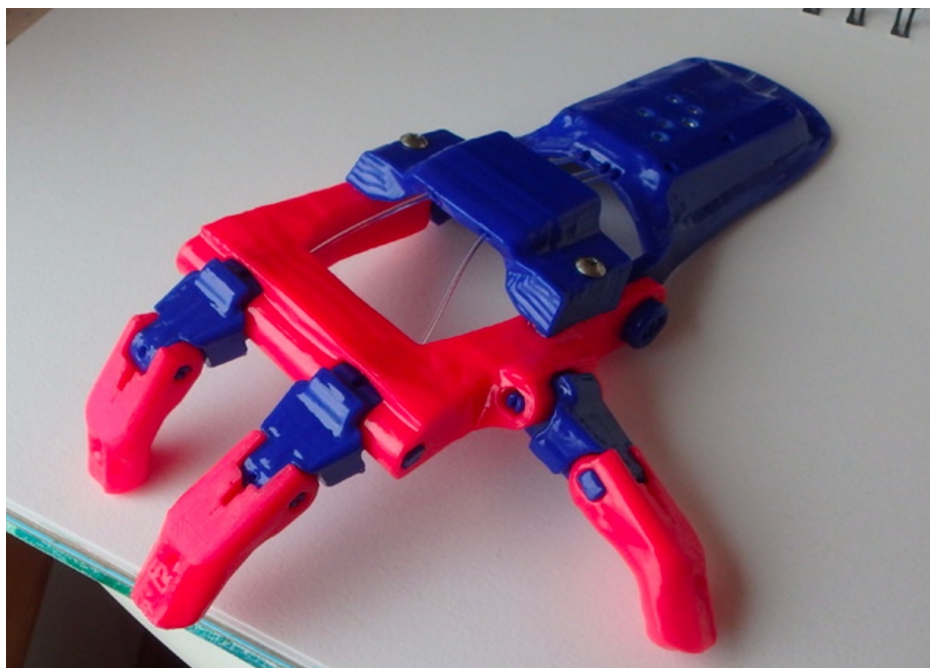
A seleção de modelos de mão protética impressa em 3D foi um aspecto crucial deste projeto. Três modelos foram escolhidos com base em uma variedade de fatores, incluindo: a) usuário pretendido, b) requisitos funcionais e c) considerações estéticas. Ao selecionar vários modelos com recursos e características distintas, buscou-se obter uma compreensão abrangente das capacidades e limitações da tecnologia de impressão 3D para aplicações protéticas.

- a) Requisitos do usuário: Uma das principais considerações ao selecionar modelos de mão protética era o usuário pretendido. Foi identificado três grupos de usuários diferentes, cada um com requisitos de grande importância para sua mão protética. O primeiro modelo foi pensado para crianças sem dedos, com uma pequena palma e a capacidade de flexionar e estender o punho, com foco na facilidade de uso e manipulação. O segundo modelo foi projetado para usuários adultos

que precisam de uma mão protética altamente funcional para as atividades do dia a dia. O terceiro modelo foi projetado para usuários que precisam de uma mão protética altamente personalizada e complexa, adaptada às suas necessidades individuais.

- b) Requisitos funcionais: Outro fator importante considerado foram os requisitos funcionais de cada modelo de mão protética. A fase de testes avaliou a capacidade de cada modelo de executar uma variedade de tarefas, como agarrar e segurar objetos, e também fazer uma avaliação da sua usabilidade geral na vida cotidiana.
- c) Considerações estéticas: Além dos requisitos funcionais, também foi considerado as qualidades estéticas de cada modelo. Isso inclui fatores como aparência geral e formatos. Embora as considerações estéticas possam não ser tão críticas quanto os requisitos funcionais, elas podem desempenhar um papel importante na satisfação geral do usuário com sua mão protética (FIGLIOLIA, 2018).

Depois de considerar os fatores mencionados acima, três modelos de mão protética foram selecionados para impressão 3D: Ody hand (Figura 1), Osprey Hand (Figura 2) e Unlimbted Phoenix Hand (Figura 3). Esses modelos foram escolhidos com base em sua adequação para diferentes grupos de usuários, requisitos funcionais e considerações estéticas.



**Figura 3** - Ody Hand  
**Fonte:** e-nablebrasil.org.

O primeiro modelo, Ody Hand, foi projetado para ser uma opção inicial para crianças sem dedos. Ela é leve e fácil de usar, com uma pequena palma e a capacidade de flexionar e estender o punho. A mão foi feita com três dedos para reduzir a resistência e o risco de ferimentos.



**Figura 4** - Osprey Hand  
**Fonte:** e-nablebrasil.org.

Segundo a e-NABLE Brasil, o segundo modelo, Osprey Hand, pode ser funcional e mais adequado para pacientes que necessitam de uma mão protética para uso diário. O dispositivo é otimizado para o uso de monofilamento de nylon de grande calibre, também conhecido como linha de pesca. Este material possui excelentes propriedades de Bowden, permitindo que os cabos sejam puxados para fornecer flexão e empurrados para fornecer extensão. Além disso, ele não é abrasivo, portanto não danifica o plástico impresso. O nylon é muito forte e raramente é um ponto de falha para dispositivos mecânicos, possuindo excelente resistência linear à compressão, o que o torna ideal para aplicações que requerem flexão e extensão. O dispositivo não requer elásticos, molas ou qualquer sistema de extensão mecânica.



**Figura 5** - Unlimbted Phoenix Hand  
**Fonte:** e-nablebrasil.org.

O terceiro modelo, Unlimbted Phoenix Hand, pode ser a melhor opção para pacientes que precisam de uma mão protética altamente personalizada e adaptada às suas necessidades individuais. O design desse dispositivo é a versão mais fácil de imprimir e montar, pois inclui uma manopla termo-formada reversa, mais confortável, e uma palma plana, desprovida de orifícios, que utiliza uma malha termoformável integrada diretamente na palma da mão. Além disso, para sua construção, dispensa o uso de muitos parafusos.

Cada um dos três modelos escolhidos possui características únicas que o tornam adequado para diferentes propósitos, e, em resumo, imprimir três modelos diferentes de mãos protéticas oferece uma oportunidade valiosa para comparar e contrastar diferentes opções, selecionar a opção mais adequada para cada paciente e entender melhor os desafios envolvidos na impressão 3D de próteses.

#### **4.3 Impressão dos modelos**

Selecionados os três modelos de mão protética, o próximo passo foi imprimi-los usando uma impressora 3D por FDM (Modelagem por Deposição Fundida), recurso mais utilizado durante a fase de produção dos dispositivos protéticos, este método de fabricação oferece vantagens significativas que a tornam adequada para a produção de próteses, tais como a possibilidade da impressão de designs complexos, capaz de reproduzir detalhes anatômicos específicos; e a sua custo-efetividade para produções em pequena escala (MORIMOTO et al., 2021).

