



PGDESIGN | Programa de Pós-Graduação
Mestrado | Doutorado



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

FACULDADE DE ARQUITETURA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

Kelin Luana Casagrande

**DESIGN COLABORATIVO E O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE
DISPOSITIVOS PARA REABILITAÇÃO DO MEMBRO SUPERIOR**

Dissertação de Mestrado

Porto Alegre

2018

KELIN LUANA CASAGRANDA

**Design colaborativo e o processo de desenvolvimento de dispositivos para
reabilitação do membro superior**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Design.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Gonçalves
Teixeira

Porto Alegre

2018

CIP - Catalogação na Publicação

Casagrande, Kelin Luana

Design colaborativo e o processo de desenvolvimento de dispositivos de reabilitação do membro superior / Kelin Luana Casagrande. -- 2018. 145 f.

Orientador: Fábio Gonçalves Teixeira.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. órteses de membro superior. 2. manufatura aditiva. 3. processo de design. 4. design e tecnologia. 5. design colaborativo. I. Teixeira, Fábio Gonçalves, orient. II. Título.

Kelin Luana Casagrande

**DESIGN COLABORATIVO E O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE
DISPOSITIVOS PARA REABILITAÇÃO DO MEMBRO SUPERIOR**

Banca Examinadora:

Orientador: **Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira.**

Departamento de Design e Expressão Gráfica – DEG/UFGRS

Profa.Dra Clariana Fisher Blender

Departamento de Design e Expressão Gráfica – DEG/UFGRS – Examinador Externo

Profa.Dra.Tânia Luisa Koltermann da Silva

Departamento de Design e Expressão Gráfica – DEG/UFGRS – Examinador Interno

Prof. Dr. Régio Pierre da Silva

Departamento de Design e Expressão Gráfica – DEG/UFGRS – Examinador Interno

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Fábio Gonçalves Teixeira, pelos ensinamentos e acima de tudo pela compreensão.

Aos professores da banca, Régio e Tânia por suas contribuições fundamentais e pelas melhorias propostas ao projeto.

Aos meus colegas e amigos do grupo de pesquisa Virtual Design (VID/PgDesign), pelas amizades criadas nesses dois anos e tanto de convivência.

Ao colega Rogélio Pinheiro, pelo apoio e dedicação indispensável para que todo o trabalho fosse possível.

Ao colega Victor Dantas do laboratório LDSM pela sua ajuda e pela amizade criada durante o período do mestrado.

Ao Laboratório LDSM pelo auxílio durante o processo de digitalização.

A Professora (e colega) Clariana, pelo apoio e carinho durante todo o período de mestrado.

Ao Henrique, meu namorado, por todo o apoio e por estar do meu lado mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao colega e amigo Guilherme pelo auxílio em todas as etapas deste trabalho e por sempre estar disposto a ajudar.

Aos Terapeutas Ocupacionais, designers e usuários de órteses que participaram desta pesquisa.

A Capes pela oportunidade de bolsa, em que permitiu que esse trabalho fosse possível.

Aos demais colegas e amigos que fizeram parte deste processo.

RESUMO

CASAGRANDA, K. L. **Design colaborativo e o processo de desenvolvimento de dispositivos para reabilitação do membro superior**. 2018. 145- f. Dissertação (Mestrado em Design) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

As órteses de membro superior são dispositivos que auxiliam na reabilitação da mão e que tem como objetivo estabilizar, imobilizar, prevenir e corrigir deformidades, melhorando assim a função. O processo tradicional de confecção de órteses é realizado por meio do uso de termoplásticos de baixa temperatura, material moldado diretamente sobre o membro do usuário, sendo neste processo relatados inúmeros problemas, que envolvem desconforto durante o processo, alto custo e baixa adesão do paciente ao uso. O presente trabalho, portanto, teve por objetivo propor a construção de um framework com abordagem metodológica projetual para a produção de órteses de membro superior baseada no processo de design e design colaborativo, com auxílio de recursos de fabricação digital, como digitalização tridimensional e manufatura aditiva (impressão 3D). Através de uma pesquisa exploratória, foram discutidas questões relativas ao projeto de órteses de membro superior (MMSS) pela forma tradicional, utilizando termoplástico de baixa temperatura, e questões do processo de design no desenvolvimento de novos produtos a serem aplicadas do desenvolvimento de órteses utilizando a manufatura aditiva. A coleta de dados contou com a participação dos principais personagens envolvidos no processo, usuários de órteses, Terapeutas Ocupacionais e Designers. Com base na técnica de card sorting e entrevistas, foi elaborado um framework da abordagem projetual para a criação de órteses utilizando processos de fabricação digital, de forma colaborativa. O framework ainda foi aplicado no desenvolvimento de uma órtese a fim de avaliar os resultados e melhorias levantadas durante a fase de entrevistas com profissionais e usuários. Ao final do processo, obteve-se uma órtese funcional em que foram atendidos os requisitos necessários para a produção de uma órtese levantada pelo trabalho, além da criação do framework servindo como um guia para o desenvolvimento de órteses utilizando a manufatura aditiva.

Palavras chaves: órteses de membro superior; manufatura aditiva; processo de design; design colaborativo; design e tecnologia; terapia ocupacional.

ABSTRACT

CASAGRANDA, K. L. Collaborative design and the device development process for upper limb rehabilitation 2018. 145- f. Dissertação (Mestrado em Design) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre BR-RS, 2018.

