



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Michel Pagatini

**Desenvolvimento conceitual de Prótese Mioelétrica para amputados de Membros
Superiores com base na Capacidade Funcional**

Michel Pagatini

Desenvolvimento conceitual de Prótese Mioelétrica para amputados de Membros Superiores com base na Capacidade Funcional

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção
Orientador: Prof. Eugenio Andrés Diaz Merino, Dr.

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Pagatini, Michel

Desenvolvimento conceitual de Prótese Mioelétrica para amputados de Membros Superiores com base na Capacidade Funcional / Michel Pagatini ; orientador, Eugenio Andrés Díaz Merino, coorientador, Antonio Cezar Bornia, 2022.

135 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção. 2. Amputados; Capacidade Funcional; Prótese Mioelétrica de Membro Superior; Tecnologia Assistiva;. I. Merino, Eugenio Andrés Díaz . II. Bornia, Antonio Cezar . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. IV. Título.

Michel Pagatini

Desenvolvimento conceitual de Prótese Mioelétrica para amputados de Membros Superiores com base na Capacidade Funcional

Prof. Dr. Diego De Castro Fettermann

Avaliador Interno

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dra. Lizandra Garcia Lupi Vergara

Avaliador Interno

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Milton José Cinelli

Avaliador Externo

Universidade do Estado de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original da dissertação** para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Prof. Dr. Antonio Cezar Bornia

Coordenador em Exercício do Programa de Pós-Graduação

Prof. Dr. Eugenio Andrés Díaz Merino

Orientador

Florianópolis, 2022.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais, Júlio Cesar e Maria de Lourdes, por sempre apoiarem minhas decisões, por todo suporte e incentivo, por nunca medirem esforços para que eu continue minha formação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eugenio Andrés Díaz Merino, pela ajuda na realização deste estudo.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro ao mestrado.

Aos meus irmãos Rafael e Guilherme por todo auxílio.

À Paula, que sempre está ao meu lado.

Ao Neo, que esteve ao meu lado por 18 anos.

À Janine, que demonstrou sua força.

Ao Thiago, pela sua confiança.

Ao Darigo, que demonstra suas habilidades.

Ao PPGEP, pelo apoio.

Ao professores Lizandra, Diego e Milton por todo o apoio.

“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre.”
(FREIRE, 1989, p. 31)

RESUMO

O número de indivíduos amputados aumenta a cada ano no Brasil. Doenças como diabetes, traumas de trânsito, projéteis de armas de fogo e acidentes de trabalho são os principais causadores de amputações. Diante disso, dispositivos de Tecnologia Assistiva auxiliam na promoção dos direitos humanos das Pessoas com Deficiência. Como exemplo, destacam-se as próteses mioelétricas de membros superiores, que tem como função principal a melhoria na capacidade de manipulação do amputado, contribuindo na realização das Atividades da Vida Diária (alimentação, banho, entre outras). Embora ofereçam maior funcionalidade, as próteses mioelétricas possuem um sistema complexo de alto custo. Portanto, essa pesquisa parte do seguinte questionamento: Qual o potencial do desenvolvimento conceitual de uma prótese mioelétrica de membro superior acessível na contribuição para realização das atividades da vida diária pelos amputados? Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa é aplicar o projeto conceitual de uma prótese mioelétrica acessível considerando a Capacidade Funcional de amputados de Membros Superiores. Sendo assim, a pesquisa divide-se em duas etapas: etapa teórica, com o aprofundamento da revisão integrativa e etapa prático conceitual, que envolve o desenvolvimento do plano de pesquisa referente ao desenvolvimento do projeto conceitual da prótese mioelétrica. A etapa prático conceitual divide-se em três fases: Na Fase 1 realizou-se uma estimativa da demanda de possíveis usuários de próteses por meio de consulta à base de dados do Ministério da Saúde. Posteriormente identificou-se a capacidade funcional de nove amputados na realização de Atividades da Vida Diária, por meio do questionário Índice de Barthel. Na Fase 2 realizou-se o levantamento dos requisitos de dois usuários de próteses de membros superiores e, em seguida, houve a priorização dos requisitos. Na Fase 3 determinou-se o projeto conceitual da prótese mioelétrica Exiii Hackberry. Em seguida houve a definição do projeto Exiii Hackberry, através da caracterização do funcionamento do projeto verificando sua estrutura e componentes. Com isso, foi possível estimar o custo total de R\$ 3.479,02 para seu desenvolvimento, incluindo componentes e impressão 3D. O PLA foi o material definido para impressão 3D, sendo o projeto renderizado e impresso de acordo com as medidas antropométricas femininas de percentil 50. Pesquisas revelam que a prótese Exiii Hackberry é funcional para realização de atividades como amarrar o cadarço, segurar uma camiseta, pegar uma caneta, virar a página de um livro e pegar e erguer uma garrafa de 600 ml de água.

Palavras chave: Amputados; Capacidade Funcional; Prótese Mioelétrica de Membro Superior; Tecnologia Assistiva; Produto.

ABSTRACT

The number of amputees increases every year in Brazil. Diseases such as diabetes, traffic trauma, firearm projectiles and work accidents are the main causes of amputations. In view of this, Assistive Technology devices help to promote the human rights of People with Disabilities. As an example, the myoelectric prostheses of the upper limbs stand out, whose main function is to improve the amputee's handling capacity, contributing to the performance of Activities of Daily Living (eating, bathing, among others). Although they offer greater functionality, myoelectric prostheses have a complex, high-cost system. Therefore, this research starts from the following question: What is the potential of the conceptual development of an accessible upper limb myoelectric prosthesis in contributing to the performance of activities of daily living by amputees? Thus, the objective of this research is to apply the conceptual design of an accessible myoelectric prosthesis considering the Functional Capacity of Upper Limb amputees. Therefore, the research is divided into two stages: theoretical stage, with the deepening of the integrative review and practical conceptual stage, which involves the development of the research plan referring to the development of the conceptual design of the myoelectric prosthesis. The conceptual practical stage is divided into three phases: In Phase 1, an estimate of the demand of possible prosthesis users was carried out by consulting the Ministry of Health database. Subsequently, the functional capacity of nine amputees in carrying out Activities of Daily Living was identified through the Barthel Index questionnaire. In Phase 2, the requirements of two users of upper limb prostheses were evaluated and, then, the requirements were prioritized. In Phase 3, the conceptual design of the Exiii Hackberry myoelectric prosthesis was determined. Then there was the definition of the Exiii Hackberry project with the characterization of the operation of the project, verifying its structure and components. With this, it was possible to estimate the total cost of R\$ 3,479.02 for its development, including components and 3D printing. PLA was the material defined for 3D printing, the project being rendered and printed according to the 50th percentile female anthropometric measurements. Research reveals that the Exiii Hackberry prosthesis is functional for performing activities such as tying a shoelace, holding a shirt, a pen, turn a page in a book and pick up and lift a 600 ml bottle of water.

Keywords: Amputees; Functional Capacity; Upper Limb Myoelectric Prosthesis; Assistive Technology; Product

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (a) Prótese Corporal e (b) Barra de digitação.....	17
Figura 2 – Mercado mundial de Próteses	19
Figura 3 – Níveis de amputações dos Membros Superiores.....	23
Figura 4 – Prótese Corporal de Membro Superior	24
Figura 5 – (a) Prótese Corporal e (b) Prótese Híbrida.....	27
Figura 6 – (a) Prótese de Mão Mioelétrica e (b) Prótese Transradial Mioelétrica	28
Figura 7 – Funcionamento de uma Prótese Mioelétrica	29
Figura 8 – Coto do amputado de Membro Superior.....	30
Figura 9 – Eletrodos (a) invasivos e (b) não invasivos.....	31
Figura 10 – Músculos superficiais do braço e antebraço.....	32
Figura 11 – Prótese de Membro Superior Mioelétrica Osseointegrada.....	33
Figura 12 – Próteses desenvolvidas com impressão 3D.....	36
Figura 13 – Prótese mioelétrica de braço	41
Figura 14 – Movimentação de Blocos	45
Figura 15 – Síntese da Fundamentação Teórica	48
Figura 16 – Diagrama da Metodologia.....	50
Figura 17 – 1º Busca nas bases de dados.....	59
Figura 18 – Filtros 2 e 3	60
Figura 19 – 2º Busca nas bases de dados.....	62
Figura 20 – Filtros 2 e 3	62
Figura 21 – Amputações de MMSS de 2010-2020 com procedimento 0408060042	65
Figura 22 – Amputações de MMSS de 2010-2020 sem procedimento 0408060042.....	66
Figura 23 – Prótese E-nabling The Future (El Medallo).....	71
Figura 24 – Prótese Inmoov	72
Figura 25 – Prótese Hackberry	74
Figura 26 – Sequência de movimentos realizado pela usuária I.....	76
Figura 27 – Sequência de movimentos realizado pelo usuário II.....	78
Figura 28 – Conjunto peças elétricas.....	86
Figura 29 – Peças para Placa de circuito	87
Figura 30 – Peças montadas (R\$ 6.253,00).....	87
Figura 31 – Botões e componentes.....	88
Figura 32 – Diagrama de bloco do sistema da prótese Exiii Hackberry	89

Figura 33 – Prótese Hackberry	90
Figura 34 – Punho e antebraço da prótese	90
Figura 35 – Impressoras 3D (a) e (b) utilizadas	92
Figura 36 - Protótipo mão e antebraço direito	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Propriedades Mecânicas e características de impressão de diferentes materiais...	38
Quadro 2 – Pesquisas Abandono de Tecnologia Assistiva e Abandono de Próteses de Membros Superiores e Capacidade Funcional	60
Quadro 3 – Lista com pesquisas inerentes ao Desenvolvimento de Próteses Acessíveis	63
Quadro 4 – Escopo do projeto	64
Quadro 5 – Síntese das respostas.....	67
Quadro 6 – Síntese <i>Score</i> Índice de Barthel	69
Quadro 7 – Requisitos da usuária I e usuário II	78
Quadro 8 – Atributos	79
Quadro 9 – Método Akao (1990)	80
Quadro 10 – Método de Pugh (1991)	82
Quadro 11 – Estimativa de preço dos componentes não impressos da prótese Hackberry	85
Quadro 12 – Botões e Componentes	88
Quadro 13 – Orçamentos	91
Quadro 14 – Especificação Técnica do Material PLA	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEPRO	Associação Brasileira de Engenharia de Produção
ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno
ADA	<i>American with Disabilities Act</i>
AIH	Autorizações de Internação Hospitalar
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
AVDs	Atividades da Vida Diária
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CF	Capacidade Funcional
DC	<i>Direct current</i>
DOF	<i>Degrees of freedom</i>
EEG	Eletroencefalográfico
EMG	Eletromiografia
FDA	<i>Food Drug Administration</i>
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i>
FFF	<i>Fused Filament Fabrication</i>
IEA	<i>International Ergonomics Association</i>
kHz	Kilohertz
MMSS	Membros Superiores
PLA	Ácido Polilático
PETG	Politereftalato de Etileno Glicol
PEEK	Polieteretercetona
PVC	Policloreto de Vinila
RP	<i>Rapid Prototyping</i>
SMEG	Sinal de Eletromiografia de Superfície
SVM	<i>Support Vector Machine Classificador</i>
SHP	<i>Soft Hand Pro</i>
TA	Tecnologia Assistiva
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
ULA	<i>Activities Measure for Upper-Limb Amputees</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	12
1.2	PROBLEMÁTICA	14
1.3	OBJETIVOS: GERAL E ESPECÍFICO.....	16
1.4	JUSTIFICATIVA	17
1.5	ADERÊNCIA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO E DELIMITAÇÃO	20
1.6	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1	PESSOAS COM DEFICIÊNCIA	21
2.1.1	Amputações	22
2.2	TECNOLOGIA ASSISTIVA	23
2.2.1	Próteses Mioelétricas	26
2.2.1.1	Manufatura Aditiva.....	36
2.2.1.2	Polímeros acessíveis de impressão 3D	37
2.3	DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	39
2.3.1	Ergonomia e Tecnologia Assistiva.....	41
2.3.2	Ergonomia em produtos.....	42
2.3.3	Usabilidade	43
2.4	CAPACIDADE FUNCIONAL	45
2.5	SÍNTESE DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	47
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	49
3.1	CARACTERIZAÇÃO GERAL DA PESQUISA.....	49
3.1.1	Natureza Aplicada	49
3.1.2	Pesquisa Exploratória	49
3.1.3	Pesquisa Descritiva	49
3.1.4	Abordagem Qualitativa.....	50
3.1.5	Procedimentos Técnicos	50
3.2	ETAPAS DA PESQUISA	51
3.2.1	Etapa Teórica	51
3.2.2	Etapa Prático Conceitual	52
3.2.2.1	Fase 1 – Planejamento do Projeto.....	52
3.2.2.2	Fase 2 – Projeto Informacional.....	53
3.2.2.2.1	<i>Fase 2 – Levantamento dos Requisitos dos Usuários</i>	<i>55</i>

3.2.2.2.2	<i>Fase 2 – Priorização dos requisitos do usuário</i>	55
3.2.2.3	Fase 3 – Projeto Conceitual	56
3.2.2.3.1	<i>Detalhamento das concepções viáveis</i>	56
3.2.2.3.2	<i>Fase 3 - Modelamento da concepção</i>	57
3.2.2.3.3	<i>Estimativa Econômica dos Componentes Não impressos da Prótese Mioelétrica</i>	57
3.2.2.3.4	<i>Características da prótese, definição do material, renderização e identificação do processo de fabricação</i>	57
4	DESENVOLVIMENTO	59
4.1	ETAPA TEÓRICA	59
4.2	ETAPA PRÁTICO CONCEITUAL.....	64
4.2.1	Fase 1 - Planejamento do Projeto	64
4.2.2	Fase 2 - Projeto Informacional	67
4.2.2.1	Questionário on-line – Índice de Barthel	67
4.2.3	Fase 2 - Levantamento dos Requisitos do Usuário	70
4.2.3.1	<i>Fase 2 – Determinação da possível solução</i>	70
4.2.3.2	Entrevista semiestruturada (APÊNDICE C) usuário I por meio de Vídeo Conferência.....	75
4.2.3.3	Entrevista presencial semiestruturada usuário II	76
4.2.3.3.1	<i>Fase 2 – Determinação da possível solução</i>	79
4.2.3.3.2	<i>Fase 2 – Priorização dos requisitos</i>	80
4.2.4	Fase 3 - Projeto Conceitual	81
4.2.4.1.1	<i>Detalhamento das concepções viáveis</i>	81
4.2.4.1.2	<i>Fase 3 - Modelamento da concepção</i>	83
4.2.4.1.3	<i>Estimativa Econômica dos Componentes Não impressos da Prótese Mioelétrica</i>	84
4.2.4.1.4	<i>Fase 3 - Características da prótese, definição do material, renderização e identificação do processo de fabricação</i>	88
5	CONCLUSÕES	95
	REFERÊNCIAS	98
	ANEXO A – SEÇÃO I -QUESTIONÁRIO SOCIODEMOGRÁFICO	122
	ANEXO B – SEÇÃO II - QUESTIONÁRIO E PONTUAÇÃO ÍNDICE DE BARTHEL	123
	ANEXO C – RESPOSTA VIA E-MAIL DO MINISTÉRIO DA SAÚDE	124
	ANEXO E – DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES IMPRESSOS	127
	APÊNDICE A – TCLE – QUESTIONÁRIO SOCIODEMOGRÁFICO E ÍNDICE DE BARTHEL	131
	APÊNDICE B – TCLE – ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS	133
	APÊNDICE C – ROTEIRO DAS ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS	135

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo busca apresentar a contextualização da pesquisa inerente aos temas abordados, apresenta as variáveis em relação a problemática envolvida, delimita os objetivos propostos, justifica com dados econômicos e sociais e apresenta a aderência ao tema da Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

As limitações dessa pesquisa foram em decorrência da recusa por parte dos amputados em responder a pesquisa e a ocorrência da pandemia do COVID-19¹, ocasionando a suspensão das atividades presenciais na UFSC, por meio das Portarias 352, 353, 354, 355 e 356², e o adiamento do início do segundo trimestre de 2020. Por conta disso, ocorreu o distanciamento social, tendo como consequência o estudo remoto das disciplinas obrigatórias e orientação de mestrado, através das plataformas de Webconferência *Google Meet* e *Microsoft Teams* e rede social *WhatsApp*.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Estima-se que cerca de 0,5% da população global necessite de tratamento protético, ortótico ou de reabilitação, e que atualmente 1 em cada 10 pessoas necessitadas de tratamentos tem acesso a esses dispositivos. Estima-se que exista 1 bilhão de pessoas no mundo com algum tipo de deficiência (OMS, 2017; ONU, 2018).

No Brasil, houve 63.516 amputações de Membros Superiores e Inferiores no ano de 2020, sendo a região sudeste a que registrou o maior percentual de incidências, com 42,2%, seguida pela região nordeste com 30%, sul com 15,3%, centro oeste com 6,35% e norte com 6,15%. As amputações de Membros Inferiores, amputação de dedos (Membro Superior ou Inferior) e amputação de pé e tarso, representam 97% das cirurgias e 91% destas foram realizadas em regime de urgência (BRASIL, 2021).

Devido às amputações, pacientes podem apresentar dificuldades na execução de Atividades da Vida Diária (AVDs), gerando assim uma perda de sua independência,

¹ A COVID-19 é uma doença infecciosa, causada pelo vírus SARS-CoV-2 (OPAS, 2021).

² Disponível em: <https://ppgep.ufsc.br/2020/04/16/5215/>. Acesso em: 28 jul. 2021.

surgimento de sentimentos de inferioridade e até mudanças em sua vida afetiva e sexual (CHAMLIAN; STARLING, 2013; CASTELLINI, 2019; BARRON, 2020). As pessoas que sofreram amputações trazem em sua imagem corporal sinais que as identificam como sendo diferentes e muitas vezes passam a ser vistos como imperfeitos e incapazes (PINHEIRO; GUTERREZ, 2017). Esses estigmas estão relacionados com a identidade social dos sujeitos e dos grupos sociais. Avaliar a Capacidade Funcional (CF) é verificar a autonomia e independência da pessoa no desempenho das Atividades da Vida Diária (SUMIYA, 2009).

Neste cenário, a Tecnologia Assistiva (TA) idealiza produtos com propósitos específicos para auxiliar a superar dificuldades e melhorar a independência do usuário (ROSE et al., 2004). Diante disso, a TA deve ser compreendida como um recurso que amplia a independência, contribui com a participação e pode diminuir os custos dos serviços de saúde e favorecer o apoio à Pessoa com Deficiência (PcD).

Próteses são dispositivos de Tecnologia Assistiva fundamentais para aumentar a Qualidade de Vida de muitas pessoas. Elas são desenvolvidas a fim de suprir ou corrigir alterações em órgãos e membros ou a deficiência de funções do corpo humano (GOLDEN CROSS, 2021). No entanto, próteses de Membros Superiores altamente tecnológicas não são acessíveis a todos, principalmente devido ao seu custo elevado, funcionalidade limitada, velocidade de operação lenta, complexidade, massa, dimensões, entre outras características, que podem dificultar sua aquisição e utilização (PRAKASH; SHARMA, 2020).

Portanto, o acesso a TA e a metodologias que assistam à população no ganho ou aumento de mobilidade é fundamental em um país em desenvolvimento como o Brasil (PAVANI, 2011). O desenvolvimento de próteses tem função de ampliar a Capacidade Funcional, participação e autonomia das pessoas com deficiência física (BRACK; AMALU, 2021). Em vista disso, o projeto de produtos deve considerar todo o ciclo de vida, não somente aspectos técnico-funcionais, mas também a ergonomia, matéria-prima, manutenção e descarte (BACK, et al., 2008; ROZENFELD et al., 2016). Sendo assim o objetivo desta pesquisa é considerar a Capacidade Funcional de amputados de Membros Superiores no desenvolvimento conceitual de uma prótese mioelétrica acessível.

Esta pesquisa é inserida na área de Produto, visa o desenvolvimento conceitual de TA de Membro Superior acessível, com base nas necessidades apontadas por usuários e suas Capacidades Funcionais em realizar atividades do dia a dia.

1.2 PROBLEMÁTICA

Diante do crescente número de amputados no Brasil e no mundo, relacionados principalmente a traumas, acidentes e doenças como câncer e diabetes, são exigidas soluções de TA adequadas a cada situação. A modo de exemplo, a cada minuto três pessoas sofrem amputações devido à diabetes, doença que acomete cerca de 442 milhões de pessoas no mundo. A Diabetes está entre as 10 principais causas de morte no mundo, após um aumento percentual significativo de 70% desde 2000 (OPAS, 2020).

Estima-se que cerca de 80% das amputações de Membros Superiores sejam decorrentes de traumas, ou seja, causadas por acidentes de trânsito, de trabalho ou ferimentos por armas de fogo, ocorrendo com maior prevalência em homens de 15 a 45 anos (MADURI; AKHONDI, 2021). Esses são possíveis usuários de próteses de longo prazo e consumidores de serviços de saúde relacionados à prótese, resultando em elevados custos ao sistema de saúde (ETTER; BORGIA; RESNIK, 2014). O tratamento protético pode chegar a custar US\$ 100.000 (DAY, 2020).

Elevados custos dos dispositivos estão relacionados a complexidade de funcionamento dos Membros Superiores, identificada em seus feixes neurovasculares, vasos linfáticos, músculos e ossos que se unem e formam um sistema funcional para realizar atividades diárias (MADURI; AKHONDI, 2021). A mão, por exemplo, tem 27 ossos principais e mais de 20 articulações articulares com um total de 27 graus de liberdade, e aproximadamente 1/6 de todos os ossos e músculos do corpo estão nas duas mãos (BERTOS; PAPADOPOULOS, 2019). Com essa complexidade, nota-se a dificuldade em desenvolver próteses funcionais, capazes de realizar estas atividades.

O desenvolvimento de próteses sob a ótica da ergonomia ou dos fatores humanos³ considera os seguintes aspectos: o conhecimento das características dos usuários, a expectativa do usuário quanto à funcionalidade e uso do produto, o ambiente e os aspectos culturais de acesso a treinamento e assistência, contribuindo para que sejam utilizadas de forma correta e de fato contribuam com a recuperação (MARTIN et al., 2010). Pesquisas demonstram que o abandono de próteses, está associado a problemas de funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, conforto e aparência (BRACK; AMALU, 2021).

³ Disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema (ABERGO, 2021).

Dispositivos que não restauram uma aparência realista geralmente são rejeitados pelos usuários (BILLOCK, 1986).

Sugawara et al. (2018) relataram que, dentre 900 usuários de Tecnologia Assistiva, 643 pessoas receberam algum tipo de dispositivo, 81,65% (525) destes utilizaram até 3 dispositivos, obtendo um total de 1.558 dispositivos com um percentual geral de abandono de 19,38% (302). Os resultados das entrevistas mostraram que dentre os 15 usuários de próteses de Membros Superiores, a taxa de abandono foi de (53,3%) (8), tendo como motivos a piora da sua Capacidade Funcional e dificuldades relacionadas aos estigmas dos usuários. Em segundo lugar, as próteses de Membros Inferiores obtiveram um nível de abandono de 33,87% (5) devido a fatores relacionados ao tamanho inadequado e a dificuldades em adaptação no uso de próteses.

Resnik et al. (2020) realizaram uma pesquisa com 562 veteranos de guerra amputados de Membros Superiores unilaterais e 23 amputados bilaterais⁴. Entre os amputados unilaterais⁵, 33,9% (190) não utilizavam próteses no início da pesquisa, após 1 ano esse percentual diminuiu para 32,4% (182). Dentre os 562, 59,8% (336) usavam sua prótese regularmente, destes 20,2% (68) eram usuários de próteses mioelétricas. A pesquisa demonstrou, após 1 ano, o tempo e o percentual que os 336 usuários utilizavam suas próteses, sendo: mais de 12 horas 36,3% (122), entre 8 e 12 horas 19,4% (65), entre 4 e 8 horas 17,6% (59), entre 2 e 4 horas 4,2% (14) e menos de 2 horas 12,8% (43). Em relação à frequência de uso, usavam diariamente 78,3% (263), semanalmente 14,3% (48), mensalmente 4,5% (15) e poucos meses 2,7% (9). Os autores identificaram que as maiores taxas de abandono estariam ligadas ao uso esporádico dos dispositivos e à insatisfação com o dispositivo.

Uma pesquisa realizada por Parant, Lomoriello e Marchan (2016), na Universidade de Poitiers, na França, com 49 participantes, mostrou que o abandono de TA ocorria devido ao uso desses recursos evidenciar seu estigma, chamando a atenção ao fazer uso deste tipo de tecnologia. Biddis e Chau (2007) relataram que dos 242 usuários de próteses estudados, a taxa de abandono ficou em 19% (46), pelos seguintes fatores: ausência bilateral dos membros, origem da ausência do membro e nível de amputação.

⁴ Amputados bilaterais – quando dois membros de uma mesma pessoa são amputados (CONFOPES, 2021).

⁵ Amputados Unilaterais - quando um membro de uma pessoa é amputado (CONFOPES, 2021).

Carey, Lura e Highsmith (2015) realizaram uma pesquisa sobre as diferenças entre próteses mioelétricas e próteses corporais. As evidências foram insuficientes para concluir qual prótese oferece maior vantagem, portanto, os autores recomendaram que a escolha da prótese seja de acordo com os requisitos individuais do usuário.

As necessidades dos usuários de próteses de Membros Superiores diferenciam de pessoa para pessoa (KERVER et al., 2020). Assim, a personalização e aquisição de próteses de Membros Superiores é oportunizada pela utilização da impressão 3D, uma tecnologia acessível com potencial para melhorar os aspectos funcionais e emocionais dos indivíduos amputados (STOCCO; RODRIGUES, 2020; MÜHLBAUER et al., 2020; BRACK; AMALU, 2021). Os insumos utilizados na impressão 3D podem influenciar no desempenho e funcionalidade da prótese mioelétrica (PAVANI; PAVANI; RIBEIRO, 2015; BRACK; AMALU, 2021). Com o intuito de desenvolver uma prótese mioelétrica conceitual, essa pesquisa questiona:

Qual o potencial do desenvolvimento conceitual de uma prótese mioelétrica de membro superior acessível na contribuição para realização das atividades da vida diária pelos amputados?

1.3 OBJETIVOS: GERAL E ESPECÍFICO

Esta pesquisa tem como objetivo geral aplicar o projeto conceitual de uma prótese mioelétrica acessível considerando a Capacidade Funcional de amputados de Membros Superiores.

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- a) identificar os aspectos inerentes ao funcionamento da prótese mioelétrica de Membro Superior considerando a Capacidade Funcional dos usuários;
- b) levantar informações com PcD ou amputados usuários de próteses de Membros Superiores acerca das dificuldades na realização das Atividades da Vida Diária;
- c) definir os requisitos necessários para o desenvolvimento conceitual de uma prótese mioelétrica de MS;

1.4 JUSTIFICATIVA

Embora exista muita literatura sobre indivíduos submetidos à amputação de Membros Inferiores, as informações sobre amputação de Membros Superiores são limitadas. Amputações de Membros Superiores causam inúmeros desafios físicos e psicossociais (SHAHSAVARI et al., 2020).

A amputação afeta o estado mental, o trabalho, a Capacidade Funcional e a imagem corporal dos amputados (MADURI; AKHONDI, 2021). Contudo, a reabilitação e a prótese visam otimizar a Capacidade Funcional para o espectro de indivíduos com perda de membro (KESZLER et al., 2019).

Hung e Wu (2005) realizaram um estudo com um amputado Transumeral bilateral, ou seja, entre a articulação do ombro e o cotovelo (BIONICENTER, 2021). O amputado utilizava a prótese corporal há 10 anos, por período de mais de 8 horas diárias, realizando diversas atividades. A prescrição dos dispositivos terminais foi orientada pelas necessidades do paciente, na extremidade de sua prótese existe uma espuma capaz de segurar de forma individual faca, garfo, escova de dente e pente (Figura 1a). Há também uma barra de digitação, desenvolvida em material alumínio envolto em um termoplástico (Figura 1b) e um gancho utilizado para auxiliar na atividade de vestir-se. Os autores verificaram a Capacidade Funcional do amputado com auxílio do Índice de Barthel, seu *score* de 100 pontos identificou que o amputado era totalmente independente, sendo capaz de vestir-se, alimentar-se, escovar-se, dentre outras AVDs.

Figura 1 – (a) Prótese Corporal e (b) Barra de digitação



Fonte: Hung e Wu (2005, p. 2212)

A utilização de próteses demonstra ter um impacto positivo na mobilidade e em doenças como a depressão (LECHLER et al., 2018). Juntamente com as próteses, a integração social e o suporte dos familiares desempenham um papel significativo na minimização da depressão, amputados com menores percepções de apoio social e maiores necessidades de auxílio na realização das AVDs estão associadas a sintomas da doença (SHORES; BRANDACHER; LEE, 2015).

As necessidades individuais dos amputados podem facilitar o sucesso na utilização das próteses, conseqüentemente, a melhor funcionalidade da prótese e o treinamento individualizado do usuário auxiliam no uso a longo prazo (OSTLIE et al., 2012; SENSINGER; HILL; SYBRING, 2019).

Embora ofereçam em determinados casos maior funcionalidade, as próteses mioelétricas representam um sistema de alta complexidade e, por esse motivo, alguns modelos de próteses podem chegar a custar US\$ 75.000, limitando seu acesso a pessoas pertencentes a países de baixa renda (RIET et al., 2013; PRAKASH; SHARMAN, 2020). Geralmente essas próteses são mais vulneráveis e mais difíceis de serem controladas pelos usuários (KERVER et al., 2020).

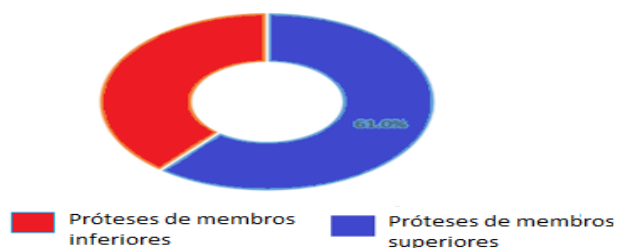
Esse preço faz com que metade do mercado atual de próteses de Membros Superiores seja de sistemas acionados por cabos (MERRIL et al., 2011). Resnik et al. (2020) revelam que dos 449 usuários de próteses superior entrevistados, 334 (74,4%) eram usuários de próteses acionadas por cabos (corporais). Essas próteses são controladas por cabos presos ao membro sadio do amputado por meio de arneses. Há algumas desvantagens em sua utilização: elas requerem uma considerável potência do corpo para acionar a prótese, produzem um agarre de objetos não natural e determinados usuários relatam desconforto ao utilizá-las (UELLEND AHL, 2017).

O mercado global de próteses mioelétricas foi avaliado em US\$ 196.88 milhões em 2019 e deverá atingir US\$ 779.84 milhões até o ano de 2027. A América Latina, o Oriente Médio e a África apresentarão um crescimento substancial de cerca de 20,3% até 2026. O crescimento é impulsionado por diferentes fatores, dentre eles o crescente número de casos de diabetes e doenças associadas que levam à isquemia crítica de membros, crescente número de acidentes que levam à amputação de membros em países em desenvolvimento, maior renda e maior conscientização em países desenvolvidos, propiciando uma maior aceitação do produto (MEDGADGET, 2020). Pesquisas revelam que mais de 85% das pessoas com amputações transradiais pertencem a países em

desenvolvimento e não podem pagar pelas próteses (OMS, 2017; HAMNER, NARAYAN, DONALDSON, 2013; PRAKASH; SHARMA, 2020).

A Figura 2 representa o percentual de participação de mercado global das próteses de Membros Superiores (61%) e Inferiores (39%) (MEDGADGET, 2020).

Figura 2 – Mercado mundial de Próteses



Fonte: Site da empresa reportsanddata⁶ (2021)

Mesmo com o crescimento milionário do mercado de próteses, empresas que comercializam próteses mioelétricas possibilitam no máximo quatro tamanhos padrão de próteses (OYMOTION, 2020; STEEPER, 2021). Tendo em vista essa padronização, que muitas vezes dificulta a utilização do usuário e pode causar até mesmo abandono, alguns pesquisadores utilizam equipamentos como o escâner 3D, para digitalizar os membros ou partes amputadas, objetivando o desenvolvimento de próteses tendo como base as dimensões reais do usuário (VALPREDA, 2015). Posteriormente, são manufaturadas em impressão 3D, podendo ter vantagens em relação a liberdade de design, recursos de personalização, sem requisitos de montagem, reposição acessível de componentes danificados da prótese (KU et al., 2019).

Por isso, esta pesquisa propõe o desenvolvimento conceitual de um dispositivo funcional acessível, que tenha um papel social importante na união da Engenharia e Deficiência Física.

No âmbito acadêmico, esta pesquisa se justifica contribuindo para a expansão do conhecimento científico em uma área ainda pouco explorada dentro da Engenharia de Produção, fornecendo uma base de conhecimento sobre as etapas envolvidas no processo de desenvolvimento conceitual de uma prótese mioelétrica de Membro Superior.

⁶ Disponível em: <https://www.reportsanddata.com/report-detail/myoelectric-prosthetics-market>. Acesso em: 14 jul.2021.

1.5 ADERÊNCIA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO E DELIMITAÇÃO

Esta pesquisa apresenta aderência à área de Engenharia de Produto, na linha de pesquisa de desenvolvimento de produtos que tem como um dos objetivos, implementar técnicas para o desenvolvimento de novos produtos (UFSC, 2021). O desenvolvimento conceitual de uma prótese mioelétrica permitirá evidenciar os benefícios básicos, sua estrutura, materiais, lista de itens e estimativa de custos por meio da verificação das necessidades do usuário e as tecnologias utilizadas.

Se delimita tematicamente à Tecnologia Assistiva de Membro Superior impressa em 3D. A pesquisa delimita-se a levantar informações acerca da Capacidade Funcional de amputados de Membros Superiores para o desenvolvimento conceitual de uma prótese mioelétrica de Membro Superior.

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A estrutura da dissertação inicia-se no Capítulo 1 com a introdução englobando a contextualização, problemática, pergunta de pesquisa, objetivos geral e específicos, justificativa e aderência ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da UFSC e a sua respectiva linha de pesquisa, definida como Produto.

Em seguida, no Capítulo 2 será apresentada a Fundamentação Teórica, que discute os temas da pesquisa, sendo estes: PcD, Tecnologia Assistiva, Desenvolvimento de produtos e Capacidade Funcional, finalizando com uma Síntese da Fundamentação Teórica.

No Capítulo 3 serão apresentados os Procedimentos Metodológicos que identificam a linha do tempo percorrida durante o mestrado e os procedimentos técnicos adotados (etapas e fases) seguidos durante a pesquisa e a caracterização geral da pesquisa.

No Capítulo 4 será apresentado o desenvolvimento da dissertação demonstrando os resultados obtidos nas etapas da pesquisa, sendo em seguida apresentada a conclusão, no Capítulo 5.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados os principais temas para o desenvolvimento da pesquisa, incluindo temas sobre PcD, Amputações, Tecnologia Assistiva contemplando Próteses, Próteses Mioelétricas Acessíveis, Manufatura Aditiva, Desenvolvimento de Produtos (Projeto Conceitual), Usabilidade, Ergonomia, Ergonomia em Produtos e Capacidade Funcional a fim de possibilitar conceitos para o desenvolvimento conceitual de uma prótese mioelétrica.

2.1 PESSOAS COM DEFICIÊNCIA

O Brasil possui mais de 17 milhões de PcD, o que representa 8,4% da população (IBGE, 2019). No Brasil, as PcD possuem respaldos em documentos legais, ou seja, direitos estabelecidos que lhes asseguram a não discriminação, prioridade no atendimento, o acesso e a permanência nas instituições de educação, entre outros. Alguns destes documentos são o decreto nº 3.956/01 que promulga a Convenção Interamericana para eliminação de todas as formas de discriminação contra as Pessoas com Deficiência (BRASIL, 2001). O decreto nº 5.296/04, regula a lei nº 10.048, dando prioridade de atendimento às Pessoas com Deficiência e estabelece normas gerais e critérios básicos para a acessibilidade (BRASIL, 2004). O decreto de nº 6.949/09, promulga a Convenção Internacional sobre os direitos das Pessoas com Deficiência (BRASIL, 2009) e o decreto de nº 7.611/11 dispõe sobre atendimento educacional especializado (BRASIL, 2011). Além da Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (BRASIL, 2015).

Segundo esta lei, considera-se Pessoa com Deficiência:

aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas (BRASIL, 2015, p.1).

As deficiências físicas podem ser divididas em: congênitas, aquelas que acompanham o indivíduo desde a concepção; e adquiridas, todas que vierem a se estabelecer ou afetar os modos de ser do físico da pessoa normal, ao longo de sua existência. A Pessoa com Deficiência física adquirida se depara com uma condição desconhecida, grave e incapacitante por um longo período, ou para o restante da vida, o

que implica na autoimagem, no reconhecimento da nova condição física, na relação com o mundo e com as pessoas que a cercam, numa relação de múltiplas determinações para o enfrentamento da nova vida (SCHOELLER et al., 2013).

2.1.1 Amputações

A palavra amputação, derivada do latim, tem o significado de *ambi* (ao redor de/em volta de) e *putatio* (podar/retirar) (CARVALHO, 2003). É o processo pelo qual se separa do organismo, parcial ou totalmente, mediante cirurgia, um membro ou outra parte do corpo (SMELTZER; BARE, 2005).

Boccolini (2000) evidencia que as amputações, de acordo com sua etiologia, são classificadas em três tipos: congênitas, em que o paciente já nasce com ausência de um membro ou parte dele; traumáticas que são causadas por traumas violentos; e vasculares, decorrentes de moléstias circulatórias, tumorais ou infecciosas.