Antes da impressão, cada arquivo do modelo das próteses foi baixado e inspecionado com atenção especial ao dimensionamento e posicionamento dos componentes.

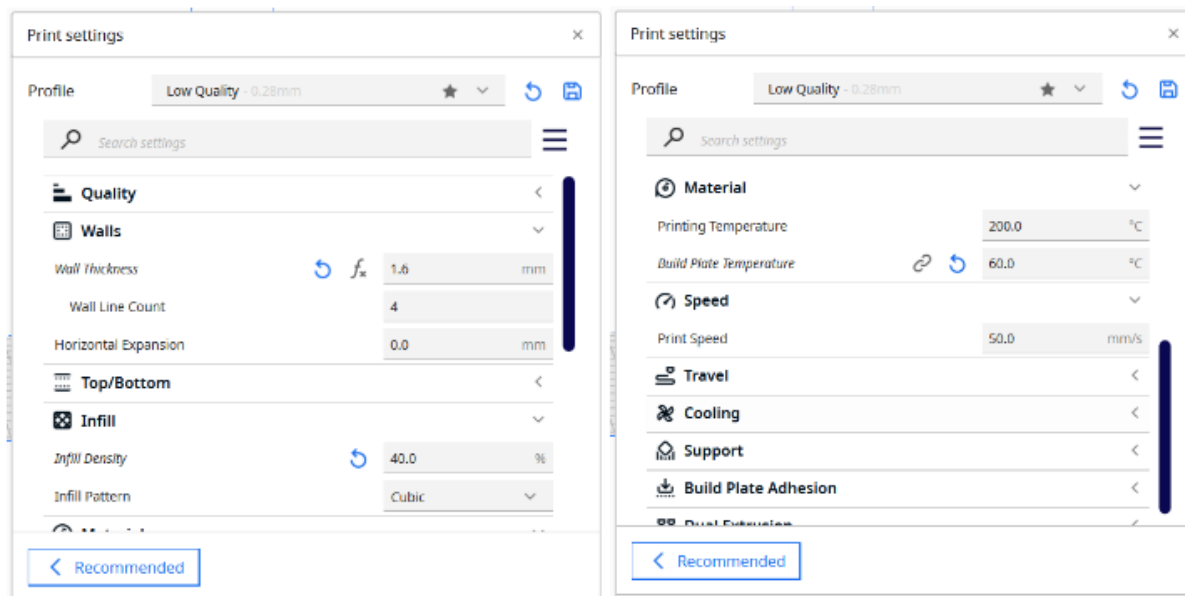
O software UltiMaker Cura, aplicativo de fatiamento de código aberto para impressoras 3D, foi usado para preparar os modelos para impressão, o que envolve cortar o modelo em camadas e gerar as instruções do código G que controlam os movimentos da impressora. O software também foi usado para ajustar as configurações de impressão de cada um dos dispositivos protéticos, como altura da camada, velocidade de impressão e temperatura.

Os procedimentos de impressão 3D foram realizados no Centro Avançado de Desenvolvimento de Produtos - CADEP, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, que disponibilizou duas impressoras da marca Creality, modelo Ender 2, além do espaço e material para a realização de todo o processo de impressão e montagem.

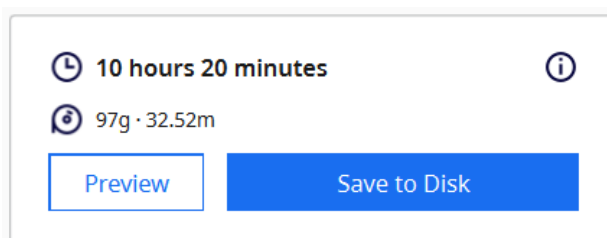
##### **4.3.1 Impressão e montagem - Ody Hand**

Uma vez preparada a impressora, o primeiro modelo de prótese a ser impresso foi o Ody Hand. Seguindo instruções disponíveis no site da e-NABLE Brasil

(<http://e-nablebrasil.org>), a prótese foi impressa sob as seguintes propriedades de impressão inseridas no programa de fatiamento UltiMaker Cura:



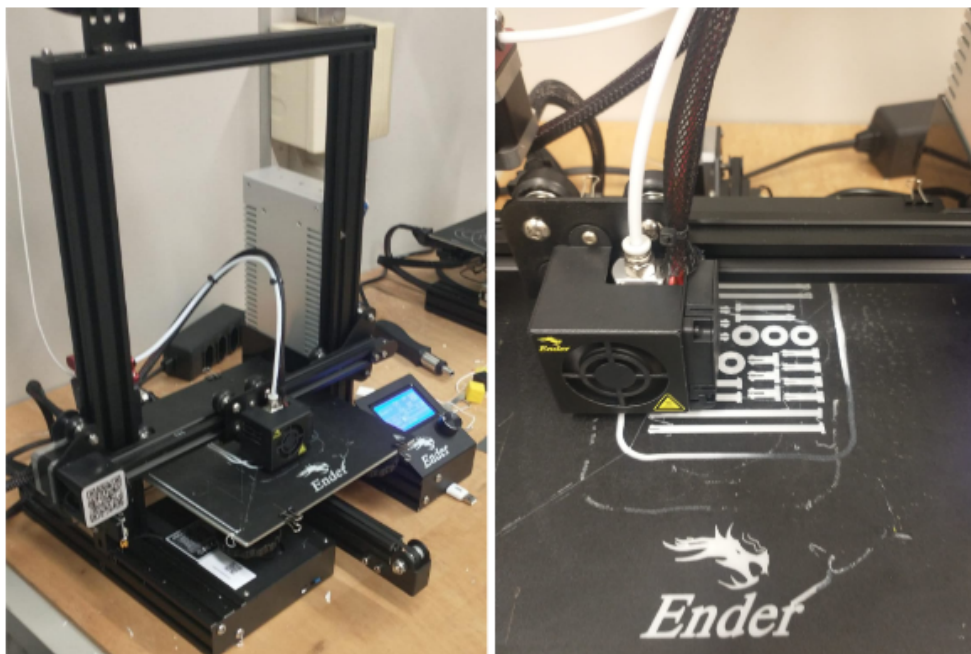
**Figura 6** - Propriedades de Impressão Ody Hand: Paredes, preenchimento, material e velocidade  
**Fonte:** Autoria própria.



**Figura 7** - Tempo de impressão e quantidade de material utilizado para impressão completa da prótese Ody Hand  
**Fonte:** Autoria própria.

Não foi necessário aplicar suporte no processo de impressão. Conforme indicado pela e-NABLE, os arquivos 3D de cada peça foram projetados pensando nas melhores práticas de impressão.

Após aplicadas as propriedades de impressão, inicia-se o processo da impressão das peças do dispositivo, como mostra a imagem a seguir:



**Figura 8** - Início da impressão das peças do dispositivo Ody Hand  
**Fonte:** Autoria própria.

Para o processo de montagem, foram seguidas as instruções disponibilizadas no manual de construção compartilhado pela e-NABLE, disponível, em inglês, no link do documento compartilhado a seguir: [Osprey Hand / Ody Hand / Talon Hand / Gamma Raptor Assembly Instructions](#).