Upper limb orthoses are devices that assist in the rehabilitation of the hand and that aim to stabilize, immobilize, prevent and correct deformities, thus improving the function. The traditional process of making orthotics is accomplished through the use of thermoplastics of low temperature, molded material directly on the member of the user, being in this process reported numerous problems, that involve discomfort during the process, high cost and low adhesion of the patient to the use. The present work, therefore, aimed to propose the construction of a framework with a design methodological approach for the production of upper limb orthosis based on the process of design and collaborative design, with the aid of digital manufacturing resources such as three - dimensional digitization and additive manufacturing (3D printing). Through an exploratory research, questions regarding the design of upper limb orthoses (MMSS) in the traditional way, using low-temperature thermoplastic, and design process issues in the development of new products to be applied in the development of orthoses using the additive manufacture. The data collection was attended by the main characters involved in the process, users of orthoses, Occupational Therapists, and Designers. Based on the technique of card sorting and interviews, a framework of the design approach for the creation of orthoses using digital manufacturing processes was developed in a collaborative way. The framework was also applied in the development of a bracing in order to collaborate with the results and improvements raised during the interviews phase with professionals and users. At the end of the process, a functional orthosis was obtained, in which the necessary requirements for the production of an orthosis were obtained by the work, besides the creation of a framework serving as a guide for the development of orthoses using the additive manufacture..

Keywords: upper limb; orthosis, additive manufacturing; product design; design process; collaborative design.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Tridimensional
ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno
CAD	<i>Computer Assisted Design</i> (Projetos auxiliados por computador)
FDM	Modelagem por Fusão e Deposição
MMSS	Membros Superiores
PLA	Poliácido Láctico
MA	Manufatura Aditiva
TA	Tecnologia Assistiva
TO	Terapia Ocupacional
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produto
SUS	Sistema Único de Saúde
VID	Virtual Design

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Métodos e fases metodológicas para o desenvolvimento de produtos	24
Figura 2	Método de Back	25
Figura 3	Método de Baxter	26
Figura 4	Método de Bonsiepe	26
Figura 5	Método de Bonfim	27
Figura 6	Método de Lobach	27
Figura 7	Método CAT	29
Figura 8	Método HAAT	30
Figura 9	Método USERfit	31
Figura 10	Processo tradicional e processo de co-design	34
Figura 11	Prótese disponibilizada pelo projeto E-nable	36
Figura 12	Esquema do processo FDM	38
Figura 13	Ciclo de produção de órteses usando impressão 3D	41
Figura 14	Método de classificação das órteses	43
Figura 15	Etapas do processo tradicional de órteses	44
Figura 16	Ossos da mão	46
Figura 17	Músculos intrínsecos e extrínsecos da mão	46
Figura 18	Proeminências ósseas	47
Figura 19	Pregas palmares	48
Figura 20	Arcos palmares	49

Figura 21	Posição funcional da mão	49
Figura 22	Dupla obliquidade	50
Figura 23	Confecção do Molde	54
Figura 24	Material submerso em panela com termostato	55
Figura 25	Modelagem da órtese no usuário	56
Figura 26	Estruturas e fases da pesquisa	59
Figura 27	Procedimentos aplicados referentes a cada objetivo	61
Figura 28	Diagnóstico	67
Figura 29	Material das órteses	69
Figura 30	Principais dificuldades do uso de órteses	69
Figura 31	Melhorias impressão 3D	70
Figura 32	Exemplo de Card Sorting	82
Figura 33	Atuação dos profissionais	83
Figura 34	Necessidades dos usuários, requisitos dos usuários e requisitos de projeto	84
Figura 35	Processo de desenvolvimento	84
Figura 36	Apresentação do Framework	87
Figura 37	Protótipo da órtese de papel	96
Figura 38	Moodboard referência para criação da órtese	97
Figura 39	Desenho da solução escolhida	98
Figura 40	Digitalização do membro superior do usuário	100
Figura 41	Modelo do membro superior digitalizado	100
Figura 42	Processo de modelagem da órtese	101
Figura 43	Modelo tridimensional da órtese	102

Figura 44	Comparação entre modelos	103
Figura 45	Segundo modelo impresso	104
Figura 46	Usuário utilizando primeiro modelo, vista posterior e vista frontal	105
Figura 47	Pinos para fixação das tiras de filamento flexível.	106
Figura 48	Tiras de filamento flexível	107
Figura 49	Órtese vista posterior e vista frontal	108
Figura 50	Usuário utilizando órtese vista lateral	109
Figura 51	Alterações inseridas no Framework	112

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Resultado das entrevistas com Terapeutas Ocupacionais	72
Quadro 2	Resultado das entrevistas com Designers	78

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Contextualização do Tema	15
1.2 Delimitação da Pesquisa	18
1.3 Problema de Pesquisa	18
1.4 Hipótese da Pesquisa	18
1.5 Objetivos Geral	19
1.6 Objetivos Específicos	19
1.7 Justificativa de Pesquisa	19
1.8 Estrutura da Pesquisa	21
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1 O Processo de Design	23
2.1.1 Metodologias para Desenvolvimento de Produtos	23
2.1.1.1 <i>Método de Back</i>	25
2.1.1.2 <i>Método de Baxter</i>	25
2.1.1.3 <i>Método de Bonsiepe</i>	26
2.1.1.4 <i>Método de Bonfim</i>	27
2.1.1.5 <i>Método de Löbach</i>	27
2.1.2 Design centrado no usuário metodologias de projeto para produtos de Tecnologia Assistiva.....	28
2.1.3 O Design Colaborativo e Co-design.....	32
2.2 Movimento Maker e Espaços Colaborativos	34
2.2.1 Manufatura Aditiva e aplicações em Tecnologia Assistiva.....	37
2.3 Órteses para Membro Superior e a Terapia Ocupacional	42
2.3.1 Descrição do processo de confecção de órteses	44
2.3.1.1 <i>Avaliação do membro superior</i>	45
2.3.1.2 <i>Seleção do material</i>	50
2.3.1.3 <i>Confecção do molde</i>	53
2.3.1.4 <i>Corte do material</i>	54
2.3.1.5 <i>Modelagem da órtese</i>	55
2.3.1.6 <i>Ajustes e acabamento da borda</i>	56
2.3.1.7 <i>Apliação das faixas, acolchoamento e acessórios</i>	56