Independentemente da causa, a amputação traz uma dramática mudança funcional, prejudicando muitos aspectos da vida diária e a qualidade de vida (PENTEK et al., 2020). A depender da nova funcionalidade e da associação de fatores pessoais, socioambientais e culturais, as limitações impostas podem restringir a participação e a inclusão social (XU; KOHLER; DICKSON, 2011).

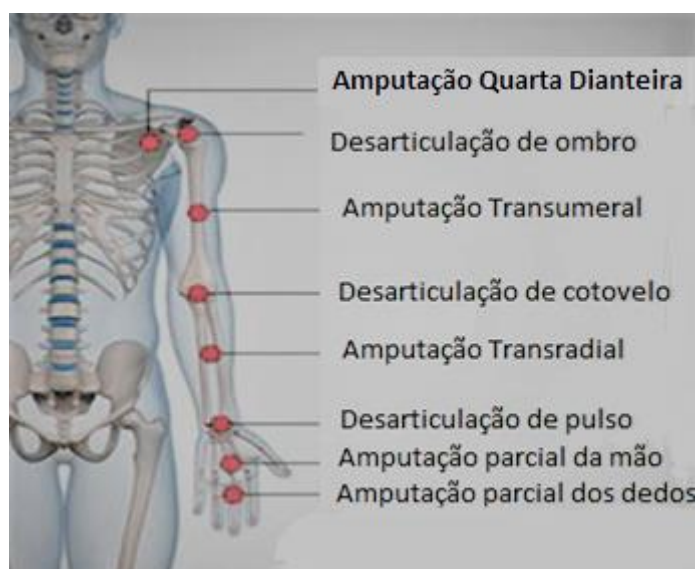
Apesar de todos os avanços tecnológicos da saúde, paradoxalmente, a amputação continua sendo um dos principais procedimentos terapêuticos utilizados, aumentando o número de PcD no país (SCHOELLER et al., 2013). Existem níveis de amputações para classificação do coto⁷, dimensionando o percentual do membro residual. Geralmente preserva-se o máximo possível do membro, o que facilita a reabilitação do paciente com a utilização de próteses (GABARRA; CREPALDI, 2009).

Diferentes níveis de amputação dos Membros Superiores são representados na Figura 3. A amputação transfalângica (mão parcial) envolve o polegar ou vários dedos. A amputação transcarpal envolve amputação dos dedos e parte da mão abaixo do pulso. A desarticulação do pulso se refere à amputação de toda mão na altura do pulso. A amputação transradial (abaixo do cotovelo) é uma amputação no antebraço (entre o

⁷ Parte do membro que permanece após a cirurgia de amputação, que pode ser feita em casos de má circulação em pessoas com diabetes, tumores ou traumatismos provocados por acidentes (TUASAUDE, 2019).

cotovelo e o pulso), a desarticulação do cotovelo refere-se a uma amputação no cotovelo, e a amputação Transumeral (acima do cotovelo) é uma amputação na parte superior do braço (entre cotovelo e ombro). A desarticulação do ombro se refere à amputação no ombro e não inclui a omoplata (a clavícula pode ou não ser removida). A amputação quarta dianteira se refere à amputação do ombro, onde a omoplata e a clavícula também são removidas (CPO, 2021).

Figura 3 – Níveis de amputações dos Membros Superiores



Fonte: Site Comprehensive Prosthetics & Orthotics ⁸ (CPO, 2020, tradução nossa)

O número de vítimas de amputações tem crescido de forma preocupante, tendo como principais fatores de risco as doenças vasculares, o diabetes mellitus, o fumo, a hipertensão, o trauma e as malformações congênitas (SEIDEL et al., 2008).

2.2 TECNOLOGIA ASSISTIVA

A Tecnologia Assistiva (TA) foi criada oficialmente em 1988 como um recurso jurídico dentro da legislação norte americana, conhecida como *Public Law 100-407*, que compõe, com outras leis, a *American with Disabilities Act (ADA)*, promulgada em 1990. Essas leis regulam os direitos das PcD nos EUA, além de auxiliar de forma jurídica a

⁸ Tradução: Forequarter, Shoulder Disarticulation, Transhumeral, Elbow Disarticulation, Transradial, Wrist Disarticulation, Partial hand e Fingers. Disponível em: <https://www.cpousa.com/upper-extremity-prosthetics-2/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

compra de recursos (BERSCH, 2006).

A TA auxilia na promoção dos direitos humanos das PcD. No intuito de melhorar suas capacidades funcionais são idealizados projetos com propósitos específicos (ROSE et al., 2004). No Brasil, o conceito de TA ficou consignado na Lei Brasileira de Inclusão (LBI) ou Estatuto das Pessoas com Deficiência, que reproduziu o conceito elaborado pelo Comitê de Ajudas Técnicas. A LBI, em seu artigo 3º, inciso III define Tecnologia Assistiva como:

...produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (BRASIL, 2015, p.1).

Os recursos de TA são classificados de acordo com objetivos funcionais a que se destinam (BERSH, 2017). Atualmente, existem recursos a pessoas amputadas com a função de auxiliar no processo de readaptação social, dentre elas, a prótese (Figura 4). Este dispositivo permite recuperar parte da independência funcional e a autonomia da pessoa amputada (CHESANI; NEGRETTI; GROSSKOPF, 2019).

Figura 4 – Prótese Corporal de Membro Superior



Fonte: Site Associação dar a Mão⁹

Considerando o elevado número de procedimentos de amputação no Brasil (63.516 amputações no ano de 2020), o Governo Federal criou leis para aquisição de Órteses, Próteses e Materiais Especiais (OPME) pelas unidades hospitalares subordinadas ao Ministério da Saúde. Com essa legislação, foram dispensadas 3.298.667 órteses,

⁹ Disponível em: <https://daramao.org/produto/shop/livro-fisico-joia-rara-de-geane-poteriko/>. Acesso em: 8 ago. 2021.

próteses e meios auxiliares no primeiro semestre de 2020 (BRASIL, 2020).

O uso ou o abandono das TAs são temáticas de interesse do Governo Federal, visto que são tecnologias que requerem recursos financeiros. Tratando-se de serviços do Sistema único de Saúde (SUS), os gastos em tecnologias que são abandonadas, além de evidenciarem falhas no processo de prescrição, levam a desperdício dos recursos públicos (COSTA, 2015).

Carrozza et al. (2006) revelaram que de 30 a 50% dos amputados de extremidades superiores não usavam suas próteses regularmente. Os principais motivos para isso foram a baixa funcionalidade e controlabilidade, bem como uma aparência não humanoide das próteses.

Ju, Kim e Choi (2021) realizaram uma pesquisa com 59 amputados de Membros Superiores na Coreia do Sul, com objetivo de auxiliar no desenvolvimento de próteses centradas no usuário, identificando aspectos relacionados na seleção de próteses. Os autores utilizaram o Índice de Barthel e a Escala Coreana de Atividades da Vida Diária - *Korean Activities of Daily Living* (K-ADL), os quais foram modificados e complementados. Do total de amputados, 93,2% (55) tinham experiência em utilizar próteses. As próteses cosméticas foram as mais utilizadas 71% (39), seguidas das próteses corporais de ganchos 20,1% (11), próteses híbridas 5,3% (3) e mioelétricas 3,5% (2). A maioria dos entrevistados, 98,3% (58), adquiriu deficiência devido a acidentes. Em relação a Capacidade Funcional, os entrevistados avaliaram que atividades como: dar nós em cadarços 45,8% (27), abotoar camisas 25,5% (15) e utilizar kuai-tzu¹⁰ 25,4% (15) eram difíceis ou impossíveis de serem realizadas. Aspectos como massa elevada 23,8% (14), insatisfação com as funções da prótese 18,8% (11), insatisfação com o design 13,5% (8), desgaste 13,5% (8), não é necessária 10% (6), alto custo 10% e desconforto no desprendimento 10% foram mencionados como os principais motivos de abandono. Missio e Queiroz (2018) relataram o abandono de prótese de Membro Superior devido o usuário relatar aparência desagradável da prótese.

Biddis et al. (2009) realizaram uma pesquisa com 242 PcD referente ao abandono protético. Os autores identificaram que 64,5% (156) eram considerados usuários frequentes de próteses. As taxas de abandono para mãos mioelétricas, ganchos movidos ao corpo e mãos passivas foram de 39%, 50% e 53%, respectivamente. O abandono das próteses está diretamente ligado à redução do senso de corporificação, ou

¹⁰ Kuai-tzu são pauzinhos para auxiliar na alimentação (MACAU, 2013).

seja, o senso de autolocalização e propriedade que os humanos sentem em relação a partes do corpo (MURRAY, 2008). Se uma prótese não evoca uma sensação de corporificação, é menos provável que o usuário a veja como útil e integrada ao seu corpo (MURRAY, 2004). Salminger et al. (2020) verificou que a taxa de abandono em todos os níveis de amputação foi de 44%. Entre os usuários, 92,86% ($n = 13$) usavam prótese mioelétrica, enquanto apenas um amputado (7,14%, $n = 1$) usava prótese corporal. A maioria dos respondentes reclamou do conforto (60,87%, $n = 14$), bem como da massa do dispositivo (52,17%, $n = 12$).

2.2.1 Próteses Mioelétricas

As próteses de Membros Superiores têm como função principal a melhoria da capacidade de manipulação do indivíduo, contribuindo para a realização das AVDs, a participação em atividades laborais, a ampliação da performance em determinada atividade, além de contribuir com a aceitação da aparência (HECKATHORNE, 2002). Para uma maior independência do usuário em suas atividades diárias, as pessoas amputadas necessitam ser protetizadas (CARVALHO, 2004).

Atualmente existem quatro tipos principais de dispositivos protéticos de Membros Superiores: passivos, acionados pelo corpo, mioelétricos e híbridos (SMAIL et al., 2020). As próteses passivas visam principalmente a substituição estética da parte do corpo ausente, enquanto as próteses acionadas pelo corpo utilizam um cabo e sistema de chicote para controlar o dispositivo (Figura 5a) (KEJLA, 1993; MILLSTEIN; HEGER e HUNTER, 1986). Próteses mioelétricas são próteses acionadas externamente sendo controladas por meios de sinais de eletromiográficos (EMG) registrados no membro residual (coto) do amputado (CAREY et al., 2015). As próteses híbridas (Figura 5b) combinam componentes elétricos e acionados pelo corpo em uma única prótese (SMAIL et al., 2020).

Figura 5 – (a) Prótese Corporal e (b) Prótese Híbrida



Fonte: (a) Site da empresa Medicalexpo (2021)¹¹

(b) Site da empresa Ortolab (2021)¹²

O conceito de uma prótese mioelétrica consiste na atividade elétrica naturalmente gerada pela contração muscular num membro residual, que é amplificada, processada e usada para controlar a corrente elétrica de uma bateria para um motor, que opera um membro artificial (VIDAL, 2008). Os sistemas de acionamento das próteses de mãos comerciais *Bebionic* e *Bebionic v2* exploram o método subatuado, ou seja, no mecanismo, o número de atuadores utilizados é menor que o número de DoFs fornecidos (KULKARNI; UDDANWADIKER, 2015; BELTER et al., 2013; LALIBERTÉ; GOSSELIN, 1998).

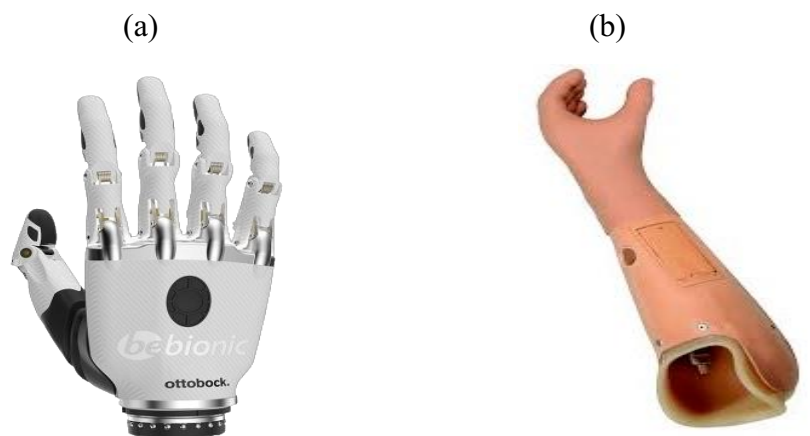
A prótese de mão mioelétrica (Figura 6a) *Bebionic* possui 14 graus de liberdade, podendo realizar diferentes posicionamentos e pegas. Seu preço é de R\$ 300.000,00 e necessitam serem utilizadas juntamente com luvas cosméticas, confeccionadas em material Policloreto de Vinila (PVC). Estas luvas são responsáveis por realizar duas funções: dar aparência natural, que contribui de forma importante para a integração harmoniosa da prótese à imagem geral do corpo, e proteger a mecânica da mão protética contra umidade, sujeira e poeira (OTTOBOCK, 2021).

A prótese Transradial Mioelétrica (Figura 6b) pode funcionar de forma mais simplificada, com a movimentação de pinça com um ou dois graus de liberdade e tem custo de R\$ 40.000,00 (CARROZZA et al., 2014).

¹¹ Disponível em: <https://www.medicaexpo.com/pt/prod/motorica/product-298257-981255.html>. Acesso em 24 jul. 2021.

¹² Disponível em: <http://www.lojaortolab.com/braco-hibrida.html>. Acesso em 24 jul. 2021.

Figura 6 – (a) Prótese de Mão Mioelétrica e (b) Prótese Transradial Mioelétrica



Fonte: Site da empresa *Ottobock*¹³ (2021)

Triwiyanto et al. (2020) desenvolveram uma prótese de mão mioelétrica que funciona com uma placa-mãe¹⁴ que controla a prótese. São utilizados eletrodos não invasivos e o Sinal de Eletromiografia (EMG)¹⁵ é gravado em modo bipolar¹⁶, oriundo do músculo extensor radial longo do carpo (Figura 7). Os autores utilizaram um amplificador embutido no eletrodo para diminuir o ruído no sinal EMG, por estar perto do amplificador principal. Além disso, o sinal EMG amplificado é digitalizado usando um conversor A/D¹⁷ integrado no microcontrolador Arduino Nano. A fim de diminuir o tamanho do circuito, o processo de filtragem foi conduzido no microcontrolador usando um filtro passa-banda¹⁸ digital.

¹³Disponível em: <https://www.ottobock.com.br/>. Acesso em 24 jul. 2021.

¹⁴Central que une todas as partes de um sistema. Disponível em: <https://www.waz.com.br/hardware/placa-mae>. Acesso: 23 jul. 2021.

¹⁵Os sinais EMG são a ativação elétrica neuromuscular gerada pelos músculos esqueléticos que contêm informações importantes sobre o movimento pretendido pelo usuário (MERLETTI; FARINA, 2016).

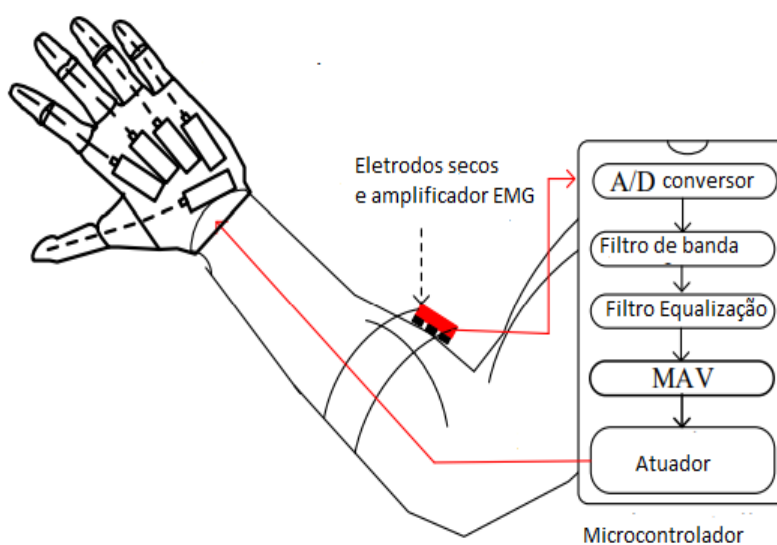
¹⁶Bipolar utiliza dois eletrodos de captação e referência, circuitos eletrônicos calcularão a diferença entre os sinais dos dois eletrodos. (BARROS, 2015).

¹⁷Conversor A/D transforma um sinal analógico, contínuo no tempo, em um sinal amostrado, discreto no tempo, quantizado dentro de um número finito de valores inteiros, determinado pela resolução característica do conversor em bits (8, 10, 12, 16) (EMBARCADOS, 2021).

¹⁸ Filtro passa baixa permite passagem de sinais em uma determinada faixa intermediária, ele irá atenuar sinais que estejam acima de determinada frequência (MUNDOPROJETADO, 2021).

O sinal EMG foi retificado e extraído pelo valor absoluto médio (MAV). A decisão de abrir e fechar a mão protética depende do nível de contração das fibras musculares, se o sinal EMG excede o valor limite predefinido ou não. Todos os cinco atuadores lineares são conectados ao pino Arduino Nano (cinco pinos), fazendo com que a prótese mioelétrica realize a movimentação dos dedos.

Figura 7 – Funcionamento de uma Prótese Mioelétrica



Fonte: Triwiyanto et al. (2020)

A utilização de sinais (EMG) para controlar próteses de Membros Superiores é uma opção importante, a qual oferece ao amputado autonomia e controle, com a contração dos músculos residuais (COSTA, 2015).

O estado do coto (Figura 8) do paciente é um pré-requisito para que uma prótese mioelétrica obtenha um melhor desempenho. A utilização de faixas elásticas ao redor do coto e a higienização são essenciais para mantê-lo protegido, anteriormente a protetização (INTO, 2016). O encaixe no coto é a base de qualquer sistema protético e quaisquer deficiências afetarão significativamente o sucesso da aceitação e uso da prótese pelo amputado (MUSICUS; DAVIS, 2013).

Figura 8 – Coto do amputado de Membro Superior

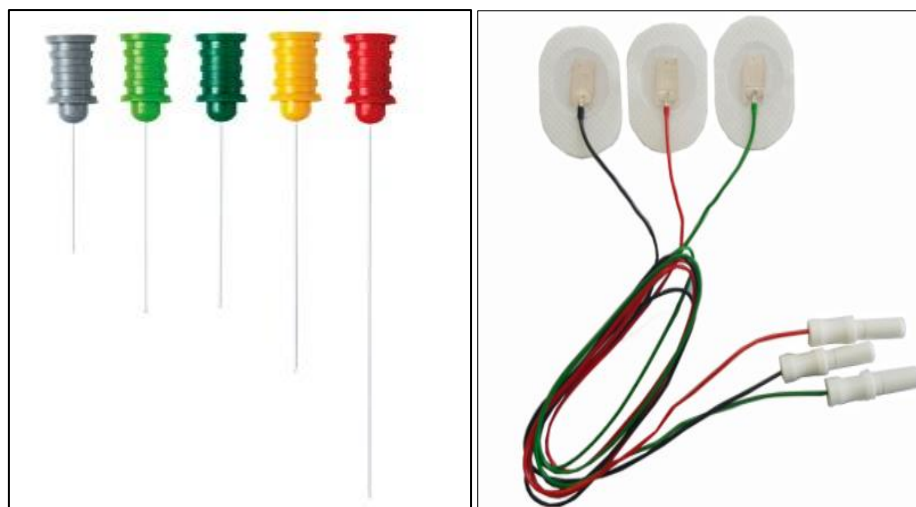


Fonte: Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (2016, p.10)

A aquisição dos sinais de eletromiografia pode ser realizada através de eletrodos invasivos ou não invasivos (Figura 9). Eletrodos invasivos (de fio ou agulha) são capazes de detectar o potencial de ação de uma única unidade motora, maiores amplitudes e espectro de potência mais amplo com frequências até 10 kHz. Estes eletrodos apresentam alguns inconvenientes, como a necessidade de esterilização, o perigo da quebra dos fios dentro do músculo e sobretudo o desconforto do paciente (ORTOLAN, 2002).

Os eletrodos não invasivos, podem ser utilizados sobre a pele do indivíduo. Esses eletrodos, chamados de eletrodos de superfície, capturam sinais de vários músculos de uma vez e são menos precisos que os implantados, porém apresentam um menor custo. A amplitude de um eletrodo não invasivo pode variar entre 50 μV e 5 mV (pico a pico) ou 0 a 1,5 mV (rms), dependendo da localização dos eletrodos, do tipo de músculo analisado, e do nível de contração exercida (KONRAD, 2005).

Figura 9 – Eletrodos (a) invasivos e (b) não invasivos



Fonte: (a) Invasivos¹⁹ e (b) Não invasivos²⁰ Site da empresa Kandel (2021).

O que diferencia os dois tipos de eletrodos é o volume condutor dos tecidos que se encontram entre o eletrodo e a fonte do sinal de eletromiografia (EMG). Esse volume condutor atua como um filtro, que pode modificar substancialmente o sinal adquirido. Para melhorar a captação do sinal, são utilizadas diversas configurações de eletrodos que permitem filtragem espacial (MERLETTI; FARINA, 2016).

Há diversos fatores que podem interferir no sinal adquirido. Dentre estes fatores, estão a inclinação dos eletrodos em relação à orientação das fibras musculares e o comprimento das fibras, pois esse determina a amplitude dos potenciais de fim de fibra. Interfere também a localização dos eletrodos, pois no caso dos eletrodos bipolares, a melhor localização é entre a zona de inervação e o tendão. Outro fator é o fenômeno de *crosstalk*, que acontece devido às propriedades do volume condutor e é definido como os sinais captados com EMG de um músculo, mas que na verdade pertencem a outro músculo adjacente (MERLETTI; FARINA, 2016).

Segundo Micera, Carpaneto e Raspopovic (2010), é importante determinar a localização do ponto de ativação do músculo cujo sinal será captado. Os eletrodos de captação devem estar situados no ventre do músculo e perpendiculares às fibras musculares. O sinal EMG captado no corpo humano é um sinal analógico (um sinal contínuo no tempo), que é convertido para um sinal digital para poder ser registrado. Os

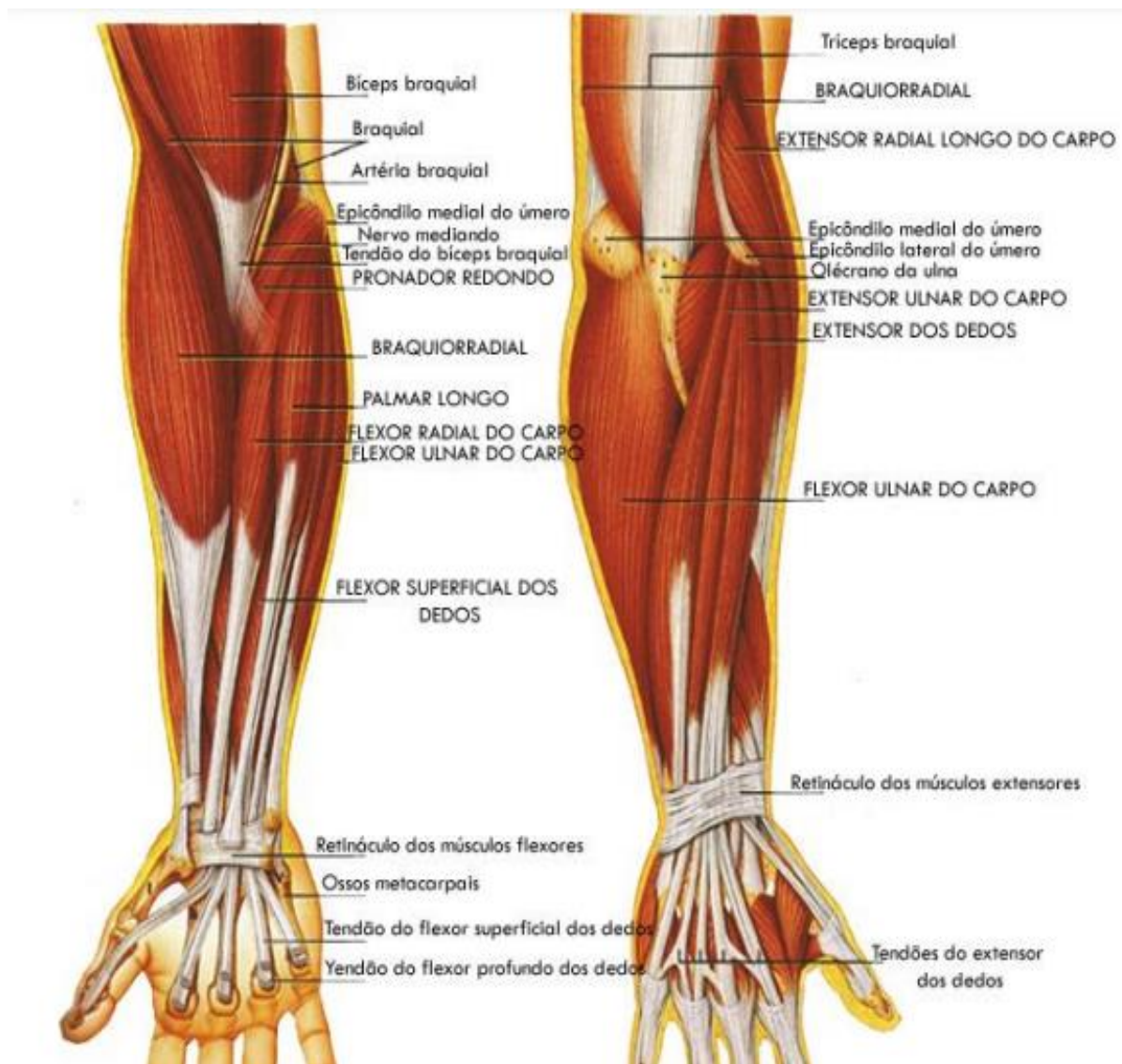
¹⁹ Disponível em: <https://www.loja.kandel.com.br/product-page/eletrodos-de-agulha-monopolar-ambu-neuroline>. Acesso em: 27 jul. 2021.

²⁰ Disponível em: <https://kandel.com.br/eletrodos/mio/eletrodos-adesivos-rhythmlink/>. Acesso em: 27 jul.2021.

parâmetros devem ser ajustados na aquisição do sinal, dependendo dos objetivos.

Os principais músculos superficiais do braço e antebraço que podem ser utilizados para coleta de sinais de EMG, para controle de próteses, são apresentados na Figura 10.

Figura 10 – Músculos superficiais do braço e antebraço



Fonte: Tortora e Derrickson (2016, p. 67).

Próteses também podem ser ancoradas no osso do coto (Figura 11) com a utilização de um sistema de implante que inclui um parafuso de titânio que se torna incorporado ao osso e o *abutment* (unidade de ancoragem dos implantes) (ORTIZ-CATALAN et al., 2020). A osseointegração pode permitir o uso de próteses para indivíduos que não são capazes de conseguir um encaixe de soquete suficientemente confortável (KESZLER et al., 2019).

Ortiz-Catalan et al. (2020) avaliaram o controle funcional de próteses de amputados transumerais em duas tarefas: a força mínima que poderia ser aplicada a um objeto pela mão protética durante o fechamento (força de apreensão) e a ativação mínima da mão durante os movimentos de abertura e fechamento (deslocamento). As avaliações ocorreram quando a prótese era controlada com eletrodos de superfícies (antes da cirurgia) e após a cirurgia de osseointegração. Ao fim da pesquisa, os pacientes relataram maior confiança na utilização de sua prótese (após a intervenção cirúrgica), relatando efeitos positivos em sua autoestima. A prótese neuromusculoesquelética foi melhor na realização das Atividades da Vida Diária e permitiu *feedback* intuitivo, dispensando treinamento formal dos usuários.

Figura 11 – Prótese de Membro Superior Mioelétrica Osseointegrada



Fonte: Ortiz-Catalan et al. (2020, p. 1736)

A metodologia utilizada na coleta de sinais EMG é fundamental para promover coletas com fidedignidade. Estudos demonstram que amputados são aptos a gerar determinados sinais de EMG padronizados, permitindo a utilização desses sinais para controlar próteses mioelétricas (PAIVA; GOELLNER, 2008).

A principal estratégia de grupos de desenvolvedores de próteses mioelétricas, como E-Nabling the Future²¹ (Estados Unidos), OpenBionics²² (Reino Unido) e a

²¹ Disponível em: <https://enablingthefuture.org/>. Acesso em 29 jul. 2021.

²² Disponível em: <https://openbionics.com/>. Acesso em 29 jul. 2021.

Exiii²³(Japão), é a gratuidade da disponibilização, utilização e modificação (*open source*) (RODRIGUES et al., 2016).

Partindo dessa premissa, pesquisadores buscam desenvolver próteses acessíveis e funcionais para a população. Krausz et al. (2015) desenvolveram uma prótese mioelétrica com seis graus de liberdade e força na ponta dos dedos. O custo final do protótipo foi de US\$ 2.900,00 e possui *open source* para outros pesquisadores terem acesso a informações a respeito de design e desenvolvimento. Gretsch et al. (2016) desenvolveram uma prótese controlada pelo ombro com alimentação externa e estimaram o custo de seu protótipo em US\$ 300,00.

Park e Kim (2020) propuseram uma prótese mioelétrica, projetada com uma articulação de quatro barras para o mecanismo subatuado, com cada dedo possuindo um motor. Esses dedos são controlados com base no sinal de controle recebido pela unidade de microcontrolador via comunicação *Bluetooth*. A prótese fornece uma pré-moldagem antes de agarrar um objeto, tendo sua principal Capacidade Funcional a força da ponta dos dedos. Seu custo final foi de US\$ 500,00.

Xavier (2016) implementou uma prótese de Membro Superior baseada no projeto *Inmoov* e controlada por 2 canais de EMG. Os sinais de EMG passaram por um processamento prévio para filtragem e obtenção do valor médio e servem como entrada da placa de controle Arduíno²⁴. Os movimentos da mão foram realizados com uma luva com sensores resistivos e cada movimento foi armazenado em um cartão de memória. A contagem dos pulsos dos sinais de EMG foram relacionados com os movimentos previamente gravados na memória que comandam os movimentos da prótese. Sua estrutura foi impressa em manufatura aditiva, com material Ácido Poliláctico (PLA) e utilizou-se *hardware* e *softwares* livres propiciando um custo final estimado de R\$ 750,00.

Fajardo et al. (2017) propuseram uma prótese *open source* materializada por meio de impressão 3D. A prótese foi equipada com seis motores com controles internos, realizando seis movimentos do polegar humano, possibilitando a implementação de quatro movimentos: gancho, pinça, lateral e extensão do indicador.

²³ Disponível em: <http://exiii-hackberry.com/>. Acesso em 29 jul. 2021.

²⁴ Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto, baseada em hardware e software. Destina-se a qualquer pessoa que faça projetos interativos (ARDUINO, 2021).

Mühlbauer et al. (2020) desenvolveram uma prótese impressa em material PLA, composta por dois atuadores²⁵ e um Arduino. O protótipo possui um grau de liberdade, sendo capaz de realizar prensões cilíndricas e de precisão. Salman et al. (2020) desenvolveram uma prótese de antebraço com 46 peças individuais impressas em 3D, controlada por uma luva com 5 sensores de força flexível que detectavam e coletavam os sinais que refletem os movimentos das mãos.

Triwiyanto et al. (2020) desenvolveram uma prótese *open source* em material PLA. A prótese possui um microcontrolador Arduino Nano, eletrodos, um atuador, bateria e um filtro passa banda, responsável por reduzir o ruído na realização dos movimentos. O custo e massa da prótese são de US\$ 471,99 e 531 g, respectivamente.

Slade et al. (2015) desenvolveram uma prótese mioelétrica transradial em material PLA com seis graus de liberdade. A prótese realiza movimentos como: pinça de precisão, agarrar uma garrafa e aperto de chaves. O custo da prótese é de US\$ 250 e possui massa de 350 g.

Devajara, Maskeliunas e Damasevicius (2020) desenvolveram uma prótese mioelétrica de braço em impressão 3D. A prótese possui movimentos autônomos dos dedos, e a posição angular dos dedos é adquirida com o auxílio do dispositivo *Leap Motion*²⁶. Com a utilização dos *Support Vector Machine Classificador*²⁷ (Máquina de Vetores de Suporte) (SVM) foram classificadas o percentual de reconhecimento de objetos. A prótese foi capaz de agarrar diferentes objetos: bola, cilindro e caixa retangular, tendo um percentual de reconhecimentos de objetos de 94,4%.

Unanyan e Belov (2021) desenvolveram uma prótese 3D com um método de baixa complexidade para reconhecimento de sinais, através de um algoritmo. Em um ambiente com temperatura constante de 21° C e umidade relativa em 50%, os autores realizaram testes com participantes com e sem deficiência, nos quais foram analisados os sinais de eletromiografia. Os testes resultaram em uma frequência melhor de sinais em pessoas sem deficiência, devido possuírem um melhor tônus muscular. Além disso, apresentaram em sua pesquisa um design detalhado da prótese com seus servomotores e microprocessadores.

²⁵ Elemento que atua para alterar fisicamente uma variável manipulada (ROGGIA; FUENTES, 2016).

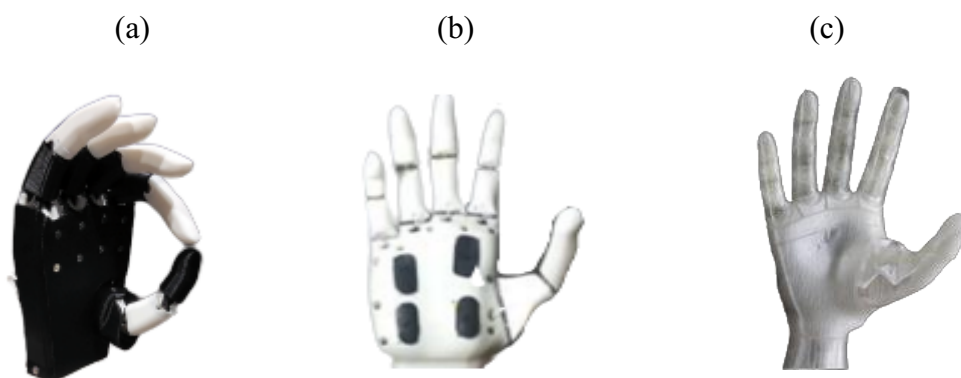
²⁶ Tecnologia capaz de realizar movimento de todos os dedos da mão, permitindo o usuário controlar o computador apenas com movimentos no ar (VASCONCELOS; AGUIAR, 2017).

²⁷ Conjunto de métodos de aprendizado supervisionado usado para classificação, regressão e detecção de *outliers* (dados fora da curva) (MEDIUM, 2021).

Mohammadi et al. (2020) utilizaram em seu projeto de impressão 3D um material macio identificado como Poliuretano Termoplástico 90. Sua Capacidade Funcional foi avaliada com o teste *Activities Measure for Upper-Limb Amputees* (ULA). O teste possui 18 itens, cada qual é pontuado de 0 a 4 (incapaz a excelente), com pontuação mais alta indicando melhor desempenho funcional. As pontuações mais elevadas foram nas atividades de fechar/abrir o zíper e amarrar os sapatos e as menores pontuações foram escovar os cabelos e colocar meias. A prótese mioelétrica desenvolvida pelos autores é capaz de realizar três tipos de preensões, tem massa de 253 gramas, possui 5 motores e foi desenvolvida em *open source* e seu custo final é de aproximadamente US\$ 200,00.

Na Figura 12 são apresentadas três próteses mioelétricas desenvolvidas nas pesquisas anteriormente relatadas.

Figura 12 – Próteses desenvolvidas com impressão 3D



Fonte: (a) Unanyan; Belov (2021), (b) Triwiyanto et al. (2020) e (c) Mohammadi et al. (2020).

SL

É possível analisar que as pesquisas de próteses mioelétricas de Membros Superiores apresentadas nesta pesquisa foram desenvolvidas em *open source*, sendo utilizado, em sua maioria, os polímeros Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) e PLA, possibilitando viabilizar um produto a PcD sem acesso a esta tecnologia, abrindo a possibilidade de uma maior autonomia.

2.2.1.1 Manufatura Aditiva

As tecnologias de manufatura aditiva são ideais para o desenvolvimento de produtos. A impressão 3D é um tipo de manufatura aditiva que pode transformar um

modelo geométrico em um produto físico, colocando materiais camada sobre camada (RANJAN et al., 2022). Para a fabricação de componentes estruturais tridimensionais, a impressão 3D tem sido amplamente adotada devido às suas vantagens em relação à fabricação personalizada (MÜHLBAUER et al., 2020). Na área da saúde, as customizações de produtos e serviços seriam difíceis de serem realizadas sem este tipo de tecnologia (ZADPOOR; MALDA, 2016). A prototipagem rápida de dispositivos é útil quando as pessoas amputadas necessitam de um dispositivo exclusivo, pois permite que os projetos sejam revisados até que um protótipo perfeito seja alcançado (DAY, 2020). A aplicação da impressão 3D em próteses é muito útil devido à personalização e facilidade de adoção (NEETHAN et al., 2021). Ela também aumenta a rapidez na troca de componentes quebrados ou deteriorados (LEE et al., 2017).

O método de impressão mais utilizado para manufatura de termoplásticos é o *Fused Deposition Modeling* (FDM), principalmente devido à sua facilidade de manuseio, processamento rápido, simplicidade e custo benefício (MELNIKOVA; EHRMANN; FINSTERBUSCH, 2014; STANSBURY; IDACAVAGE, 2016). Neste método um filamento de material é fundido em um bico aquecido e depositado em uma plataforma de construção, esse método é utilizado principalmente para prototipagem rápida de peças em polímeros (PHAM; GAULT, 1998).