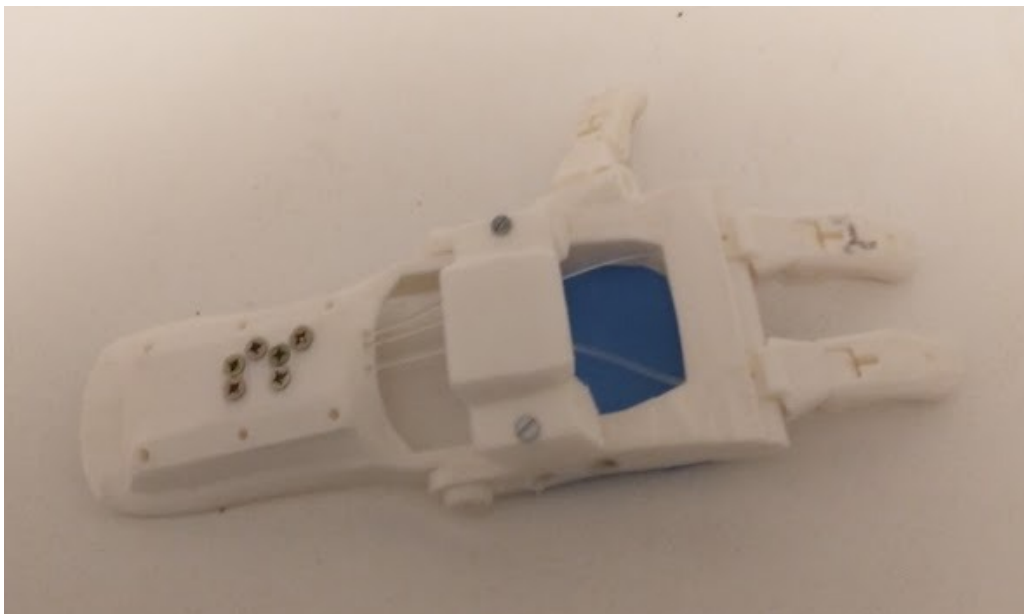
A montagem da Ody Hand é feita a partir das peças impressas em 3D, parafusos chato 2,2 X 6mm e linha de nylon de 1,2mm.

As peças impressas em 3D são os principais componentes da mão. Elas incluem a palma, os dedos e o punho. A linha de nylon de 1,2mm é usada para conectar os dedos ao punho. Já os parafusos são usados para conectar algumas das peças impressas em 3D, como a peça guia das linhas a palma, e também para determinar a tensão e extensão do nylon que delimita o grau de angulação dos dedos.

Na região da palma do dispositivo, é sugerido a aplicação de algum tipo de material, como o feltro ou o silicone, na seção 5, é utilizado ambos materiais para fins de teste comparativo,



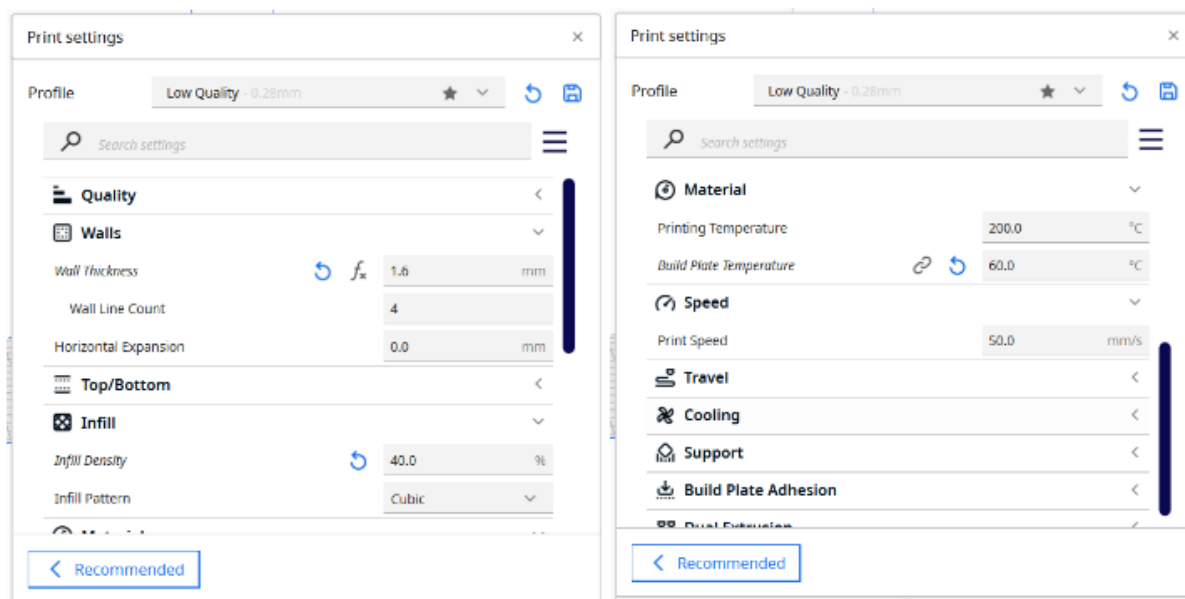
**Figura 9** - Peças impressas do dispositivo Ody Hand  
**Fonte:** Autoria própria.



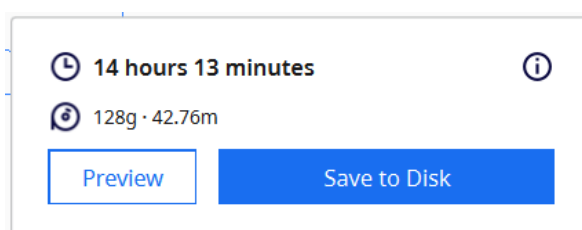
**Figura 10** - Prótese Ody Hand montada  
**Fonte:** Autoria própria.

#### 4.3.2 Impressão e montagem - Osprey Hand

Seguindo instruções disponíveis no site da e-NABLE Brasil (<http://e-nablebrasil.org>), a prótese foi impressa sob as seguintes propriedades de impressão inseridas no programa de fatiamento UltiMaker Cura:



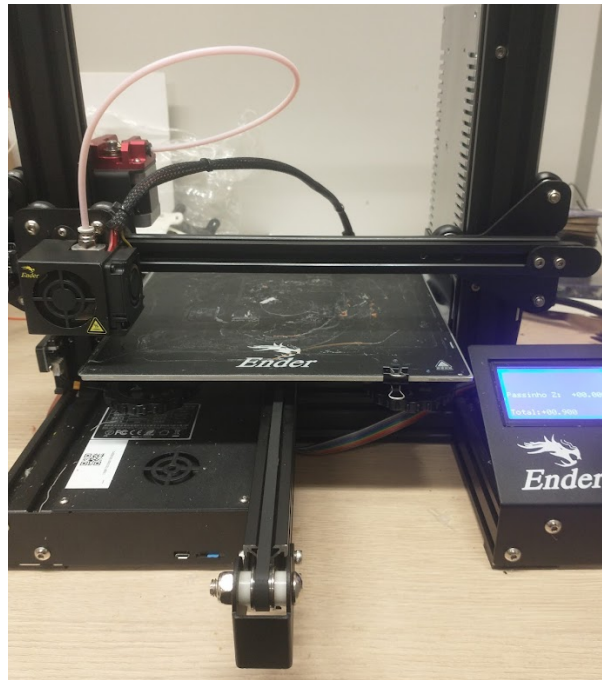
**Figura 11** - Propriedades de Impressão Osprey Hand: Paredes, preenchimento, material e velocidade  
**Fonte:** Autoria própria.