2.3.1.8 Avaliação final da órtese	57
3. METODOLOGIA DA PESQUISA	58
3.1 Delineamento da Pesquisa	58
3.1.1 Estrutura e Fases da pesquisa	58
3.2 Descrições dos Procedimentos Metodológicos	60
3.3 Coleta de Dados	62
3.4 Instrumentos	63
3.5 Realização da Intervenção	64
3.6 Aspectos éticos	64
4. DESENVOLVIMENTO	66
4.1 Resultados de Entrevistas	66
4.1.1 Resultados e análise das entrevistas com usuários de órteses.	66
4.1.2 Resultados e análise das entrevistas com especialistas	71
4.1.2.1 Análise das entrevistas com Terapeutas Ocupacionais	72
4.1.2.2 Análise das entrevistas com Designers	77
4.2 Resultados e Análise do Card Sorting	81
4.3 Elaboração do Framework	85
4.3.1 Avaliação	88
4.3.1.1 Identificação do problema	88
4.3.1.2 Necessidades e requisitos dos usuários	89
4.3.1.3 Requisitos do projeto	89
4.3.2 Projeto	89
4.3.2.1 Geração e seleção de alternativas	90
4.3.2.2 Análise de similares	91
4.3.3 Desenvolvimento	91
4.3.3.1 Seleção do material	91
4.3.3.2 Digitalização, modelagem e impressão	92
4.3.4. Avaliação final	93
4.4 Avaliação	94
4.4.1 Avaliação com usuário	94
4.4.1.1 Identificação do problema	95
4.4.1.2 Necessidades dos usuários	95
4.4.1.3 Requisitos do projeto	95
4.4.2 Projeto da órtese	96

4.4.2.1 Geração de alternativas.....	96
4.4.2.2 Análise de similares	97
4.4.2.3 Seleção do material.....	97
4.4.2.4 Seleção das alternativa	98
4.4.3.1 Digitalização 3D.....	99
4.4.3.2 Modelagem.....	101
4.4.3.3 Impressão 3D	103
4.4.4 Reavaliação.....	104
4.5 Entrevista Final com Especialistas	109
4.6 Framework Final com Melhorias Propostas	111
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	114
5.1 Conclusões.....	116
5.2 Sugestões para trabalhos futuros.....	117
REFERÊNCIAS	118
ANEXO A - Aprovação Comitê de Ética em Pesquisa	
ANEXO B - Avaliação de escala de dor	
ANEXO C - Avaliação de amplitude de movimento	
APÊNDICE A - Convite Participação da Pesquisa	
APÊNDICE B - Termo de consentimento livre e esclarecido especialistas	
APÊNDICE C - Termo de consentimento livre e esclarecido usuários	
APÊNDICE D - Roteiro para entrevista semi-estruturada com especialistas	
APÊNDICE E – Roteiro de entrevista com usuários de órtese	
APÊNDICE F - Entrevista final com especialistas	

1. INTRODUÇÃO

A seguir, serão apresentados a contextualização do tema, a delimitação da pesquisa, o problema de pesquisa, a hipótese, o objetivos e a justificativa e a estrutura que compõem a pesquisa.

1.1 Contextualização do Tema

As órteses estão classificadas na categoria de Órteses e Próteses e fazem parte do arsenal de materiais utilizados dentro do ramo de Tecnologia Assistiva (TA), em que se refere a dispositivos, equipamentos, sistemas de produção, prontos, modificados ou criados sob medida, que podem ser utilizados com o objetivo de manter, aumentar ou melhorar as habilidades funcionais de indivíduos que apresentam limitações em exercer atividades de seu cotidiano (BERSH, 2013).

As doenças que acometem a mão, como alterações do tônus muscular, falta de controle muscular ou fraqueza, consequências de acidente vascular cerebral, paralisia, lesões ou doenças musculares geram grande impacto no desempenho ocupacional, limitando a independência do indivíduo em exercer as suas Atividades de Vida Diária (AVD) e sua capacidade para interagir socialmente (comunicação não verbal, por exemplo). Devido à complexidade da mão humana, qualquer mínima lesão afeta a função, sendo as órteses um recurso importante no processo de reabilitação (CALINNAN, 2013; BOS et al., 2016).

As órteses de membros superiores (MMSS) fazem parte dos recursos usados na busca da reabilitação e da melhoria da qualidade de vida de indivíduos que apresentam problemas que acometem a mão. Estes dispositivos são utilizados quando se busca prevenir deformidades, limitar movimentos ou estabilizar articulações, facilitando, assim, a capacidade de manipular objetos, ação fundamental para a execução de AVD's (FRANCISCO, 2004).