2.2.1.2 Polímeros acessíveis de impressão 3D

Devido a sua flexibilidade de processamento e baixo custo, a impressão 3D de materiais poliméricos no estado líquido ou com ponto de fusão baixo é frequentemente empregada no campo da impressão 3D (CAMINERO et al., 2018). Segundo Cicala et al. (2017), além do PLA os principais materiais utilizados em tecnologia FDM são os filamentos termoplásticos de Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS), Politereftalato de Etileno Glicol (PETG) e Polietereftercetona (PEEK).

Esses polímeros são apresentados no Quadro 1 com suas respectivas propriedades mecânicas e características de impressão.

Quadro 1 – Propriedades Mecânicas e características de impressão de diferentes materiais

Propriedades e Características	ABS	PLA	PEEK	PETG
Temperatura de extrusão (°C)	220-260	190-210	380-410	230-250
Densidade (g/cm ³)	1,04	1,25	1,30	1,23
Resistência à tração (Mpa)	43	65	100	49
Resistência à flexão (Mpa)	66	97	170	70
Resistência ao impacto (Kj/m ²)	19	4	7	7,6
Biodegradável	Não	Sim	Não	Não
Toxicidade de fumos	Médio	Muito baixo	Baixo	Muito baixo

Fonte: Algarni e Ghazali (2021)

O PLA é um dos principais biopolímeros da categoria dos polímeros biodegradáveis, derivado de fontes renováveis como amido de milho e cana de açúcar (JONES, 2020). É um material difícil de deformar ou flexionar, possui alta dureza, o que diminui sua resistência ao impacto. Em condições de alta temperatura e elevada umidade, o PLA irá degradar-se rapidamente e se desintegrará dentro de semanas ou meses (NOGUEIRA, 2013).

O ABS é um termoplástico amorfo que contém componentes de Acrilonitrila (A), Estireno (S) e Polibutadieno (PB) (HART et al., 2017). Possui boas propriedades mecânicas, resistência a altas temperaturas, preço acessível, flexibilidade moderada e longa vida útil, sendo assim uma opção de material para a fabricação peças que devem suportar cargas cíclicas e mudanças de temperatura (RODRÍGUEZ-PANES, CLAVER E CAMACHO, 2018). Suas características permitem uma boa aplicação no desenvolvimento de próteses (CROUCILLO et al., 2017). Quando o ABS é comparado ao PLA, pode-se observar que embora o ABS tenha melhor resistência ao impacto, a resistência à tração do PLA é superior (ELSAWY et al., 2017; VINYAS et al., 2019).

Embora seja biodegradável, o PLA em sua fase de extração tem grandes impactos negativos no esgotamento da água e ecotoxicidade²⁸ da água doce. Sua extração vem de

²⁸ Efeitos que produtos químicos lançados no meio ambiente podem ter em indivíduos, populações e comunidades de organismo. Disponível em:

matérias primas como cana de açúcar, beterraba e trigo, que utilizam volumes acentuados de água. Considerando os três materiais (ABS, PLA e PETG), o ABS é o menos favorável ao meio ambiente, devido principalmente ao seu alto calor específico, consumindo mais energia em sua fase de reciclagem. Dentre os três materiais, o PETG é considerado o mais ambientalmente amigável em todos os parâmetros (KUMAR et al. 2022).

Avanços nas propriedades desses materiais e a diminuição de custo das tecnologias de manufatura aditiva fazem com que elas sejam empregadas no desenvolvimento de produtos personalizáveis e exclusivos, como as próteses de Membros Superiores (SENSINGER; HILL; SYBRING, 2019).

2.3 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

O Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) é um conjunto de atividades que tem como objetivo criar um produto ou serviço que atenda às necessidades de um cliente. As especificidades de cada projeto determinarão problemas, dificuldades, e características específicas (ROZENFELD et al., 2006).

Para Gutierrez e Seva (2011) existem quatro atributos que devem ser considerados no desenvolvimento de um produto:

- a) segurança, essencial para prevenção de danos ao usuário;
- b) facilidade de uso, permite que o usuário não cometa erros durante sua utilização;
- c) conforto, característica relevante para produtos utilizados durante grande tempo, aumenta a aceitabilidade do produto perante o usuário e previne danos musculoesqueléticos.
- d) estética, responsável pela compreensão de forma, tamanho e cor do produto, propiciando emoção ao usuário perante ao produto.

Back et al. (2008) organizam o desenvolvimento de produtos em oito fases: Planejamento do Projeto (Fase 1), Projeto Informacional (Fase 2), Projeto Conceitual (Fase 3), Projeto Preliminar (Fase 4), Projeto Detalhado (Fase 5), Preparação da Produção (Fase 6), Lançamento do Produto (Fase 7) e Validação do Produto (Fase 8). A seguir, são

explicados resumidamente o Planejamento de Projeto (Fase 1), Projetos Informacional (Fase 2) e Projeto Conceitual (Fase 3).

No Planejamento de Projeto (Fase 1) ocorre a identificação das partes envolvidas do projeto, também é abordado o escopo do projeto com as restrições, características e os objetivos do produto. Em relação ao Projeto Informacional (Fase 2) destina-se as especificações de projeto do produto, são priorizados os requisitos dos usuários, considerando a funcionalidade, ergonomia, segurança, confiabilidade, *design* entre outros. Ao final do projeto informacional devem estar definidas informações a respeito da classificação do experimento quanto ao objetivo, número de fatores do experimento, materiais, equipamentos e a declaração do problema (BACK et al., 2008).

O Projeto Conceitual (Fase 3) tem como objetivo estabelecer a concepção do produto estabelecendo a estrutura funcional do produto. Determinadas as funções a serem seguidas pelo produto, são desenvolvidas concepções alternativas sendo monitoradas variações que possam influenciar no desenvolvimento do produto. Acontece uma análise das alternativas considerando as especificações de projeto, os custos, riscos de desenvolvimento (complexidade) e metas de qualidade, segurança e confiabilidade (BACK et al., 2008).

A triagem em busca da melhor solução acontece após registradas na matriz de decisão as melhores concepções, onde o somatório dos conceitos de cada concepção gerará as soluções que atendam as especificações (BACK et al., 2008).

Back et al. (2008) recomendam a utilização de métodos para a concepção de produtos, sendo que os mais utilizados são: *brainstorming*, delphi, analogias, método sinético, morfológico e método da síntese fundacional, sendo estes, mais apropriados a problemas de geração de inovações. Outros métodos como: listagem de atributos, instigação de questões, análise de valor e o método dos princípios são mais indicados a produtos já existentes. Uma vez selecionada a concepção do produto, inicia-se a identificação do processo de produção.

O projeto conceitual finaliza-se quando chega a um conjunto de princípios funcionais e de estilo, satisfazendo as especificações do produto (BAXTER, 2009).

Sono (2012) apresenta um projeto conceitual de dois diferentes mecanismos subatuados de um dedo protético. A estratégia de controle tem como entrada de comando dois sinais que podem ser originadas por sinal (EMG) ou por sinal Eletroencefalográfico (EEG). O sistema de *feedback* de força permite o usuário identificar a intensidade de vibração, sendo possível identificar a quantidade de força realizada pela prótese, assim o

usuário tem mais controle sobre objetos manipulados.

Mayer (2018) desenvolveu um projeto conceitual de uma prótese de braço mioelétrica (Figura 13), a partir da análise e desenvolvimento de mecanismos de acionamento, criação de *renders* para visualização dos materiais e texturas, posteriormente validando seu projeto com um profissional da área da saúde.

Figura 13 – Prótese mioelétrica de braço



Fonte: Mayer (2018, p. 123)

Segundo Iida (2005), no desenvolvimento de um produto são necessárias ideias voltadas à ergonomia, pois isso garantirá a boa interação do produto com o usuário. Back et al. (2008) destaca ideias relacionadas a fácil operação, resultados confiáveis e a satisfação com o produto.

2.3.1 Ergonomia e Tecnologia Assistiva

A *International Ergonomics Association* (IEA) (2021) conceitua ergonomia como:

disciplina científica preocupada com a compreensão das interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema, e a profissão que aplica teoria, princípios, dados e métodos para projetar a fim de otimizar o bem-estar humano e o bem-estar geral. performance do sistema (IEA, 2021, tradução nossa) ²⁹

Complementa esta conceituação, a sua divisão em três os domínios de

²⁹ *Scientific discipline concerned with the understanding of interactions among humans and other elements of a system, and the profession that applies theory, principles, data, and methods to design in order to optimize human well-being and overall system performance* (IEA, 2021).

especialização: física, cognitiva e organizacional (IEA, 2021), apresentadas a seguir:

- a) a ergonomia física está relacionada às características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica em sua relação com atividade física. Os tópicos relevantes incluem o estudo da postura no trabalho, manuseio de materiais e estudo dos movimentos repetitivos;
- b) a ergonomia cognitiva se relaciona com processos mentais, tais como: percepção, memória, raciocínio e respostas motoras. Estuda também como esses processos afetam as interações entre pessoas e outros elementos do sistema. Entre os tópicos relevantes destacam-se: carga de trabalho mental, tomada de decisão, *performance* especializada, interação humano-computador, confiabilidade humana, estresse e treinamento de trabalho da maneira que possam se relacionar;
- c) a ergonomia organizacional se relaciona com a otimização de sistemas sociotécnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e processos. São tópicos relevantes: comunicação, gerenciamento de recursos humanos, ergonomia e usabilidade do projeto do trabalho, projeto de turnos de trabalho, equipe de trabalho e projeto participativo.

Cruz et al. (2015) destacam que a utilização da TA e da ergonomia possibilitam adaptar o ambiente e a acessibilidade às PcD, potencializando sua inclusão. A ergonomia é a responsável, dentre outros aspectos, pela adaptação antropométrica, facilidade de manuseabilidade, fornecimento de informações e demais itens de conforto e segurança de um produto (IIDA, 2005). A ergonomia é indispensável no desenvolvimento de dispositivos de TA, pois possibilita uma melhoria da Qualidade de Vida e inclusão do usuário (SILVA; PASCHOARELLI; SILVA, 2020).

2.3.2 Ergonomia em produtos

A ergonomia desempenha um papel importante na garantia de usabilidade e, conseqüentemente, melhoria na performance de produtos de consumo (ALVES, 2012). A qualidade de um produto está diretamente ligada ao atendimento de suas funções: função estética, prática, simbólica e ecológica (IIDA; GUIMARÃES, 2016).

Gomes Filho (2003) divide Fatores Ergonômicos Básicos (FEB) em três blocos

de análises (requisitos de projeto, ações de manejo e ações de percepção). Nos requisitos de projeto são definidos fatores básicos relacionados à tarefa, ao conforto, à segurança e aos estereótipos populares, à aplicação de forças e materiais. Nas ações de manejos são definidas ações de movimentos realizados pelos usuários e ações de percepção que estão envolvidas nos canais de percepção e recebimento de informações (visual, auditivo, tátil, cinestésico e de vibração).

Falzon (2007), destaca alguns FEB a serem seguidos no desenvolvimento de produtos, como: (i) segurança visa a segurança do usuário e pessoas passivas ou ativas na utilização do produto; (ii) eficácia diz respeito adaptação do produto aos objetivos, (iii) utilidade, pois devem realizar algum objetivo do usuário, (iv) tolerância aos erros, ou seja, considerar possíveis erros na utilização, (v) primeiro contato onde refere-se ao primeiro contato do cliente com o produto; (vii) conforto é difícil de definir, mede-se em relação ao desconforto; (viii) prazer permite circunstanciar o peso de critérios de eficácia e conforto.

De acordo com Iida (2016), a avaliação de Produtos visa determinar as qualidades: (i) técnica - avaliação quanto as características físicas, como dimensões, massa, dureza, resistência, estabilidade e durabilidade; (ii) estética - avalia os aspectos sensoriais, emocionais, sociais e culturais que influenciam no grau de aceitação do produto; (iii) usabilidade - avalia o conforto, erros, acidentes e segurança dos produtos.

2.3.3 Usabilidade

A NBR ISO 9241-11 (2021, p. 3) trata sobre a usabilidade e a define como “medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso”.

Jordan (1998) propõe os 10 princípios de usabilidade, que complementam a definição apresentada:

- a) consistência: tarefas similares devem ser possíveis de serem realizadas de forma similar;
- b) compatibilidade: o método de operação do produto deve ser compatível com as expectativas do usuário, baseado em suas experiências com outros produtos e no mundo exterior;

- c) consideração dos recursos do usuário: o produto deve ser projetado levando-se em consideração os recursos do usuário;
- d) retroalimentação (*feedback*): as ações realizadas no produto devem ser indicadas e os resultados devem ter uma apresentação significativa;
- e) prevenção de erros e recuperação: caso ocorram erros com o uso do produto deve haver possibilidade de correção de forma rápida e simples;
- f) controle do usuário: permitir controle ao usuário para realizar adequações nas ações realizadas pelo produto;
- g) clareza visual: informação precisa, de forma que seja lida de maneira rápida;
- h) priorização da funcionalidade e informação: em produtos com grande variedade de funções, é apropriado priorizar algumas dessas funções ao projetar a interface do produto;
- i) transferência de tecnologia: a assimilação de tecnologias desenvolvidas para outras áreas pode potencialmente trazer grandes benefícios aos usuários e suas possíveis consequências;
- j) evidência: a solução formal do produto deve indicar claramente a sua função e o modo de operação.

Há exemplos de funcionamento de próteses que dispõem de um *feedback* vibracional que permite ao usuário sentir a quantidade de força aplicada através dos diferentes níveis de vibração (CALADO; SOARES; MATOS, 2019). Esta característica pode tornar o amputado muito menos dependente do *feedback* visual para o controle protético, melhorando sua usabilidade.

O estudo de usabilidade de Widehammar et al. (2018) teve como objetivo descrever a experiência de como os fatores ambientais influenciam o uso de prótese mioelétrica de 13 usuários de um Centro de Próteses e Órteses da Suécia. Os autores identificaram que fatores como o apoio da família, treinamento, bom funcionamento da prótese e conforto no encaixe do coto, auxiliam no seu uso diário. Identificaram ainda que o sucesso da reabilitação protética prove do suporte e de informações ao paciente e a sua rede familiar sobre os benefícios do uso da prótese. Um dos aspectos importantes que determinava a usabilidade da prótese eram os indivíduos terem a percepção que a prótese ajudava ou não nas AVDs.

Piazza et al. (2020) exploraram a usabilidade de um *software* instalado na prótese antropomórfica de mão *Soft Hand Pro* (SHP)³⁰. Os autores desenvolveram a segunda geração denominada *Soft Hand 2 Pro* explorando um novo método de controle, baseado em um classificador de reconhecimentos de padrão. Foram realizados testes com 3 usuários com amputação transradial, com idades entre 21 e 29 anos. Os testes aconteceram com auxílio do teste *Box and Blocks* (BBT³¹), no qual os usuários são instruídos a mover blocos de cubos de madeiras de uma caixa para outra (Figura 14) Ao finalizar o teste, os usuários preencheram um questionário para avaliar o nível de satisfação da prótese, identificando a fácil adaptabilidade, robustez e destreza da prótese mioelétrica desenvolvida em impressão 3D.

Figura 14 – Movimentação de Blocos



Fonte: Piazza et al. (2020, p. 10)

2.4 CAPACIDADE FUNCIONAL

O conceito de Capacidade Funcional (CF) é definido como a habilidade para realizar atividades que possibilitam à pessoa cuidar de si e ter independência (PINTO et al., 2016). A funcionalidade engloba todas as funções do corpo como força muscular, locomoção, equilíbrio, resistência, amplitude de movimento entre outras. A amputação causa efeitos na Capacidade Funcional de uma pessoa, atividades de autocuidado, laborais e de lazer dependem de controles corporais (LIN et al., 2014; LOPES et al., 2013).

Ostlie et al. (2012) avaliaram a Capacidade Funcional percebida no uso da prótese e as habilidades dos usuários em tarefas de AVDs, por meio de questionários, testes

³⁰ Prótese mioelétrica de membro superior que utiliza um atuador. Possui 19 articulações e se adapta a uma variedade de objetos (GODFREY et al., 2018).

³¹ Mede a destreza manual bruta unilateral. É um teste rápido e simples. Pode ser usado em uma ampla gama de populações, incluindo clientes com AVC (PHYSIO-PEDIA, 2021).

clínicos e entrevistas. Foram realizadas 47 avaliações de usuários unilaterais, de próteses passivas (9), próteses corporais³² (14), próteses mioelétricas (19) e próteses híbridas³³ (5). Em relação a usuários bilaterais, foram realizadas avaliações com prótese mioelétrica (1) e a combinação de prótese mioelétrica e corporal (2). Do total de 50 avaliações, identificou-se que em relação às funções exercidas pelo dispositivo, 82,6% dos usuários conseguiram utilizar uma régua e 80,9% foram capazes de fechar o zíper da jaqueta. Em contrapartida, o menor nível de Capacidade Funcional das próteses foi verificado nas atividades que podem ser realizadas com uma mão, como uso de mouse para computador 5,1%, uso de celular 14,0% e colocar leite no copo. Os autores salientaram que o treinamento protético individualizado de amputados que utilizam próteses mioelétricas ao invés de próteses passivas aumentava o uso de próteses em AVDs.

Silva et al. (2019) estudaram o impacto no uso de próteses na reabilitação da Capacidade Funcional de idosos com amputações de Membros Inferiores, em grupos com amputações transtibiais e transfemorais. Mesmo sendo um estudo com amputados de Membros Inferiores, este justifica-se por ter sido desenvolvido no Brasil. Neste estudo, foi verificado o impacto da reabilitação em 29 idosos amputados. O Índice de Barthel foi utilizado em amputados de Membros Inferiores, juntamente com a escala de Classificação de Ambulação Funcional (CAF) e o questionário de Pfeffer. Após 3 meses de reabilitação com próteses, ambos os grupos aumentaram o tempo de uso da prótese e sua Capacidade Funcional na realização das AVDs, porém, amputados com maior nível de amputação (transfemorais), apresentaram maior dificuldade em melhorar sua Capacidade Funcional.

Santos (2014) realizou uma pesquisa com o objetivo de analisar o perfil epidemiológico de indivíduos com amputações de membros na Associação de Deficientes Motores do Estado de Sergipe (ADM-SE). Em sua pesquisa, composta por 43 amputados de Membros Superiores e Inferiores, foi utilizado o Índice de Barthel³⁴ para avaliação da Capacidade Funcional. Verificou-se que todos os amputados eram independentes na

³² São próteses acionadas pelo corpo funcionam através de um sistema de cabos que suspende a prótese e captura o movimento escapular e umeral para operar o gancho, a mão ou a articulação do cotovelo (MSDMANUALS, 2021).

³³ As próteses híbridas sempre utilizam duas tecnologias diferentes em conjunto e simultaneamente. Uma prótese com alimentação de energia externa (mioelétrica) pode ser combinada com uma prótese com alimentação de energia do corpo (articulação de cotovelo) (MSDMANUALS, 2021).

³⁴ Pertence ao campo de avaliação das AVDs e mede a independência funcional no cuidado pessoal, mobilidade, locomoção e eliminações (MINOSSO et al., 2010).

realização de suas atividades. O autor identificou que 37,2% (16) dos amputados utilizavam próteses. Em relação a Qualidade de Vida, 60,5% (26) dos entrevistados foram caracterizados com Qualidade de Vida ruim, esse percentual corroborou para relacionar o nível de atividade física e os domínios da qualidade de vida (físico, psicológico, social e meio ambiente).

Yasnó-Varila et al. (2020) realizaram entrevistas semiestruturadas com seis amputados, sendo três amputados de Membros Superiores e três amputados de Membros Inferiores, em duas regiões da Colômbia. Os autores utilizaram as dez categorias³⁵ de Qualidade de Vida apresentadas por Nussbaum (2013), sendo que as respostas mais recorrentes foram a perda de segurança e de confiança dos amputados e a diminuição de renda devido a suas limitações físicas. Importante mencionar que nenhum dos entrevistados utilizava prótese, devido a dor crônica e permanente.

A fim de analisar as habilidades e limitações dos amputados, Kearns et al. (2020) validaram a avaliação da capacidade de desempenho protético para o Membro Superior (CAPPFUL³⁶) em um estudo com 60 amputados usuários de próteses. Os resultados demonstraram que a medida CAPPFUL fornece clinicamente dados relevantes com base no desempenho dos amputados, também, pode ser utilizada no auxílio para a prescrição de próteses, protocolos de reabilitação e para rastrear mudanças no desempenho funcional ao longo do tempo.

A Capacidade Funcional pode ser considerado um ótimo indicador de Qualidade de Vida. Quanto mais dificuldade na realização de tarefas do dia a dia, piores serão os níveis de satisfação de uma pessoa (LOPES et al., 2013).

2.5 SÍNTESE DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Revisão Integrativa propiciou explicitar sobre o tema TA e as legislações relacionadas a PcD. Em seguida, verificou-se como é realizada a caracterização de

³⁵ Dez categorias-vida; saúde corporal; integridade corporal; sentimento, imaginação e pensamento; emoções; razão prática; afiliação; outras espécies; diversão; controle sobre o ambiente (NUSSBAUM, 2013).

³⁶ CAPPFUL avalia o desempenho geral e 5 domínios de desempenho funcional durante a conclusão de 11 tarefas que requerem movimento em todos os planos enquanto manipulam objetos do cotidiano que requerem múltiplos padrões de preensão (KEARNS et al., 2020).

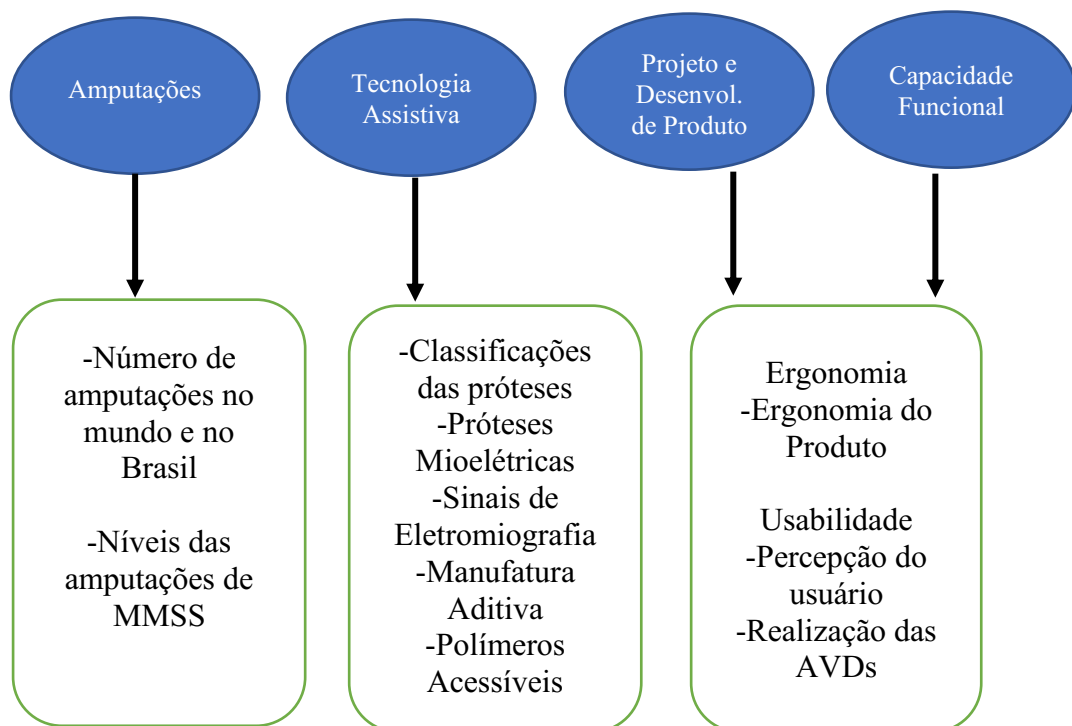
funcionamento das próteses existentes. A partir da caracterização, buscou-se por informações a respeito de próteses mioelétricas, identificando seu funcionamento.

Posteriormente, identificou-se quais os sensores de eletromiografia mais utilizados no desenvolvimento de próteses, sendo verificados projetos de desenvolvimento de próteses mioelétricas de baixo custo desenvolvidas com impressão 3D, identificando os principais insumos utilizados e características.

No desenvolvimento de produtos de TA (próteses), foram evidenciados fatores ergonômicos e de usabilidade que irão auxiliar no projeto conceitual de uma prótese mioelétrica. Identificou-se também que o uso de instrumentos de avaliação da Capacidade Funcional na realização de Atividades da Vida Diária foi recorrente nas pesquisas levantadas, o que conseqüentemente sustenta este item como uma das bases para o desenvolvimento da próxima fase.

Com as informações coletadas, foi possível sintetizar na Figura 15 os principais temas abordados no presente capítulo, como identificação das PcD, amputações e identificação dos níveis de amputações.

Figura 15 – Síntese da Fundamentação Teórica



Fonte: autor (2021)

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa e compreende a caracterização geral da pesquisa, juntamente com as etapas propostas para implementação.

3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA PESQUISA

3.1.1 Natureza Aplicada

Esta pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, uma vez que tem como objetivo gerar conhecimentos dirigidos à solução de um problema específico (SILVA; MENEZES, 2005). Visa contribuir com melhorias e conceitos para um projeto conceitual de uma prótese que auxilie nas atividades do dia a dia.

3.1.2 Pesquisa Exploratória

Do ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória, pois visa proporcionar familiaridade com o problema de pesquisa (SILVA; MENEZES, 2005). A pesquisa possui característica flexível, o que permite levantamento bibliográfico, entrevista com pessoas (amputados de Membros Superiores) e apresenta exemplos que estimulem a compreensão (PRODANOV; FREITAS, 2013).

3.1.3 Pesquisa Descritiva

A pesquisa é considerada descritiva em razão de descrever as características de determinada população, sem interferir nelas, envolvendo o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados: questionários, entrevistas, formulários e observação (PRODANOV; FREITAS, 2013). Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi utilizado questionário *on-line* (*Google Forms*), recursos fotográficos, gravações em áudio e observação não participativa na atividade de demonstração de movimentos com as próteses mioelétricas.

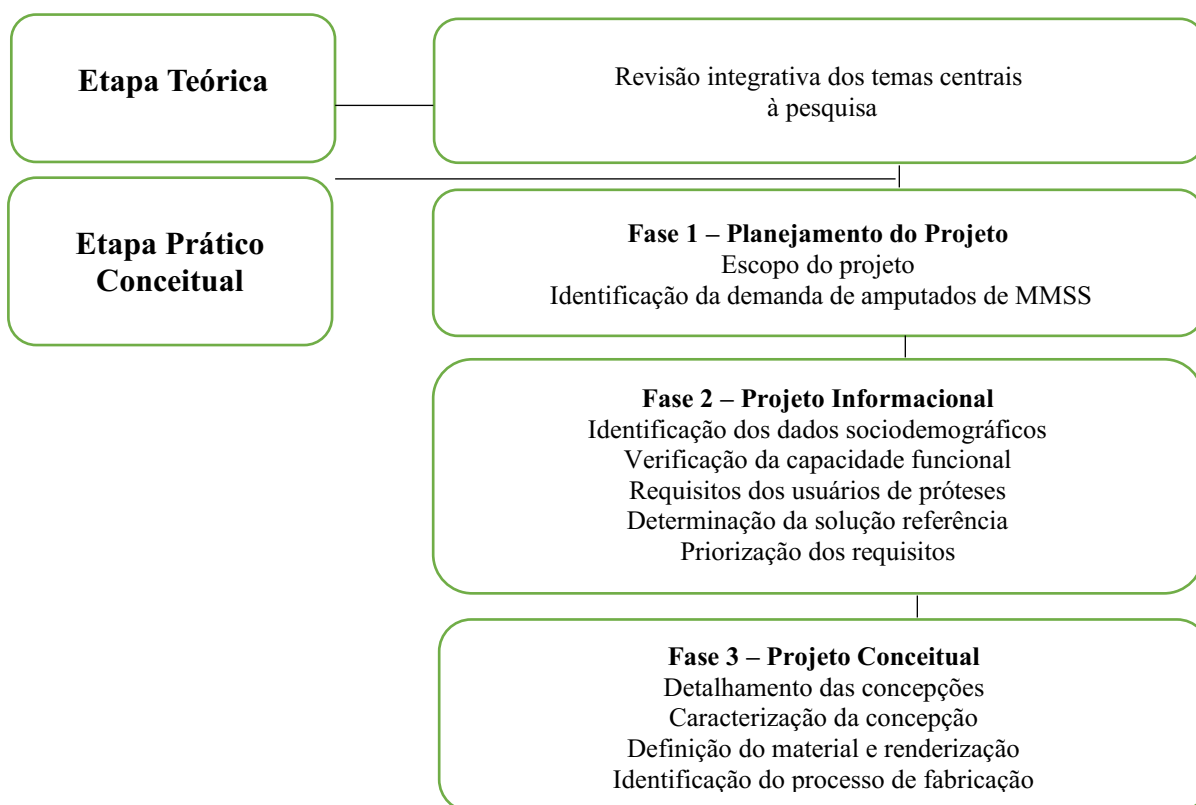
3.1.4 Abordagem Qualitativa

Esta pesquisa é considerada qualitativa pois, segundo Prodanov e Freitas (2013), na pesquisa qualitativa o pesquisador mantém contato direto com o ambiente e o objeto de estudo em questão, sendo utilizados dados descritivos, ou seja, aspectos funcionais relatados no questionário e nas entrevistas realizadas com a intenção de retratar o maior número possível de elementos.

3.1.5 Procedimentos Técnicos

Para os procedimentos técnicos, adotou-se a classificação de Gil (2008): definiu-se como (i) pesquisa documental, reunindo dados de determinada população (número de amputados de Membros Superiores) que não receberam tratamento analítico e (ii) pesquisa experimental, por determinar um objeto de estudo, no caso a prótese mioelétrica, em que se selecionam as variáveis (custo e material) que podem influenciar, definem-se as formas de controle e observa-se os efeitos dessas variáveis. No diagrama (Figura 16) são identificadas as duas etapas.

Figura 16 – Diagrama da Metodologia



3.2 ETAPAS DA PESQUISA

As etapas desta pesquisa foram divididas em:

- a) Etapa Teórica – Revisão Integrativa dos temas centrais à pesquisa;
- b) Etapa Prático Conceitual: desenvolvimento do plano de pesquisa referente ao desenvolvimento do projeto conceitual.

3.2.1 Etapa Teórica

Com o acesso remoto via *Virtual Private Network* (VPN) UFSC, realizou-se a busca de pesquisas em diferentes bases de dados. Essa Revisão Integrativa englobou publicações em periódicos, conferências, jornais e livros nacionais e internacionais nos idiomas inglês, português e espanhol, utilizando para isso as bases de dados relacionadas a periódicos *Web of Science*, *Scopus*, *Medline*, *Scielo* e *CAPES*.

Em relação a consulta a teses e dissertações, foram verificadas na Base Digital Brasileira de Teses e Dissertações e *Dissertations & Theses - ProQuest*. As pesquisas buscaram termos relacionados ao abandono de próteses e a Capacidade Funcional de amputados. Os termos utilizados foram cruzados utilizando os operadores booleanos "AND" e "OR", sendo utilizados os termos em português e em inglês: ("*Abandonment*" AND "*Assistive technology*" OR "*Abandonment*" AND "*Upper limb Prosthetics*" AND "*Functional Capacity*"), e ("*Upper limb Prosthetics*" OR "*Functional Capacity*"). A busca se restringiu as pesquisas desenvolvidas do ano de 2006 até 2021.

Dando sequência à Revisão Integrativa, houve uma nova busca nas mesmas bases de dados relatadas anteriormente, foram verificadas pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de próteses mioelétricas de Membros Superiores. A motivação de uma nova busca nas bases de dados referidas teve como premissa o detalhamento das variáveis custo, material e processo de fabricação das próteses mioelétricas desenvolvidas em diferentes países. As buscas foram realizadas no período de 2015 a 2021. Os termos utilizados em português e inglês foram cruzados utilizando: "*Anthropomorphic Prosthetics Hand*" OR "*Anthropomorphic Robot Hand*" OR "*Low-Cost Hand Prosthesis*" OR "*Design of Upper Limb Prosthesis*" OR "*3D printed robotic hand*".

As duas buscas tinham os mesmos critérios de exclusão, como: pesquisas não

relacionadas, pesquisas duplicadas e apresentadas em outro idioma além do português, inglês e espanhol. A verificação de duplicidade ocorreu por meio do gerenciador de referências *Mendeley*. Os materiais coletados com essas duas buscas são apresentados em ordem cronológica nos Quadros 2 e 3 no Capítulo 4, juntamente com a identificação dos países de origem das pesquisas. Em relação ao detalhamento das pesquisas selecionadas como objetivos e resultados são apresentados na fundamentação teórica desta pesquisa.

3.2.2 Etapa Prático Conceitual

Para o desenvolvimento desta etapa, utilizou-se o Modelo Integrado de Produtos desenvolvido por Back et al. (2008). Somente as três primeiras fases: Planejamento do Projeto (Fase 1), Projeto Informacional (Fase 2) e Projeto Conceitual (Fase 3) foram desenvolvidas nesta pesquisa. As fases posteriores: projeto preliminar (Fase 4), projeto detalhado (Fase 5), preparação da produção (Fase 6), lançamento dos produtos (Fase 7) e validação do produto (Fase 8) não serão abordadas nesta pesquisa, devido ao prazo de entrega e custos dos componentes oriundos de outros países.

3.2.2.1 Fase 1 – Planejamento do Projeto

A Fase 1 compreende o desenvolvimento do escopo do projeto com a identificação do objetivo, restrições e características do produto (BACK et al., 2008). O escopo do projeto da prótese mioelétrica foi desenvolvido a partir de pesquisas referentes a projetos *open source* de próteses. Definiu-se o custo máximo em três vezes o salário mínimo vigente³⁷, ou seja (R\$ 3.636,00). Cerca de 15.000.000³⁸ de pessoas no Brasil tem salário igual ou superior ao custo proposto. A massa da prótese definiu-se em relação a massa média da mão humana (CHANDLER et al., 1975). As dimensões foram estabelecidas de acordo com o percentil 50 do sexo feminino (FELISBERTO; PASCHOARELLI, 2001). Outra característica é a alocação dos servomotores na palma da mão (alocação intrínseca) (LIU et al., 2016). A funcionalidade da prótese foi delimitada em no mínimo dois graus de liberdades conforme a prótese *Ottobock* (página 28). A movimentação passiva do

³⁷ Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2022/06/02/salario-minimo-de-r-1-212-e-promulgado>. Acesso em: 2 de jun. 2022.

³⁸ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/23/24304>. Acesso em: 2 jun. 2022.

punho e polegar são necessárias.

Seguindo a Fase 1, houve a identificação das partes envolvidas no projeto com o aprofundamento da Revisão Integrativa por meio da coleta dos dados referentes a demanda de amputados de Membros Superiores no Brasil.

Os dados foram obtidos via consulta pública ao banco de dados do Departamento de Informática do SUS, do Ministério da Saúde – DATASUS. O acesso a esses dados foi realizado pela plataforma *on-line* TABNET, a partir das Autorizações de Internação Hospitalar (AIH) aprovadas por unidade da Federação segundo ano de processamento, no Sistema de Informação Hospitalar do Sistema Único de Saúde (SIHSUS), no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2020.

A tabulação e análise aconteceu por meio do *software* Excel, versão 2019. Os procedimentos pesquisados foram associados às amputações de Membros Superiores: amputação/desarticulação de mão e punho (0408020016), amputação de Membros Superiores (0408020024), amputação/desarticulação de dedo (0408060042) e amputação de Membros Superiores em oncologia (0416090028) notificados pelo sistema. Os dados foram tabulados e analisados no *software* Excel, versão 2019. Os procedimentos pesquisados foram associados às amputações de Membros Superiores: amputação/desarticulação de mão e punho (0408020016), amputação de Membros Superiores (0408020024), amputação/desarticulação de dedo (0408060042) e amputação de Membros Superiores em oncologia (0416090028) notificados pelo sistema.

Os dados também foram tabulados e analisados sem o procedimento de amputação/desarticulação de dedo (0408060042), pois esse é o único procedimento que não especifica se é Membro Superior ou Inferior (BRASIL, 2021).

3.2.2.2 Fase 2 – Projeto Informacional

Na Fase 2 definiu-se os dados sociodemográficos de 9 amputados de MMSS e sua Capacidade Funcional em realizar AVDs, por meio da elaboração e envio de um questionário *on-line*, enviado a pessoas amputadas de Membros Superiores. Esta etapa do questionário *on-line* foi iniciada no mês de julho de 2021, com o objetivo principal de levantar informações acerca da Capacidade Funcional de amputados de Membros Superiores, por meio de um Questionário *on-line* enviado para 21 clínicas de reabilitação e 40 pessoas por meio de redes sociais, sendo finalizado em junho de 2022.

A Seção 1 foi desenvolvida com base em Naves (2020). A aplicação do questionário ocorreu por meio de 10 perguntas, sendo identificados dados sociodemográficos como: idade, gênero, estado civil, estado e cidade onde reside. Além disso, foram obtidas informações relacionadas ao tempo de amputação, amputação unilateral ou bilateral, nível de amputação, grau de instrução, atividade econômica e os motivos de utilizar ou não prótese. Cabe ressaltar que essas informações são importantes na identificação do público alvo, sendo ao final tabuladas em um quadro resumo demonstrativo.

No mesmo questionário, foi desenvolvida a Seção 2, na qual foram obtidas informações a respeito da Capacidade Funcional de amputados de Membros Superiores, por meio do Índice de Barthel. Sua forma de aplicação aconteceu por meio de 10 perguntas traduzidas para o português (MAHONEY; BARTHEL, 1965), a pontuação varia de 0 a 100, em intervalos de cinco pontos, e as pontuações mais elevadas indicam maior independência, resultando em uma avaliação qualitativa do grau de dependência na realização das Atividades da Vida Diária.