**Figura 12** - Tempo de impressão e quantidade de material utilizado para impressão completa da prótese Osprey Hand  
**Fonte:** Autoria própria.

Não foi necessário aplicar suporte no processo de impressão. Conforme indicado pela e-NABLE, os arquivos 3D de cada peça foram projetados pensando nas melhores práticas de impressão.

Após aplicadas as propriedades de impressão, inicia-se o processo da impressão das peças do dispositivo, como mostra a imagem a seguir:



**Figura 13** - Início da impressão das peças do dispositivo Osprey Hand  
**Fonte:** Autoria própria

Para o processo de montagem, foram seguidas as instruções disponibilizadas no manual de construção compartilhado pela e-NABLE, disponível, em inglês, no link do documento compartilhado a seguir: [Osprey Hand / Ody Hand / Talon Hand / Gamma Raptor Assembly Instructions](#).

Os componentes principais da Osprey Hand são as peças impressas em 3D, parafusos chatos 2,2 x 6 mm e linha de nylon de 1,2 mm. Os parafusos são usados para conectar algumas das peças impressas em 3D e também para determinar a tensão e extensão do nylon que delimitam o grau de angulação dos dedos.

Na região da palma do dispositivo, é sugerido o uso de algum tipo de material, como feltro ou silicone. Na seção 5, são utilizados ambos os materiais para fins de teste comparativo.



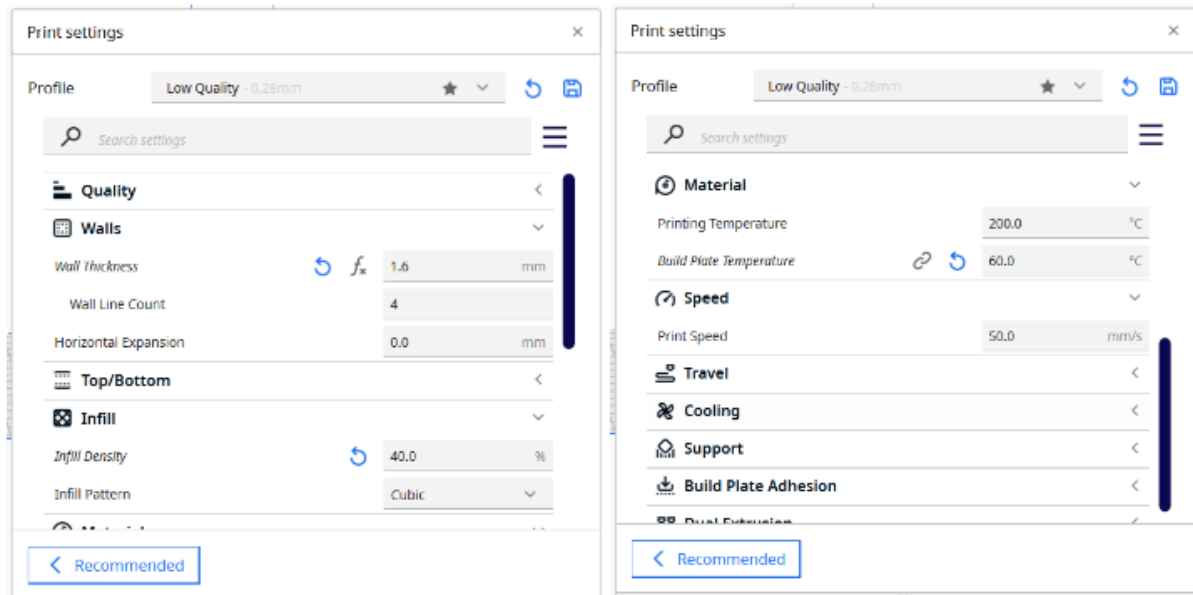
**Figura 14** - Montagem do dispositivo Osprey Hand  
**Fonte:** Autoria própria.



**Figura 15** - Prótese Osprey Hand montada  
**Fonte:** Autoria própria.

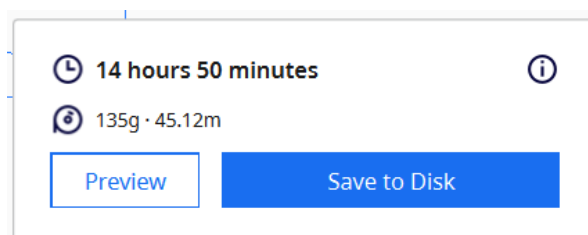
### 4.3.3 Impressão e montagem - Unlimbted Phoenix Hand

Seguindo instruções disponíveis no site da e-NABLE Brasil (<http://e-nablebrasil.org>), a prótese foi impressa sob as seguintes propriedades de impressão inseridas no programa de fatiamento UltiMaker Cura:



**Figura 16** - Propriedades de Impressão Unlimbted Phoenix Hand: Paredes, preenchimento, material e velocidade

**Fonte:** Autoria Própria.

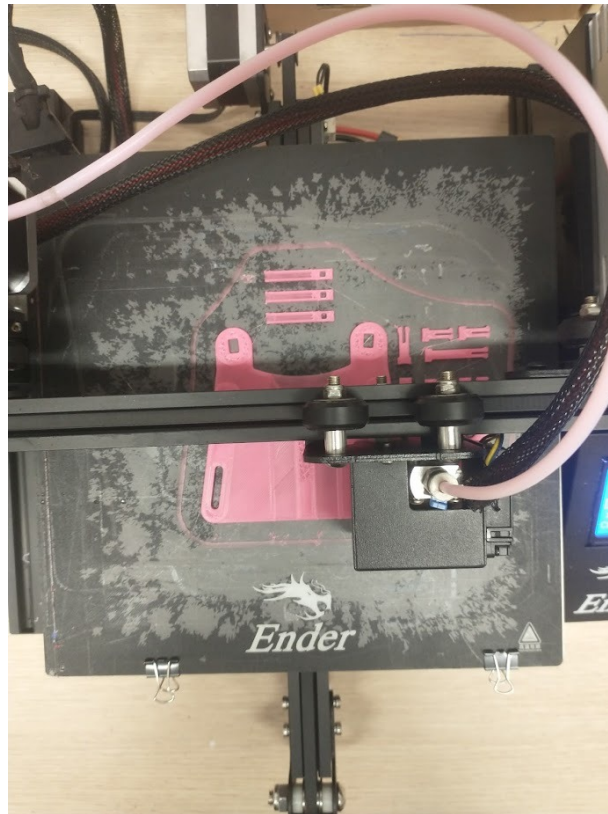


**Figura 17** - Tempo de impressão e quantidade de material utilizado para impressão completa da prótese Unlimbted Phoenix Hand

**Fonte:** Autoria própria.

Não foi necessário aplicar suporte no processo de impressão. Conforme indicado pela e-NABLE, os arquivos 3D de cada peça foram projetados pensando nas melhores práticas de impressão.