A reabilitação ortótica, abrange uma série de fatores essenciais para atingir o objetivo desejado, e para isso envolve uma combinação de conhecimentos científicos, criatividade e habilidade manual. Iniciando pela etapa de prescrição, seguindo por design, fabricação, inspeção e treinamento para o uso de equipamentos especiais que, aplicados a pacientes, poderão, por exemplo, auxiliar na melhora da função perdida (CANÉLON, 1995; COPPARD, 2001).

Dentro de seu contexto, a reabilitação ortótica é composta por vários profissionais que

atuam na fabricação de órteses; O Médico geralmente é responsável por prescrever o uso de uma órtese. O ortesista profissional responsável habilitado para o planejamento e fabricação de modelos mais complexos, como órteses que abrangem a região da coluna e de membros inferiores; Enquanto os Engenheiros de Reabilitação são responsáveis pela solução de problemas técnicos que envolvem a busca de soluções de componentes mecânicos ou elétricos das órteses. Enquanto isso, o do Terapeuta Ocupacional, como especialista em compreender as tarefas ocupacionais (e como a perda funcional dos membros superiores afetam sua rotina), tem como responsabilidade recomendar órteses apropriadas, além de testar e treinar o seu uso ou planejar e fabricar órteses utilizando o termoplástico (DESHAIES, 2013).

Atualmente, o principal material utilizado para produção de órteses de MMSS na prática da terapia ocupacional é o termoplástico de baixa temperatura. Trata-se de um polímero que, quando aquecido em água, atinge sua transição vítrea, sendo possível realizar a modelagem da órtese diretamente no membro do usuário (LINDEMAYER, 2004).

A técnica de produção de órteses usando termoplástico de baixa temperatura foi introduzida na prática clínica da TO pela primeira vez na década de 1960 e não tem mudado desde então (KELLY; PATERSON; BIBB, 2015). Embora seja um processo rápido e prático para muitos profissionais com experiência, em razão de serem confeccionadas em contato direto com a pele do paciente podem oferecer riscos a estes, como desconforto e até mesmo risco de queimaduras (THOMAZINI et.al, 2004).

Devido ao alto custo do material e da baixa sistematização do processo, além da falta de conhecimentos em novas tecnologias (como a manufatura aditiva), faz com que o TO adapte ao seu processo materiais alternativos, criando dispositivos de TA com materiais de baixo custo, que podem vir a afetar a qualidade estética desses produtos (MAIA, 2011).

Nos últimos anos, a Manufatura Aditiva (MA) ou impressão 3D, como é popularmente conhecida, vem sendo aplicada no desenvolvimento de dispositivos de TA, viabilizando soluções em produtos de uma forma personalizada e rápida (SILVA, 2015). A MA tem ampliado o conceito de personalização em massa, pois promove uma diminuição significativa de custos de produtos e tempo de fabricação, sendo capaz de impulsionar transformações não apenas na indústria, mas também no meio científico e no campo da saúde (ANDERSON, 2012; BARNATT, 2013; LIPSON e KURMAN, 2013).

Estudos como o de Paulosek et al (2014) demonstraram que o uso da impressão 3D na fabricação de órteses de membro superior trazem muitos benefícios, dentre eles estão a manipulação não direta, a redução dos custos do dispositivo e a identificação dos usuários

com os dispositivos afetando diretamente a adesão do paciente ao tratamento.

Ao mesmo tempo em que existe um grande potencial a ser explorado dentro da área de fabricação digital, como por exemplo, o uso de ferramentas como impressoras e digitalizadores 3D e softwares de modelagem tridimensional, os profissionais de Terapia Ocupacional, por não possuírem conhecimentos necessários para utilizar essas ferramentas (nem noções de metodologias de projeto para desenvolvimento de produtos) acabam não as utilizando na sua prática.

Um conceito discutido atualmente neste cenário de inovação é o *movimento maker*, em que se trata da construção de projetos de produtos e serviços por meio do uso de ferramentas digitais e de forma colaborativa, e propaga a premissa do movimento em que afirma que qualquer pessoa pode criar prototipar, produzir, fabricar e distribuir os seus próprios produtos (ANDERSON, 2012). Por meios de espaços *makers*, *Fab Labs* e *Maker Space*, são disponibilizadas ferramentas como impressoras 3D, máquinas de corte a laser, máquinas CNC e demais ferramentas para o desenvolvimento e fabricação de projetos. Formando uma rede global de laboratórios que visa à inovação colaborativa entre pessoas de todo mundo (CINELLI, et al., 2016).

A concepção do *movimento maker* se aproxima de um conceito conhecido e bastante discutido dentro da área do design, o design colaborativo, que se refere a produção de um projeto ou trabalho em conjunto com outras pessoas, buscando alcançar um objetivo comum. Ou seja, o processo de design colaborativo se refere a qualquer ato de criação e projeção compartilhado por duas ou mais pessoas, ainda podendo se referir a uma criatividade coletiva (SANDERS e STAPPERS, 2008). Como discutido por Macário (2015) não cabe mais na realidade em que vivemos a cultura do projeto baseada no individualismo, na qual o designer simplesmente recebe uma solicitação, desenvolve uma solução e entrega ao solicitante.

Diante do novo cenário de consumo e de inovação, o design colaborativo tem ganho espaço, requerendo maior aprofundamento e participação de diferentes áreas que tenham por objetivo propor melhorias em produtos de tecnologia assistiva ou produtos voltados a proporcionar qualidade de vida a seus usuários (MACÁRIO, 2015).