O questionário (Seção 1 e 2) foi desenvolvido na plataforma *Google Forms*, compartilhado com um link, via e-mail e redes sociais *WhatsApp* e *Instagram*. Sua organização tem primeiramente na Seção 1 as perguntas de 1-10 referentes a parte Sociodemográfica, e em seguida na Seção 2 as perguntas 11-20 referentes ao Índice de Barthel.

Os critérios de participação nessa pesquisa são que o respondente deveria ser amputado de Membro Superior, ter mais de 18 anos, ser alfabetizado (saber ler/escrever) e ter acesso a um dispositivo com acesso à internet. Os voluntários concordaram com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A). O principal objetivo do TCLE, é garantir aos participantes esclarecimentos dos procedimentos a serem utilizados por esta pesquisa, que não oferecerão risco a sua integridade moral, física, mental ou efeitos colaterais, atendendo a todas as exigências do Comitê de Ética, em especial o sigilo dos participantes (BRASIL, 2021).

Foram excluídos participantes com anomalias ou defeitos congênitos dos Membros Superiores, menores de 18 anos e deficientes intelectuais.

3.2.2.2.1 Fase 2 – Levantamento dos Requisitos dos Usuários

Na Fase 2 foram identificadas as especificações de projeto, os requisitos dos clientes ou usuários (BACK et al., 2008). Na busca pela identificação dos requisitos dos usuários foram identificados, ao menos, dois usuários de próteses de Membros Superiores, para realização de duas entrevistas semiestruturadas, uma por meio de rede social (*WhatsApp*) com usuário(a) de prótese mioelétrica de Membro Superior e outra entrevista, preferencialmente de maneira presencial, com registros fotográficos e gravação de áudio.

Os usuários foram relacionados independentemente do valor pago por suas próteses, pois as entrevistas tinham como objetivo apresentar detalhes dos recursos envolvidos, adaptabilidade e utilização no dia a dia. Os dois usuários concordaram em assinar o TCLE (APÊNDICE B). O roteiro das duas entrevistas semiestruturadas originou-se de 23 perguntas desenvolvidas pelo autor a partir de pesquisas relacionadas ao abandono de próteses (BIDDIS; CHAU, 2007; PARANT; LOMORIELLO; MARCHAN, 2016; SUGAWARA et al., 2018;) e do guia da prótese mioelétrica *Bebionic*³⁹.

3.2.2.2.2 Fase 2 – Priorização dos requisitos do usuário

Os cinco requisitos foram originados da entrevista semiestruturada realizada com a usuária I (Fase 1). Nesta fase comparou-se os requisitos da solução referência com requisitos de duas soluções oriundas de próteses *open source*, de baixo custo e impressas em tecnologia 3D.

O requisito mobilidade é comparado perante as soluções de acordo com os movimentos proporcionalizados pelas próteses na realização das Atividades da Vida Diária. Em relação à aparência, a necessidade de antropomorfismo é inerente ao aspecto de similaridade com a mão humana, como tamanho, cor, temperatura e fatores estéticos (MELO et al., 2014). Os requisitos conforto e firmeza na utilização são identificados de acordo com o relato dos usuários após a realização de testes (ANDRÉS-ESPERANZA et al., 2022). Em relação ao requisito leveza, houve a identificação da massa nas possíveis

³⁹ Guia Prótese *Bebionic*. Disponível em: <https://www.ottobockus.com/prosthetics/upper-limb-prosthetics/solution-overview/bebionic-hand/>. Acesso em: 6 jun. 2021.

soluções, sendo um dos principais requisitos relacionados ao abandono de próteses (SMAIL et al., 2020).

Os requisitos das próteses mioelétricas foram apresentados na forma de quadro resumo, sendo inseridas de acordo com os números correspondentes ao grau de importância (GI), respondido anteriormente pela usuária I em uma escala de (1-5). Continuando o método de Akao (1990), o autor do projeto inseriu valores em uma escala de 1-5 para delimitar o valor atribuído ao Plano de Qualidade. Em seguida calculou-se a Taxa de Melhoramento (TM), onde divide-se o valor da meta pelo valor de importância atribuído ao produto da empresa. Os Fatores de Venda (FV) atribuem a taxa de venda do produto podendo ser 1,5; 1,2 e 1. Com todos os dados calcula-se o Peso Absoluto (PA) por meio da equação:

$$PA = GI \times TM \times FV$$

É possível calcular o Peso Relativo por meio da divisão do Peso Absoluto pela soma dos pesos absolutos, definido pela equação:

$$PR = PA / Pas$$

Com esse método, priorizou-se os requisitos de maior importância no desenvolvimento de uma prótese. Em seguida, foram apresentadas características de componentes da prótese selecionada, com a identificação do seu sistema de funcionamento, botões da prótese, servomotores e diagrama de bloco.

3.2.2.3 Fase 3 – Projeto Conceitual

3.2.2.3.1 Detalhamento das concepções viáveis

Primeiramente, duas concepções alternativas foram denominadas de acordo com a autoria e determinadas entre as pesquisas de desenvolvimento de próteses abordadas na Revisão Integrativa, seguindo os critérios de serem próteses *open source*, impressas em 3D, custo dentro do estabelecido e que tivessem sido realizados testes com amputados. Utilizou-se o método de Akao para determinar o grau de importância de cada um dos seis

requisitos relatados pela usuária I. Para a triagem de concepção, adotou-se o método de Pugh (1991), na qual os critérios generalizados de um projeto são introduzidos em uma matriz considerando igual importância.

Perante isso, foram estabelecidos 10 requisitos: mobilidade, viabilidade econômica, usabilidade, aparência (antropomorfismo), segurança, pouco esforço físico, conforto, firmeza na utilização, leveza (massa) e acionamento intrínseco. O método funciona com critérios introduzidos em uma matriz, com a inserção de zero (0) na coluna solução referência e para as outras concepções cada critério é comparado com o correspondente da solução referência, caso seja melhor registra-se um sinal positivo (+), sendo igual assinala-se com zero (0) e caso seja pior registra-se o sinal negativo (-).

3.2.2.3.2 Fase 3 - Modelamento da concepção

3.2.2.3.3 Estimativa Econômica dos Componentes Não impressos da Prótese Mioelétrica

A identificação dos componentes não impressos aconteceu com o *download* da lista de componentes inerentes ao projeto. Esses componentes, juntamente com o valor do frete, preço do produto, quantidade do lote, dimensões, identificação da loja *on-line* e o preço de cada item sem e com a taxa de impostos de produtos importados foram estimados em um quadro. Todos os componentes impressos ou eletrônicos inerentes a prótese podem ser comprados diretamente pelo site da empresa. Devido às restrições momentâneas de exportação de componentes para o Brasil, e os custos impostos pela empresa Exiii, nenhum componente foi adquirido.

3.2.2.3.4 Características da prótese, definição do material, renderização e identificação do processo de fabricação

O polímero de impressão 3D foi definido de acordo com sua utilização em pesquisas sobre desenvolvimento de próteses mioelétricas acessíveis, características mecânicas e facilidade de acesso. As dimensões antropométricas da prótese foram definidas de acordo com o escopo do projeto. Utilizou-se o *download* do projeto disponibilizado pela plataforma ou empresa para verificar as dimensões antropométricas

correspondentes, sendo renderizado em *software Fusion 360* e posteriormente salvo em formato STL⁴⁰. O arquivo STL é simplesmente uma aproximação de superfície triangulada não estruturada do modelo CAD.

Após a renderização, foram obtidos orçamentos por meio do envio do projeto há quatro empresas de impressão 3D localizadas em São Paulo (SP), Brusque (SC), Joinville (SC) e Caxias do Sul (RS). Os orçamentos foram definidos em polímero de coloração preto e técnica FDM (página 36) de impressão 3D. A Especificação Técnica do Material utilizado é apresentada juntamente com as máquinas de impressão 3D utilizadas. Com o protótipo impresso em 3D foi possível realizar a montagem de sua estrutura e posterior verificação da massa da prótese sem componentes internos, finalizando a Fase 3 do Projeto Conceitual.

⁴⁰ Contém dados que descrevem o layout de um objeto tridimensional (SEMPREUPDATE,2021).

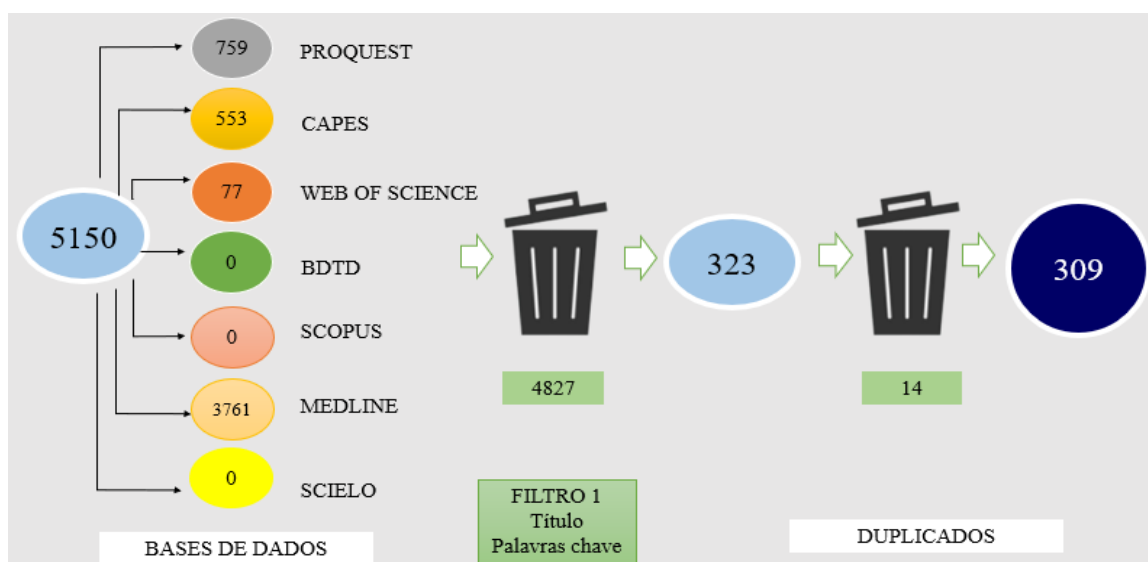
4 DESENVOLVIMENTO

A seguir são apresentados os resultados referentes a etapa teórica e etapa prática conceitual com resultados das três fases da metodologia de desenvolvimento de projeto adotada, Fase 1 (planejamento do produto), Fase 2 (projeto informacional) e Fase 3 (projeto conceitual) (BACK et al., 2008).

4.1 ETAPA TEÓRICA

Na Revisão Integrativa, foram encontradas 5.150 pesquisas delimitadas entre artigos, jornais, revistas, dissertações e teses resultantes da busca nas bases de dados. Utilizou-se um período predeterminado de 2006 a 2021, em seguida utilizou-se o primeiro filtro onde foi realizada a leitura do título e palavras chave. A Figura 17 demonstra o número de pesquisas em cada base de dados e suas duplicidades. O objetivo desta revisão foi coletar informações a respeito das pesquisas sobre Abandono de Tecnologia Assistiva e Abandono de Próteses de Membros Superiores e Capacidade Funcional.

Figura 17 – 1º Busca nas bases de dados

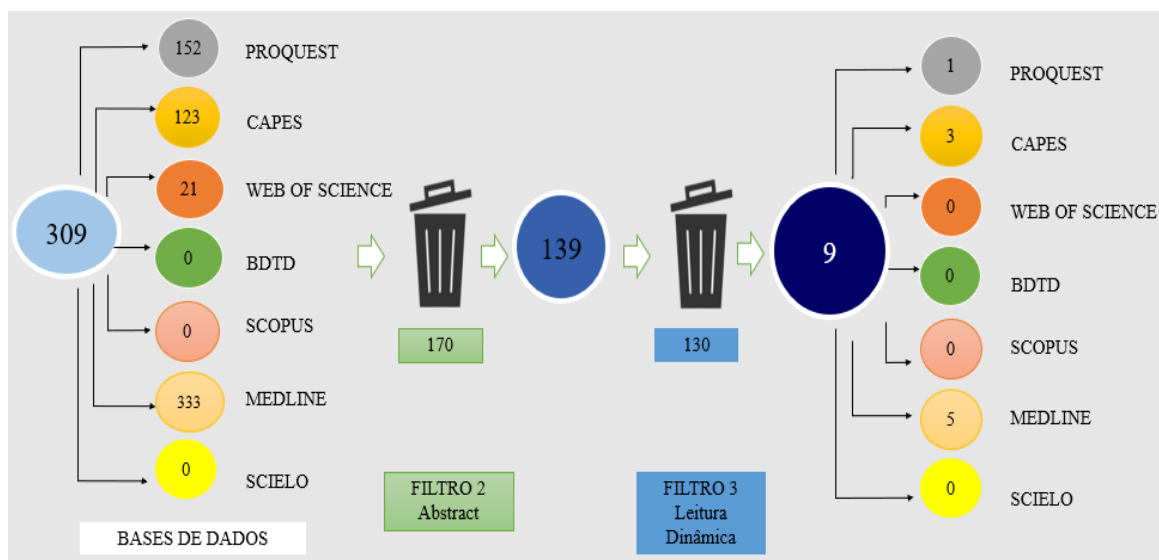


Fonte: autor (2021)

Foram selecionadas 309 pesquisas de acordo com os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos no capítulo 3.

O segundo filtro utilizado foi a leitura do *abstract*, excluindo 170 pesquisas. Ao utilizar o filtro 3, verificou-se que 9 pesquisas atendiam aos objetivos (Figura 18).

Figura 18 – Filtros 2 e 3



Fonte: autor (2021)

As 9 pesquisas selecionadas (Quadro 2) foram classificadas de acordo com o seu título, autores, ano, base de dados e país. Os resultados e objetivos das pesquisas selecionadas são demonstrados na Fundamentação Teórica desta pesquisa.

Quadro 2 – Pesquisas Abandono de Tecnologia Assistiva e Abandono de Próteses de Membros Superiores e Capacidade Funcional

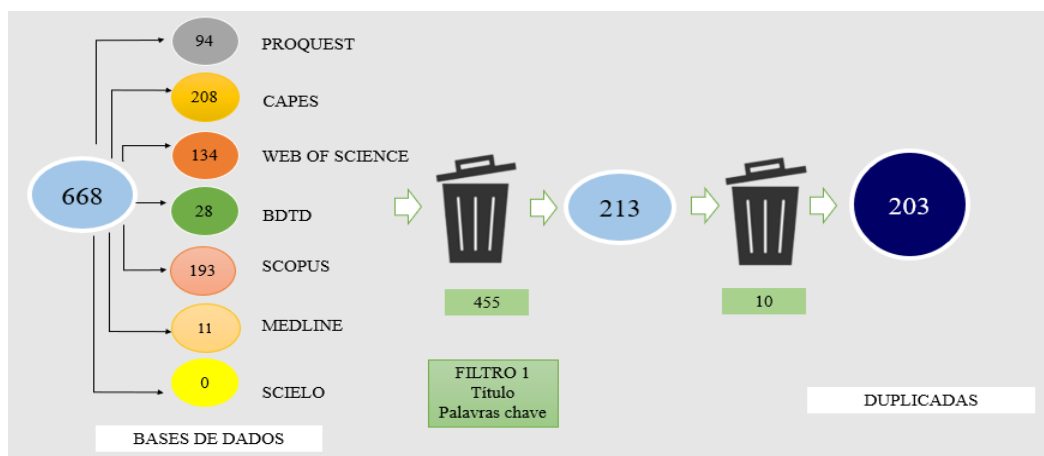
Título	Autores	Ano	Base de dados	País
Design of a cybernetic hand for perception and action	Carrozza, M.C.; Cappiello, G.; Micera, S.; Edin, B.B.	2006	CAPES	Itália
Upper-limb prosthetics: critical factors in device abandonment	Biddis, E.; Chau, T.	2007	CAPES	Canadá
Prosthesis use in adult acquired major upper-limb amputees: patterns of wear, prosthetic skills and the actual use of prostheses in activities of daily life	Ostlie, K.; Lesjø, I.M.; Franklin, R.j.; Garfelt, B.; Skjeldal, O.H.; Magnus, P.	2012	Medline	Noruega
How would I live with a disability? Expectations of bio-psychosocial consequences and assistive technology use	Parant, A.; Shiano-Lomoriello, S.; Marchan, F.	2016	Medline	França

Abandonment of assistive products: assessing abandonment levels and factors that impact on it	Sugawara, A.T.; Ramos, V.D.; Alfieri, F.M.; Battistella, L.R.	2018	Medline	Brasil
The Soft Hand Pro: Functional evaluation of a novel, flexible, and robust myoelectric prosthesis	Godfrey, S.B.; Zhao, K.D.; Theuer, A.; Catalano, M.G.; Bianchi, M.; Breighner, R.; Bhaskaran, D.; Lennon, R.; Grioli, G.; Santello, M.; Bichil, A.; Andrews, K.	2018	Medline	EUA
Functional capacity of elderly with lower-limb amputation after prosthesis rehabilitation: a longitudinal study	Silva, A. M.; Furtado, G.; Santos, I.P.; Silva, C.B.; Caldas, L.R.; Bernardes, K.O.; Ferraza, D. D.	2019	Medline	Brasil
Longitudinal study of prosthesis use in veterans with upper limb amputation.	Resnik L.; Borgia, M.; Biester, S.; Clark, M.A.	2020	CAPES	Portugal
A User-Driven Approach to Prosthetic Upper Limb Development in Korea	Ju N.; Lee K. H.; Kim M.O.; Choi Y.	2021	Proquest	Coréia do Sul

Fonte: autor (2021)

Para complementar os dados obtidos na primeira Revisão Integrativa, realizou-se mais uma busca de pesquisas nas bases de dados internacionais e nacionais mencionadas anteriormente. Foram realizadas buscas inerentes ao Desenvolvimento de Próteses Acessíveis. O primeiro filtro utilizado foi título e palavras chave, sendo selecionadas 213 pesquisas em seis bases de dados distintas (Figura 19). Utilizou-se novamente o gerenciador de referências *Mendeley* na verificação de duplicidades, constatando-se 10 pesquisas duplicadas. Utilizou o período predeterminado de 2015 a 2021 na busca por pesquisas relevantes.

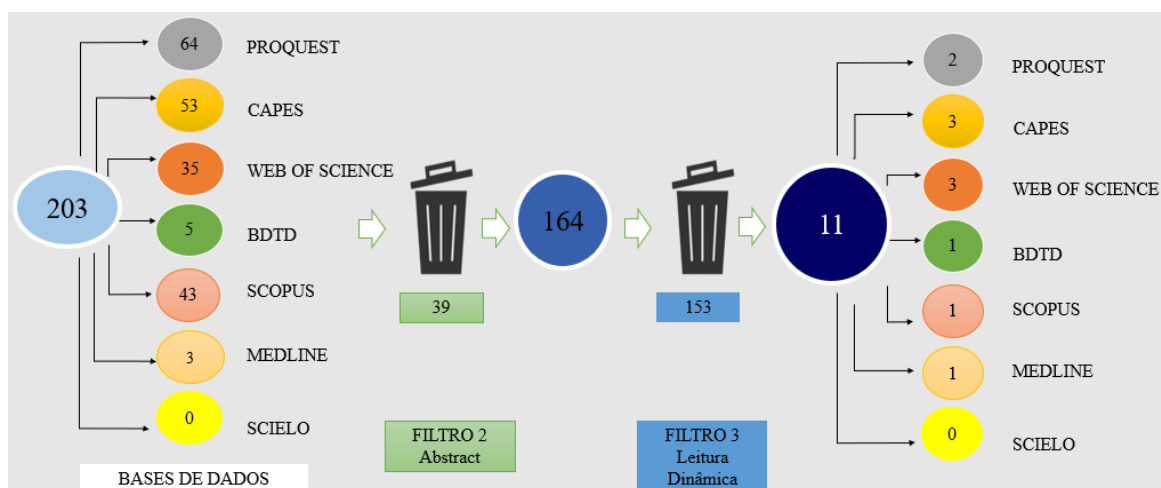
Figura 19 – 2º Busca nas bases de dados



Fonte: autor (2021)

O segundo filtro utilizado foi a leitura do resumo. Foram retiradas pesquisas sem relação com o tema, sendo selecionadas 164 de acordo com os critérios de inclusão e exclusão já estabelecidos. O terceiro filtro utilizado foi a leitura dinâmica das 164 pesquisas, sendo ao final identificadas 11 que atendiam aos objetivos da pesquisa, conforme Figura 20.

Figura 20 – Filtros 2 e 3



Fonte: autor (2021)

As pesquisas selecionadas (Quadro 3) foram classificadas de acordo com o seu título, autores, ano, base de dados e país.

Quadro 3 – Lista com pesquisas inerentes ao Desenvolvimento de Próteses Acessíveis

Título	Autores	Ano	Base de dados	País
Design and Fabrication of a Six Degree-of Freedom Open-Source Hand	Krausz, N. E.; Rorrer, R. A. L.; Weir, R. F.	2015	CAPES	EUA
Tact: Design and performance of an open-source, affordable, myoelectric prosthetic hand	Slade, P.; Akhtar, A.; Nguyen M.; Bretl, T.	2015	Medline	EUA
Development of novel 3D-printed robotic prosthetic for transradial amputees	Gretsch, K.F. Lather, H.D. Peddada, K.V., Deeken, C.R.; Wall, L.B. Goldfarb, C. A	2016	Scopus	EUA
Implementação de uma Prótese Ativa para Membro Superior de Baixo Custo	Xavier, R.T.	2016	BDTD	Brasil
Low-cost and open-source anthropomorphic prosthetics hand using linear actuators	Triwiyanto, T.; Pawana I.P.A; Hamzah T. Luthfiyah S.	2020	Proquest	Indonésia
Design and Evaluation of Anthropomorphic Robotic Hand for Object Grasping and Shape Recognition	Devaraja R.R; Maskeliunas R.; Damaševičius R.;	2020	Proquest	Lituânia
Demonstrator of a Low-Cost Hand Prosthesis	Mühlbauer, P.; Löhnert, L.; Siegle, C.; Stewart, K. W.; Pott, P.P.	2020	Web of Science	Brasil
An open-source anthropomorphic robot hand system: HRI hand	Park, H.; Kim, D.	2020	Web of Science	Coréia do Sul
A practical 3D-printed soft robotic prosthetic hand with multi-articulating capabilities	Mohammadi, A.; Lavranos, J.; Zhou, H.; Mutlu, R. Alici, G.; Tan, Y.; Choong, P.; Oetomo, D.	2020	CAPES	Austrália
A Wireless-controlled 3D printed Robotic Hand Motion System with Flex Force Sensors	Salman, F.; Yuanhui, C. Imran, Z.; Fenghua, L. Lijian, W.; Weiping, W.	2020	CAPES	China
Design of upper limb prosthesis using real-time motion detection method based on EMG signal processing	Unanyan, N.; Belov, A.A.	2021	Web of Science	Rússia

Fonte: autor (2021)

Na etapa Teórica foi possível realizar uma Revisão Integrativa dos principais temas inerentes a essa pesquisa, posteriormente a Etapa Prático Conceitual aborda o PDP por meio do Planejamento do Produto (Fase 1), Projeto Informacional (Fase 2) e Projeto Conceitual (Fase 3) da metodologia adotada por Back et al. (2008).

4.2 ETAPA PRÁTICO CONCEITUAL

4.2.1 Fase 1 - Planejamento do Projeto

Com base nas duas Revisões Integrativas anteriormente relatadas, desenvolveu-se o Quadro 4 (Escopo do Projeto) que identifica os objetivos, restrições e características do projeto conceitual da prótese mioelétrica.

Quadro 4 – Escopo do projeto

Escopo do projeto	
Objetivos	Desenvolver o projeto conceitual de uma prótese mioelétrica da mão e antebraço direito voltada a pessoas com amputação de nível Transradial
Restrições	Projeto com custo máximo de R\$ 3.636,00
Características Solução Referência	<p>Massa menor que a massa média de uma mão humana (< 400 g)</p> <p>Dimensões de acordo com o percentil 50 do sexo feminino</p> <ul style="list-style-type: none"> -Comprimento da mão = 170 mm -Comprimento cotovelo a ponta do dedo médio = 430 mm <p>Sistema de acionamento intrínseco (embutido na mão)</p> <p>Projeto antropomórfico</p> <p>Funcionalidade com no mínimo 2 graus de liberdade (abrir/fechar)</p> <p>Pulso com rotação e pronação</p> <p>Capacidade Funcional em realizar AVDs</p>

Fonte: autor (2022)

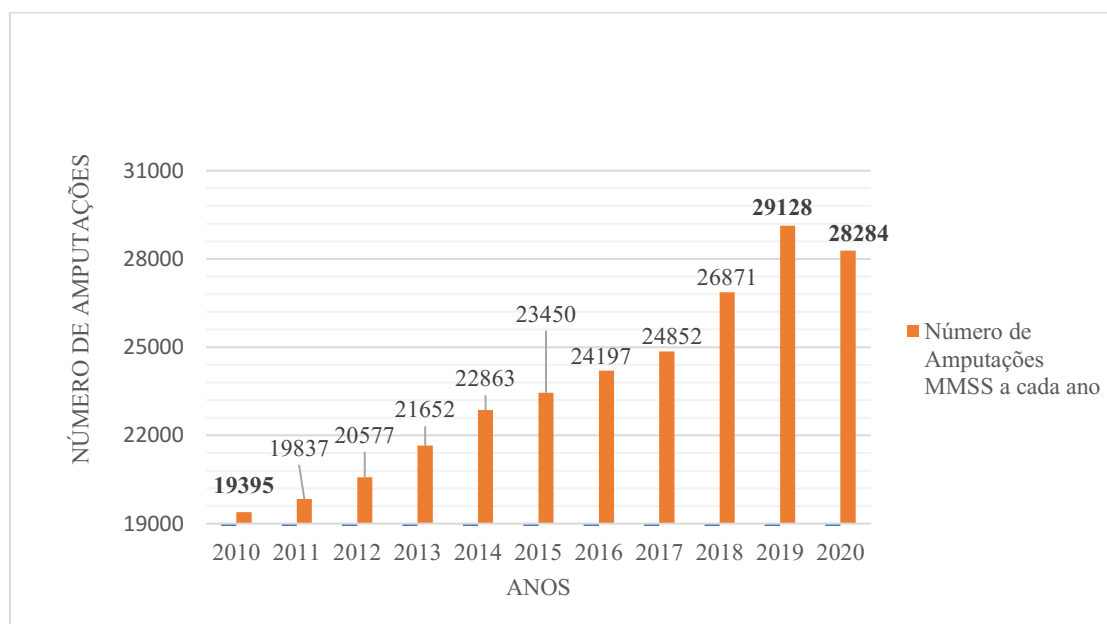
A identificação da demanda de usuários aconteceu por meio da tabulação dos dados de amputados de Membros Superiores e notou-se que os procedimentos de amputação/desarticulação de dedos não possuíam referências aos Membros Superiores ou Inferiores⁴¹. Consultou-se via e-mail o Ministério da Saúde e obteve-se a informação de que a os procedimentos são classificados de acordo com a Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde (CID), sendo o

⁴¹ Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/qiuf.def>. Acesso em 15 jun. 2021.

procedimento amputação/desarticulação de dedo⁴² (0408060042) classificado em Gerais, tendo uma listagem de doenças referentes ao procedimento em Membros Superiores e Inferiores (ANEXO C).

Devido a essa discrepância, o autor tabulou dados para realização de dois gráficos, o primeiro com os procedimentos de amputação/desarticulação de dedo (0408060042), amputação/desarticulação de mão e punho (0408020016), Membros Superiores (0408020024) e Membros Superiores em oncologia (0416090028) (Figura 21). No segundo gráfico (Figura 22), retirou-se o procedimento de amputação/desarticulação de dedo (0408060042), pois esse procedimento não especifica Membro Superior ou Inferior (BRASIL, 2021).

Figura 21 – Amputações de MMSS de 2010-2020 com procedimento 0408060042



Fonte: dados do SIHSUS (BRASIL, 2021)

No gráfico apresentado na Figura 24, percebe-se um aumento constante no número de amputações a partir do ano de 2010 com 19.395, chegando no ano de 2019 a 29.128. No ano de 2020 verificou-se uma diminuição, passando para 28.284. Relacionado a isso, em dez anos, 84% dos procedimentos de amputação de Membros Superiores têm a etiologia da urgência (traumas). Acidentes de trânsito, acidentes de trabalho e projéteis

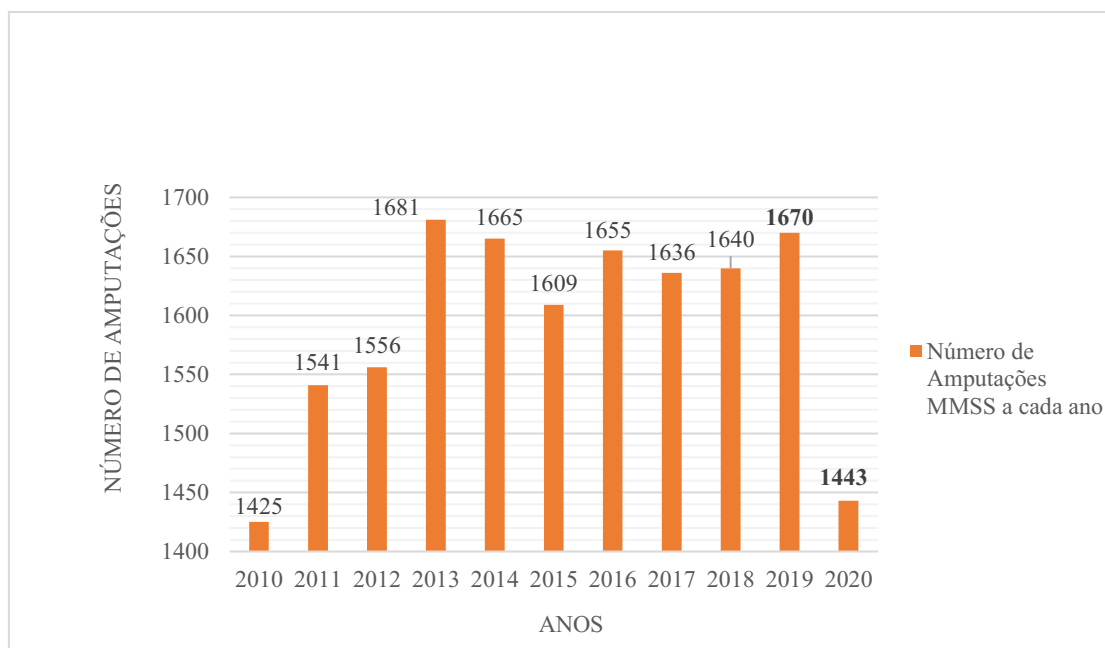
⁴² Procedimento de exeresse de dedo, ou parte dele, inviável tecnicamente, podendo haver capsulotomia, casuloplastia, tenomiotomias, tenomioplastias, rotação de retalho, transposições tendinosas e regularização de coto de amputação. Disponível em: <http://sigtap.datasus.gov.br/tabela-unificada/app/sec/procedimento/exibir/0408060042/05/2021>. Acesso em: 6 jun. 2021.

de armas de fogo são responsáveis por 75% das amputações de Membros Superiores (O’SULLIVAN; SCHMITZ; FULK, 2018), com maior frequência em adultos jovens do sexo masculino, numa relação 8:1, em relação às mulheres (BRASIL, 2021).

Segundo dados do Ministério do Trabalho e Previdência (2020)⁴³, foram 4.076 acidentes de trabalho no ano de 2020, com amputação traumática a nível do punho e mão (CID S68). Destes 3.396 são acidentes típicos, 70 de trajeto e 6 doenças de trabalho. Amputações transfalangeanas são responsáveis por 78% de todas as amputações de Membros Superiores (MADURI; AKHONDI, 2021). Ressalta-se a prevalência de acidentes nos dedos e mãos que são, respectivamente, as partes do corpo mais atingidas, sobretudo de trabalhadores em idade produtiva, ou seja, entre 20 e 49 anos (SOUZA et al., 2008).

O gráfico apresentado na Figura 22 identifica que houve uma redução de 1.670 amputações em 2019, para 1443 em 2020.

Figura 22 – Amputações de MMSS de 2010-2020 sem procedimento 0408060042



Fonte: dados do SIHSUS (BRASIL, 2021)

⁴³ Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-social/saude-e-seguranca-do-trabalhador/dados-de-acidentes-do-trabalho/arquivos/AEAT_2020/secao-i-estatisticas-de-acidentes-do-trabalho/subsecao-c-acidentes-do-trabalho-segundo-a-cid/capitulo-57-brasil-e-grande-regioes/57-3-quantidade-de-acidentes-do-trabalho-por-situacao-do-registro-e-motivo-segundo-os-200-codigos-da-classificacao-internacional-de-doencas-cid-10-mais-incidentes-no-brasil-2019. Acesso em: 3 jun. 2021.

Percebe-se com a análise dos gráficos que a não inserção dos dados relativos a amputações de dedos causou uma diminuição de até 95% no número de amputações no ano de 2020. Estima-se que as amputações de Membro Inferior correspondam a 85% de todas as amputações de membros, apesar de não haver informações precisas sobre este assunto no Brasil (CARVALHO, 2003; O’SULLIVAN; SCHMITZ, 2004). Levando-se em conta que foram realizadas em torno de 63 mil amputações de Membros Superiores e Inferiores no ano de 2020, estima-se que 15% (9.450) das amputações foram de MMSS.

Peixoto et al. (2017) realizaram uma pesquisa similar referente ao número de amputados no Brasil no período de 2008-2015. Os autores verificaram que aconteceram 361.585 amputações de Membros Superiores e Membros Inferiores em todo o Brasil no período de 7 anos, com uma média de 51.600 amputações anuais.

4.2.2 Fase 2 - Projeto Informacional

4.2.2.1 Questionário on-line – Índice de Barthel

Nesta fase foram identificadas as respostas do Questionário Índice de Barthel (Seção 1), que resultaram em 9 respondentes com idades entre 26 e 49 anos respectivamente, sendo quatro do gênero feminino e cinco do gênero masculino. Oito dos respondentes são solteiros e um é casado, sendo residentes dos seguintes estados e cidades brasileiras: Ceará (Caucaia), Pernambuco (Recife), Bahia (Salvador), Espírito Santo (Vila Velha), Rio de Janeiro (Rio de Janeiro (2)) e Rio Grande do Sul (Caxias do Sul (2) e Alegrete). O tempo de amputação dos respondentes foi entre 1 e 276 meses. A ordem de apresentação dos dados será de acordo com a ordem das perguntas. O Quadro 5 apresenta as respostas de cada sujeito.

Quadro 5 – Síntese das respostas

Sujeito	Idade	Gênero	Estado civil	Estado do Brasil	Tempo de Amputação (meses)	Bilateral	Nível de amputação	Grau de instrução
1	36	M	S	ES	48	Sim	Desart. de ombro	Superior completo
2	28	F	S	PE	8	Não	Amputação Transumeral	Superior completo
3	49	F	S	CE	276	Não	Desart. do cotovelo	Superior completo

4	38	M	C	BA	32	Não	Desart. do punho	Médio completo
5	31	F	S	RS	1	Não	Desart. de ombro	Superior completo
6	28	M	S	RJ	7	Não	Desart. de ombro	Fund. incompleto
7	26	F	S	RJ	5	Não	Desart. do cotovelo	Superior completo
8	27	M	S	RS	84	Não	Desart. de ombro	Médio completo
9	33	M	S	RS	240	Não	Desart. parcial de mão	Médio incompleto

Fonte: Questionário Sociodemográfico *on-line* (2021)

Dos 9 respondentes, 5 respondentes são ativos, ou seja, exercem atividade econômica, 3 são inativos e 1 é aposentado. Os dois respondentes que possuem próteses de Membros Superiores, utilizam por período de 8 e 12 horas diárias. Biddis et al. (2009) revelam que em média os usuários de próteses fazem uso delas por 13 horas diárias.

Quanto aos respondentes que não utilizam próteses (7), quatro responderam que o motivo principal é o financeiro. Níveis socioeconômicos mais baixos são considerados um fator para o risco aumentado de amputação de membros, portanto espera-se que a aquisição de próteses seja influenciada por seu preço (ARYA et al., 2018).

Uma prótese mioelétrica pode variar entre US\$ 20.000,00 e US\$ 100.000,00 (GIMPSEY; BRADFORD, 2017). Dois sujeitos responderam que nunca tiveram interesse em utilizar e um relatou o desconforto da elevada massa da prótese. Os requisitos conforto e baixa funcionalidade são as razões mais mencionadas no abandono de dispositivo protéticos de Membros Superiores (SMAIL et al., 2020). Estima-se que cerca de 50% das pessoas com amputação do Membro Superior usam prótese e desse grupo, apenas 40% usam prótese mioelétrica (HAKONEN et al., 2015; LENZI; LIPSEY; SENSINGER, 2016).

Avaliando-se as respostas do Índice de Barthel, por meio da ordem do questionário (ANEXO B), verificou-se que dos 9 participantes da pesquisa, 55,5% (5) são totalmente independentes na realização de alimentação, 33,3% (3) requerem ajuda e 11,1% (1) incapacitados. Quanto ao banho, 66,7% (6) são totalmente independentes e 33,3% (3) são dependentes. Em relação às atividades rotineiras, 66,7% (6) são independentes na realização e 33,3% (3) necessitam de ajuda. Na atividade de vestir-se, identificou-se que 55,6% (5) são totalmente independentes, 22,2% (2) precisam de ajuda, mas conseguem realizar uma parte sozinhos e 22,2% (2) são dependentes. Quanto ao

controle de intestino, 77,8% (7) são continentemente e 22,2% (2) incontinentemente. Quanto ao controle do sistema urinário, 77,8% (7) são continentemente e 2 (22,2%) incontinentemente. Quanto ao uso do banheiro, identificou-se que 7 (77,8%) são independentes ao pentear-se ou limpar-se, 11,1% (1) precisa de ajuda parcial e 11,1% (1) é dependente.