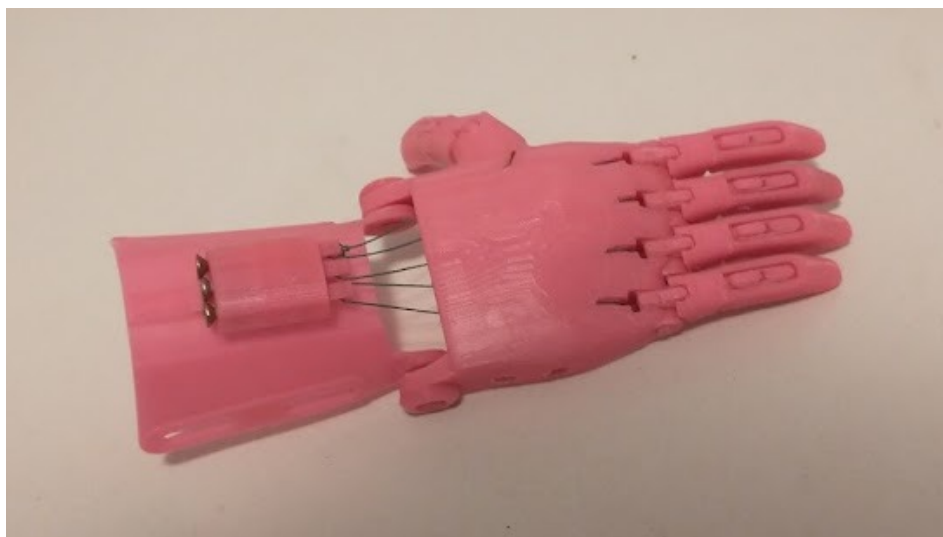
Após aplicadas as propriedades de impressão, inicia-se o processo da impressão das peças do dispositivo, como mostram as imagens a seguir:



**Figura 18** - Impressão Unlimbted Phoenix Hand  
**Fonte:** Autoria própria.



**Figura 19** - Processo de termoformagem da manopla Unlimbted Phoenix Hand  
**Fonte:** Autoria própria.



**Figura 20** - Prótese Unlimbted Hand montada  
**Fonte:** Autoria própria.

Para o processo de montagem, foram seguidas as instruções disponibilizadas no manual de construção compartilhado pela e-NABLE ([https://cdn.thingiverse.com/assets/5d/52/8a/4a/0e/Phoenix\\_Unlimbited\\_instructions.pdf](https://cdn.thingiverse.com/assets/5d/52/8a/4a/0e/Phoenix_Unlimbited_instructions.pdf)).

A construção deste dispositivo conta com a utilização da linha de nylon multifilamento, um material muito forte e durável, o que o torna ideal para aplicações que exigem resistência e que serão usadas com frequência, de modo que os cabos são puxados para fornecer flexão e empurrados para fornecer extensão aos dedos. Além disso, faz uso de apenas 3 parafusos de 2,5x10mm para o ajuste da tensão do nylon que delimita o grau de angulação dos dedos. Este dispositivo requer elásticos de silicone para o sistema de extensão mecânica das articulações interfalângicas.

## 5. TESTES DE PREENSÃO PALMAR

O teste de preensão palmar é um procedimento usado para avaliação funcional da preensão da mão (MOURA, 2008). Em relação às próteses, essa avaliação é aplicada para compreender a eficácia destes dispositivos em segurar e sustentar objetos. Uma prótese de mão com um bom desempenho nos testes pode significar a capacidade de um usuário de realizar tarefas por conta própria, podendo impactar diretamente a sua qualidade de vida, proporcionando-lhe uma maior independência em suas atividades (OMS, 2017).

Segundo Sánchez (2008), a preensão é uma ação complexa que envolve a participação de toda a organização anatômica e funcional da mão. Por isso, não existe apenas um tipo de preensão, mas vários. Eles podem ser classificados em três grandes grupos: preensões propriamente ditas, preensões com peso e preensões-ações. O presente projeto, se concentra nas preensões propriamente ditas, com enfoque na preensão palmar plena.

A preensão palmar plena é uma preensão de força que é utilizada para segurar objetos pesados e volumosos. A mão é enrolada em torno do objeto, envolvendo todos os dedos e a palma da mão, como mostra a Figura 21.



**Figura 21** - Preensão palmar plena  
**Fonte:** SÁNCHEZ, 2008.

Para a realização do teste de preensão palmar, foi construído um suporte de bancada para fixar e segurar a prótese (Figura 22). A preensão manual é acionada pelo movimento de flexão de punho, a partir de um sistema de cabo e polia instalado na plataforma, para isso, foi utilizado um peso com carga de 500g, suficiente para acionar o mecanismo, conectado a manopla do punho de cada prótese a fim de padronizar os procedimentos.



**Figura 22** - Plataforma de teste de preensão palmar  
**Fonte:** Autoria própria.

O teste teve como objetivo verificar a capacidade de preensão do dispositivo utilizando 7 objetos diferentes, sendo eles uma caneta ( $\varnothing$ 15mm, 15g), uma esfera de isopor ( $\varnothing$ 75mm 5,5g), um cilindro plástico (40x150mm 39,5g), um prisma triangular plástico (50x50x150 mm 39,0g), um prisma retangular plástico (50x50x150 mm 50,0g), uma garrafa cilíndrica ( $\varnothing$ 60x233mm, 510ml, 395g) e uma garrafa retangular ( $\varnothing$ 63x63x169mm, 450ml, 395g). Objetos de diferentes tamanhos, pesos e texturas foram testados buscando uma avaliação da versatilidade da prótese em situações do dia a dia.