A necessidade de ampliar as formas de interação no desenvolvimento de novos produtos e serviços demanda uma ampliação de competências que vão além da competência do design, mas de outros campos, aumentando assim a complexidade projetual (FONTANA et al., 2012).

O processo de design, portanto, envolve metodologias contendo passos necessários para o desenvolvimento de produtos, fundamenta-se na resolução de problemas frente a uma

necessidade, a fim de que assim seja possível garantir que o projeto de um produto seja bem sucedido (BAXTER, 2000).

A presente pesquisa visa, portanto trazer uma contribuição no desenvolvimento de órteses utilizando técnicas de fabricação digital, introduzindo a metodologia de projeto do design, aliada aos conhecimentos do campo da Terapia Ocupacional no processo de confecção de órtese para membro superior, compreendendo a dificuldade de uma sistematização e a necessidade de se pensar essas metodologias dentro da área de confecção utilizando a impressão 3D.

1.2 Delimitação da Pesquisa

A presente pesquisa ficou delimitada na utilização do processo de design, incluindo as principais metodologias de desenvolvimento de produto dentro da área do design, incluindo uma abordagem de design colaborativo, aplicado ao processo de projeto e desenvolvimento de órteses de membro superior utilizando as tecnologias de fabricação digital como o uso da manufatura aditiva, além de abordar as metodologias de design centradas no usuário no desenvolvimento de produtos de TA.

Neste trabalho, portanto, foram abordadas questões pertinentes ao processo tradicional de confecção de órteses, metodologias para desenvolvimento de produtos, design colaborativo além dos conceitos associados à fabricação digital, como a manufatura aditiva, e como vem sendo a inclusão da área de tecnologia assistiva na personalização de produtos para pessoas com deficiência.

1.3 Problema de Pesquisa

Como o processo de design pode contribuir para o processo de fabricação de órteses de membro superior, de forma que atenda os requisitos funcionais e de conforto?

1.4 Hipótese da Pesquisa

O processo de design pode contribuir no desenvolvimento de órteses de membro superior a partir de uma abordagem projetual colaborativa que considere os requisitos dos usuários em conjunto com aplicação de técnicas de fabricação digital, como o uso da manufatura aditiva.

1.5 Objetivo Geral

Propor uma abordagem projetual colaborativa para a produção de órteses de membro superior baseada no processo de design com auxílio da manufatura aditiva, a fim de atender os requisitos funcionais necessários para confecção de órtese.

1.6 Objetivos Específicos

- Compreender o processo de design a fim de identificar a adequação de possíveis metodologias para o projeto de órteses.
- Investigar o processo de design colaborativo no desenvolvimento de produtos, para a criação da abordagem.
- Descrever o processo de produção convencional de órteses de MMSS e os fatores considerados relevantes para a criação da abordagem metodológica projetual.
- Levantar requisitos funcionais e de conforto necessários para produção de órteses.
- Elaborar um framework para auxiliar no desenvolvimento de órteses utilizando a MA.
- Realizar uma intervenção utilizando o framework a fim de verificar a sua aplicabilidade na produção de órteses.

1.7 Justificativa de Pesquisa

A produção de órteses, como já descrito, por se tratar de um processo antigo e manual possui inúmeros problemas, dentre eles, desconforto, dificuldades na utilização durante o desempenho de atividades, dificuldade em colocação e retirada, peso elevado e dificuldades relacionadas ao suor causado pelo contato da órtese com a pele.

Além das dificuldades envolvendo o processo de produção, os TO's também enfrentam problemas relacionados às questões projetuais relacionadas a órtese. Devido à falta de conhecimentos sobre metodologias de desenvolvimento de produtos que não cabem à sua experiência profissional, os profissionais acabam incorporando e adaptando materiais de baixo custo na produção da órtese. Porém tal ação muitas vezes compromete tanto a estética quanto a usabilidade do produto, implicando na falta de adesão ao tratamento por parte do usuário.

As órteses, além de oferecer um bom desempenho funcional, devem ser leves, não intervirem na deambulação, serem de fácil colocação e retirada, baixo custo, e apresentarem uma boa aparência estética. Outra questão muito importante é a de que as órteses precisam ser socialmente aceitáveis, não devem chamar a atenção evitando a criação de estigma da incapacidade de seu usuário (MENESES, 2012).

Segundo Maia (2014) o processo de desenvolvimento de produtos dentro da área de tecnologia assistiva (incluído o processo de confecção de órteses) é fragmentado, não ocorrendo um diálogo entre profissionais da área de saúde, usuários e designers responsáveis para o desenvolvimento de novos produtos na área. Consequentemente, ocorre a falta de uma sistematização e de uma abordagem metodológica interfere diretamente na qualidade do produto e a falta de identificação dos usuários.

Os problemas citados podem vir a ser solucionados pelo uso de impressão 3D no processo de projeto e de confecção de órteses. Por meio do uso de técnicas de fabricação digital que envolve a aquisição indireta de dados antropométricos do usuário, utilizando um digitalizador de baixo custo, vinculado à criação de um modelo virtual de órtese, posteriormente impresso através de MA, é possível produzir modelos complexos e de alta precisão com relação ao objeto real, trazendo o final do processo órteses de maior adaptabilidade e de menor custo, se comparado ao processo tradicional de órteses (PAULOSEK et al., 2014).