Na atividade de transferência da cama, identificou-se que 77,8% (7) são independentes e 22,2% (2) necessitam de muita ajuda (uma ou mais pessoas). Todos os participantes declararam ser independentes na atividade de mobilidade em superfície plana. Ao ato de subir ou descer escadas, identificou-se que 77,8% (7) são independentes e 22,2% (2) necessitam de ajuda.

A partir da individualização dos resultados, nota-se no Quadro 6 que um respondente possui dependência total e outro dependência severa, atingindo 25 e 35 pontos na escala do Índice de Barthel, sendo os únicos que utilizam cadeiras de rodas. Woodruff et al. (2017) descrevem que os níveis de amputação podem influenciar a funcionalidade, pois há especificidades quanto a indicação da prótese frente ao nível em que o membro foi amputado.

Quadro 6 – Síntese *Score* Índice de Barthel

Sujeito	Score (0-100)	Utiliza Prótese	Interpretação do Resultado
1	25	Não	Dependência total
2	100	Não	Totalmente independente
3	95	Não	Dependência leve
4	95	Não	Dependência leve
5	80	Não	Dependência moderada
6	100	Não	Totalmente independente
7	100	Sim	Totalmente independente
8	35	Sim	Dependência severa
9	100	Não	Totalmente independente

Fonte: Respostas Questionário Índice de Barthel (2021)

O questionário aplicado corrobora na interpretação de que uma maior dependência na realização de atividades por amputados pode estar ligada a um maior nível de amputação, influenciando na utilização de próteses. À medida que o nível de amputação aumenta, a pontuação do índice de AVDs diminui, o que tornará o amputado mais dependente (EBRAHIMZADEH et al., 2016). Muitos amputados unilaterais de Membros Superiores realizam a maioria das AVDs sem uma prótese, e podem ser mais funcionais dessa forma do que usando uma prótese, no entanto, eles apresentam risco aumentado de síndromes de uso excessivo por meio de lesões no membro que não foi amputado, bem como dores nas costas e no pescoço relacionadas a estratégias compensatórias ruins, que

são comumente relatadas nessa população (MUSICUS; DAVIS, 2013; GAMBRELL, 2008). Lesões por uso excessivo são problemas de saúde pública que podem levar à incapacidade permanente (WERNER et al., 2005).

Pessoas com amputações unilaterais devem utilizar o dispositivo protético principalmente no auxílio aos membros sadios, enquanto amputados bilaterais tem a prótese como principal forma de interação com o ambiente (CORDELLA et al., 2016). Pesquisas revelam que amputados bilaterais de Membros Superiores devem utilizar próteses na realização das AVDs (HU; WU, 2005). Há evidências de que o desempenho da prótese pode influenciar na pontuação em AVDs de amputados bilaterais, eles necessitam de maior atenção, principalmente nas atividades relacionadas à higiene pessoal, como usar a torneira, pentear o cabelo e assoar o nariz, no entanto as AVDs de amputados unilaterais são tipicamente realizadas com a mão sã e não com a prótese (OSTILIE et al., 2012; PRÖBSTING et al., 2015).

4.2.3 Fase 2 - Levantamento dos Requisitos do Usuário

4.2.3.1 Fase 2 – Determinação da possível solução

O detalhamento das concepções foi determinado com base em três próteses de baixo custo vinculadas a duas plataformas e uma empresa: E-nabling The Future (2012), *Inmoov* (2012) e a empresa Exiii (2015). Essas plataformas de pesquisas são baseadas em uma abordagem de código aberto tendo mais de 50% de seus projetos de próteses disponíveis de forma *on-line* (KATE, SMIT e BREEDVELD, 2017). O usuário II não retornou o contato, sendo assim, houve somente a análise da usuária I em relação ao design das próteses por meio do envio do anexo D⁴⁴ via plataforma *Google Form*. As dimensões antropométricas da usuária I foram identificadas de acordo como o relato da usuária.

A plataforma E-nabling The Future (2013) foi criada por voluntários, são mais de 40.000, em diversas partes do mundo, incluindo a E-nabling Brasil, localizada na cidade de Recife em Pernambuco. Esses voluntários utilizam suas impressoras 3D para

⁴⁴Disponível

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSd8Rzp1shUVALsrT_ufPrvggqBDKjX7itb-rKijn09J656njw/viewform?vc=0&c=0&w=1&flr=0

produzir próteses gratuitas e de baixo custo para mais de 10.000 destinatários em todo o mundo. Dentre os modelos de próteses disponibilizados pela plataforma *GitHub*⁴⁵ destaca-se a prótese El Medallo⁴⁶ (Figura 23) criada na cidade de Medellín, na Colômbia.

Figura 23 – Prótese E-nabling The Future (El Medallo)



Fonte: E-nabling The Future (2013)

A plataforma utiliza um escâner 3D no início do processo de desenvolvimento de suas próteses, disponibilizando em seu site o passo a passo para utilização desse escâner. Ele é responsável por realizar o dimensionamento do coto dos usuários, a fim de obter medidas que auxiliem na fixação da prótese.

É disponibilizada a lista de componentes, que incluem: dois servomotores, duas baterias, sensor EMG de movimento, Arduíno Nano, interruptores, resistores, capacitores, fusíveis, regulador de tensão, conectores, cabos de solda e carregador de bateria. Ferramentas como lixa para limpeza das peças, chave de fenda, ferro de solda, multímetro, cola para polímero, pistola de cola quente, epóxi Clorofórmio (para PLA) ou Acetona (para ABS), alicate, lima e estilete são utilizados.

Para aquisição da placa Arduino é necessário acessar o site da empresa fornecedora⁴⁷ e realizar o *upload* da configuração correta do Placa de Circuito Impresso (PCB) de dimensões de 40 x 44 mm. A plataforma conta com um tutorial⁴⁸ para

⁴⁵ GitHub plataforma de hospedagem de código-fonte e arquivos com controle de versão usando o Git

⁴⁶Disponível em: <https://github.com/Humanos3D/RoboticArmV2>. Acesso em: 8 mai. 2022.

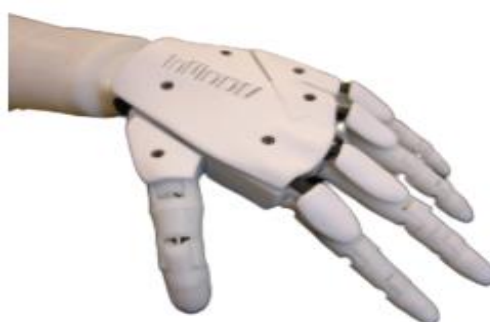
⁴⁷Disponível em: <https://www.pcbway.com/>. Acesso em: 8 mai. 2022.

⁴⁸ Disponível em: <https://github.com/Humanos3D/ElMedalloBionicArm/wiki/The-OYMotion-EMG-Sensor>

verificação dos sinais de eletromiografia, descrevendo com um fluxograma os passos a serem seguidos para obtenção dos sinais. São utilizados dois eletrodos de superfície da Marca OY (US\$ 49,50) e assim como a prótese *Inmoov*, utiliza linhas de pesca para o tensionamento dos dedos. O pulso pode ser girado manualmente em até 90° e possui 27 partes impressas. Utiliza duas baterias de íons de Lítio responsáveis pelo funcionamento dos dois interruptores o de paralização total e o geral (liga/desliga). Os desenvolvedores estimam seu custo final em R\$ 861,00 (US\$ 182,00) (E-NABLING THE FUTURE, 2022).

A concepção disponibilizada pela plataforma *Inmoov* (2012) foi criada pelo escultor e designer francês Gael Langevin, foi a primeira a disponibilizar arquivos de próteses impressas em 3D em tamanho real e código aberto, disponibilizando próteses passivas e ativas de forma gratuita. Existem milhares de construtores em todo o mundo, incluindo um na cidade de Florianópolis⁴⁹. O design do projeto é disponibilizado via plataforma *Thingserve* juntamente com um tutorial, onde são identificados os 5 servomotores (um para cada dedo), um Arduíno Nano, sensores e resistores e linhas. É necessário inserir a programação disponibilizada pela plataforma. Cada dedo realiza movimentos de acordo com o tensionamento das linhas de pesca, acopladas aos dois servomotores e os dedos (INMOOV, 2022). São 16 graus de liberdade na prótese de mão e mais 5 graus no antebraço (Figura 24).

Figura 24 – Prótese Inmoov



Fonte: Inmoov (2012)

Os arquivos⁵⁰ de impressão dos 51 componentes estão disponíveis em formato STL e podem ser adquiridos na plataforma com resolução 0,3 mm e material ABS branco

⁴⁹ Disponível em: <http://inmoov.fr/>. Acesso em: 29 mai. 2022.

⁵⁰ Disponível em: <http://inmoov.fr/inmoov-stl-parts-viewer/?bodyparts=Right-Hand>.

por R\$ 548,00 (108 €) (INMOOV, 2022). A placa servo é vendida por R\$ 319,00 (63 €) e demais componentes como servomotores (5x) (R\$ 600,00), linha de pesca (R\$ 25,00), sensores e moldes de silicone (R\$ 25,00) para verificações de diferentes preensões são vendidos pela empresa. Esses sensores auxiliam o agarre de objetos como garrafas plásticas ou ovos. Estima-se um custo final de R\$ 1700,00 (US\$ 359,00).

Andrés-Esperanza et al. (2022) avaliaram próteses impressas em 3D por meio do protocolo *Southampton Hand Assessment Procedure* (SHAP). Esse protocolo estabelece que o usuário auto cronometre as tarefas, iniciando cada tarefa sentado com a prótese aberta, sendo que se não completasse a tarefa em até 100 s ela era considerada inválida. Os autores verificaram que a prótese *Inmoov* conseguiu erguer um objeto pesado, levantar uma bandeja e realizar a rotação de uma maçaneta de porta, as duas últimas tarefas realizadas em menos de 10 s. Mesmo que a prótese *Inmoov* tenha sido a que obteve o menor tempo total na realização de tarefas com objetos leves de madeira, nenhuma das próteses testadas pelos autores conseguiu realizar tarefas com manipulação fina de objetos, como: corte de alimentos, fechar/abrir zíper e girar um parafuso com uma chave de fenda. Além disso a prótese *Inmoov* não conseguiu realizar a tarefa de proporcionar aderência ao pote quando a tampa foi girada com o membro saudável. Sendo assim, os autores analisaram que as próteses podem ser utilizadas como complemento da mão sã.

A empresa japonesa Exiii desenvolveu a prótese Hackberry (2015), disponibilizada de forma *open source* por meio da plataforma *GitHub*. A prótese realiza movimentos por meio de três servomotores acoplados na palma da prótese, há um Arduino com *Gerver* próprio, parafusos, micro Arduino, sensores e bateria. No total são 61 componentes impressos contemplando a estrutura da mão, punho e antebraço. Também são disponibilizados tutoriais de montagem dos componentes impressos e sistema eletrônico, tendo um custo final da prótese estimado em US\$ 300. A próteses Exiii Hackberry (Figura 25) é uma mão biônica impressa em 3D com controles elétricos e acionamento motorizado. A prótese tem a integração de motores na palma: evita cordas e aciona a atuação diretamente com engrenagens e articulações.

Figura 25 – Prótese Hackberry



Fonte: Exiii Hackberry (2015)

Os testes realizados por Shibanoki e Jin (2020) em sua prótese com design Hackberry foram realizados por um voluntário sem amputação de membro do sexo masculino. Os testes abrangeram quatro movimentos: preensão, abertura, extensão e flexão do punho. A atividade consistiu em agarrar a tampa de uma caixa e deslocá-la para a direita colocando-a em cima da mesa por dez vezes seguidas. Após a realização os autores, identificaram que a prótese tem mobilidade suficiente e possui firmeza na sua utilização. Os testes realizados pelos Koprnický, Najman e Safka (2017) foram realizados com o agarre da prótese em um câmbio de automóvel. Foi demonstrado que seu protótipo é funcional, mas os servomotores utilizados não tem condição de lidar com cargas muito pesadas.

Omar et al. (2019) realizaram testes com sua versão de prótese Hackberry, demonstrando a capacidade de agarrar, precisão esférica, potência, ponta e aperto lateral. As atividades foram realizadas por 5 voluntários com 1 minuto para realização, sendo que ao final a usuária determinou uma pontuação de (1-10), com a pontuação menor indicando a fácil realização e a pontuação maior indicando ser impossível realizar a atividade. As atividades envolvidas foram: (i) amarrar o cadarço, (ii) virar a página do livro, (iii) abrir a porta, (iv) pegar e levar a camiseta do ponto A para o ponto B, (v) pegar e levar a jaqueta, (vi) pegar a caneta e escrever utilizando a prótese e (vii) pegar a garrafa de 600 ml e erguer até a altura da boca.

Os autores verificaram que os cinco voluntários não conseguiram realizar as atividades (iii) e (v) com a indicação da maior pontuação igual a (10). As atividades (i) e (iv) obtiveram a menor pontuação, significando maior facilidade na sua realização. Na atividade (vii), três voluntários indicaram pontuação 5, referindo-se a uma dificuldade mediana em realizar. Por outro lado, a atividade (ii) teve três voluntários com pontuação igual a 8 e dois com pontuação 9, demonstrando dificuldade na realização devido à textura

lisa dos dedos da prótese, o que pode causar escorregamento de objetos.

O detalhamento das soluções E-nabling The Future (2013), *Inmoov* (2012) e Hackberry (2015) consideraram os vídeos da utilização das próteses, custos, pesquisas, relato de testes, informações disponíveis nas plataformas e requisitos estabelecidos pela usuária I. Os atributos Ergonomia, Montabilidade, Material, Geometria, Capacidade Funcional e Segurança foram inseridos em um quadro resumo (FONSECA, 2010).

4.2.3.2 Entrevista semiestruturada (APÊNDICE C) usuário I por meio de Vídeo Conferência

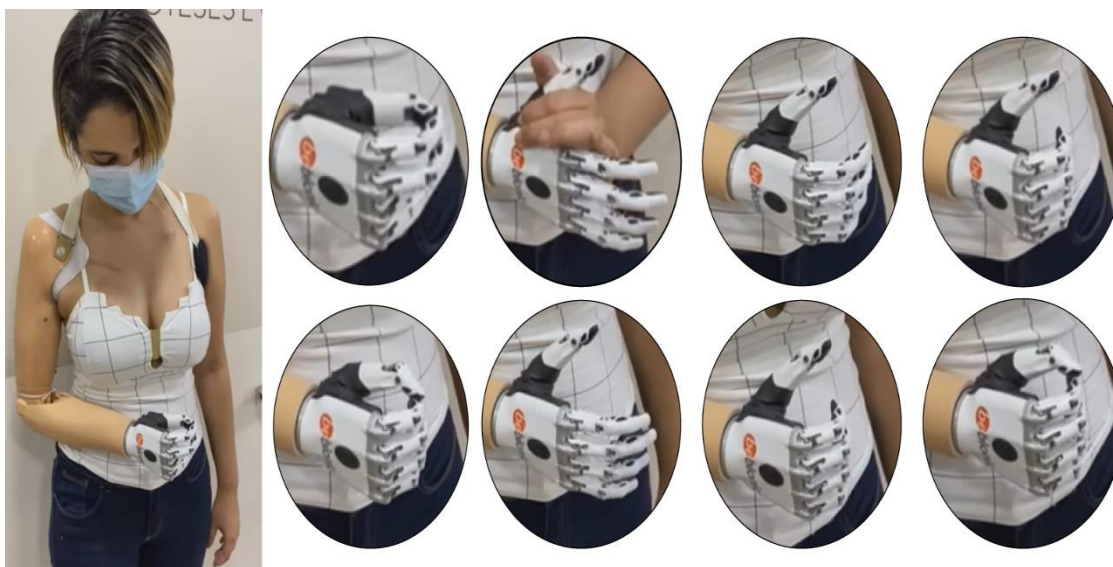
A identificação dos requisitos dos usuários aconteceu por meio das entrevistas semiestruturadas realizadas. Identificou-se que o usuário I é do sexo feminino, é moradora da cidade do Rio de Janeiro, tem 26 anos e utiliza uma das próteses mais tecnológicas no mundo, a prótese *Bebionic* da fabricante *Ottobock* (Figura 6 (a), p.28). Sua amputação é Transumeral (Figura 3, p. 23) e ocorreu em março de 2021, sendo um procedimento médico, devido a um tumor no cotovelo do braço direito. O processo de reabilitação teve duração de 6 meses, com o acompanhamento de fisioterapeuta e médico. Logo após a amputação, a usuária sentia muita dor devido à sensibilidade do coto, por isso realizou sessões de acupuntura que lhe auxiliaram. Relatou que foram necessárias três sessões de fisioterapia para conseguir realizar movimentos de pinça, abertura e fechamento da mão devido ao coto estar fragilizado por ela ter tido câncer desde os 20 anos. Como seu braço dominante foi amputado, ela teve que aprender a escrever novamente com o braço esquerdo, e utilizando um espelho ela aprendeu em apenas uma semana.

O funcionamento de sua prótese acontece através do encaixe da prótese no coto, a vácuo. Os movimentos são realizados a partir de dois eletrodos, que são utilizados para rotacionar o punho e realizar 4 movimentos escolhidos pela usuária, dentre 14 possíveis. A bateria de sua prótese dura 3 dias e leva 12 horas para carregar, sendo que a usuária utiliza de 8 a 10 horas por dia e quando não está usando, a desliga. A prática extensiva e a quantidades diárias de uso podem contribuir para a sensação de corporificação da prótese (ENGDahl; MEEHAN; GATES, 2020).

Ela relatou que se sente muito bem e que a amputação salvou sua vida. O retorno ao trabalho, após a amputação, foi o que a ajudou a não entrar em depressão. A empresa na qual trabalha pagou metade do preço total da prótese, de R\$ 300.000,00, e a outra metade está arrecadando com a realização de uma rifa. Seu objetivo é utilizar a prótese

mioelétrica para ter maior independência e seu sonho é voltar a dirigir e andar de bicicleta. Na Figura 26 é possível visualizar a sequência do movimento de abrir/fechar a prótese mioelétrica realizado pela usuária.

Figura 26 – Sequência de movimentos realizado pela usuária I



Fonte: arquivo pessoal usuária I (2021)

4.2.3.3 Entrevista presencial semiestruturada usuário II

Devido às medidas sanitárias decorrentes da pandemia da Covid-19, as perguntas (APÊNDICE B) junto ao usuário II aconteceram em ambiente externo, com o distanciamento de dois metros. Embora ambos tenham sido vacinados com duas doses, o pesquisador utilizou máscara, e o usuário não.

O usuário do sexo masculino tem 28 anos, é morador da cidade de Caxias do Sul e utiliza a prótese mioelétrica denominada *Bebionic* de cor preta, da fabricante *Ottobock*. Sua amputação ocorreu em 2014, por um trauma ocorrido devido a um acidente de moto. O usuário II utiliza cadeira de rodas motorizada, pois não possui movimento em ambas as pernas. Há 7 anos realiza acompanhamento com o fisioterapeuta e mesmo assim relata que sente sensação de membro fantasma. Seu nível de amputação do braço direito é o Transumeral (Figura 3, p. 23), ou seja, acima do cotovelo.

Em relação ao aprendizado da utilização da prótese, relatou que demorou 15 minutos para aprender os movimentos. O funcionamento acontece com o auxílio de dois eletrodos, colocados nos músculos tríceps (abre mão) e no bíceps (fecha mão), por meio

de um aplicativo disponibilizado pelo fabricante e instalado no celular do usuário. Com esse aplicativo, o usuário consegue escolher até quatorze movimentos. O aplicativo sinaliza algum problema e quantifica a carga de bateria da prótese, que tem durabilidade de até quatro dias. O usuário tem a opção de utilizar apenas o braço da prótese, sem necessariamente ter que ligar a mão, mas o contrário não é possível. O punho da prótese é rotacionado de forma manual, utilizando a outra mão (dominante). A prótese é confeccionada em liga de titânio (mecanismo dos dedos), nylon (estrutura externa da prótese) e fibra de carbono (encaixe do coto).

Em 4 meses de uso da prótese, rasgou quatro luvas cosméticas, mesmo tendo cuidados, como utilizar creme nas luvas para evitar o ressecamento causado pela luz solar. Juntamente com a prótese vieram seis luvas cosméticas que, em consequência da rápida deterioração, foram trocadas por uma luva de tecido de cor preta, a fim de proteger a prótese contra poeiras e sujeiras. Determinadas partes da prótese possuem garantia vitalícia. O usuário relata que quebrou um dedo da prótese e o fabricante enviou outro. Usuários de próteses mioelétricas consideram muito elevado o custo do dispositivo e apontam a substituição de luvas e baterias como os principais problemas de manutenção (CORDELLA et al., 2016).

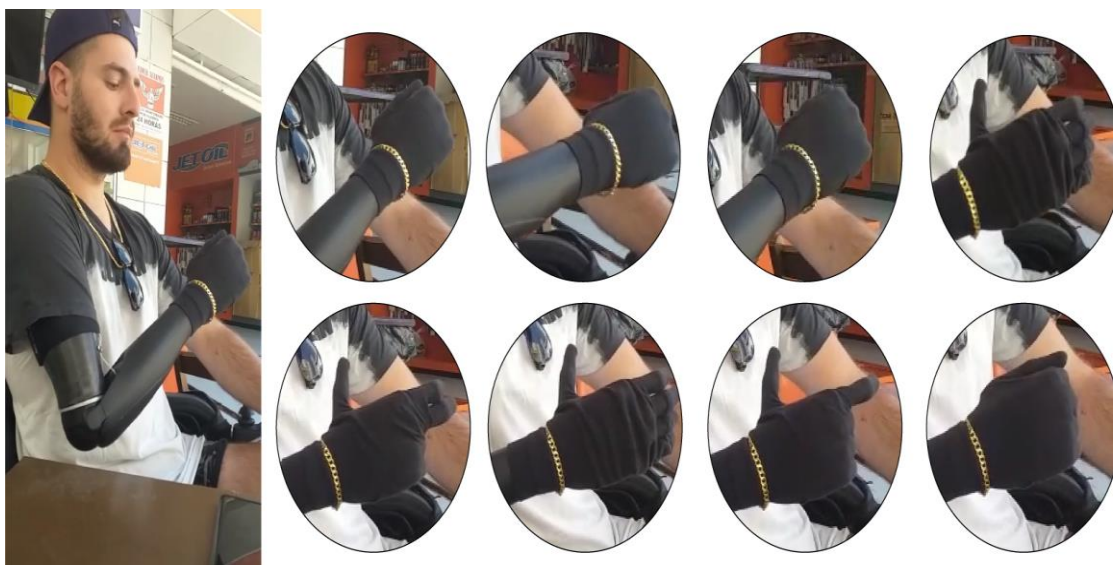
Segundo o usuário, ele é o único cadeirante da América do Sul com prótese mioelétrica, que foi importada por meio da empresa Instituto de Próteses e Órtese (IPO)⁵¹, com matriz localizada na cidade de Campinas, São Paulo.

O usuário informou que a vida útil da prótese é de 15 anos, mas sendo bem cuidada pode durar a vida inteira. Em 2 anos, ele levará a prótese para a primeira revisão, enquanto isso ele continuará utilizando durante 10 horas por dia, retirando para tomar banho e dormir. Sua finalidade em utilizar a prótese mioelétrica é ter maior mobilidade e independência.

Ao final da entrevista, o usuário II demonstrou alguns movimentos adquiridos com o uso da tecnologia. Na Figura 27 é possível visualizar a sequência do movimento de abrir/fechar os cinco dedos da mão, abrir somente três dedos, abrir dois dedos e fechar os cinco dedos realizados pelos usuários.

⁵¹ Disponível em: <http://ipobrasil.com.br/>. Acesso em: 9 ago.2021.

Figura 27 – Sequência de movimentos realizado pelo usuário II



Fonte: autor (2021)

Os dois usuários contribuíram com 5 requisitos relevantes para o desenvolvimento de uma prótese mioelétrica, na respectiva ordem de grau de importância (Quadro 7).

Quadro 7 – Requisitos da usuária I e usuário II

Usuária I	Usuário II
(1) Mobilidade	(1) Mobilidade
(2) Conforto	(2) Possuir luva cosmética com maior durabilidade
(3) Pouco esforço físico	(3) Pouco esforço físico
(4) Firmeza na utilização	(4) Aparência
(5) Leveza	(5) Conforto

Fonte: autor (2021).

Os usuários I e II revelaram que consideram a mobilidade de uma prótese uma necessidade que deve estar inerente ao alto valor de sua obtenção. A usuária I revelou que o conforto e necessidade de pouco esforço físico ao utilizá-la auxiliam o uso prolongado. O pouco esforço físico é essencial, pois assim não causa dores em seu coto. A firmeza e a diminuição da massa da prótese são necessárias, segundo a usuária I, pois propiciam maior segurança na realização dos movimentos. Por sua vez, o usuário II relatou que

devido ao elevado preço de sua prótese (R\$ 500.000,00), gostaria que existisse maior mobilidade, pois relatou, por exemplo, que não consegue pegar um cartão de banco em sua carteira, ou utilizar um isqueiro com a prótese. O usuário II relatou que luvas com maior resistência são necessárias devido rasgarem facilmente. Por ser cadeirante ele relatou que o pouco esforço físico é essencial para ele, seguido do requisito aparência e conforto.

Os requisitos revelados pelos dois entrevistados corroboram com pesquisas que abordaram o tema abandono de próteses. Segundo Cordella et al. (2016), requisitos inerentes ao desenvolvimento de uma prótese de MS são: realização de ações básicas de preensão e tarefas de manipulação que permitam a realização de AVDs (mobilidade), alto nível de antropomorfismo (em termos de tamanho, massa, forma e cor) (aparência), realização de pegas estáveis, evitando deslizamentos (firmeza na utilização), fornecer feedback sensorial ao usuário, melhorar a precisão e manuseio eficiente de pequenos objetos, melhorar a durabilidade das luvas cosméticas e melhorar a durabilidade dos dispositivos protéticos.

4.2.3.3.1 Fase 2 – Determinação da possível solução

São apresentados no Quadro 8 os atributos inerentes a três projetos de próteses mioelétricas *open source*, de baixo custo, desenvolvidas em tecnologias 3D que atendessem os requisitos estabelecidos pela usuária I e o escopo do projeto.

Quadro 8 – Atributos

Soluções <i>Open Source</i>	Atributos
Solução A (E-nabling The Future)	<p>Ergonomia - Falta de atrito no agarre de objetos</p> <p>Montabilidade – Facilidade de montagem (27 itens impressos)</p> <p>Material - Polímero ABS</p> <p>Geometria - Possui massa de 231 gramas (sem os atuadores)</p> <p>- Alocação dos servomotores no antebraço da prótese</p> <p>Capacidade Funcional - Realiza atividades envolvendo o manuseio de objetos de até 5 kg</p> <p>Segurança - não pode ser exposta a água e não deve ficar exposta a elevadas temperaturas</p>

Solução B (Inmoov)	Ergonomia - Falta de atrito no agarre de objetos Montabilidade - Facilidade de montagem (51 itens impressos) Material - Polímero PLA Geometria - Possui massa de 201 gramas (sem os atuadores) - Alocação dos servomotores no antebraço da prótese Capacidade Funcional – Realiza atividades envolvendo o manuseio de objetos leves Segurança - não pode ser exposta a água
Solução C (Hackberry)	Ergonomia - Falta de robustez para erguer objetos pesados Montabilidade - Média dificuldade de montagem (61 itens impressos) Material - Polímero PLA Geometria - Possui massa de 225 gramas (sem os atuadores) - Alocação dos servomotores na palma da mão Capacidade Funcional - Realiza as atividades de erguer garrafa de plástico e amarrar o cadarço do tênis. Segurança - não pode ser exposta a água

Fonte: autor (2022)

O Quadro 8 foi determinante para uma possível solução, sendo assim juntamente com o autor, a usuária I determinou a solução C (Hackberry) perante os critérios já estabelecidos. Nota-se que as outras duas possíveis soluções também possuem atributos relevantes.

4.2.3.3.2 Fase 2 – Priorização dos requisitos

Continuando a Fase 2, utilizou-se priorização dos requisitos por meio do método de Akao (1990) (Quadro 9).

Quadro 9 – Método Akao (1990)

Requisitos da usuária I	Soluções								
	GI	C	A	B	PQ	TM	FV	PA	PR
Mobilidade	5	3	2	3	4	1,3	1	6,5	0,28
Pouco esforço físico	3	3	3	3	4	1,3	1	3,9	0,17
Aparência	4	4	3	2	5	1,25	1	5,0	0,22
Conforto	4,5	4	3	3	4	1	1	4,5	0,20
Firmeza na utilização	2	4	4	4	4	1	1	2,0	0,09
Leveza	1	3	2	4	3	1	1	1,0	0,04

Fonte: autor (2022)

Esse método inicia-se com a identificação do grau de importância (GI) anteriormente relatado pela usuária I em sua entrevista. Para cada necessidade, são

valorados pela usuária I o produto referência (C) perante as outras opções: (A) E-nabling The Future (2103) e (B) *Inmoov* (2012).

O valor meta atribuído ao Plano de Qualidade (PQ) determina até onde a prótese pode chegar, sendo estipulado pelo autor do projeto do número 1 ao 5. Em seguida calcula-se a Taxa de Melhoramento (TM), e inseriu-se os Fatores de Venda (FV) do produto podendo ser 1,5; 1,2 e 1. Com todos os dados calcula-se o Peso Absoluto (PA) e um Peso Relativo (PR) para cada requisito, apresentado no Quadro 9.

De acordo com o PR os requisitos de maior grau de importância são respectivamente Mobilidade, Conforto, Aparência, Pouco Esforço Físico, Firmeza na utilização e Leveza. Esses requisitos estão intrínsecos no desenvolvimento da prótese estudada, revela que ela pode ser utilizada em usuários com amputação Transumeral, que possuam boa condição física para captura de sinais de EMG ou sinais infravermelhos detectados a partir de um sensor que mede a distância até a pele, então quando um músculo contrai, ele detecta mudanças e envia um sinal para o Arduino Micro (KOPRNICKÝ, NAJMAN e SAFKA, 2017).

4.2.4 Fase 3 - Projeto Conceitual

4.2.4.1.1 Detalhamento das concepções viáveis

A concepção referência Exiii Hackberry (2015) foi comparada a duas concepções de pesquisas desenvolvidas por Slade et al. (2015) e Mohammadi et al. (2020) nas quais os autores realizaram testes com amputados e disponibilizaram suas próteses em acesso *open source*, impressas em 3D e com custo dentro do estabelecido de R\$ 3.636,00. Mesmo não sendo identificados nas entrevistas semiestruturadas com os dois usuários, foram adicionados no Quadro 10 quatro requisitos: viabilidade econômica, usabilidade, segurança e acionamento intrínseco. Esses requisitos foram identificados nas pesquisas da revisão integrativa. Juntamente com os seis requisitos do Quadro 9 por meio do método de Pugh (1991) foram comparadas a solução referência e outras duas concepções identificadas na Revisão Integrativa. Esse método permite evidenciar as melhores soluções em comparação com a solução referência.

Quadro 10 – Método de Pugh (1991)

Nº	Requisitos Adotados	Sol. Referência Exiii Hackberry (2015)	Concepções alternativas	
			Slade et al. (2015) ⁵²	Mohammadi et al. (2020) ⁵³
1	Mobilidade	0	0	0
2	Viabilidade Econômica	0	+	+
3	Usabilidade	0	0	0
4	Aparência (Antropomorfismo)	0	-	-
5	Segurança	0	0	0
6	Pouco esforço físico (facilidade de uso)	0	-	+
7	Conforto	0	-	-
8	Firmeza na utilização	0	0	0
9	Leveza	0	-	+
10	Acionamento intrínseco	0	0	0
Soma de (+)		0 (0)	1 (+)	3 (+)
Soma de (-)		0 (-)	4 (-)	2 (-)
Soma de (0)		10 (0)	5 (0)	5 (0)
Resultado final		0 (+)	3 (-)	1 (+)

Fonte: autor (2022)

Nota-se que a solução de Slade et al. (2015) e Mohammadi et al. (2020) possuem requisitos considerados positivos perante a solução referência, entre esses critérios está a viabilidade econômica, pois possuem menor custo US\$ 250,00 e US\$ 200,00 em relação a solução referência Exiii Hackberry (US\$ 300,00). Apesar das três próteses apresentarem 5 dedos, somente a solução referência possui dimensão, forma e fatores estéticos semelhantes a uma mão feminina. Os requisitos segurança e firmeza na utilização não foram abordados nas duas concepções alternativas. Segundo a *Food Drug Administration* (FDA)⁵⁴ (2016), as próteses impressas devem atender os requisitos de segurança iguais as próteses que não utilizam impressão 3D.

⁵² Disponível em: <http://github.com/pslade2/TactHand>. Acesso em: 3 de mai. 2022.

⁵³ Disponível em: <https://github.com/MelbourneUniHRL/X-Limb>. Acesso em: 3 de mai. 2022.

⁵⁴ Disponível em: <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/technical-considerations-additive-manufactured-medical-devices>. Acesso em: 3 jun. 2022.

Massa e dimensão são características físicas importantes que devem ser consideradas para facilidade de uso e conforto respectivamente (DALLY et al., 2015). Sendo assim, o projeto editável de Slade et al. (2015) foi avaliado negativamente no requisito facilidade de uso e no requisito conforto (350 g). O projeto de Mohammadi et al. (2020) foi avaliado positivamente no requisito facilidade de uso e negativamente no requisito conforto (200 g). O último requisito foi identificado nas três próteses com a inserção dos servomotores na palma da mão.

A usabilidade é identificada na realização de testes verificando o controle do usuário, expectativas e priorização de funcionalidades. Todas as próteses realizam o agarre de preensão, sendo capazes de segurar diferentes objetos. É possível identificar nas pesquisas sobre próteses mioelétricas *open source* desenvolvidas por plataformas ou pesquisadores que fatores ergonômicos como: mobilidade, leveza e aparência antropomórfica estão intrínsecos no desenvolvimento.

O resultado final do método Pugh (1991) avalia positivamente a prótese de Mohammadi et al. (2020), principalmente devido à viabilidade econômica e leveza, contudo é uma prótese que não tem manutenibilidade de componentes por ser impressa inteira em material Poliuretano Termoplástico 90. Além disso, os três requisitos de maior grau de importância estabelecidos no Quadro 9 (mobilidade, aparência e conforto) são iguais ou negativos perante a solução referência, sendo assim, optou-se pela solução referência Exiii Hackberry.

Como verificado apesar de serem cada vez mais funcionais e acessíveis são necessários ensaios clínicos randomizados antes de torná-los dispositivos clínicos padrão (DIMENT; THOMPSON; BERGMANN, 2018). Vujaklija e Farina (2018) relatam a existência de limitações em projetos de próteses de MMSS disponibilizados em *open source*, devido não serem regulamentados ou verificados por profissionais da saúde. Além disso, robustez e força de preensão das próteses impressas em tecnologia 3D são desvantagens em relação as próteses comerciais.

4.2.4.1.2 Fase 3 - Modelamento da concepção

O procedimento de modelagem deve levar em conta o detalhamento econômico da prótese, características relevantes do protótipo, como funcionamento, sistema eletrônico e processo de manufatura.

4.2.4.1.3 *Estimativa Econômica dos Componentes Não impressos da Prótese Mioelétrica*

Dentre os 31 componentes não impressos identificados no Quadro 11, somente cinco itens (Arduíno com *Gerver* próprio, interruptor, conectores, sondas de contato e interruptores japoneses) não são encontrados no Brasil, esses itens são disponibilizados por empresas estrangeiras. Os 26 itens restantes podem ser importados por *Markplaces*, como a AliExpress (China) ou pelo Mercado Livre (Argentina). O preço total dos componentes de R\$ 3.054,02 inclui taxas de importação somente para componentes importados que não estejam atendendo as condições impostas pela portaria governamental Portaria MF nº 156/1999. Sem a taxação de impostos, o preço de aquisição dos componentes seria de R\$ 2005,37.

A Portaria MF nº 156/1999 regula a taxação de impostos, caso não ultrapasse o valor de US\$ 50,00. O envio deve ser feito por Remessa Postal Internacional (Correios) e o remetente e destinatário devem ser pessoas físicas. Caso essas condições não sejam atendidas, os produtos serão taxados pelo Regime de Tributação Simplificada (RTS), em 60% do Preço Total (Frete + Preço). Após obtido o Preço Total, os produtos que não obedecerem aos requisitos pré-determinados citados anteriormente serão sujeitos ao Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS), que pode variar de estado para estado, sendo em Santa Catarina de 12%. Além desses impostos, pode ser cobrado pelos Correios uma taxa de custo alfandegário de R\$ 15,00 (BRASIL, 1996; FAZCOMEX, 2022). Esse cálculo é obtido por meio da equação:

$$PT = ((BC * 1,6) / 0,88) + TC$$

PT = Preço com Taxas

BC = Base de Cálculo

TC = Taxa correios

Por meio da lista de componentes, identificou-se a estimativa de custos envolvidos em cada componente não impresso da prótese (Quadro 11).