**Figura 23** - Objetos do teste de preensão palmar

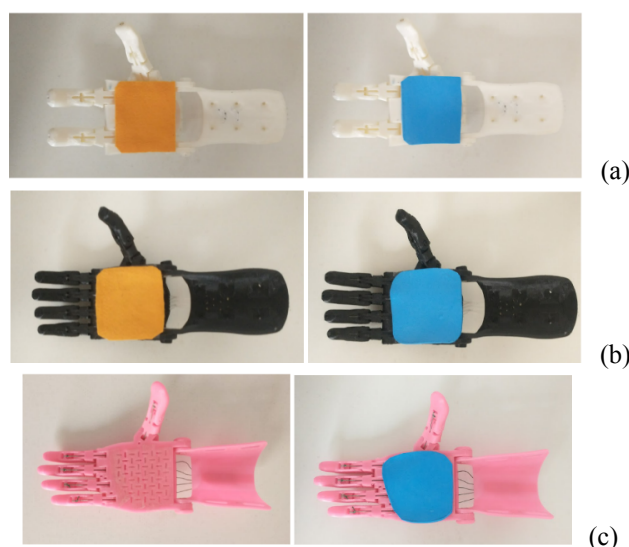
**Fonte:** Autoria própria.

Foi verificada a capacidade de preensão do dispositivo posicionando diferentes objetos na palma da mão de cada uma das próteses. Através da medição de tempo, o resultado foi considerado satisfatório somente quando estes objetos fossem sustentados por, no mínimo, 15 segundos. Cabe ressaltar que as duas garrafas avaliadas, cilíndrica e retangular, tinham capacidade de 510ml e 450ml, respectivamente, porém ambas estavam preenchidas com 395g de água.

Conduziu-se um conjunto de testes iguais com todas as três próteses, variando apenas os materiais auxiliares aplicados à palma.

Os materiais auxiliares descritos no presente estudo, referem-se a utilização de palmas de feltro ou silicone aplicados à palma das próteses. A finalidade dessa abordagem é investigar e compreender se a utilização desses materiais exerce alguma influência no desempenho da pega de objetos durante o teste de preensão palmar.

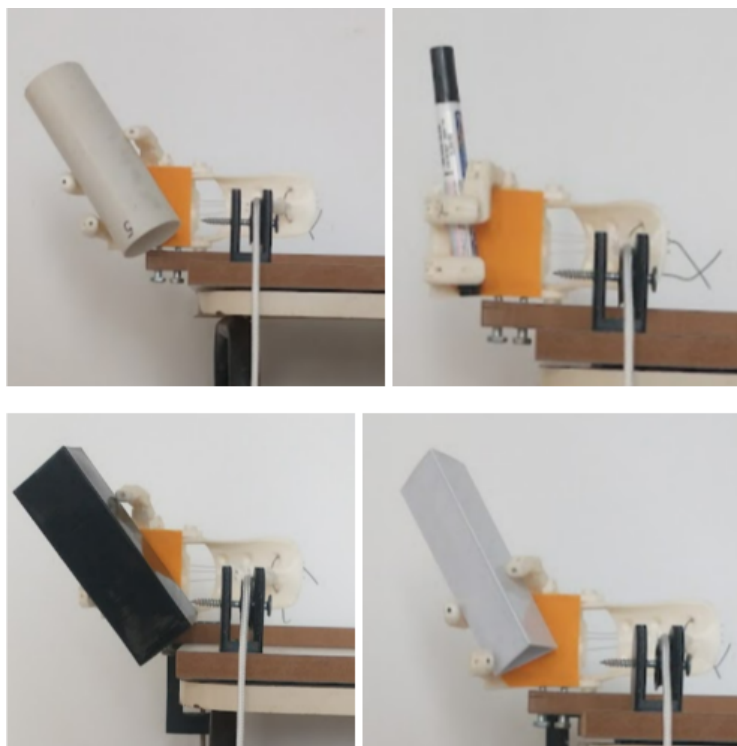
Esse procedimento permitiu uma análise comparativa dos resultados para determinar o impacto de cada material auxiliar nas funcionalidades e desempenho das próteses.



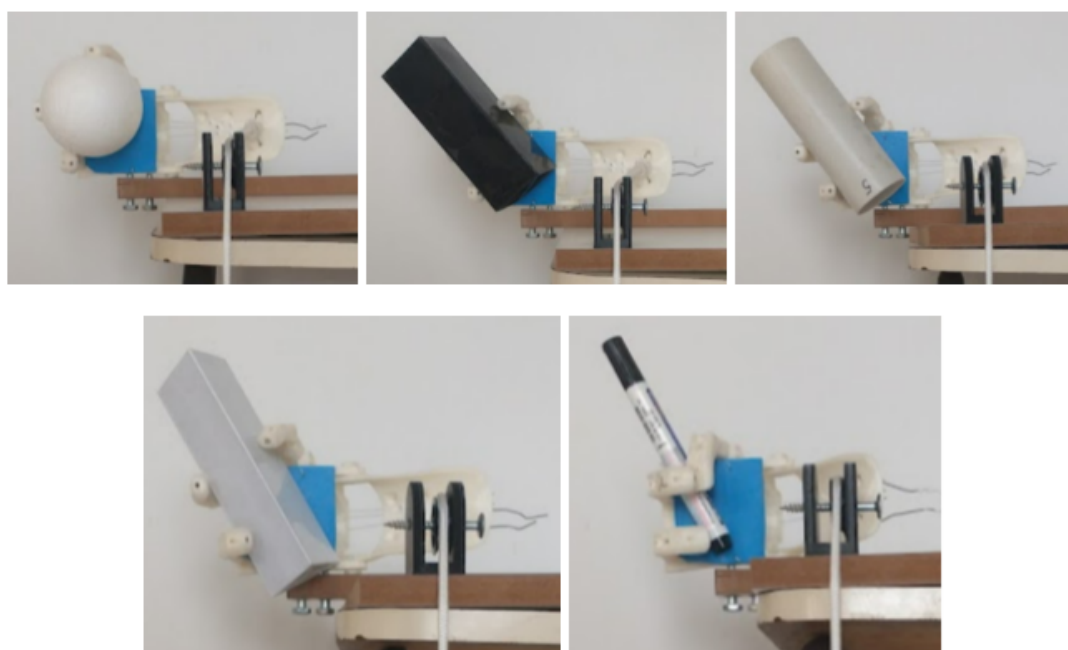
**Figura 24** - Modelos de próteses avaliadas e materiais de revestimento na palma: (a) Ody Hand com feltro (esquerda) e silicone (direita); (b) Osprey Hand com feltro (esquerda) e silicone (direita); (c) Unlimbted Phoenix Hand sem revestimento (esquerda) e com silicone (direita).

**Fonte:** Autoria própria.

No contexto dos testes realizados com as três próteses, houve a necessidade de aplicar diferentes abordagens às suas palmas. Em duas das três próteses avaliadas, Ody Hand e Osprey, foi requerido pelo manual de instruções de montagem que fosse aplicado feltro à palma. Consequentemente, estas duas próteses foram testadas com a inclusão desses materiais na palma, enquanto a terceira prótese, Unlimbted Phoenix Hand, já possuía uma palma integrada em seu design original. Além disso, todas as três próteses foram submetidas a um segundo conjunto de teste de preensão palmar em que foi aplicado silicone antiderrapante em suas palmas.