Com relação às pesquisas que abordam o uso da MA no desenvolvimento de órteses, como Paterson et al., (2015) Paulosek et al., (2014) e Baronio et al., (2016), de modo geral, citam no processo usos de recursos tecnológicos de alto custo, o que para a realidade brasileira, tornam suas análises distantes. Além disso, em nenhuma delas é abordado de forma clara um processo metodológico colaborativo que auxilie no processo de projeto e produção de órteses, e que demonstre detalhadamente os papéis dos profissionais envolvidos no processo de produção das órteses.

Atualmente vivemos em um mundo de constantes transformações, e diante destes cenários de inovação, ambientes colaborativos e espaços *Maker*, e do acesso a ferramentas de fabricação digital, não há mais espaço para um pensamento individualizado de projeto e desenvolvimento de produtos, inclusive em desenvolvimento de demandas específicas, como no caso de produtos da Tecnologia Assistiva.

Como descrito por diversos autores da área do design, o método é o “elemento norteador” que serve para facilitar e organizar as etapas necessárias para a resolução de um problema (BACK et al., 2008; BAXTER, 2000). Diante da busca para a resolução de

problemas complexos, como projetos dentro da área da saúde, se torna indispensável uma abordagem colaborativa a fim de solucionar os problemas levantados.

Os TO's dentro de uma equipe de reabilitação e na produção de órteses colaboram com Engenheiros de Reabilitação e ortistas em busca da solução dos problemas encontrados. O TO assume a responsabilidade de apresentar as habilidades e limitações do paciente além dos requisitos funcionais e psicológicos necessários para melhorias no membro superior do usuário, enquanto Engenheiros de Reabilitação e Ortistas assumem o papel de buscar melhorias na fabricação dos dispositivos. Portanto, para Deshaies (2013) o sucesso ou fracasso de um dispositivo ortótico depende da colaboração efetiva de todos os envolvidos na equipe.

Apesar das evidentes potencialidades da utilização da impressão 3D na fabricação de órteses de membro superior, evidencia-se pouca literatura relacionada ao tema que correlacione a atuação do profissional de TO no processo de projeto e fabricação de órteses com esta nova proposta de produção, que vai desde o seu projeto até sua implementação.

Porém para que de fato ocorra à colaboração, é necessário promover meios para que ela ocorra. Diante da dificuldade do TO em desenvolver projetos complexos e da falta de conhecimento de novas tecnologias que possam facilitar o processo, o trabalho justifica-se a partir da criação de um framework contendo passos e informações necessárias para o desenvolvimento de projeto de órteses através de uma abordagem colaborativa, de forma a unificar as linguagens e garantir que os profissionais de TO e Designer possam colaborar.

1.8 Estrutura da Pesquisa

A estrutura da pesquisa está dividida em cinco capítulos: Introdução, Fundamentação teórica e Metodologia da pesquisa, e Resultados e discussões, e por fim, considerações finais e conclusões.

O primeiro capítulo abrange os tópicos de contextualização do tema, problema de pesquisa, hipótese, os objetivos, geral e específicos e a justificativa.

O capítulo 2 compreende a fundamentação teórica da pesquisa e abrange os seus conceitos relacionados: Órteses para membro superior, divididos em: A intervenção da Terapia Ocupacional (descrição do processo de confecção de uma órtese), a classificação e princípios mecânicos das órteses, as considerações anatômicas relacionadas ao processo de confecção; O Processo de Design e as Metodologias de projeto de produto, design

colaborativo e metodologias de design centradas no usuário no desenvolvimento de produtos de TA, e por fim, Manufatura Aditiva e as suas aplicações na área de Tecnologia Assistiva.

O capítulo 3 apresenta a metodologia adotada na pesquisa, incluindo o delineamento da pesquisa, as fases e a estrutura que compõem a pesquisa, seleção de especialistas, roteiros de entrevistas, os instrumentos que serão utilizados e, por fim, os aspectos éticos que envolvem o estudo.

O capítulo 4 corresponde ao desenvolvimento da pesquisa, com apresentação dos resultados e a discussão da pesquisa durante a fase de coleta de dados, e a aplicação do framework criado.

E por fim, o capítulo 5 apresenta as considerações finais e conclusões da pesquisa e sugestões de trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta a base teórica da pesquisa, abordando os principais conceitos referentes ao tema que servem de guia para a compreensão do problema de pesquisa e para sua solução.

2.1 O Processo de Design

A seguir, serão apresentados as metodologias que envolvem o processo de design, abordadas neste trabalho.

2.1.1 Metodologias para Desenvolvimento de Produtos

O Processo de Desenvolvimento de Produtos envolve fases, tarefas e atividades que se complementam, variam entre si, simultâneas e sequenciais, e apresentam suas especificidades de acordo com o produto a ser desenvolvido. Segundo Lobach (2001), a relação entre o objeto (produto) e o projeto são denominados de ‘processo de design’, e todo o processo de design pode ser tanto um processo criativo quanto várias soluções para os problemas levantados.

Dentro da área do design, a metodologia de projeto compõe um conjunto de ações necessárias para a solução de um determinado problema, sendo o seu objetivo atingir o melhor resultado possível. Segundo Baxter (2000), os usos de metodologia de projeto servem como princípio básico para garantir a qualidade de um produto a ser desenvolvido.

O desenvolvimento de produtos é considerado uma atividade complexa, pois envolve múltiplos interesses e habilidades para que seja alcançado o sucesso, deve-se atender ao conjunto de interesses geralmente os usuários do produto, e não somente aos desejos de uma parte dos responsáveis pelo no projeto. E para que isso seja de fato alcançado é necessário que se envolvam pesquisas, planejamento, controle meticoloso e o uso de métodos sistemáticos (BAXTER, 2000).