Quadro 11 – Estimativa de preço dos componentes não impressos da prótese Hackberry

Componentes	Frete R\$	Preço R\$	Qt. Lt.	Dimensões (mm)	Loja <i>on-line</i> disponível (R)	Qt. Un.	BC RTS	Preço com Taxas
Arduíno Nano (PCB)	111,6	12,39	5	62x46	JLCPCB	1	124,02	225,49
Regulador de tensão	26,7	30,00	1	43 x 21	Mercado (1)	1	56,70	56,70
Conector miniatura	28	9,38	10	14 x 9	AliExpress (1)	1	37,38	67,96
Arduíno micro	-	107,6	1	-	Mercado (2)	1	107,6	107,60
Interruptor	175	7	1	-	Mouser (1)	1	242	440,00
Sondas de contato		60	2	-	Mouser (2)	1		
Cabos de fio condutor	25	0,94	1	Ø 0,20 x 1000	Bau	1	25,94	25,94
Resistores de 10k Ω	26,70	20,00	1	-	Mercado (3)	1	46,70	46,70
Resistores de 100Ω		20,00	1	-	Mercado (4)	1	46,70	46,70
Mini cabo de áudio estéreo	0,00	29,84	1	3,5 x 2000	AliExpress (2)	1	29,84	54,25
Interruptores (botões)	32,79	2,65	10	6 x 6 x 9,5	AliExpress (3)	4	35,44	64,44
Conector DC Jack	20,96	9,13	10	-	AliExpress (4)	1	30,09	54,71
Servomotores pequenos	26,70	78	2	24 x 23 x 11,5	Mercado (5)	2	104,70	104,70
Servomotores grandes	-	74,68	1	42,9 x 40,7 x 19,7	Mercado (6)	1	74,68	74,68
Parafusos cabeça chata	29,00	42,00	40	M2 X 6	Mercado (7)	25	71,00	71,00
Parafusos cabeça chata			40	M2 X 8		6		
Parafusos cabeça plana			40	M2 X 10		45		
Fusíveis 050	32,79	8,38	1	7,7 x 21,2	AliExpress (5)	2	41,17	74,85
Fusíveis 040	32,79	8,38	1	7,7 x 21,2	AliExpress (6)	1	41,17	74,85
Interruptor japonês	23,31	10,33	2	6,5 x 6,54	AliExpress (7)	1	33,64	61,16
Velcro	10	16,00	1000	50 X 1000	Mercado (8)	17	26,00	26,00
Mola de torção	33,59	19,56	10	Ø interno 4 L= 12 ° livre= 270°	AliExpress (8)	1	53,15	96,64
Mola helicoidal de compressão	24,06	13,18	10	Ø 6 L=10 Ø fio 0,9	AliExpress (9)	1	37,24	67,71
Eixos 1	35,73	12,68	500	Ø 2x10	AliExpress	25	48,41	88,02

Eixos 2				Ø 2x15	(10)				
Pino cabeçalho macho 1x3	18,02	3,69	40	-	AliExpress (11)	3	21,71	39,47	
Pino cabeçalho fêmea 1x22						22			
Esfera metálica	29,60	4,49	5	Ø 6,3	AliExpress (12)	2	34,09	61,98	
Sensor EMG	0,00	182,0	1	25x26x10	Mercado (9)	1	182,00	182,00	
Bateria/ 7,2 v	0,00	239	1	56 x38x20	Amazon (1)	1	239,00	434,55	
Carregador	165	50	1	-	Amazon (2)	1	215,00	390,91	
TC - Taxa dos Correios								15,00	15,00
Câmbio = 4,9584 ⁵⁵					TOTAL			2.020,37	3.054,02

L – Altura, Ø – Diâmetro. Fonte: Exiii Hackberry (2022)

É possível verificar no Quadro 11, que, somados, os componentes Arduino (R\$ 225,49), interruptor, sondas de contato (R\$ 440,00) bateria e carregador (R\$ 825,46) representam 48,8% (R\$ 1490,95) do preço total da prótese.

Em relação a prótese Exiii Hackberry⁵⁶, existem três opções de aquisição de componentes diretamente pelo site da empresa. A primeira opção disponibiliza um conjunto com peças elétricas (Figura 28). Na segunda opção são disponibilizadas peças da placa de circuito (Figura 29) e a terceira opção é a aquisição das peças montadas (Figura 30).

Figura 28 – Conjunto peças elétricas



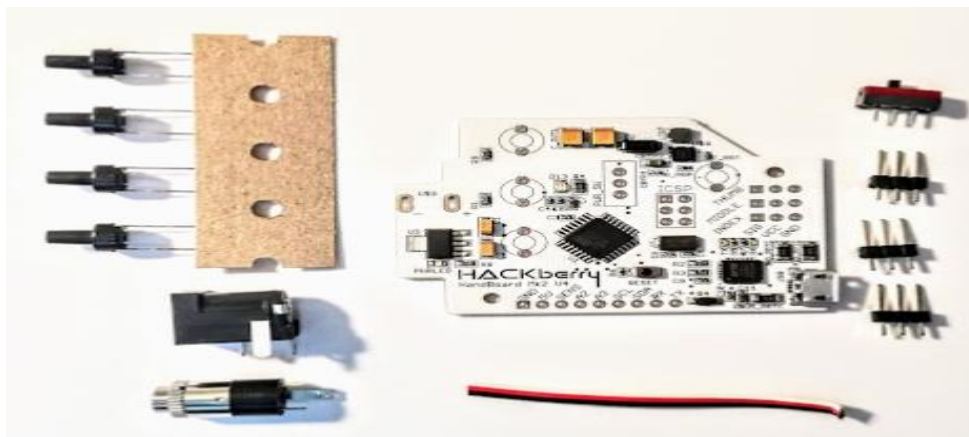
Fonte: Exiii Hackberry (2022)

⁵⁵ Dólar comercial. Disponível em: <https://br.investing.com/currencies/usd-brl-historical-data>. Acesso em: 3 de mai. 2022.

⁵⁶ <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdaEcsGY5w2Oz1cYvZdZzNj4Mi7tRnYp-7VutEzGSIOJblaeg/viewform>

O preço de aquisição dessas peças é disponibilizado no site da empresa por R\$ 429,00 (¥ 11.000) sem os impostos e o frete internacional (EXIII HACKBERRY, 2022). O preço de aquisição da placa de circuito (Figura 29) é de R\$ 351,00 (¥ 9.000).

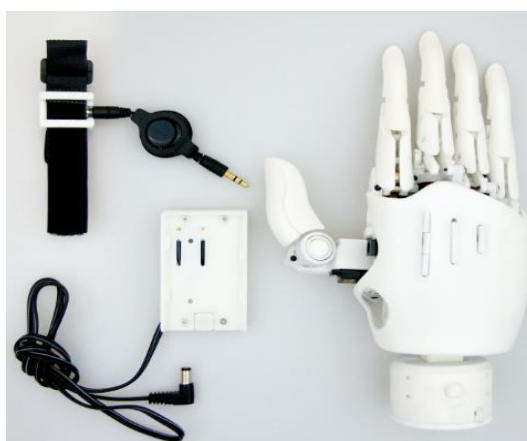
Figura 29 – Peças para Placa de circuito



Fonte: Exiii Hackberry (2022)

A empresa disponibiliza seus componentes impressos, montados e soldados (Figura 30) em material Nylon 6 no valor de R\$ 6.253,00 (¥ 160.000,00). Devido às restrições momentâneas de exportação para o Brasil, impostas pela empresa, nenhum componente foi adquirido.

Figura 30 – Peças montadas (R\$ 6.253,00)

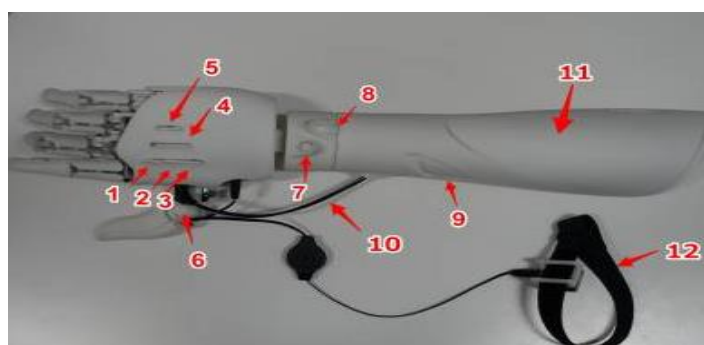


Fonte: Exiii Hackerry (2022)

4.2.4.1.4 Fase 3 - Características da prótese, definição do material, renderização e identificação do processo de fabricação

Algumas características da prótese solução Hackberry são: possuir 6 entradas, sendo um sensor de pressão, quatro botões de pressão, um interruptor (ON/OFF) e 3 saídas. Essas são divididas em uma de dimensão maior, responsável por controlar o dedo indicador, e duas menores responsáveis por controlar o polegar e os outros 3 dedos (KOPRNICKÝ, NAJMAN e SAFKA, 2017). Existe um botão que controla o posicionamento do polegar a partir de dois estados diferentes, sendo o primeiro a posição plana alinhada com os dedos, e o segundo, a posição aciona o polegar em um ângulo de 90°. A prótese Hackberry apresenta um mecanismo de dedo subatuado, que permite controlar o movimento completo do mecanismo com apenas um atuador. Os botões e componentes (Quadro 12) externos da prótese são apresentados na Figura 31.

Figura 31 – Botões e componentes



Fonte: Exiii Hackberry (2015)

Quadro 12 – Botões e Componentes

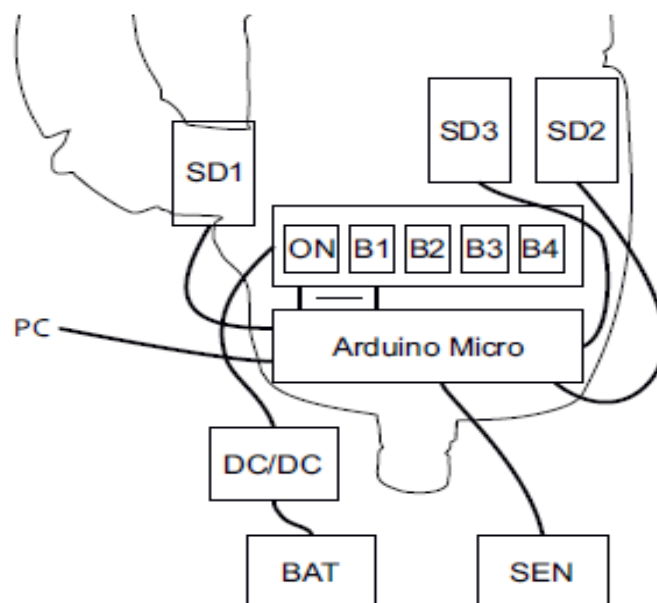
1- Botão de calibração	7- Botão de flexão radial do punho
2- Botão em desuso	8- Botão de rotação do pulso
3- Botão de rotação do polegar	9- Alavanca da porta da bateria
4- Alavanca de potência	10- Cabo da bateria
5- Botão de espera	11- Porta da bateria
6- Botão de flexão do polegar	12- Sensor

Fonte: Exiii Hackberry (2015)

Além desses, existem os demais componentes da mão, que são: Arduino Micro, placa, conversor DC-DC, uma bateria de câmera fotográfica e um sensor que está

conectado à placa Arduino. Os três servomotores possuem tensão máxima de alimentação de 6 V, enquanto a tensão nominal das baterias é de 7,4 V. A Figura 32 apresenta o Diagrama de Blocos do sistema da prótese Exiii Hackberry.

Figura 32 – Diagrama de bloco do sistema da prótese Exiii Hackberry



Fonte: Koprnický e Safka (2017, p.3)

A prótese com todos os componentes possui 650 g de massa, pode flexionar seu punho e girar passivamente, auxiliando quando um usuário deseja segurar uma bebida sem derramar (TECHINASIA, 2015).

O polímero de impressão da prótese mioelétrica, foi determinado perante a disponibilidade dessa informação em pesquisas sobre desenvolvimento de próteses, cinco autores, dentre eles Xavier (2016), Triwiyanto et al. (2020), Salman et al. (2020), Mühlbauer et al. (2020) e Park e Kim (2020) utilizaram o polímero PLA para a impressão 3D de suas próteses. A análise das características mecânicas do material PLA demonstrou que ele possui maior resistência a tração e flexão se comparado ao material ABS, outro material bastante utilizado em pesquisas de desenvolvimento de próteses acessíveis. Perante esses requisitos, foi escolhido o material PLA para o desenvolvimento da estrutura da prótese. O material de cor preto foi escolhido por apresentar menor custo em comparação com outras cores.

A prótese da mão e antebraço direito foram escolhidos de acordo com as dimensões antropométricas do percentil 50 do sexo feminino. As dimensões da largura

da mão são de 120 mm, do dedo médio até o punho são de 171 mm e do antebraço são de 260 mm sendo renderizada por meio do *software Fusion 360*. A Figura 33 apresenta a prótese com botões destacados na cor cinza, enquanto a Figura 34 representa o punho e o antebraço.

Figura 33 – Prótese Hackberry



Fonte: *Fusion 360* (2022)

Figura 34 – Punho e antebraço da prótese



Fonte: *Fusion 360* (2022)

Os arquivos de impressão 3D (ANEXO E) foram enviados para quatro empresas brasileiras que fornecem serviços de impressão 3D. Os orçamentos recebidos juntamente com a taxa de envio estão apresentados no Quadro 13.

Quadro 13 – Orçamentos

Empresa/ plataforma	Modelo prótese	Orçamento 1 (SP)	Orçamento 2 (SC)	Orçamento 3 (SC)	Orçamento 4 (RS)	Tempo de impressão(horas)
Exiii	Hackberry	R\$ 710,00	R\$ 400,00	R\$ 1000,00	R\$ 1492,00	36 - 44
Material		PLA	PLA	PLA	PLA (pro)	
Preço do Frete Correios Origem-Florianópolis		R\$ 38,00	R\$ 25,00	R\$ 30,00	R\$ 40,00	

Fonte: autor (2022)

É possível verificar uma faixa de preços nos orçamentos, essa variação pode ter relação com a capacidade de produção da empresa, margem de lucro ou disponibilidade dos materiais. Os orçamentos foram realizados em resolução de 0,2 mm com densidade de impressão de 20%. Após a realização do orçamento, o protótipo foi desenvolvido em tecnologia de impressão 3D, sendo impresso em material PLA pelo Orçamento (2) da empresa localizada no município de Brusque (SC). A impressão foi realizada em 10 dias, sendo impressa na cor preta, com os seguintes parâmetros de máquina: temperatura de impressão (185-230° C) e velocidade de Impressão 3D (40-180 mm). A Especificação Técnica do Material (PLA) foi enviada pela empresa que utilizou o material, e está disponibilizada no Quadro 14.

Quadro 14 – Especificação Técnica do Material PLA

Propriedades Mecânicas	Método de teste	Valor
Resistência a tração na ruptura	D882	21 Kpsi
Alongamento na Ruptura	D882	160 %
Módulo elástico por tração	D882	560 Kpsi
Resistência ao impacto	D256	0,3

Fonte: 3DFILA (2022)

A empresa utilizou duas máquinas para impressão, sendo uma Kywood3 Tycon Idex⁵⁷ (Figura 35a) e outra Kywood3 Tycoon Slim⁵⁸ (Figura 35b).

⁵⁷Disponível em: <https://www.topink3d.com.br/impressora-3d-kywoo3d-tycoon-idx>. Acesso em: 2 mai. 2022.

⁵⁸Disponível em: <https://www.topink3d.com.br/impressora-3d-kywoo3d-tycoon-slim-com-mesa-pej>. Acesso em: 2 mai. 2022.

Figura 35 – Impressoras 3D (a) e (b) utilizadas



Fonte: Topink3D (2022)

Após o recebimento das peças do protótipo da prótese Hackberry, foi realizado o processo de acabamento com a utilização de lixas e estilete. Com o auxílio do tutorial de montagem disponibilizado pelo site da empresa Exiii⁵⁹, os componentes impressos foram montados. O tutorial de montagem é disponibilizado em língua japonesa, mas é de fácil aprendizagem devido a utilização de diversas imagens que formam um fluxograma de montagem. Utilizou-se pregos com similaridade dimensional, resistência e acabamento com os Eixos 1 e 2 do Quadro 11. O protótipo foi montado com a utilização das seguintes ferramentas: alicate de corte, lima chata de 6” e o instrumento de medição paquímetro de 200 mm. Foram utilizados 10 pregos de dimensões de Ø 2 x 15 e 5 pregos com dimensões de Ø 2 x 20 mm para parte interna da prótese. Os pregos foram cortados com alicate de corte, sendo utilizada a lima para o acabamento das extremidades com posterior verificação dimensional por meio do paquímetro. A fixação dos componentes foi realizada com parafusos M2 X 8 e M2 X 10, sendo utilizada chave *phillips* para realização do aperto. É possível visualizar na Figura 36 que apesar de possuir elementos de aparência robótica, o formato do antebraço, do punho e dos dedos se mantiveram próximo do humano.

⁵⁹ Disponível em: <https://goo.gl/vBUEVK>. Acesso em: 22 mai. 2022.

Figura 36 - Protótipo mão e antebraço direito



Fonte: autor (2022)

Após a impressão, foi possível identificar a massa da estrutura impressa, por meio de uma balança digital de cozinha⁶⁰ foi verificada massa total (mão + antebraço) de 336 g. Mesmo não tendo sido adquirido os componentes internos da prótese, a estimativa de custo final do protótipo impresso com frete mais o total do preço com taxas (R\$ 425,00 + R\$ 3.054,02) ficou em R\$ 3.479,02.

Omar et al. (2019) desenvolveram sua versão da prótese Exiii Hackberry com custo final de R\$ 3.952,00 (£ 647), sendo que o custo somente com os componentes de Hardware foi de R\$ 1.833,00 (£ 300), sendo o restante R\$ 2.119,25 (£ 347) oriundos da impressão 3D e do material PLA. Por sua vez, Najman (2017) desenvolveu sua última versão da prótese por R\$ 4.150,00 (20000 Kc).

⁶⁰Disponível em: https://www.amazon.com.br/Balan%C3%A7a-Cozinha-Alta-Precis%C3%A3o-Digital/dp/B0843HKX18/ref=asc_df_B0843HKX18/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=455483639906&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=2246565851194485952&hvpo ne=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcm dl=&hvlocint=&hvlocphy=9102215&hvtargid=pla-1063227115182&pvc=1. Acesso em: 3 mai, 2022.

Outras próteses evidenciadas nessa pesquisa, como a prótese de Park e Kim (2020), por exemplo, teve um custo de R\$ 2.206,00 (US\$ 462,00) com componentes de seu protótipo que utiliza 6 servomotores e tem 15 graus de liberdade, enquanto a prótese Exiii Hackberry possui 3 servomotores e 3 graus de liberdade. A prótese *open source* desenvolvida por Triwiyanto et al. (2020) possui 5 servomotores e teve custo de R\$ 2.019,82 (US\$ 423,00) em componentes e R\$ 229,00 (US\$ 48,10) em impressão. Slade et al., (2015) desenvolveram uma prótese de R\$ 1.192,58 (US\$ 250,00) com 6 servomotores.

Os projetos de próteses desenvolvidos em pesquisas têm uma faixa de preço de R\$ 2.000,00 e R\$ 4.000,00 e diferenciam-se principalmente devido aos componentes utilizados pelos desenvolvedores em suas próteses e forma de atuação do seu protótipo. A quantidade, localização dos servomotores e sua capacidade de força auxiliam nessa diferenciação de custos entre próteses.

O projeto Hackberry é capaz de realizar determinadas Atividades da Vida Diária e uma possível troca por servomotores mais potentes pode auxiliar no agarre de objetos, propiciando maior capacidade de carga. A prótese possui um sistema moderno de acionamento sendo capaz de ser utilizada de forma eletrônica por meio dos botões e por meio dos sensores de eletromiografia.

O desenvolvimento de uma prótese mioelétrica acessível é de extrema importância para pessoas amputadas de MMSS principalmente para aquelas que residem em países em desenvolvimento e possuem menor poder aquisitivo. A utilização da prótese melhora a Capacidade Funcional na realização das AVDs, conseqüentemente promovendo melhor qualidade de vida.

5 CONCLUSÕES

Com essa pesquisa, pode-se verificar que com passar do tempo o número de amputados de Membros Superiores no Brasil e no mundo tende a aumentar. Segundo dados do Ministério do Trabalho e Previdência (2020), somente no ano de 2020, foram 1.912 acidentes de trabalho com amputação traumática a nível do punho e mão no Brasil.

Verifica-se nas pesquisas estudadas que a taxa de abandono na utilização de próteses mioelétricas fica em um intervalo de 39% a 44% principalmente devido à falta de mobilidade, desconforto, aparência e dificuldades na utilização da prótese. Além disso os estigmas causados pela aparência, funcionalidade e até mesmo pela redução do senso de corporificação façam que usuários vejam como útil, ocasionando o abandono.

Algumas próteses comerciais mioelétricas que possuem maior tecnologia possuem alto custo fazendo com que poucos amputados de Membros Superiores consigam obtê-las. Sendo assim, essa pesquisa teve como objetivo considerar a Capacidade Funcional de amputados de Membros Superiores no desenvolvimento conceitual de uma prótese mioelétrica acessível.

Em virtude disso, o Índice de Barthel focou na Capacidade Funcional de amputados de Membros Superiores em realizar Atividades da Vida Diária. Notou-se que amputados unilaterais, em sua maioria, são capazes de realizar suas atividades, mas em contrapartida, pesquisas demonstram que a utilização de somente um membro pode provocar comorbidades com o passar dos anos. Os participantes com amputação bilateral foram os que demonstraram maiores dificuldades na realização de suas atividades.

As pesquisas *open source* de plataformas e pesquisadores relacionadas ao desenvolvimento de próteses mioelétricas revelam que a impressão tridimensional é promissora para a personalização de próteses mioelétricas acessíveis com possíveis variações de cores, massa e dimensões, personalizando de acordo com as medidas antropométricas de possíveis usuários. Essa tecnologia é capaz de projetar produtos geométricos complexos de forma rápida com o auxílio do *Computer Aided Design* (CAD).

As duas entrevistas realizadas demonstraram as funcionalidades e custos de uma das próteses mioelétricas mais tecnológicas do mundo. As prioridades dos requisitos de dois dos usuários demonstram que até mesmo próteses comerciais (biônicas) necessitam de ajustes para melhorar sua usabilidade.

A partir da renderização da prótese mioelétrica de nível Transradial de membro direito foi possível realizar a impressão em material PLA de cor preto. Com o seu desenvolvimento foi possível verificar a massa da estrutura da prótese (336 g) somente com os componentes impressos. Foram verificadas a rotação do punho de 180° e sua pronação passiva, sendo realizada com o outro membro. A massa verificada está de acordo com o escopo do projeto, sendo inferior a 400 g.

Conclui-se que é possível desenvolver uma prótese mioelétrica funcional para amputados de nível Transradial por meio da tecnologia de impressão 3D com um custo inferior a R\$ 3.636,00. O custo estimado de R\$ 3.479,02 é inerente a todos os componentes de impressão envolvidos, juntamente com os componentes internos (Quadro 11). Esse custo é inferior a 10% do custo total de uma prótese mioelétrica Transradial comercial que realiza os movimentos de abrir/fechar os dedos (página 28). Mesmo assim identificou-se pesquisas com custos inferiores, porém não basta converter esse custo em reais. Por esse motivo a estimativa de custos realizada nessa pesquisa é importante para verificação real da acessibilidade, tendo como base o salário mínimo vigente da população brasileira no ano de 2022 (R\$ 1.212,00).

A acessibilidade desse projeto conceitual para um possível usuário final pode ser verificada não apenas no custo total, mas também na capacidade de introdução de uma tecnologia assistiva japonesa, que sirva como inspiração a projetos de pesquisas nacionais semelhantes ou que auxilie PcD em realizar determinadas atividades.

Por meio de pesquisas verifica-se que a prótese selecionada é capaz de auxiliar na Capacidade Funcional dos amputados na realização de Atividades da Vida Diária, como: amarrar o cadarço, segurar e levar uma camiseta, pegar uma caneta, virar a página de um livro e pegar e erguer uma garrafa de 600 ml de água. Entretanto nenhum dos participantes que realizaram os testes era amputado. Esse é um fator que aconteceu em apenas duas pesquisas Mohammadi et al. (2020) e Slade et al. (2015) nas quais os autores realizaram testes com usuários amputados.

Contudo para o desenvolvimento de qualquer projeto de prótese mioelétrica são necessárias habilidades referentes a soldas na Placa de Circuito Impresso e elétrica. Também é necessário um conhecimento básico de *software* de desenho, programação e impressão 3D. Apesar desse prévio conhecimento, a construção da prótese é possível devido ao detalhamento com imagens de cada etapa no tutorial disponibilizado pela empresa fornecedora.

Pesquisas revelaram que a aquisição de uma prótese *open source* pode auxiliar o amputados em sua independência, aumentando sua Capacidade Funcional. No entanto há falta de testes padronizados para verificação da eficácia clínica. Tendo em vista que apesar de serem funcionais as próteses impressas em 3D, são limitadas em relação a robustez, capacidade de prensão e funcionalidade perante as próteses mioelétricas comerciais, por tanto, deve haver mais estudos com ênfase em desenvolver materiais cada vez mais resistentes, duráveis e leves que contribuam para fornecer uma melhor compreensão do uso da tecnologia de impressão 3D no desenvolvimento de uma prótese. Trabalhos futuros podem corroborar para inclusão de próteses de membros superiores impressas na reabilitação de PcD, com o objetivo de mitigar o abandono, demonstrando que a utilização da prótese pode melhorar a independência, qualidade de vida e diminuir doenças correlacionadas ao uso contínuo de apenas um membro.

REFERÊNCIAS

ABERGO, Associação Brasileira de Ergonomia. Definição. Disponível em: www.abergo.org.br. Acesso em: 12 mar. 2021.

AKAO, Y., ed.: Quality function deployment: integrating customer requirements into product design, Trad. por Glenn H. Mazur, Cambridge, Productivity Press, 1990.

ALGARNI, Mohammed; GHAZALI, Sami. Comparative Study of the Sensitivity of PLA, ABS, PEEK, and PETG's Mechanical Properties to FDM Printing Process Parameters. *Crystals*, [S.L.], v. 11, n. 8, p. 995, 21 ago. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/cryst11080995>.

ALIEXPRESS (1). Disponível em: <https://pt.aliexpress.com/item/4001183237479.html?gatewayAdapt=glo2bra>. Acesso em: 2 mai. 2022.

ALIEXPRESS (2). Disponível em: https://pt.aliexpress.com/item/4001037785274.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.442d4a7d9x1ZJl&algo_pvid=d28b9692-8f5c-407e-ac3c-349236462fe5&algo_exp_id=d28b9692-8f5c-407e-ac3c-349236462fe5-13&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2212000023719765253%22%7D&pdp_npi=%2%40dis%21BRL%21%2129.84%21%21%21%21%21%40210318cf16540047281778452ee598%2112000023719765253%21sea. Acesso em: 2 mai. 2022.

ALIEXPRESS (3). Disponível em: https://pt.aliexpress.com/item/4000093027081.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.564b22494HvVoc&algo_pvid=dd1d7d11-7cc2-4211-929f-c36b7d4f30ac&algo_exp_id=dd1d7d11-7cc2-4211-929f-c36b7d4f30ac-2&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2210000000245325372%22%7D&pdp_npi=%2%40dis%21BRL%21%212.84%21%21%2125.3%21%21%400b0a555616540214372197012edca1%2110000000245325372%21sea. Acesso em 2 mai. 2022.

ALIEXPRESS (4). Disponível em: https://pt.aliexpress.com/item/32818058518.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.7663f9a8f vkDxN&algo_pvid=8bfe9238-2fb3-4f31-b6eb-7a78bed3dc58&algo_exp_id=8bfe9238-2fb3-4f31-b6eb-7a78bed3dc58-1&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2264831128197%22%7D&pdp_npi=%2%40dis%21BRL%21%219.13%21%21%2120.96%21%21%40210318b816540053368023861eafb4%2164831128197%21sea. Acesso em: 2 mai. 2022.

ALIEXPRESS (5). Disponível em: https://pt.aliexpress.com/item/32991287411.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.3ffd64bfp K0puX&algo_pvid=d0be1ebd-9dab-4c30-80b9-d3abd741ff41&algo_exp_id=d0be1ebd-9dab-4c30-80b9-d3abd741ff41-0&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2266919164023%22%7D&pdp_npi=%2%40dis%21BRL%21%218.38%21%21%2132.79%21%21%402101e9d316540060606178885e7952%2166919164023%21sea. Acesso em: 2 mai. 2022.

ALIEXPRESS (6). Disponível em:
https://pt.aliexpress.com/item/32991287411.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.3ffd64bfpK0puX&algo_pvid=d0be1ebd-9dab-4c30-80b9-d3abd741ff41&algo_exp_id=d0be1ebd-9dab-4c30-80b9-d3abd741ff41-0&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2266919164023%22%7D&pdp_npi=2%40dis%21BRL%21%218.38%21%21%2132.79%21%21%402101e9d3165400606178885e7952%2166919164023%21sea. Acesso em: 2 mai. 2022.

ALIEXPRESS (7). Disponível em:
https://pt.aliexpress.com/item/1005002940551315.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.19855ff35TH5Vg&algo_pvid=eaf1f4d6e-43ee-4800-b18e-2e507d1c4f80&algo_exp_id=eaf1f4d6e-43ee-4800-b18e-2e507d1c4f80-0&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2212000022884939456%22%7D&pdp_npi=2%40dis%21BRL%21%2110.33%21%21%2123.31%21%21%402103255b16540074241713319ed0e9%2112000022884939456%21sea. Acesso em: 2 mai. 2022.

ALIEXPRESS (8). Disponível em:
<https://pt.aliexpress.com/item/1005001943487238.html?spm=a2g0o.placeorder.0.0.45ec6f4ekneGNg&mp=1&gatewayAdapt=glo2bra>. Acesso em: 2 mai. 2022.

ALIEXPRESS (9). Disponível em:
https://pt.aliexpress.com/item/1005003857120665.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.7ba333femtAsKj&algo_pvid=b0f5aba0-8001-473a-9540-e30217558a03&algo_exp_id=b0f5aba0-8001-473a-9540-e30217558a03-2&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2212000027346580189%22%7D&pdp_npi=2%40dis%21BRL%21%2114.27%21%21%2124.06%21%21%402101e9d516540184336797179e61a8%2112000027346580189%21sea. Acesso em: 2 mai. 2022.

ALIEXPRESS (10). Disponível em:
https://pt.aliexpress.com/item/4000353644044.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.275c13f0bKGgMo&algo_pvid=bf34b91c-b55b-4892-8dbc-67501f930afc&algo_exp_id=bf34b91c-b55b-4892-8dbc-67501f930afc-0&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2210000001467044340%22%7D&pdp_npi=2%40dis%21BRL%21%2143.27%21%21%2135.73%21%21%400b0a557016540192770146008e2246%2110000001467044340%21sea. Acesso em 2 mai. 2022.

ALIEXPRESS (11). Disponível em:
https://pt.aliexpress.com/item/4000093027081.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.564b22494HvVoc&algo_pvid=dd1d7d11-7cc2-4211-929f-c36b7d4f30ac&algo_exp_id=dd1d7d11-7cc2-4211-929f-c36b7d4f30ac-2&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2210000000245325372%22%7D&pdp_npi=2%40dis%21BRL%21%212.84%21%21%2125.3%21%21%400b0a555616540214372197012edca1%2110000000245325372%21sea. Acesso em: 2 mai. 2022.

ALIEXPRESS (12). Disponível em:
https://pt.aliexpress.com/item/4001175695365.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.3bf598eai8ws70&algo_pvid=4fc32214-5e06-4a57-892a-833fdb972a3&algo_exp_id=4fc32214-5e06-4a57-892a-833fdb972a3-6&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2210000015045635455%22%7D&pdp_npi=

[2%40dis%21BRL%21%213.64%21%21%2129.6%21%21%402101fd4b16540088327276641eb5f1%2110000015045635455%21sea](https://doi.org/10.1360/2021.01.0000015045635455%21sea). Acesso em: 2 mai. 2022.

ALVES, Diana Cunha Costa. **Aspectos ergonômicos relevantes para a concepção de Tecnologia Assistiva: órteses de membros inferiores**. 2012. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Humana, Departamento de Produção e Sistemas, Universidade do Minho, Braga, 2012. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/23137>. Acesso em: 07 jun. 2021.

AMAZON (1). Disponível em https://www.amazon.com/-/pt/dp/B00AKHJSTW/ref=sr_1_2?_mk_pt_BR=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=16TZBMGCKXBT3&keywords=panasonic%2Bdmw-blfi9%2Bliti%2Bion%2Bbattery%2Band%2Bcharger&qid=1654023023&srefix=panasonic%2Bdmw-blfi9%2Bbateria%2Bde%2B%C3%ADons%2Bde%2BI%C3%ADti%2Be%2Bcarregador%2Caps%2C209&sr=8-2&th=1. Acesso em: 2 mai. 2022.

AMAZON (2). Disponível em: https://www.amazon.com/-/pt/dp/B01J2RVG86/ref=sr_1_1?_mk_pt_BR=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=8KIIZ2NA2SBC&keywords=DMW-BTC10&qid=1654023042&srefix=dmw-btc10%2Caps%2C201&sr=8-1. Acesso em: 2 mai. 2022.

ANDRÉS-ESPERANZA, Javier; ISERTE-VILAR, Jose L.; LLOP-HARILLO, Immaculada; PÉREZ-GONZÁLEZ, Antonio. Affordable 3D-printed tendon prosthetic hands: expectations and benchmarking questioned. **Engineering Science and Technology, an International Journal**, [S.L.], v. 31, p. 101053, jul. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jestch.2021.08.010>.

ARDUINO, Disponível em: www.arduino.cc. Acesso em: 8 ago. 2021.

ARYA, Shipra *et al.* Race and Socioeconomic Status Independently Affect Risk of Major Amputation in Peripheral Artery Disease. **Journal of The American Heart Association**, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 1-11, 23 jan. 2018. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1161/jaha.117.007425>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9241-11-2021** Ergonomia da interação homem-sistema. Rio de Janeiro, 2021.

AUTODESK. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/collections/product-design-manufacturing/fusion-360?plc=PDCOLL&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>. Acesso em: 16 ago. 2021.

BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonny Carlos da. **Projeto Integrado de Produtos**: planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Manole, 2008. 601 p.

BARRON, Olivier; RAISON, Maxime; ACHICHE, Sofiane. Control of transhumeral prostheses based on electromyography pattern recognition: from amputees to deep learning. In: DALLALI, Houman; DEMIRCAN, Emel; RASTGAAR, Mo. **Powered**

Prostheses: design, control, and clinical applications. [S. L.]: Academic Press, 2020. p. 1-270.

BARROS, Kety Rosa de. Metodologia para Classificação de Sinais EMG para Controle de Próteses com Baixo Esforço Computacional. Universidade Federal de Uberlândia, Engenharia Elétrica (dissertação), 2015.

BAUDAELETRONICA. Disponível em: <https://www.baudaeletronica.com.br/checkout/cart/>. Acesso em: 10 mai. 2022.

BAXTER, M. Projeto de Produto. Guia prático para o design de novos produtos. Editora Edgar. São Paulo, SP, 2009.

BELTER, Joseph T. et al. Mechanical design and performance specifications of anthropomorphic prosthetic hands: a review. **The Journal of Rehabilitation Research and Development**, [S.L.], v. 50, n. 5, p. 599, 2013. Journal of Rehabilitation Research & Development. <http://dx.doi.org/10.1682/jrrd.2011.10.0188>.

BERSCH, Rita Cassia Reckziegel. Tecnologia Assistiva e educação inclusiva: ensaios pedagógicos. III Seminário Nacional de Formação de gestores e Educadores. Educação Inclusiva: direito a diversidade. Brasília: MEC/SEE, 2006.

BERSCH, Rita Cassia Reckziegel, Introdução à Tecnologia Assistiva, Assistiva, Porto Alegre, 2017.

BERTOS, A. Georgios; PAPADOPOULOS, Evangelos, G. Upper-Limb Prosthetic Devices. In: SEIGIL, Jacob. **Handbook of Biomechatronics**. Chicago: Academic Press, p. 177-240, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128125397000064?via%3Dihub>. Acesso em: 6 ago. 2021.

BIDDIS, Elaine; CHAU, Tom. Upper-Limb Prosthetics: Critical Factors in Device Abandonment. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. v. 86, 12, p. 977-987, 2007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18090439/>. Acesso em: 5 jun. 2021.

BIDDIS, Elaine; BEATON, Dorcas; CHAU, Tom. Consumer design priorities for upper limb prosthetics. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**. [S. L.], p. 346-357. jul. 2009.

BILLOCK, John N.. Upper Limb Prosthetic Terminal Devices: Hands Versus Hooks. **Clinical Prosthetics & Orthotics**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 57-65, 1 fev. 1986.

BIONICENTER. Disponível em: <https://bionicenter.com.br/o-que-e-amputacao-de-braco-principais-causas-e-tipos-de-proteses/#:~:text=Talvez%20voc%C3%AA%20j%C3%A1%20tenha%20ouvido,a%20uma%20amputa%C3%A7%C3%A3o%20de%20bra%C3%A7o>. Acesso em: 5 jun. 2021.

BRACK, Robbie; AMALU, Emeka H. A review of technology, materials and R&D challenges of upper limb prosthesis for improved user suitability. **Journal of**

Orthopaedics, [S.L.], v. 23, p. 88-96, jan. 2021. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jor.2020.12.009>. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33442223/>. Acesso em: 6 jun. 2021.

BRASIL. Lei complementa nº 87 de 13 setembro de 1996. Dispõe sobre o imposto dos Estados e do Distrito Federal sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação, e dá outras providências. Brasília. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp87.htm#:~:text=Art.,presta%C3%A7%C3%B5es%20se%20iniciem%20no%20exterior. Acesso em: 2 mai. 2022.

BRASIL. Constituição (2001). Decreto nº 3.956, de 8 de outubro de 2001. Promulga a Convenção Interamericana para a Eliminação de Todas as Formas de Discriminação contra as Pessoas Portadoras de Deficiência. Brasília. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/d3956.htm. Acesso em: 8 jul. 2021.

BRASIL. Constituição (2004). Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis nos 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Brasília. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm. Acesso em: 8 jul. 2021.

BRASIL. Constituição (2009). Promulga a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo, assinados em Nova York, em 30 de março de 2007. Brasília. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm. Acesso em: julho de 2021.