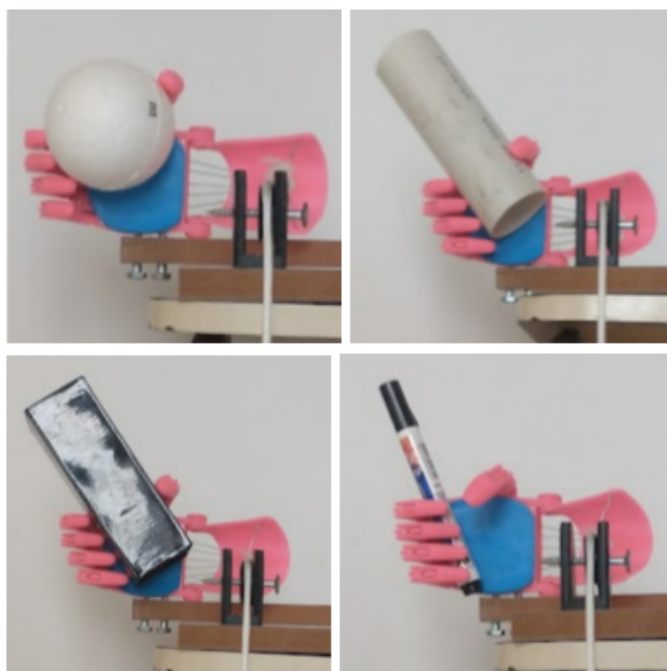
**Figura 25** - Teste de preensão palmar com a Ody Hand com palma de feltro  
**Fonte:** Autoria própria.



**Figura 26** - Teste de preensão palmar com a Ody Hand com palma de silicone  
**Fonte:** Autoria própria.



**Figura 27** - Teste de preensão palmar com a Unlimbted Phoenix Hand  
**Fonte:** Autoria própria.



**Figura 28** - Teste de preensão palmar com a Unlimbted Phoenix Hand com palma de silicone  
**Fonte:** Autoria própria.



**Figura 29** - Teste de preensão palmar com a Osprey Hand com palma de silicone  
**Fonte:** Autoria própria.

É importante observar que não se dispôs imagens da Osprey Hand com palma de feltro no teste. Isso se deve ao fato de que essa prótese apresentou uma

taxa de sucesso de 0% na apreensão dos objetos avaliados na condição citada, tornando impossível a obtenção de registros visuais dessas tentativas.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do teste de preensão palmar foram registrados e organizados em uma tabela para uma análise mais precisa. A Figura 30 apresenta as taxas de sucesso de cada uma das próteses em relação a diferentes objetos.

| TAXA DE SUCESSO DAS PRÓTESES EM TESTE DE PREENSÃO PALMAR |          |       |             |       |                           |       |
|----------------------------------------------------------|----------|-------|-------------|-------|---------------------------|-------|
| CONDIÇÃO/<br>OBJETO                                      | ODY HAND |       | OSPREY HAND |       | UNLIMITED<br>PHOENIX HAND |       |
|                                                          | 1        | 2     | 1           | 2     | 3                         | 2     |
| CANETA                                                   | ✓        | ✓     | ✗           | ✓     | ✓                         | ✓     |
| ESFERA                                                   | ✗        | ✓     | ✗           | ✗     | ✓                         | ✓     |
| CILINDRO                                                 | ✓        | ✓     | ✗           | ✓     | ✗                         | ✓     |
| PRISMA TRIANGULAR                                        | ✓        | ✓     | ✗           | ✓     | ✗                         | ✗     |
| PRISMA RETANGULAR                                        | ✓        | ✓     | ✗           | ✗     | ✗                         | ✓     |
| GARRAFA CILÍNDRICA                                       | ✗        | ✗     | ✗           | ✗     | ✗                         | ✗     |
| GARRAFA RETANGULAR                                       | ✗        | ✗     | ✗           | ✗     | ✗                         | ✗     |
| TAXA DE SUCESSO                                          | 57,1%    | 71,4% | 0%          | 42,8% | 28,5%                     | 57,1% |

| Legenda   |                                                 |                                                   |                                              |
|-----------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Condição: | 1 - Dispositivo com material auxiliar em feltro | 2 - Dispositivo com material auxiliar em silicone | 3 - Dispositivo sem uso de material auxiliar |
| Ícones:   | ✓                                               | Sucesso no teste                                  |                                              |
|           | ✗                                               | Insucesso no teste                                |                                              |

**Figura 30** - Tabela da taxa de sucesso das próteses em teste de preensão palmar e em suas diferentes condições

**Fonte:** Autoria própria.

A Ody Hand se destacou nos testes de preensão palmar em suas duas condições. No teste realizado utilizando o material auxiliar de feltro em sua palma, o dispositivo obteve uma taxa de sucesso de 57,1%, enquanto utilizando o silicone como material auxiliar, obteve 71,4% de taxa de sucesso. Esse resultado sugere que o dispositivo protético possui um design e mecânica que facilitam uma preensão

eficaz com uma variedade de objetos. Tal desempenho pode ser atribuído a características específicas desse modelo de prótese, como a disposição dos dedos e a distribuição adequada da força de preensão, além do uso dos materiais auxiliares.

No entanto, a Osprey Hand apresentou uma taxa de sucesso insatisfatória nos testes, apresentando uma taxa de sucesso de 0% no teste de preensão palmar utilizando o feltro como material auxiliar e uma taxa de 42,8% utilizando o silicone em sua palma. O resultado pode estar associado a um design inadequado, problemas de mecânica interna ou necessidade de mais materiais auxiliares.

A Unlimbted Phoenix Hand demonstrou um desempenho satisfatório no teste de preensão palmar utilizando o silicone na palma como material auxiliar para a pega de objetos. Porém, obteve uma taxa de sucesso de 28,5% em seu teste sem material auxiliar em sua palma. Apesar do resultado, sua característica visual diferenciada pode ser um fator importante para os usuários que desejam uma prótese que combine funcionalidade com estética. Isso sugere que esse modelo de prótese possa ser uma opção viável para pessoas que valorizam a aparência da prótese, além de sua eficiência.

Em termos gerais, as próteses que utilizaram a palma de silicone como material auxiliar apresentaram taxas de sucesso superiores em comparação com aquelas que não utilizaram esse recurso.

## **6.1 Insucesso nos resultados**

Os resultados indicam que nenhuma das próteses obteve sucesso no teste de preensão de garrafas, sugerindo que há uma limitação na capacidade de carga ou nas geometrias das próteses que afeta sua eficácia de envolver e sustentar esses objetos.

Baixas taxas de sucesso ao segurar objetos, como no caso dos testes de preensão utilizando garrafas d'água, não necessariamente indicam um total insucesso na funcionalidade das próteses, e essas limitações não devem ser interpretadas como uma falha completa da capacidade de sustentação de objetos dos dispositivos.

Essas situações destacam áreas específicas que podem ser aprimoradas por meio de ajustes técnicos, como ajustes na pressão dos dedos, tensão dos fios ou outros parâmetros mecânicos, além da personalização da prótese.