Os problemas de design muitas vezes são complexos para serem resolvidos de modo intuitivo, sendo o método um elemento norteador dentro dos processos de design. Cabe ressaltar que cada problema deve ser abordado de maneira distinta e o método deve possibilitar e prever tal comportamento projetual (VIEIRA, 2009).

O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) pode ser considerado ainda um conjunto de atividades cujo principal objetivo é conhecer as necessidades e desejos dos

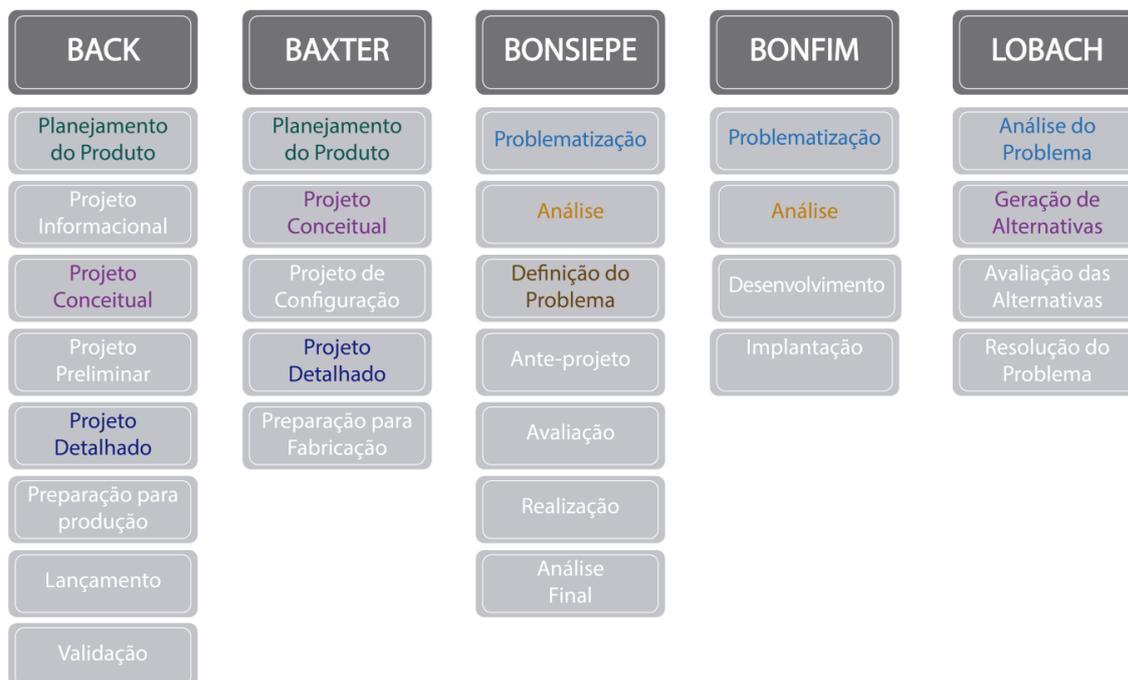
consumidores, traduzir estes dados em especificações do produto ou serviço para assim realizar o planejamento dos processos desse produto ou serviço (ROZENFELD et al., 2006).

Segundo Back et al., (2008) o desenvolvimento integrado de produtos considera o processo de design como um processo de transformação e geração de informações e deve ser realizado por meio de uma equipe multidisciplinar em ambiente cooperativo, os objetivos devem ser discutidos e abordados simultaneamente por todos membros.

O processo de design ainda compreende a etapas básicas a serem seguidas no desenvolvimento de um produto, e é um processo intrínseco às mais diferentes metodologias de design (VIEIRA, 2009). De forma a auxiliar o processo de desenvolvimento de produtos, emergem diversas metodologias, que apresentam semelhanças e são caracterizadas pela estruturação de etapas que servem como um guia do percurso do desenvolvimento de um produto, até resolução do problema.

Para a presente pesquisa, foram abordadas cinco (5) metodologias mais utilizadas no processo de desenvolvimento de produtos tradicionais, de forma que as semelhanças entre nomenclaturas e etapas foram analisadas para compor a etapa de construção da abordagem projetual proposta. A figura abaixo são apresentadas as metodologias discutidas no trabalho na figura abaixo (Figura 1).

Figura 1- Metodologias e fases metodológicas para o desenvolvimento de produtos



Fonte: Elaborado pela autora.

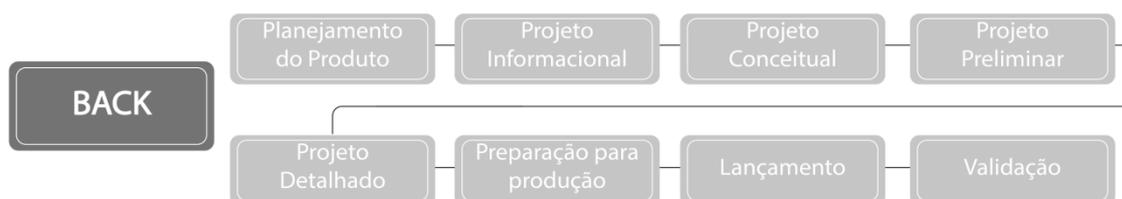
2.1.1.1 Método de Back

Embora possua uma grande aplicação dentro da área industrial, o processo integrado de produto possui etapas bem elaboradas e seu processo sistematizado auxilia a obter uma maior compreensão dos processos metodológicos dentro da área do design. Além disso, o método de Back aborda questões da operacionalização voltados ao desenvolvimento do produto industrial, abordando questões da obsolescência do produto (VIEIRA, 2017)

O modelo de referência, como é definido por Back et al. (2008), torna o desenvolvimento de novos produtos mais formal e integrado aos processos empresariais. O esquema do modelo é dividido em três macrofases subdivididas em oito fases, que são decompostas em tarefas (Figura 2).