BRASIL. Constituição (2011). Decreto nº 7.611, de 17 de novembro de 2011. Dispõe sobre a educação especial, o atendimento educacional especializado e dá outras providências. Brasília. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/decreto/d7611.htm. Acesso em: 6 jul. 2021.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília.
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm. Acesso em: 8 jul. 2021.

BRASIL. Constituição (2021). Ofício nº 2, de 24 de fevereiro de 2021. Orientações para procedimentos em pesquisas com qualquer etapa em ambiente virtual. **Ministério da Saúde Secretaria-Executiva do Conselho Nacional de Saúde Comissão Nacional de Ética em Pesquisa**. Brasília, Disponível em:
http://conselho.saude.gov.br/images/Oficio_Circular_2_24fev2021.pdf. Acesso em: 6 abr. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. DATASUS. Informações de Saúde (Tabnet). Brasília, DF; 2020. Procedimento Amputações Membros Superiores e Inferiores. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/qiuf.def>. Acesso em

8 jun. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/sus-oferece-gratuitamente-orteses-e-proteses-sob-medida>, 2020. Acesso em jun.2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. DATASUS. Informações de Saúde (Tabnet). Brasília, DF; 2020. Procedimento Amputações Membros Superiores. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/qiuf.def>. Acesso em 8 jun. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Diretrizes de Atenção à Pessoa Amputada. Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. 1. ed. – Brasília: Ministério da Saúde, 2013. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_atencao_pessoa_amputada.pdf. Acesso em: 9 jul. de 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Guia para Prescrição, Concessão, Adaptação e Manutenção de órteses, próteses e meios auxiliares de locomoção. 1.ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2019. Disponível em https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_manutencao_orteses_protetes_auxiliares_locomocao.pdf. Acesso em: 9 jul. de 2021.

BOCCOLINI, Fernando. **Reabilitação** - Amputados, Amputações e Próteses. 2. ed. São Paulo: Robe, 2000.

CALADO, Alexandre; SOARES, Filomena; MATOS, Demétrio. A Review on Commercially Available Anthropomorphic Myoelectric Prosthetic Hands, Pattern-Recognition-Based Microcontrollers and sEMG Sensors used for Prosthetic Control. **2019 IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (Icarsec)**, Porto, p. 1-15, abr. 2019. <http://dx.doi.org/10.1109/icarsc.2019.8733629>.

CAMINERO, M.A. et al. Impact damage resistance of 3D printed continuous fibre reinforced thermoplastic composites using fused deposition modelling. **Composites Part B: Engineering**, [S.L.], v. 148, p. 93-103, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.04.054>.

CAREY, Stephanie L.; LURA, Derek J.; HIGHSMITH, M. Jason. Differences in myoelectric and body-powered upper-limb prostheses: systematic literature review. **Journal of Rehabilitation Research and Development**, [S.L.], v. 52, n. 3, p. 247-262, 2015. Journal of Rehabilitation Research & Development. <http://dx.doi.org/10.1682/jrrd.2014.08.0192>.

CARROZZA, Maria Chiara; CAPPIELLO, Giovanni; MICERA, Silvestro; EDIN, Benoni B. Design of a cybernetic hand for perception and action. **Biological Cybernetics**. v. 95, p. 629-644, 2006.

CARROZZA M.C.; SUPPO C.; SEBASTIANI, F., MASSA, B, VECCHI, F, LAZZARRINI, R; CUTKOSKY, M.R.; DARIO, P. The SPRING hand: development of a self-adaptive prosthesis for restoring natural grasping. *Autonom Robots* v.16, p. 125–

141, 2014.

CARVALHO, José André. Amputações de membros inferiores: em busca da plena reabilitação. 2 ed. São Paulo: Manole, 2003.

CARVALHO, Gustavo Longhi de. Proposta de um método de projeto de próteses de membros superiores com a utilização da engenharia e análise de valor. 2004. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CASTELLINI, Claudio. UPPER LIMB ACTIVE PROSTHETIC SYSTEMS: overview. In: ROSEN, Jacob. **Wearable Robotics: systems and applications**. Los Angeles: Academic Press, 2019. Cap. 19.

CHAMLIAN, Therezinha, Rosane; STARLING, Marcelo. Avaliação da qualidade de vida e função em amputados bilaterais de membros inferiores: revisão da literatura. **Acta Fisiátrica**, São Paulo, p. 229-233, nov. 2013.

CHANDLER et al. **Investigation of Inertial Properties of The Human Body**. Springfield: National Technical Information Service, 1975

CHESANI, Fabiola Hermes; NEGRETTI, Pyetra Prestes; GROSSKOPF, Carla Santos. Percepção de Pessoas Amputadas de Membros Inferiores Quanto ao Uso da Tecnologia Assistiva, Revista Univap, São José do Campos, v.25, n.48, dez. 2019.

CICALA, Gianluca; LATTERI, Alberta; CURTO, Barbara del; LORUSSO, Alessio; RECCA, Giuseppe; FARÈ, Silvia. Engineering Thermoplastics for Additive Manufacturing: a critical perspective with experimental evidence to support functional applications. **Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials**, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 10-18, 26 jan. 2017. SAGE Publications.
<http://dx.doi.org/10.5301/jabfm.5000343>.

CONFORPES. Disponível em: <https://blog.conforpes.com.br/dr-responde/o-que-e-amputacao-transumeral/>. Acesso em: julho de 2021.

CORDELLA, Francesca et al. Literature Review on Needs of Upper Limb Prosthesis Users. **Frontiers in Neuroscience**, [S.L.], v. 10, p. 1-12, 12 maio 2016. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fnins.2016.00209>.

COSTA, Celso Rodrigues da. Dispositivos de Tecnologia Assistiva: fatores relacionados ao abandono. **Caderno de Terapia Ocupacional**, São Carlos, v. 23, n. 3, p. 611-62, abr. 2015.

CPO. Comprehensive Prosthetics & Orthotics. Disponível em: <https://www.cpousa.com/upper-extremity-prosthetics-2/>. Acesso em: 8 jun. 2021.

CROUCILLO, A. P.R.; ARRUDA, J.D.; SOUZA, E.S.; SILVA, J.S.R.; TAVARE, E.R.A.; ARAÚJO, C.R.; HERMSDORFF, L.L.; CARVALHO, L.C. Avaliação das Características Mecânicas de uma Prótese para cachorros de médio porte de material PLA impressa em 3D. 72º Congresso Annual de ABM, v.72, ed.3, 2017.

CRUZ, Daniel Marinho Cezar da; MATSUSHIMA, Alessandra Mary; RODRIGUES, Daniela da Silva; SANTOS, Patrícia dos; FIGUEIREDO, Mirela de Oliveira. O trabalho e a tecnologia assistiva na perspectiva de pessoas com deficiência física. **Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo**, [S.L.], v. 26, n. 3, p. 382, 1 set. 2015. Universidade de São Paulo, Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2238-6149.v26i3p382-389>.

DALLY, Corinne *et al.* Characteristics of a 3D-printed prosthetic hand for use in developing countries. **2015 Ieee Global Humanitarian Technology Conference (Ghtc)**, [S.L.], p. 1-11, out. 2015. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ghtc.2015.7343956>

DAY, Sarah. Using rapid prototyping in prosthetics: design considerations. In: NARAYAN, Roger. **Rapid Prototyping of Biomaterials**. ed. 2, Chapel Hill: Elsevier, Cap. 14. p. 1-337, 2020.

DEVAJARA, Rahul Raj; MASKELIUNAS, Rytis; DAMASEVICIUS, Robertas. Design and Evaluation of Anthropomorphic Robotic Hand for Object Grasping and Shape Recognition. *Computers*, v.10, ed. 1, Lituânia, 2020.

DIMENT, Laura e; THOMPSON, Mark s; BERGMANN, Jeroen Hm. Three-dimensional printed upper-limb prostheses lack randomised controlled trials. **Prosthetics & Orthotics International**, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 7-13, fev. 2018. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1177/0309364617704803>.

EMBARCADOS. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/conversor-a-d/>. Acesso em: agosto de 2021.

EBRAHIMZADEH, Mohammad H; MORADI, Ali; BOZORGNIA, Shahram; HALLAJ-MOGHADDAM, Mohammad. Evaluation of disabilities and activities of daily living of war-related bilateral lower extremity amputees. **Prosthetics & Orthotics International**, [S.L.], v. 40, n. 1, p. 51-57, fev. 2016. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1177/0309364614547410>.

ELSAWY, Moataz A. *et al.* Hydrolytic degradation of polylactic acid (PLA) and its composites. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.L.], v. 79, p. 1346-1352, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.143>.

E-NABLINGTHE FUTURE. Disponível em: <https://github.com/Humanos3D/RoboticArmV2/wiki/Robotic-Arm-V2-User-Guide>. Acesso em: 3 mai. 2022.

ENGDAHL, Susannah M.; MEEHAN, Sean K.; GATES, Deanna H.. Differential experiences of embodiment between body-powered and myoelectric prosthesis users. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 1-10, 22 set. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-72470-0>.

ETTER, Katherine; BORGIA, Matthew; RESNIK, Linda. Prescription and repair rates of prosthetic limbs in the VA healthcare system: implications for national prosthetic parity. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, [S.L.], v. 10, n. 6, p. 493-

500, 22 maio 2014. Informa UK Limited.
<http://dx.doi.org/10.3109/17483107.2014.921246>.

EXIII HACKBERRY. Disponível em: <http://exiii-hackberry.com/> . Acesso em: 8 jul. 2022.

FAJARDO, Julio; FERMAN, Victor; LEMUS, Ali; ROHMER, E. An Affordable Open-Source Multifunctional Upper-Limb Prosthesis with Intrinsic Actuation. **Computer Science**, Austin, v. 2, n. 1, mar. 2017. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/An-Affordable-open-source-multifunctional-with-Fajardo-Ferman/7419be3c5c080f79a86e90e68539a9d2304c825c>. Acesso em: maio 2021.

FALZON, Pierre. **Ergonomia**. 3. ed. [S. L.]: Edgard Bucher, 2007. 630 p.

FAZCOMEX. Disponível em: <https://www.fazcomex.com.br/blog/regras-de-comprar-no-aliexpress/>. Acesso em: 1 mai. 2022.

FELISBERTO, L. C.; PASCHOARELLI, L. C. Dimensionamento preliminar de postos de trabalho e produtos – modelos antropométricos em escala. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. *Anais...* VII International Conference on Industrial Engineering e Operations Management, 2001, Salvador. Proceedings, 2001.

FONSECA, Antônio Jorge Hernández. **Sistematização do Processo de Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais e sua Implementação Computacional**. 210. 198 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

FREIRE, Paulo. **A importância do ato de ler**: em três artigos que se completam. 23. ed. São Paulo: Cortez, 1989.

FUSION 360. Disponível em: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/free-trial>. Acesso em: 2 mai.2022.

GABARRA, Leticia Macedo; CREPALDI, Maria Aparecida. Aspectos Psicológicos da Cirurgia de Amputação. *Aletheia*, Canoas. v. 30, dez. 2009. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-03942009000200006. Acesso em: julho de 2021.

GAMBRELL, Christina Rock. Overuse Syndrome and the Unilateral Upper Limb Amputee: consequences and prevention. **Jpo Journal of Prosthetics and Orthotics**, [S.L.], v. 20, n. 3, p. 126-132, jul. 2008. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/jpo.0b013e31817ecb16>.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos de Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 196 p.

GITHUB. Disponível em: <https://github.com/>. Acesso em 5 abr. 2022.

GIMPSEY, Grant Mc; BRADFORD, Terry C.. **Limb Prosthetics Services and Devices Critical Unmet Need: Market Analysis**. [S.L]: [S.L], 2017.

GODFREY, S. B.; Zhao, K.D; THEUER, A.; CATALANO, M.G.; BIANCHI, M.; BREIGHNER, R.; BHASKARAN, D.; LENNON, R.; GRIOLIL, G.; SANTELLO, M.; BICCHIL, A. The SoftHand Pro: Functional evaluation of a novel, flexible, and robust myoelectric prosthesis. **Plos One**, New York, v. 13, n. 10, p. 1-20, set. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30321204/>. Acesso em: 05 jun. 2021.

GOLDEN CROSS Disponível em: <https://blog.goldencross.com.br/proteses-e-orteses-o-que-sao-e-quando-recorrer-a-elas/#:~:text=%C3%93rteses%20e%20pr%C3%B3teses%20s%C3%A3o%20produtos,t%C3%AAm%20fun%C3%A7%C3%B5es%20um%20tanto%20distintas>. Acesso em: 15 jun.2021.

GOMES FILHO, João. Sistema Técnico de Leitura Ergonômica. In: GOMES FILHO, João. **Ergonomia do Objeto: sistema técnico de leitura ergonômica**. São Paulo: Escrituras, 2003. p. 28.

GRETSCH, Kendall F; LATHER, Henry D; PEDDADA, Kranti V; DEEKEN, Corey R; WALL, Lindley B; A GOLDFARB, Charles. Development of novel 3D-printed robotic prosthetic for transradial amputees. **Prosthetics & Orthotics International**, [S.L.], v. 40, n. 3, p. 400-403, jun. 2016. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1177/0309364615579317>.

GUTIERREZ, A.M.J.A.; SEVA, R. R. Proposed framework for integrating environmental issues in ergonomics to product development. In: KARWOWSKI, W.; SOARES, M.; STANTON, N. A. **Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design: Methods and Techniques**. Boca Raton: CRC Press, 2011.

HAKONEN, Maria; PIITULAINEN, Harri; VISALA, Arto. Current state of digital signal processing in myoelectric interfaces and related applications. **Biomedical Signal Processing and Control**, [S.L.], v. 18, p. 334-359, abr. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bspc.2015.02.009>.

HAMNER, Samuel R.; NARAYAN, Vinesh G.; DONALDSON, Krista M. Designing for Scale: development of the remotion knee for global emerging markets. **Annals of Biomedical Engineering**, [S.L.], v. 41, n. 9, p. 1851-1859, 23 mar. 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10439-013-0792-8>.

HART, Kevin R. et al. Fracture Properties of Additively Manufactured Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Materials. **Mechanics of Additive and Advanced Manufacturing, Volume 9**, [S.L.], p. 1-3, 7 out. 2017. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-62834-9_1.

HECKATHORNE, Craig W. **Upper-Limb Prosthetics**. In: OLSON, Don A.; DERUYTER, Frank. **Clinician's guide to assistive technology**. St. Louis, Mo: Mosby, Cap. 16. p. 265-277, 2002.

HUNG, Jen Wen; WU, Yee Hwa. Fitting a bilateral transhumeral amputee with utensil prostheses and their functional assessment 10 years later: a case report. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. [S. L.], p. 2211-2213. 1 nov. 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30269806/>. Acesso em: 20 jul. 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Gestão e Estatística. Pesquisa Nacional de Saúde 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9160-pesquisa-nacional-de-saude.html?=&t=downloads>. Acesso em: 10 ago. 2021.

IEA. International Ergonomics Association. Disponível em: <https://iea.cc/what-is-ergonomics/>. Acesso em 14 jul. de 2021.

IIDA, Itiro. Ergonomia: Projeto e produção. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

IIDA, I.; GUIMARÃES, L.B.M. Ergonomia: Projeto e Produção. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 3ª ed., 2016.

INMOOV. Disponível em: <http://inmoov.fr/hand-and-forarm/>. Acesso em: 3 mai. 2022.

INTO, Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia. Amputados: Orientações a Pacientes, Membro Superior, Rio de Janeiro, 2016.

JLCLB. Disponível em: <https://jlpcb.com/>. Acesso em: 2 mai. 2022.

JONES, F. A promessa dos bioplásticos. Revista Pesquisa FAPESP. Ed. 290, 2020. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-promessa-dos-bioplasticos/>. Acesso em: 18 ago. 2021.

JORDAN, Patrick W. **An Introduction to Usability**. [S. L]: Crc Press, p. 136, 1998.

JU, Naan; LEE, Kyu-Hye; KIM, Myoung-Ok; CHOI, Youngjin. A User-Driven Approach to Prosthetic Upper Limb Development in Korea. **Healthcare**, [S.L.], v. 9, n. 7, p. 839, 2 jul. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/healthcare9070839>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9032/9/7/839>. Acesso em: 1 ago. 2021.

KATE, Jelle Ten; SMIT, Gerwin; BREEDVELD, Paul. 3D-printed upper limb prostheses: a review. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, [S.L.], v. 12, n. 3, p. 300-314, 2 fev. 2017. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/17483107.2016.1253117>.

KEARNS, Nathan T.; PETERSON, Jennifer K.; WALTERS, Lisa Smurr; JACKSON, Warren T.; MIGUELEZ, John M.; RYAN, Tiffany. Development and Psychometric Validation of Capacity Assessment of Prosthetic Performance for the Upper Limb (CAPPFUL). **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. Dallas, p. 1-8. 20 mai. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325174144_Development_and_Psychometric_Validation_of_Capacity_Assessment_of_Prosthetic_Performance_for_the_Upper_Limb_CAPPFUL. Acesso em: 8 mai. 2021.

KEJLAA, G. H. Consumer concerns and the functional value of prostheses to upper limb amputees. **Prosthetics & Orthotics International**, [S.L.], v. 17, n. 3, p. 157-163, dez. 1993. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.3109/03093649309164376>.

KERVER, Nienke et al. User-relevant factors determining prosthesis choice in persons with major unilateral upper limb defects: a meta-synthesis of qualitative literature and focus group results. **Plos One**, [S.L.], v. 15, n. 6, p. 1-25, 30 jun. 2020. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0234342>

KESZLER, Mary S.; HECKMAN, Jeffrey T; KAUFMAN, G. Eli; MORGENROTH, David C. Advances in Prosthetics and Rehabilitation of Individuals with Limb Loss. **Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America**. [S. L.], p. 423-437. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30954156/>. Acesso em: 30 mai. 2019.

KOPRNICKY, Jan; NAJMAN, Petr; SAFKA, Jiri. 3D printed bionic prosthetic hands. **2017 Ieee International Workshop of Electronics, Control, Measurement, Signals and Their Application to Mechatronics (Ecmsm)**, [S.L.], p. 1-11, maio 2017. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ecmsm.2017.7945898>.

KONRAD, P. The abc of EMG. A practical introduction to kinesiological electromyography. v.1, p. 30-35, 2005.

KRAUSZ, Nili E; RORRER, Ronald A. L; WEIR, Richard F. Ff. Design and Fabrication of a Six Degree-of-Freedom Open Source Hand. **IEE Trans Neural Syst Rehabil Eng**. [s. l.], p. 562-572. mai. 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26087495/>. Acesso em: 25 maio 2021.

KU, Inhoe; LEE, Gordon K.; PARK, Chan Yong; LEE, Janghyuk; JEONG, Euicheol. Clinical outcomes of a low-cost single-channel myoelectric-interface three-dimensional hand prosthesis. **Archives of Plastic Surgery**. [S. L.], p. 303-310. Jun. 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6657188/>. Acesso em: 20 maio 2021.

KULKARNI. T; UDDANWADIKER, R. Overview: Mechanism and control of a prosthetic arm. **McB Molecular and Cellular Biomechanics**. [S. L.], p. 147-195. 2 maio 2015.

KUMAR, Rishi *et al.* A Comparative Study on the Life Cycle Assessment of a 3D Printed Product with PLA, ABS & PETG Materials. **Procedia Cirp**, [S.L.], v. 107, p. 15-20, 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2022.04.003>.

LALIBERTÉ, Thierry; GOSSELIN, Clément M.. Simulation and design of underactuated mechanical hands. **Mechanism and Machine Theory**, [S.L.], v. 33, n. 1-2, p. 39-57, jan. 1998. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0094-114x\(97\)00020-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0094-114x(97)00020-7).

LECHLER, Knut; FROSSARD, Bertrand; WHELAN, Lynsay; LANGLOIS, David. Motorized Biomechatronic Upper and Lower Limb Prostheses-Clinically Relevant Outcomes. **Pm&R The Journal of Injury, Function and Rehabilitation**. [S. L.], p.

207-209. 10 set. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30269806/>. Acesso em: 20 jun. 2021.

LEE, Kyu Ho *et al.* Hand Functions of Myoelectric and 3D-Printed Pressure-Sensored Prosthetics: a comparative study. **Annals of Rehabilitation Medicine**, [S.L.], v. 41, n. 5, p. 875, 2017. Korean Academy of Rehabilitation Medicine. <http://dx.doi.org/10.5535/arm.2017.41.5.875>.

LENZI, Tommaso; LIPSEY, James; SENSINGER, Jonathon W. The RIC Arm—A Small Anthropomorphic Transhumeral Prosthesis. **Ieee/Asme Transactions on Mechatronics**, [S.L.], v. 21, n. 6, p. 2660-2671, dez. 2016. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tmech.2016.2596104>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7539396?reload=true>. Acesso em: 8 jun. 2021.

LIN, S.J; WINSTON K.D.; MITCHELL, J.; GIRLINGHOUSE, J; CROCHET, K.; Physical activity, functional capacity, and step variability during walking in people with lower limb amputation. *Gait & Posture*, v.40, p.140-144, 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24731451/>. Acesso em: 15 jul. de 2021.

LIU, Hong *et al.* On the development of intrinsically-actuated, multisensory dexterous robotic hands. **Robomech Journal**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 1-12, 12 fev. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s40648-016-0043-5>.

LOPES, M.J; ESCOVAL, A; PEREIRA, D.G; PEREIRA, C. S; CARVALHO, C; FONSECA, C. Avaliação da Funcionalidade e necessidades de cuidados dos idosos Rev. Latino americano enfermagem v.9, p.1-9, 2013.

MACAU. Disponível em: <https://www.revistamacau.com/2013/08/14/fai-chi-pauzinhos/>. Acesso em: 15 jul. de 2021.

MADURI, P., & AKHONDI, H. (2021). Upper Limb Amputation. Em *StatPearls*. StatPearls Publishing. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK540962/>. Acesso em: 13 ago. 2022.

MAHONEY, F.I.; BARTHEL, D.W. Functional evaluation: the Barthel Index. *Maryland State Medical Journal*, v.14, p. 56-61, 1965.

MARTIN, J. L. et al Design for patient safety: User testing in the development of medical devices. **London: National Patient Safety Agency**, 2010.

MAYER, Paul Richard. **Projeto de Prótese Transradial de baixo custo com sensores de eletromiografia**. 2018. 165 f. TCC (Graduação) - Curso de Design de Produto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

MEDGADGET. Disponível em: <https://www.medgadget.com/2020/03/myoelectric-prosthetics-market-to-reach-usd-779-84-million-by-2027-ottobock-se-co-kгаа-steeper-inc-human-technology-inc.html>. Acesso em: julho de 2021.

MEDIUM. Disponível em: <https://medium.com/@msremigio/m%C3%A1quinas-de>

vetores-de-suporte-svm-77bb114d02fc. Acesso em: julho de 2021.

MELNIKOVA, R; A EHRMANN,; FINSTERBUSCH, K. 3D printing of textile-based structures by Fused Deposition Modelling (FDM) with different polymer materials. **Iop Conference Series: Materials Science and Engineering**, [S.L.], v. 62, p. 012018, 8 ago. 2014. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899x/62/1/012018>.

MELO, Erika Nathalia Gama *et al.* Anthropomorphic robotic hands: a Review. **Ingenieria y Desarrollo**, [s. l], p. 1-35, 1 jul. 2014.

MERCADO (1) LIVRE. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1585024136-regulador-de-tenso-down-dc-ajustavel-lm2596-3a-com-display-_JM#position=3&search_layout=grid&type=item&tracking_id=7c3a5337-3d0b-46db-88e8-577a3b2dbe67. Acesso em: 2 mai. 2022.

MERCADO (2) LIVRE. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1481643797-placa-pro-micro-atmega32u4-compativel-com-arduino-_JM#position=1&search_layout=grid&type=item&tracking_id=4086a093-5c00-43f1-a4c2-01ed4204be53
Acesso em: 2 mai. 2022.

MERCADO (3) LIVRE. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1738427205-kit-com-154-resistor-smd-0603-10k-5-rc0603jr-0710kl-_JM#position=2&search_layout=grid&type=item&tracking_id=5953d2ad-5f93-4aab-8505-56820568ee65. Acesso em: 2 mai. 2022.

MERCADO (4) LIVRE. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1738427205-kit-com-154-resistor-smd-0603-10k-5-rc0603jr-0710kl-_JM#position=2&search_layout=grid&type=item&tracking_id=5953d2ad-5f93-4aab-8505-56820568ee65. Acesso em: 2 mai. 2022.

MERCADO (5) LIVRE. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2046578163-servo-digital-emax-es08mdll-engrenagem-metal-copterx-trex450-_JM. Acesso em: 2 mai. 2022.

MERCADO (6) LIVRE. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2103450761-servo-power-hd-hd-3001hb-_JM. Acesso em: 2 mai.2022.

MERCADO (7) LIVRE. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2175861892-kit-parafusos-cabeca-chata-m2x6-m2x8-m2x10-com-porca-120pcs-_JM. Acesso em: 2 mai. 2022.

MERCADO (8) LIVRE. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2194726254-velcro-original-fecho-de-contato-para-costura-50mm-1-metro-_JM?variation=174268569223. Acesso em: 2 mai. 2022.

MERCADO (9) LIVRE. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2694075757-sensor-eletromiografico-sensor-de-sinal-muscular-com-emg-_JM?matt_tool=73118705&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14302215555&matt_ad_group_id=134553706788&matt_match_type=&matt_network=g

[https://www.google.com/adwords/keywords/?utm_source=adwords&utm_medium=adwords&utm_campaign=adwords&utm_term=adwords&utm_content=adwords](https://www.google.com/adwords/keywords/?utm_source=adwords&utm_medium=adwords&utm_campaign=adwords&utm_term=adwords&utm_content=adwords&utm_source=adwords&utm_medium=adwords&utm_campaign=adwords&utm_term=adwords&utm_content=adwords). Acesso em: 2 mai. 2022.

MERLETTI, Roberto.; FARINA, Dario. Surface electromyography: physiology, engineering, and applications. [s.l.] John Wiley & Sons, 2016.

MERRILL, Daniel R; LOCKHART, Joseph; TROYK, Phil R; WEIR, Richard F; HANKIN, David L. Development of an implantable myoelectric sensor for advanced prosthesis control. **Artificial Organs**. [S. L.], p. 249-252. 3 mar. 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21371058/>. Acesso em: 8 jun. 2021.

MICERA, S; CARPANETO, J; RASPOPOVIC, S. Control of hand prostheses using peripheral information. **IEEE Reviews in Biomedical Engineering**. [S. L], p. 48-68. jan. 2010.

MISSIO, Marciane Montagner.; QUEIROZ, Luise Ferreira. Tecnologias Assistivas: aspectos que influenciam na assiduidade e no abandono dos recursos. Rev. Universidade de São Paulo, São Paulo, Acta Fisiatr, v.25, p. 185-190, 2018.

MILLSTEIN, S. G.; HEGER, H.; HUNTER, G. A.. Prosthetic Use in Adult Upper Limb Amputees. **Prosthetics & Orthotics International**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 27-34, abr. 1986. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.3109/03093648609103076>.

MINOSSO, Jéssica Sponton Moura; AMENDOLA, Fernanda; ALVARENGA, Márcia Regina Martins; OLIVEIRA, Maria Amélia de Campos. Validação, no Brasil, do Índice de Barthel em idosos atendidos em ambulatórios. **Acta Paulista de Enfermagem**, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 218-223, abr. 2010. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-21002010000200011>.

MOHAMMADI, Alireza; LAVRANOS, Jim; ZHOU, Hao; MUTLU, Rahim; ALICI, Gursel; TAN, Ying; CHOONG, Peter; OETOMO, Denny. A practical 3D-printed soft robotic prosthetic hand with multi-articulating capabilities. **Plos One**, [S.L.], v. 15, n. 5, p. 1-10, 14 maio 2020. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0232766>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0232766>. Acesso em: 01 ago. 2021.

MOUSER (1). Disponível em: <https://br.mouser.com/ProductDetail/512-QRE1113GR>. Acesso em: 10 mai. 2022.

MOUSER (2). Disponível em: <https://br.mouser.com/ProductDetail/818-101050-003>. Acesso em: 10 mai. 2022.

MSDMANUALS. Disponível em: <https://www.msmanuals.com/>. Acesso em: 10

ago.2021.

MÜHLBAUER, Pia; LÖHNERT, Laura; SIEGLE, Carla; STEWART, Kent W.; POTT, Peter P. Demonstrator of a Low-Cost Hand Prosthesis. **Ifac-Papers online**, [S.L.], v. 53, n. 2, p. 15998-16003, 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.398>.

MUNDOPROJETADO. Disponível em: <https://mundoprojetado.com.br/filtro-capacitivo-passa-baixa-e-passa-alta/>. Acesso em: 28 jul. 2021.

MURRAY, Cd. An interpretative phenomenological analysis of the embodiment of artificial limbs. **Disability and Rehabilitation**, [S.L.], v. 26, n. 16, p. 963-973, 19 ago. 2004. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09638280410001696764>.

MURRAY, Craig D.. Embodiment and Prosthetics. In: GALLAGHER, Pamela; DESMOND, Deirdre; MACLACHLAN, Malcolm. **Psychoprosthetics**. [S. L]: Springer, 2008. p. 119-129.

MUSICUS, Marina; DAVIS, Alicia. Upper extremity prosthetic design and function. In: SPIRES, Mary Catherine; KELLY, Brian M.; DAVIS, Alicia J. **Prosthetic Restoration and Rehabilitation of the Upper and Lower Extremity**. Demos Medical Publishing, 2013.

NAJMAN, Petr. Bionická ruka. Liberec. Semestrální projekt. Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií Technické univerzity v Liberci. Vedoucí semestrálního projektu Jan Koprnický, 2017.

NAVES, Juliana Fákir. **Percepção da imagem corporal em pessoas com amputação de membros inferiores: perspectivas e desafios para a psicologia da reabilitação**. 2020. 244 f. Tese (Doutorado) - Curso de Psicologia, Departamento de Psicologia Clínica, Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/40086>. Acesso em: 1 jun. 2021.

NEETHAN, R. *et al.* A study of three-dimensional (3-D) printed prosthetic upper limb models in local context. **Materials Today: Proceedings**, [S.L.], v. 23, p. 8-11, 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2019.05.348>.

NOGUEIRA, Carlaile Fernanda de Oliveira. Estudo de polímeros biodegradáveis e compostáveis de fontes renováveis como alternativa aos polímeros tradicionais. Universidade de São Paulo, Engenharia Bioquímica, 2013.

NUSSBAUM, Martha C. Fronteiras da justiça: deficiência, nacionalidade, pertencimento a espécie. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2013.

OMAR, Saiful *et al.* Implementation of Low-Cost 3D-Printed Prosthetic Hand and Tasks-Based Control Analysis. **Advances in Intelligent Systems and Computing**, [S.L.], p. 213-223, 18 out. 2018. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-03302-6_19

OMS, Organização Mundial da Saúde, 2017. Disponível em:

<https://www.who.int/publications/i/item/9789241512480>. Acesso em: 12 jan. 2021.

OMS, Organização Mundial da Saúde, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>. Acesso em: 12 jan. 2021.

ONU, Organização das Nações Unidas. Disponível em: <https://news.un.org/en/story/2018/12/1027311>. Acesso em: 11 jul. 2021.

OPAS, Organização Pan-Americana de Saúde. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/9-12-2020-oms-revela-principais-causas-morte-e-incapacidade-em-todo-mundo-entre-2000-e#:~:text=As%20mortes%20por%20diabetes%20aumentaram,todas%20as%20regi%C3%B5es%20da%20OMS>. Acesso em: 25 ago. 2021.

OPAS, Organização Pan-Americana de Saúde. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/coronavirus>. Acesso em: 25 ago. 2021.

ORTIZ-CATALAN, Max; MASTINU, Enzo; SASSU, Paolo; ASZMAN, Oscar; BRANEMARK, Rickard. Self-Contained Neuromusculoskeletal Arm Prostheses. **New England Journal of Medicine**. Gothenburg, p. 1732-1738. 30 abr. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32348644/>. Acesso em: 30 abr. 2020.

ORTOLAN, Rodrigo Lício. **Estudo e Avaliação de Técnicas de Processamento do Sinal Mioelétrico para o Controle de Sistemas de Reabilitação**. 2002. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2002. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18133/tde-19112002-153337/publico/Dissertacao_ortolan.pdf. Acesso em: 06 jul. 2021.

O'SULLIVAN, S.; SCHMITZ, T. *Fisioterapia Avaliação e Tratamento*. 4. ed. São Paulo: Manole, 2004.

O'SULLIVAN, S.B.; SCHMITZ, T.J.; FULK, G.D. *Fisioterapia Avaliação e Tratamento*. 6ª ed. São Paulo: Manole, 2018.

OSTLIE Kristin, Lesjo, M. Ingrid, Franklin, J. Rosemary, Garfelt, Beate, Skjeldal H. Ola, Magnus, Per. Prosthesis use in adult acquired major upper-limb amputees: patterns of wear, prosthetic skills and the actual use of prostheses in activities of daily life. *Disability and Rehabilitation: Assistive*. v.7, p. 479-493, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22315926/>. Acesso em: 12 jun. 2021.

OTTOBOCK. Disponível em: <https://clinicas.ottobock.com.br/tecnologia-proteses-de-membro-superior/>. Acesso em: 7 jun. 2021.

OTTOBOCK. Luvas Cosméticas. Disponível em: <https://www.ottobock.com.br/prosthetics/membros-superiores/vis%C3%A3o-geral-das-solu%C3%A7%C3%B5es/revestimento-cosm%C3%A9tico-de-apar%C3%A2ncia-natural/>. Acesso em: 7 jan. 2021.

OYMOTION, Disponível em: <http://www.oymotion.com/en/page41>. Acesso em 12

jan.2021.

PAIVA, Luciana Laureano; GOELLNER, Silvana Vilodre. Reinventando a vida: um estudo qualitativo sobre os significados culturais atribuídos à reconstrução corporal de amputados mediante a protetização. **Interface - Comunicação, Saúde, Educação**, [S.L.], v. 12, n. 26, p. 485-497, set. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1414-32832008000300003>.

PARANT, Aymeric; LOMORIELLO, S. Sandrine; MARCHAN, Francis. How would I live with a disability? Expectations of bio-psychosocial consequences and assistive technology use. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**. [S. L], p. 1-5. set. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27677931/>. Acesso em: 8 jul. 2021.

PARK, Hyeonjun; KIM, Donghan. An Open-source Anthropomorphic Robot Hand System: HRI Hand. **Hardwarex**. [S. L], p. 1-14. fev. 2020.

PAVANI R, M, “Esporte, Tecnologia e Inclusão: o caso da modalidade de esgrima adaptada para atletas cadeirantes”. FIEP Bulletin. Journal of the International of Physical Education. Boletim da Federação Internacional de Educação Física. v. 81 - Special Edition, Foz do Iguaçu, Brasil, 2011.

PAVANI, Ricardo; PAVANI, Gilberto; RIBEIRO, Jerri. Resignificando o Uso de Materiais em Próteses Totais de Membros Inferiores. In: ENEBI – Encontro Nacional de Engenharia Biomecânica. p.5, 2015.

PENTEK, Attila; NYITRAI, Miklos; SCHI, Adam; ABRAHAM, Hajnalka; BENE, Matyas; MOLNAR, Emese; TOLD, Roland; MAROTI, Peter. The Effect of Printing Parameters on Electrical Conductivity and Mechanical Properties of PLA and ABS Based Carbon Composites in Additive Manufacturing of Upper Limb Prosthetics. **Crystals**, [s. l], v. 10, p. 1-12, 12 maio 2020.

PHAM, D.T; GAULT, R.S. A comparison of rapid prototyping technologies. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, [S.L.], v. 38, n. 10-11, p. 1257-1287, out. 1998. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0890-6955\(97\)00137-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0890-6955(97)00137-5).

PHYSIO-PEDIA. Disponível em: https://www.physio-pedia.com/Box_and_Block_ Acesso: 8 ago. de 2021.

PEIXOTO, Alberto Monteiro. Prevalência de amputações de membros superiores e inferiores no estado de Alagoas atendidos pelo SUS entre 2008 e 2015. **Fisioterapia e Pesquisa**, Maceió, v. 24, n. 4, p. 378-384, dez. 2017.

PIAZZA, Cristina; SIMON, Ann M.; TURNER, Kristi L.; MILLER, Laura A.; CATALANO, Manuel G.; BICCHI, Antonio; HARGROVE, Levi J. Exploring augmented grasping capabilities in a multi-synergistic soft bionic hand. **Journal of Neuroengineering and Rehabilitation**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 1-16, 25 ago. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s12984-020-00741-y>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32843058/>. Acesso em: 1

ago. 2021.

PINHEIRO, Luiza Reis; GUTERRES, Lídia Meri Brignol. Análise da satisfação de amputados usuários de próteses de membros inferiores. **Congrega**, Bagé, v. 1, n. 1, p. 127-144, out. 2017.

PINTO, A.H.; et al. Capacidade Funcional para atividades da vida diária de idosos da Estratégia de Saúde da Família da zona rural. *Rev. Ciência e Saúde*, v.11, 2016.

PRAKASH, Alok; SHARMA, Shiru. Development of an Affordable Myoelectric Hand for Transradial Amputees. **International Journal of Biomedical and Clinical Engineering**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 1-15, jan. 2020. IGI Global. <http://dx.doi.org/10.4018/ijbce.2020010101>.

PRAKASH, Alok; SHARMA, Shiru. A low-cost transradial prosthesis controlled by the intention of muscular contraction. **Physical and Engineering Sciences in Medicine**, [S.L.], v. 44, n. 1, p. 229-241, 19 jan. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13246-021-00972-w>.