Todo o exposto, destaca a importância de estudar e melhorar a capacidade de carga de carga das próteses para que possam lidar com uma variedade mais ampla de utensílios e tarefas cotidianas.

## **7. CONCLUSÕES**

O aumento da utilização da manufatura aditiva, ou impressão 3D, tem sido vista de maneira global, tanto em seu uso quanto na pesquisa científica, principalmente, na área da saúde (FERRARI et al., 2019). No entanto, com foco nas próteses para membros superiores, demonstram-se poucos estudos e práticas que envolvem a sua aplicação neste campo.

A impressão 3D, aliada ao Design e a Tecnologia Assistiva, permite a criação de próteses altamente personalizadas para atender às necessidades e adequar-se às características anatômicas e funcionais específicas de cada usuário. Disponibilizar próteses impressas em 3D às pessoas com deficiências pode contribuir para sua inclusão social, permitindo que elas participem de forma mais plena na sociedade.

Os resultados desta pesquisa indicam a importância de uma abordagem multifatorial ao projetar próteses, considerando funcionalidade, mecânica e o aspecto estético. Cada prótese apresentou suas próprias vantagens e desvantagens, e a escolha entre elas dependerá das prioridades e necessidades individuais de cada usuário.

Dado o exposto, mostra-se necessário continuar aprimorando os estudos dos designs das próteses, visando contribuir para o desenvolvimento de dispositivos que favoreçam a funcionalidade, independência e satisfação dos usuários.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERSCH, Rita. **Introdução à tecnologia assistiva**. Porto Alegre: CEDI, v. 21, 2008.  
COSTA, Celso Rodrigues da et al. **Dispositivos de tecnologia assistiva: fatores relacionados ao abandono 1/Assistive technology devices: abandonment related factors**. Cadernos de Terapia Ocupacional da UFSCar, v. 23, n. 3, p. 611, 2015.

E-NABLE BRASIL. Disponível em: <https://e-nablebrasil.org>. 2023.

FERRARI, Ana Lya Moya et al. **Impressão 3D e Tecnologia Assistiva: um estudo de análise da produção científica nos últimos dez anos**. Human Factors in Design, v. 8, n. 16, p. 051-063.

FIGLIOLIA, Amanda Coelho. **Materiais para impressão 3D no desenvolvimento de próteses de membro superior: análise do desempenho mecânico e funcional**. 2021.

ISO 8549-1:1989(en) **Prosthetics and orthotics — Vocabulary — Part 1: General terms for external limb prostheses and external orthoses**. 1989. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8549:-1:ed-1:v1:en>. Acesso em: 15 nov. 2023.  
MANERO, Albert et al. Implementation of 3D printing technology in the field of prosthetics: Past, present, and future. International journal of environmental research and public health, v. 16, n. 9, p. 1641, 10 mai. 2019.

MEDEIROS, Ivan Luiz et al. **Prototipagem rápida e design de produto assistivo**. Blucher Design Proceedings, v. 1, n. 4, p. 2468-2478, 2014.  
MORIMOTO, Sandra Yoshie Uruga et al. **Órteses e próteses de membro superior impressas em 3D: uma revisão integrativa**. Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional, v. 29, 2021.

MOURA, Patrícia Martins de Lima e Silva. **ESTUDO DA FORÇA DE PREENSÃO PALMAR EM DIFERENTES FAIXAS ETÁRIAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO**. 2008. 77 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

OLIVEIRA, Bruno Rodrigues de; MAIA, Bruno Alves; FERREIRA NETO, Guilherme; STOPPA, Marcelo Henrique; "Modelo de dispositivo para reabilitação de dedos da mão", p. 379 -394. In: **Tecnologias em pesquisa: engenharias**. São Paulo: Blucher, 2017.

OLIVEIRA, Vanessa Maiara Domingues de et al. **O DESIGN APLICADO NA TECNOLOGIA ASSISTIVA – ESTUDO DE CASO DOS ANDADORES PARA IDOSOS**. In: ERGODESIGN – CONGRESSO INTERNACIONAL DE ERGONOMIA E USABILIDADE DE INTERFACES HUMANO TECNOLÓGICA: PRODUTO, INFORMAÇÕES AMBIENTES CONSTRUÍDOS E TRANSPORTE, 16., 2017, Santa Catarina. Artigo. [S.L.]: Ufsc, 2017.

**PNS 2019: país tem 17,3 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência**. IBGE, 2021. Disponível em:

<<https://censos.ibge.gov.br/2013-agencia-de-noticias/releases/31445-pns-2019-pais-tem-17-3-milhoes-de-pessoas-com-algum-tipo-de-deficiencia>>. Acesso em: 25 de maio 2022.

PAINEL DE INDICADORES DE SAÚDE. **Pesquisa Nacional de Saúde**, 2022. Disponível em: <<https://www.pns.icict.fiocruz.br/painel-de-indicadores-mobile-desktop/>>. Acesso em: 25 de maio de 2022.

RODRIGUES, Ana Cláudia Tavares; MEDOLA, Fausto Orsi; BALEOTTI, Luciana Ramos. O uso da impressão 3D na Tecnologia Assistiva. In: PASCHOARELLI, Luis Carlos; MENEZES, Marizilda dos Santos (org.). **Design: Tecnologia a serviço da qualidade de vida**. Bauru: Canal 6, 2020. Cap. 2. p. 16-31.

RODRIGUES, Ana Claudia Tavares; PASCHOARELLI, Luis Carlos. **Avoiding Product Abandonment Through User Centered Design: A Case Study Involving the Development of a 3D Printed Customized Upper Limb Prosthesis**. In: Advances in Additive Manufacturing, Modeling Systems and 3D Prototyping: Proceedings of the AHFE 2019 International Conference on Additive Manufacturing, Modeling Systems and 3D Prototyping, July 24-28, 2019, Washington DC, USA. Springer, 2019. p. 289.

SANTANA, Leonardo; ALVES, Jorge Lino; NETTO, Aurélio da Costa Sabino; MERLINI, Claudia. Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [S.L.], v. 23, n. 4, 6 dez. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620180004.0601>.

SÁNCHEZ, Oscar Fernando Avilés. **Desenvolvimento de Sistema de Preensão para utilização em Dispositivos Robóticos**. 2008. 185 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SILVA, L.A., Medola, F.O., Rodrigues, O.V., Rodrigues, A.C.T., Sandnes, F.E. (2019). **Interdisciplinary-Based Development of User-Friendly Customized 3D Printed Upper Limb Prosthesis**. In: Ahram, T., Falcão, C. (eds) Advances in Usability, User Experience and Assistive Technology. AHFE 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 794. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94947-5\\_88](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94947-5_88).

SILVA, Mádía Gisella Cabral. **Causas de abandono de dispositivos de tecnologia assistiva**. 2016.

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

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **"WHO standards for prosthetics and orthotics"**. (2017).