PRÖBSTING, Eva; KANNENBERG, Andreas; CONYERS, Daniel; CUTTI, ANDREA G. Ease of Activities of Daily Living with Conventional and Multigrip Myoelectric Hands. **Journal of Prosthetics and Orthotics**. [S. L.], p. 46-52. 4 abr. 2015.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do trabalho científico: método e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico. ed. 2, Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PUGH, Stuart. **Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering**. Ann Arbor: Addison-Wesley, 1991. 312 p.

RANJAN, Rajeev *et al.* A critical review on Classification of materials used in 3D printing process. **Materials today Proceedings**. [S. L.], p. 1-21. 23 mar. 2022.

RIET, D.V. Der; STOPFORTH, Riaan; BRIGHT, Glen.; DIEGEL, Olaf. An overview and comparison of Upper limb prosthetics. IEEE, Africon Conference, 2013. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6757590>. Acesso em: 8 jun. 2021.

REPOSTSANDDATA. Disponível em: <https://www.reportsanddata.com/report-detail/myoelectric-prosthetics-market>. Acesso em: 20 jul. 2021.

RESNIK, Linda; BORGIA, Mathew; CLARK, Melissa A. Longitudinal study of prosthesis use in veterans with upper limb amputation. **Prosthetics and Orthotics International**. [S. L.], p. 1-11. out. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33023368/>. Acesso em: 08 mai. 2021.

RODRIGUES, Ricardo Schwinn; CINELLI, Milton José; FERREIRA, Marcelo Gitirana Gomes; DOMENECH, Susana Cristina. O design de próteses *open source* para membros superiores por meio da análise documental de projetos. **E-Revista**, Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 93-119, abr. 2016.

RODRÍGUEZ-PANES, Adrián; CLAVER, Juan; CAMACHO, Ana. The Influence of Manufacturing Parameters on the Mechanical Behaviour of PLA and ABS Pieces Manufactured by FDM: a comparative analysis. **Materials**, [S.L.], v. 11, n. 8, p. 1333, 1 ago. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ma11081333>.

ROGGIA, Leandro; FUENTES, Rodrigo Cardozo. Automação Industrial. Colégio Técnico Industrial. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.ufsm.br%2Fapp%2Fuploads%2Fsites%2F413%2F2018%2F12%2F06_automacao_industrial.pdf&clen=14545733&chunk=true. Acesso em: 15 jul. 2021.

ROSE, Davi; HASSELBRING, Ted S; STAHL, Skip; ZABALA, Joy. **Assistive technology and universal design for learning: Two sides of the same coin**, 2004. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/265116505_Assistive_Technology_and_Universal_Design_for_Learning_Two_Sides_of_the_Same_Coin_Two_Roles_for_Technology_Assistive_Technology_and_Universal_Design_for_Learning. Acesso em 8 jan. 2021.

ROZENFELD, Henrique; et al. Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SALMAN, Fazil; YUANHUI, Cui; IMRAN, Zafar; FENGHUA, Liu; LIJIAN, Wang; WEIPING, Wu. A Wireless-controlled 3D printed Robotic Hand Motion System with Flex Force Sensors. **Sensors and Actuators A: Physical**, [S.L.], v. 309, p. 1-10, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sna.2020.112004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924424719313895>. Acesso em: 1 jul. 2021.

SALMINGER, Stefan *et al.* Current rates of prosthetic usage in upper-limb amputees – have innovations had an impact on device acceptance? **Disability and Rehabilitation**, [S.L.], p. 1-12, 30 dez. 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09638288.2020.1866684>.

SANTOS J. R. D.; Qualidade de Vida, capacidade funcional e rede de relações em amputados (dissertação) Universidade Tiradentes, 2014.

SCHOELLER, Soraia Dornelles; SILVA, Denise Maria Guerreiro Vieira da; VARGAS, Mara Ambrosina de Oliveira; BORGES, Ana Maria Fernandes; PIRES, Denise Elvira Pires de; BONETTI, Albertina. Características das pessoas amputadas atendidas em um centro de reabilitação. **Revista de Enfermagem**, Recife, v. 7, n. 2, p. 445-451, fev. 2013.

SEIDEL A. Cristina; NAGATA A.K; ALMEIDA H.C; BONOMO Marcia. Epistemologia sobre amputações e desbridamentos de membros inferiores realizados no Hospital Universitário de Maringá, 2008.

SEMPREUPDATE. Disponível em: <https://sempreupdate.com.br/o-que-e-formato-de-arquivo-stl-para-impressoes-em->

3d/#:~:text=Em%20poucas%20palavras%2C%20um%20arquivo,do%20formato%20de%20arquivo%20STL. Acesso em: 21 set.2021.

SENSINGER, Jonathon W; HILL, Wendy; SYBRING, Michelle. Rehabilitation Engineering and Integrative Technologies: prostheses, assistive technology and upper. In: WANG, Min; YU, Xiaojun; LAURENCIN, Cato; NARAYAN, Roger. **Biomedical: encyclopedia of biomedical engineering**. Fredericton: Elsevier, 2019. p. 632-644. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128012383999124?via%3Dihub>. Acesso em: 6 jun. 2021.

SHAHSAVARI, Hooman; MATOURYPOUR, Pegah; GHIYASVANDIAN, Shahrzad; GHORBANI, Azam; BAKHSHI, Fatemeh; MAHMOUDI, Mokhtar; GOLESTANNEJAD, Mohammadreza. Upper limb amputation; Care needs for reintegration to life: an integrative review. **International Journal of Orthopaedic and Trauma Nursing**, [S.L.], v. 38, p. 100773, ago. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijotn.2020.100773>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32362398/>. Acesso em: 5 jun. 2021.

SHIBANOKI, Taro; JIN, Kosuke. A 3D-printable Prosthetic Hand Considering Dual-arm Operation. **2020 Ieee 2Nd Global Conference on Life Sciences and Technologies (Lifetech)**, [S.L.], p. 1-10, mar. 2020. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/lifetech48969.2020.1570620385>.

SHORES, Jaimie T; BRANDACHER, Gerald; LEE, W. P. Andrew. Hand and upper extremity transplantation: an update of outcomes in the worldwide experience. **Plastic and Reconstructive Surgery**, [s. l], p. 351-360, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25401735/>. Acesso em: 20 jun. 2021.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4. ed. Florianópolis, 2005.

SILVA, Alana das Mercês; FURTADO, Graziella; SANTOS, Isaias Pimentel dos; SILVA, Cecília Barbosa da; CALDAS, Larissa Rocha; BERNARDES, Kionna Oliveira; FERRAZ, Daniel Dominguez. Functional capacity of elderly with lower-limb amputation after prosthesis rehabilitation: a longitudinal study. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, [S.L.], v. 16, n. 5, p. 556-560, 5 nov. 2019. <http://dx.doi.org/10.1080/17483107.2019.1684581>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31686579/>. Acesso em: 1 jul. 2021.

SILVA, João Carlos Riccó Plácido da; PASCHOARELLI, Luis; SILVA, Plácido da. Ergonomia da Informação e alternativas eficazes para desenvolvimento de projetos gráficos impressos mais inclusivos. Usabilidade, interfaces e comunicação visual, p.62-70, março,2020.

SLADE, Patrick et al. Tact: design and performance of an open-source, affordable, myoelectric prosthetic hand. **2015 Ieee International Conference on Robotics and Automation (Icra)**, [S.L.], p. 1-12, maio 2015. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icra.2015.7140105>.

SMAIL, Lauren C. et al. Comfort and function remain key factors in upper limb prosthetic abandonment: findings of a scoping review. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, [S.L.], v. 16, n. 8, p. 821-830, 19 mar. 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/17483107.2020.1738567>.

SMELTZER Suzanne C.; BARE Brenda G. Brunner & Suddarth: tratado de enfermagem médico cirúrgica. 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara, Koogan; 2005.

STANSBURY, Jeffrey W.; IDACAVAGE, Mike J. 3D printing with polymers: challenges among expanding options and opportunities. **Dental Materials**, [S.L.], v. 32, n. 1, p. 54-64, jan. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2015.09.018>.

SONO, Tálita Saemi Payossim. **Projeto de uma Prótese de Mão Sub-Atuada: mecanismo, interface e sistema de controle**. 2012. 107 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: [tese_talita_sono_ok%20\(2\).pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/handle/1802/10000/tese_talita_sono_ok%20(2).pdf). Acesso em: 8 jul. 2021.

SOUZA, Mariana Angélica Peixoto; CABRAL, Lúcia Helena de Assis; SAMPAIO, Rosana Ferreira; MANCINI, Marisa Cotta. Acidentes de trabalho envolvendo mãos: casos atendidos em um serviço de reabilitação. **Fisioterapia e Pesquisa**. São Paulo, p. 64-71. 1 fev. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/fp/a/FKvn6mMHvXL7JcKJQHhzmWP/?lang=pt>. Acesso em: 1 abr. 2021.

STOCCO, Thiago D.; RODRIGUES, Renan A.; Utilização de Membros Protéticos Fabricados a Partir de Impressão 3D para Amputados. **Archives of Health Sciences**, v. 27, n. 1, p. 65-69, 2020. Disponível em: <http://www.cienciasdasaude.famerp.br/index.php/racs/issue/view/23>. Acesso em: 8 jun. de 2021.

STEEPER. Disponível em: <https://www.steepergroup.com/prosthetics/upper-limb-prosthetics/>. Acesso em: 3 jun. 2021.

SUGAWARA, André T.; RAMOS, Vinícius D.; ALFIERI, Fábio M.; BATTISTELLA, Linamara R. Abandonment of assistive products: assessing abandonment levels and factors that impact on it. **Taylor & Francis Online**. São Paulo, p. 1-7. 15 jan. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29334475/>. Acesso em: 05 mai. 2021.

SUMIYA, Alberto. Satisfação com a Saúde e Capacidade Funcional de Idosos Amputados. **Neurobiologia**, v. 72, n. 2, p. 43-50, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/281409552_Satisfacao_com_a_Saude_e_Capacidade_Funcional_de_Idosos_Amputados. Acesso em: 8 ago. 2021.

TECHINASIA. Disponível em: <https://www.techinasia.com/exiii-hackberry-robotic-prosthetic-arm-startup>. Acesso em: 30 mai. 2022.

TOPINK3D. Disponível em: <https://www.topink3d.com.br/impressora-3d-kywoo3d-tycoon-idex>. Acesso em: 22 mai. 2022.

TRIWIYANTO, Triwiyanto; PAWANA, I Putu Alit; HAMZAH, Torib; LUTHFIYAH,

Sari. Low-cost and open-source anthropomorphic prosthetics hand using linear actuators. **Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)**, [S.L.], v. 18, n. 2, p. 953, 1 abr. 2020. Universitas Ahmad Dahlan. <http://dx.doi.org/10.12928/telkomnika.v18i2.14799>. Disponível em: https://www.academia.edu/43674365/Low-cost_and_open-source_anthropomorphic_prosthetics_hand_using_linear_actuators. Acesso em: 1 jun. 2021.

TORTORA; Gerard J.; DERRICKSON, Bryan. Corpo humano: Fundamentos de Anatomia e Fisiologia, ed. 10, Porto Alegre, Ed. Artmed, 2016.

TUASAUDE, Disponível em: <https://www.tuasaude.com>. Acesso em 10 de jul. de 2021.
UELLEND AHL, Jack. Myoelectric versus Body-Powered Upper-Limb Prostheses:: a clinical perspective. **Journal of Prosthetics and Orthotics**. [S.L], p. 25-29. 10 out. 2017.

UFSC.PPGEP, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2021. Disponível em: <https://ppgep.ufsc.br/engenharia-de-produto-processos-e-servicos/>. Acesso em: 3 jun. 2021.

UNANYAN, Narek N; BELOV, Alexey A. Design of upper limb prosthesis using real-time motion detection method based on EMG signal processing. **Biomedical Signal Processing and Control**, [S.L.], v. 70, p. 1-11, set. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bspc.2021.103062>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1746809421006595?via%3Dihub>. Acesso em: 01 dez. 2021.

VALPREDA, F. 3D printing awareness: the future of making things. In: IS&T/SPIE Electronic Imaging. International Society for Optics and Photonics, 2015.

VASCONCELOS, Thiago Gomes de; AGUIAR, Yuska Paola. Leap Motion como Tecnologia Assistiva para Pessoas com Deficiência Motora dos Membros Superiores. Universidade Federal da Bahia, Centro de Ciências e Aplicação, 2017

VIDAL, T. **Concepção de Próteses Mioelétricas de Membros Superiores Baseada no Estudo Fisiológico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.

VINYAS et al. Mechanical characterization of the Poly lactic acid (PLA) composites prepared through the Fused Deposition Modelling process. **Materials Research Express**, [S.L.], v. 6, n. 10, p. 105359, 11 set. 2019. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/2053-1591/ab3ff3>.

VUJAKLIJA, Ivan; FARINA, Dario. 3D printed upper limb prosthetics. **Expert Review of Medical Devices**, [S.L.], v. 15, n. 7, p. 505-512, 3 jul. 2018. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/17434440.2018.1494568>.

WERNER, Robert A. et al. A Longitudinal Study of Industrial and Clerical Workers: predictors of upper extremity tendonitis. **Journal of Occupational Rehabilitation**, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 37-46, mar. 2005. Springer Science and Business Media LLC.

<http://dx.doi.org/10.1007/s10926-005-0872-1>.

WIDEHAMMAR, Cathrine; PETTERSSON, Ingvor; JANESLÄTT, Gunnel; HERMANSSON, Liselotte. The influence of environment. **Prosthetics & Orthotics International**, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 28-36, fev. 2018. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1177/0309364617704801>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28470129/>. Acesso em: 4 jun.2021.

WOODRUFF, Susan I; GALARNEAU, Michael R; SACK, Daniel I; MCCABE, Cameron T; DYE, Judy L. Combat amputees' health-related quality of life and psychological outcomes: A brief report from the wounded warrior recovery project. **The Journal of Trauma and Acute Care Surgery**. [S. L.], p. 592-595. 1 mar. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28030485/>. Acesso em: 1 jun. 2021

XAVIER, Ricardo Taoni. Implementação de uma prótese ativa para membro superior de baixo custo. (Dissertação), Faculdade de Engenharia, Campus Ilha Solteira, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/144525>. Acesso em: 8 jun. 2021.

XU, Jim; KOHLER, Friedbert; DICKSON, Hugh. Systematic review of concepts measured in individuals with lower limb amputation using the International Classification of Functioning, Disability and Health as a reference. **Prosthetics and Orthotics International**. [S. L.], p. 262-268. set. 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21937571/>. Acesso em: 05 jul. 2021.

YASNÓ-VARILA, Luisa Fernanda, CORREA-ECHEVERRY, Diego Fernando; MORALES-CORREA, Iván Dario; VELOZA-MORALES, Martha Cecilia. Percepción de calidad de vida en trabajadores víctimas de accidente laboral que terminó en amputación. **Hacia la Promoción de la Salud**, Bogotá, v. 26, n. 1, p. 23-36, ago. 2020. Disponível em: <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/hacialapromociondelasalud/article/view/4316/3969>. Acesso em: 05 mai. 2021.

ZADPOOR, Amir A.; MALDA, Jos. Additive Manufacturing of Biomaterials, Tissues, and Organs, *Annals of Biomedical Engineering*, v.45, 1. ed. p.1-11, 2016.

ANEXO A – SEÇÃO I -QUESTIONÁRIO SOCIODEMOGRÁFICO⁶¹

Aceita participar? (SOMENTE AMPUTADOS DE MEMBROS SUPERIORES MAIORES DE 18 ANOS)

- 1) Idade
- 2) Gênero
- 3) Estado civil
- 4) Estado do Brasil onde reside (SIGLA) e cidade
- 5) Tempo de amputação (meses)
- 6) Possui amputação bilateral (dois membros superiores amputados)
- 7) Nível de amputação
 - desarticulação de ombro (amputação de todo o braço)
 - amputação transumeral (amputação na articulação do cotovelo e ombro)
 - desarticulação do cotovelo (toda a articulação do cotovelo é amputada)
 - amputação transradial (amputação abaixo da articulação do punho e cotovelo)
 - desarticulação do punho
 - desarticulação parcial de mão
- 8) Grau de instrução
 - Fundamental
 - Fundamental incompleto
 - Médio incompleto
 - Médio completo
 - Superior incompleto
 - Superior completo
- 9) Possui atividade econômica?
 - Ativo
 - Inativo
 - Aposentado
 - Pensionista
 - Pensionista e com ocupação atual
 - Aposentado e com ocupação atual
- 10) Você utiliza prótese? Caso a resposta seja "Sim". Qual é o tempo diário de utilização? Caso seja "Não". Quais são os motivos da não utilização?

⁶¹Disponível

<https://docs.google.com/forms/d/1lcDEjwHiXYMoMR7PSmKYn34gXm6N7dYv9t8wDCrW0pQ/edit?vc=0&c=0&w=1&flr=0>. Acesso em: 11 nov. 2021.

ANEXO B – SEÇÃO II - QUESTIONÁRIO E PONTUAÇÃO ÍNDICE DE BARTHEL

Atividade
Alimentação
0=Incapacitado 5=precisa de ajuda para cortar, passar manteiga, etc. 10=independente
Banho
0=dependente 5=independente
Atividades Rotineiras
0= precisa de ajuda com a higiene pessoal 5=Independente rosto/ cabelo/dentes/barbear
Vestir-se
0=dependente 5=precisa de ajuda, mas consegue fazer uma parte sozinho 10=independente (incluem botões, zíper, laços, etc)
Intestino
0=incontinente 5=Acidente ocasional 10=continente
Sistema urinário
0=incontinente 5=acidente ocasional 10=continente
Uso do banheiro
0=dependente 5=precisa de ajuda parcial 10=independente (pentear-se, limpar-se)
Transferência da cama para a cadeira e vice-versa
0=incapacitado 5= muita ajuda (uma ou duas pessoas) 10= pouca ajuda (verbal ou física) 15=independente
Mobilidade em superfícies planas
0= imóvel, distância menor que 50 metros 5=cadeira de rodas, independente, distância mais de 50 metros 10=caminha com a ajuda de uma pessoa (ajuda verbal ou física), mais de 50 metros 15=independente (mas pode precisar de alguma ajuda) distância maior que 50 metros
Escadas
0= incapacitado 5=precisa de ajuda (verbal, física ou ser carregado) 10=independente

Interpretação do Resultado	75 a 51 pontos- dependência moderada
100 pontos- totalmente independente	50 a 26 pontos- dependência severa
99 a 76 pontos- dependência leve	25 e menos pontos- dependência total

Fonte: MAHONEY; BARTHEL (1965)

ANEXO C – RESPOSTA VIA E-MAIL DO MINISTÉRIO DA SAÚDE

Dúvida > Caixa de entrada x



Michel Pagatini <michelpagatini@gmail.com>

qui., 27 de mai. de 2021 13:45



para aps, custeio.saudedafamilia, investimento.saudedafamilia ▾

Boa tarde

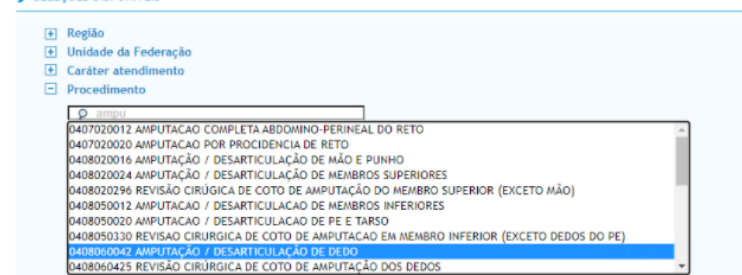
Sou pesquisador da Universidade Federal de Santa Catarina.

Estou realizando uma pesquisa referente ao número de amputados no Brasil, mas tenho uma dúvida referente ao termo utilizado Amputação/Desarticulação de dedos, esses dedos são de membros superiores ou inferiores?

OBS: Segue print da dúvida..

e link <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/qjuf.def>

> SELEÇÕES DISPONÍVEIS



Custeio Saúde da Família <custeio.saudedafamilia@saude.gov.br>

31 de mai. de 2021 18:07

para mim, Investimento ▾

Prezado, boa tarde!

Para tratar de assuntos referente a Atenção Especializada, favor entrar em contato com a Secretaria de Atenção Especializada à Saúde (SAES) Telefone:(61) 3315-2626 / 2627.

Para identificação e descrição de procedimentos, favor consultar o Sistema de Gerenciamento da Tabela de Procedimentos, Medicamentos e OPM do SUS (SIGTAP) disponível em: <http://sigtap.datasus.gov.br/tabela-unificada/app/sec/procedimento/exibir/0408060042/05/2021>

Certos de que as informações cumprem o pedido mencionado, nos colocamos à disposição para demais esclarecimentos.

Atenciosamente,

Tatiane Tavares Menezes
Consultora

DISQUE SAÚDE 136

Coordenação Geral de Financiamento da Atenção Primária
Departamento de Saúde da Família

Secretaria de Atenção Primária da Saúde - SAPS | Ministério da Saúde

tatiane.menezes@saude.gov.br
+55 (61) 3315.9077

SUS | MINISTÉRIO DA SAÚDE | PÁTRIA AMADA BRASIL

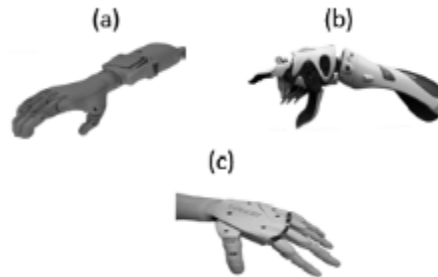
■ Procedimento

Procedimento: 04.08.06.004-2 - AMPUTAÇÃO / DESARTICULAÇÃO DE DEDO													
Grupo:	04 - Procedimentos cirúrgicos												
Sub-Grupo:	08 - Cirurgia do sistema osteomuscular												
Forma de Organização:	06 - Gerais												
Competência:	02/2022 Histórico de alterações												
Modalidade de Atendimento: Ambulatorial Hospitalar Hospital Dia Complexidade: Média Complexidade Financiamento: Média e Alta Complexidade (MAC) Sub-Tipo de Financiamento: Instrumento de Registro: BPA (Individualizado) AIH (Proc. Principal) Sexo: Ambos Média de Permanência: 2 Tempo de Permanência: Quantidade Máxima: 10 Idade Mínima: 0 meses Idade Máxima: 130 anos Pontos: 150 Atributos Complementares: Inclui valor da anestesia Admite permanência à maior Permite Informação de Equipe Cirúrgica													
Valores <table border="0"> <tr> <td>Serviço Ambulatorial:</td> <td>R\$ 28,42</td> <td>Serviço Hospitalar:</td> <td>R\$ 228,23</td> </tr> <tr> <td>Total Ambulatorial:</td> <td>R\$ 28,42</td> <td>Serviço Profissional:</td> <td>R\$ 109,80</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Total Hospitalar:</td> <td>R\$ 338,03</td> </tr> </table>		Serviço Ambulatorial:	R\$ 28,42	Serviço Hospitalar:	R\$ 228,23	Total Ambulatorial:	R\$ 28,42	Serviço Profissional:	R\$ 109,80			Total Hospitalar:	R\$ 338,03
Serviço Ambulatorial:	R\$ 28,42	Serviço Hospitalar:	R\$ 228,23										
Total Ambulatorial:	R\$ 28,42	Serviço Profissional:	R\$ 109,80										
		Total Hospitalar:	R\$ 338,03										
Descrição	<input checked="" type="checkbox"/> CID	<input type="checkbox"/> CBO	<input type="checkbox"/> Leito	<input type="checkbox"/> Serviço Classificação	<input type="checkbox"/> Habilitação	<input type="checkbox"/> Redes	<input type="checkbox"/> Origem	<input type="checkbox"/> Regra Condicionada	<input type="checkbox"/> Renases	<input type="checkbox"/> TUSS			
	CID Principal		CID Secundário										
	Código		Nome										
	A300		Hanseníase [lepra] indeterminada										
	A301		Hanseníase [lepra] tuberculóide										

S627	Fraturas múltiplas de dedo(s)
S657	Traumatismo de vasos sanguíneos múltiplos ao nível de punho e da mão
S670	Lesão por esmagamento do polegar e de outro(s) dedo(s)
S678	Lesão por esmagamento de outras partes e das não especificadas do punho e da mão
S680	Amputação traumática do polegar (completa) (parcial)
S681	Amputação traumática de um outro dedo apenas (completa) (parcial)
S682	Amputação traumática de dois ou mais dedos somente (completa) (parcial)
S683	Amputação traumática combinada de (partes de) dedo(s) associada a outras partes do punho e da mão
S908	Outros traumatismos superficiais do tornozelo e do pé
S925	Fratura de outro artelho
S927	Fraturas múltiplas do pé
S950	Traumatismo da artéria dorsal do pé
S951	Traumatismo da artéria plantar do pé
S957	Traumatismo de múltiplos vasos sanguíneos ao nível do tornozelo e do pé
S958	Traumatismo de outros vasos sanguíneos ao nível do tornozelo e do pé
S971	Lesão por esmagamento do(s) artelho(s)
S978	Lesão por esmagamento de outras partes do tornozelo e do pé
S981	Amputação traumática de apenas um artelho
S982	Amputação traumática de dois ou mais artelhos
S983	Amputação traumática de outras partes do pé

ANEXO D – Questionário de Identificação da Prótese

1) Qual a prótese que mais lhe agrada com referência a seu design?



2) Por que você escolheu a prótese anteriormente relatada?

3) Em uma escala de 1 a 5 como você avalia os requisitos da prótese (a) em relação a prótese (b)?

1-Mobilidade

2-Conforto

3-Pouco Esforço físico

4-Firmeza na utilização

5-Leveza

4) Em uma escala de 1 a 5 como você avalia os requisitos da prótese (b) em relação a prótese (c)?

1-Mobilidade

2-Conforto

3-Pouco Esforço físico

4-Firmeza na utilização

5-Leveza

5) Em uma escala de 1 a 5 como você avalia os requisitos da prótese (a) em relação a prótese (c)?

1-Mobilidade















2-Conforto














3-Pouco Esforço físico














4-Firmeza na utilização




5-Leveza

ANEXO E – DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES IMPRESSOS

Parte impressa do dispositivo	Descrição dos componentes	Imagem	Dimensional (mm)	Quantidade
Mão	Suporte do pulso		30 x 18	1
	Palma Base 03		106 x 78	1
	Batente eixo B04		24 x 12	1
	Batente do eixo A04		24 x 14	1
	Acoplador dedo mínimo 01		15 x 3,5	1
	Acoplador dedo médio 01		19,5 x 7	1
	Acoplador dedo principal 01		54 x 4	1
	Engrenagem total 02		Ø ext. 26 Ø int. 21	1
	Suporte do motor 01		32 x 30	1
	Botão Máximo 05		13 x 7	1
	Botão polegar 05		11 x 7	1
	Botão de bloqueio do dedo 05		19 x 7	1
	Alavanca de potência		26 x 7	1
	Contracapa 02		92 x 86	1

Parte impressa do dispositivo	Descrição dos componentes	Imagem	Dimensional (mm)	Quantidade
Dedo Indicador	Terceira falange média da mão		54 x 24	1
	Acoplador Dedo Indicador 02		47,5 x 12	1
	Engrenagem Dedo Indicador		22,5 x 16	1
	Aclopador de Dedo Indicador		40 x 17	1
	Alavanca de Liberação Dedo Indicador		23 x 9	1
	Terceira Falange Proximal-03		56 x 6	1
	Terceira Falange Proximal-02		42 x 5,5	1
Polegar	Falange Proximal		54 x 24	1
	Base da Falange Proximal		32 x 11,5	1
	Falange		54 x 24	1
	Botão de Bloqueio		16,5 x 14	1
	Suporte da Junta		26 x 11,5	1
	Cobertura da Falange		32 x 18	1

Parte impressa do dispositivo	Descrição dos componentes	Imagem	Dimensional (mm)	Quantidade
Outros Dedos	Falange média 02		61 x 14,5	3
	Cobertura do Acoplador		33 x 13	3
	Falange Proximal 02		56 x 6	3
	Falange Proximal do Acoplador 02		57 x 6	3
	Link do Acoplador		47 x 18	3
Pulso	Alavanca		41 x 35	1
	Base da Montagem		50 x 51	1
	Pino de Bloqueio de Pronação		17 x 14	1
	Bloqueio de Pulso		49 x 8	1
	Suporte da Placa		21 x 2	1
	Alavanca		45 x 22	1
	Suporte conexão		30 x 29	1
	Cobertura da Base		46 x 30	1

Parte impressa do dispositivo	Descrição dos componentes	Imagem	Dimensional (mm)	Quantidade
Soquete	Quadro Principal B01		131 x 78	1
	Quadro Principal A01		245 x 80	1
	Botão bloqueio bateria		14 x 10,5	1
	Caixa de Bateria 01		69 x 44,5	1
	Botão porta da bateria		38 x 17	1
	Alavanca da porta da bateria		33 x 6	1
	Cobertura		165 x 67	1
	Dobradiça da bateria A03		18 x 17,5	1
	Dobradiça da bateria B03		21 x 18	1
	Dobradiça da bateria C03		19 x 13,5	1
Sensor	Suporte do sensor 02		--	1
	Placa do sensor 01		--	1
Bateria	Suporte da Caixa da bateria B01		--	1
	Bloqueio bateria B02		--	1
	Caixa de bateria		--	1

Fonte: Hackberry (2022)

APÊNDICE A – TCLE – QUESTIONÁRIO SOCIODEMOGRÁFICO E ÍNDICE DE BARTHEL

(Elaborado a partir de BRASIL, 2021)

Este questionário tem como interesse relacionar a maior independência de amputados de membro superior com a utilização de próteses. Esta pesquisa está sendo desenvolvida no Curso de Pós-Graduação de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - Florianópolis - SC, como auxílio para a Dissertação do curso de Engenharia de Produção, desenvolvido pelo aluno Michel Pagatini, orientado pelo Professor Eugenio A. D. Merino.

Termo de Consentimento Livre Esclarecido

Este é um convite para você participar da pesquisa “Questionário Sociodemográfico e Índice de Barthel para avaliação da independência de amputados de Membros Superiores”, no qual mede-se a independência funcional no cuidado pessoal, mobilidade, locomoção e eliminações. Foram inseridas perguntas referentes a situação socioeconômica dos amputados. Esta pesquisa tem sob responsabilidade o professor Eugenio A. D. Merino e do mestrando Michel Pagatini.

ESTAS INFORMAÇÕES NOS MANTERÃO INFORMADOS DE COMO AMPUTADOS DE MEMBROS SUPERIORES REALIZAM SUAS ATIVIDADES DA VIDA DIÁRIA.

Essa pesquisa baseia-se no Índice de Barthel (MAHONEY; BARTHEL, 1965). Ela não envolverá quaisquer riscos previsíveis a você, além da expressão da sua opinião. Para minimizar qualquer desconforto e manter a privacidade, o questionário apresentará caráter anônimo e deverá ser respondido individualmente. Todas as informações obtidas serão SIGILOSAS e seu nome e imagem não serão identificados em nenhum momento. Os dados serão guardados por cinco anos em local seguro e a divulgação dos resultados será feita de forma a não identificar os participantes, com seu foco no conteúdo geral e nos resultados estatísticos. Você não terá benefícios pessoais diretos ao participar da pesquisa, mas contribuirá para o melhor entendimento de como está a independência em

Atividades da Vida Diária em amputados de membros superiores. O pesquisador não terá nenhum benefício pessoal/financeiro com esta pesquisa, exceto a produção acadêmica dele decorrente. Não estamos prevendo que você venha a ter quaisquer despesas ou danos em decorrência de sua participação, apenas o investimento de parte de seu tempo na resposta do questionário. Sinta-se a vontade em deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, sem ter que apresentar qualquer justificativa, sem que isto lhe traga qualquer prejuízo com relação ao seu atendimento nesta instituição, de acordo com a Resolução CNS nº466/12 e complementares.

Durante todo o período da pesquisa você poderá tirar suas dúvidas por meio do e-mail: michelpagatini@gmail.com, Whatsapp (54)99684-6473 ou através do professor orientador Eugenio Andrés Díaz Merino, no endereço Departamento de Pós-graduação em Engenharia de Produção: Campus Universitário - Trindade CEP: 88040-900 - Florianópolis - SC – Brasil, (CTC) - Centro Tecnológico.

Ao assinalar a opção “aceito participar”, a seguir, você atesta sua anuência com esta pesquisa, declarando que compreendeu seus objetivos, a forma como ela será realizada e os benefícios envolvidos, conforme descrição aqui efetuada.

APÊNDICE B – TCLE – ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS

(Elaborado a partir de BRASIL, 2021)

Prezado(a) Senhor(a)

1) Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada “**Desenvolvimento conceitual de Prótese Mioelétrica para amputados de Membros Superiores com base na Capacidade Funcional**”. A pesquisa é orientada pelo Prof. Dr. Eugenio Andrés Díaz Merino.

2) O objetivo geral da pesquisa consiste em aplicar o projeto conceitual de uma prótese mioelétrica acessível considerando a Capacidade Funcional de amputados de Membros Superiores.

3) Participarão da pesquisa usuários de próteses de Membro Superior;

4) Os critérios de inclusão são: utilizar prótese de Membro Superior.

5) Os critérios de exclusão são: nunca ter utilizado prótese de Membro Superior.

6) Sua participação ocorrerá por meio de entrevista semiestruturada de forma *on-line* e de forma presencial.

7) A pesquisa oferecerá o mínimo risco aos participantes, o qual está relacionado ao tempo dedicado para responder as pesquisas, a possibilidade de ocorrência de desconforto em responder algum tema abordado e ainda a possibilidade, ainda que remota, de quebra de sigilo, mesmo que involuntária e não intencional, e como potenciais consequências na vida pessoal e profissional dos participantes seria a discriminação e estigmatização a partir do conteúdo revelado.

8) Para minimizar os riscos, em nenhum momento seu nome será citado nos resultados apresentados e será garantido o caráter confidencial das informações recebidas. Além disso, mesmo depois de assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) o participante continua com o direito de pleitear indenização por reparação de danos que apresentem nexo causal com a pesquisa.

10) Sua participação é voluntária, e se dará na forma de responder às perguntas de uma entrevista semiestruturada com tempo estimado em torno de 15 minutos - sem custo financeiro/sem recompensa financeira. O Sr(a). terá o direito e a liberdade de negar-se a participar desta pesquisa total ou parcialmente ou dela retirar-se a qualquer momento,

sem que isto lhe traga qualquer prejuízo com relação ao seu atendimento nestas instituições, de acordo com a Resolução CNS nº466/12 e complementares. É garantido, quando necessário, o ressarcimento exclusivamente de despesas decorrentes da participação do participante e/ou seus acompanhantes na pesquisa, tais como transporte e alimentação.

11) Como pesquisador, sou responsável pela proteção das informações e pela manutenção da confidencialidade dos dados de identificação pessoal dos participantes. Garanto que as informações a serem concedidas são confidenciais, com garantia de anonimato. As informações coletadas serão utilizadas unicamente com fins científicos, sendo garantidos o total sigilo e confidencialidade, através da assinatura deste termo, que você receberá uma cópia. O presente termo possui 2 páginas. O(a) senhor(a) terá acesso às suas informações entrando em contato com as pesquisadoras pelo endereço que será fornecido a seguir.

12) Eu, pesquisador responsável, Michel Pagatini, assumo toda e qualquer responsabilidade decorrente diretamente desta investigação e garanto que as informações somente serão utilizadas para estudo, podendo os resultados virem a ser publicados.

13) Para qualquer esclarecimento no decorrer da sua participação, estarei disponível através do telefone: Michel Pagatini (54) 996846473 e e-mail michelpagatini@gmail.com ou através do professor orientador Eugenio Andrés Díaz Merino, no endereço Departamento de Pós-graduação em Engenharia de Produção: Campus Universitário - Trindade CEP: 88040-900 - Florianópolis - SC – Brasil, (CTC) - Centro Tecnológico.

14) Serão assinadas pelo pesquisador e pelo entrevistado duas vias, onde o participante pode ter acesso ao TCLE na íntegra - ao ser convidado para participar da pesquisa.

Eu _____ (nome por extenso), declaro que após ter sido esclarecido (a) pelo(a) pesquisador(a), lido o presente termo, e entendido tudo o que me foi explicado, concordo em participar da Pesquisa.

Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador

_____, ____ de _____ de 20__

APÊNDICE C – ROTEIRO DAS ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS

(elaborado a partir de BIDDIS; CHAU, 2007; PARANT; LOMORIELLO; MARCHAN, 2016; SUGAWARA et al., 2018)

- 1- Qual é o seu nome completo?
- 2- Há quanto tempo você foi amputada?
- 3- Qual foi o motivo de sua amputação?
- 4- Por que você decidiu utilizar prótese?
- 5- Consegue realizar movimentos de preensão, pinça, abdução?
- 6- Você sente dor no coto?
- 7- O que mais afetou sua vida com a amputação?
- 8- Você possui a luva de silicone na cor da pele?
- 9- Quantos eletrodos existem na prótese?
- 10- A prótese tem opções de cores?
- 11- Seu braço dominante era o amputado?
- 12- Qual o preço pago por sua prótese?
- 13- Quais atividades você consegue realizar com a prótese?
- 14- Você realiza atividades físicas? Com que frequência?
- 15- Quais são suas percepções sobre a próteses desenvolvida pelo SUS?
- 16- Quais as dificuldades em se adaptar ao uso da prótese mioelétrica?
- 17- Quanto tempo levou para a adaptação com a prótese?
- 18- O punho da prótese é rotativo?
- 19- Você consegue colocar a prótese sozinho (a)?
- 20- Há quanto tempo você utiliza a prótese mioelétrica?
- 21- Sua prótese pode ser molhada?
- 22- Você sabe informar o tempo de funcionamento da bateria da prótese? Tem algum aviso sonoro?
- 23- Quais as características que você considera importante em uma prótese mioelétrica? Cite cinco.