As macrofases contemplam as fases de *Planejamento do projeto*, corresponde a elaboração do plano do projeto, e a elaboração do Projeto de Produto decompõe-se em quatro fases que são o projeto informacional, conceitual, preliminar e projeto detalhado. E por fim a macrofase de implementação refere-se à execução do plano de manufatura e o encerramento do projeto (BACK et al., 2008).

Figura 2- Método de Back



Fonte: Adaptado de Back et al., (2008).

2.1.1.2 Método de Baxter

A metodologia proposta por Baxter enfatiza as questões mercadológicas e de inovação dentro do desenvolvimento de um produto, que por definição do autor são ingredientes vitais para o sucesso nos negócios, gerando competição entre as empresas no desenvolvimento de novos produtos, e para que se garanta o sucesso de uma inovação é necessário que se faça um estabelecimento de metas, onde se deve verificar se o produto irá satisfazer os objetivos propostos, se será bem aceito pelo consumidor e se possuirá um custo acessível (BAXTER, 2000).

Baxter (2000) define a etapa inicial do planejamento do produto como identificação das oportunidades, na qual são definidos os objetivos do planejamento do produto. A etapa de planejamento envolve ainda a análise de concorrentes e seus produtos monitoramento de empresas concorrentes e seus produtos, fase que pode ser decisiva para determinar o sucesso e fracasso dentro do desenvolvimento do novo produto (Figura 3) (MELLO, 2011).

Figura 3 - Método de Baxter.



Fonte: Adaptado de Baxter (2000).

2.1.1.3 Método de Bonsiepe

A metodologia de Bonsiepe (1983) fornece uma orientação para o processo projetual apresentando técnicas e métodos para o desenvolvimento de produtos, através de projetos experimentais, como mockups e protótipos. O autor defende que o designer possui uma liberdade relativa na seleção de alternativas para o projeto, podendo tomar decisões pessoais diante de sua prática e competência profissional.

A metodologia possui um perfil mais acadêmico e segue os seguintes passos como procedimentos de desenvolvimento de produtos: Problematização, em que são analisados os objetivos do projeto; Análise; Definição do problema; Anteprojeto, fase em que são geradas as alternativas; Avaliação, em que são realizadas a decisão e escolha do projeto; Realização ou a execução do projeto e por fim a última etapa a de apresentação do projeto (Figura 4).

Figura 4 - Método de Bonsiepe



Fonte: Adaptado de Bonsiepe (1983).

No método de Bonsiepe, dá-se mais ênfase às etapas iniciais do desenvolvimento de um produto, como a análise e Estruturação do Problema. As fases iniciais do projeto são definidas pelo autor como fundamentais para o sucesso do produto, a fim de garantir um resultado final adequado (MELLO, 2011).

2.1.1.4 Método de Bonfim

Segundo Bonfim (1995), uma metodologia para desenvolvimento de produtos é necessária devido à complexidade crescente das variáveis envolvidas em um projeto, e, definem cinco pontos principais que determinam o desenvolvimento deste projeto, que são o Designer, a Empresa, o Consumidor, a Sociedade como Instituição determinando as políticas econômicas e o produto em si que representa a necessidade do mercado produtor e do mercado consumidor (Figura 5).

Figura 5 - Método de Bonfim.



.Fonte: Adaptado de Bonfim (1995).

2.1.1.5 Método de Löbach

Segundo Lobach (2000) todo o processo de Design é tanto um processo criativo como um processo de solução de problemas concretizado em um projeto industrial e incorporando as características que possam satisfazer às necessidades humanas e que pode ser considerada complexa, dependendo do problema. O seu método, portanto, divide-se em quatro fases distintas: Análise do Problema, Geração de Alternativas, Avaliação das Alternativas e Realização da Solução do Problema (Figura 6).

Figura 6 - Método de Lobach



Fonte: Adaptado de Lobach (2000)

Segundo Mello, 2011, para promover os subsídios necessários à formação acadêmica do profissional designer, devem se considerar o caráter interdisciplinar e aproximar diversas áreas do conhecimento humano, resultando numa atividade complexa que exija estudo como o aprofundado de diversas disciplinas que envolvem criatividade, estética, tecnologias, comunicação, semiótica, engenharia e outras.

A partir da identificação das principais metodologias para o desenvolvimento de produtos, é possível verificar a semelhança entre as etapas. Basicamente, as metodologias utilizados para desenvolvimento de produtos, apresentam três grandes fases: Planejamento e Projeto e Desenvolvimento. Dentro da fase de Planejamento está a identificação de um problema que serve como ponto de partida para o desenvolvimento do projeto, seguido por levantamento dos dados necessários para solucionar o problema. Na fase de projeto, é marcada pela fase de conceituação do produto, pelas etapas de geração e seleção de alternativas partindo para a seleção das alternativas geradas. Por fim, a etapa de desenvolvimento do produto em si.

2.1.2 Design centrado no usuário metodologias de projeto para produtos de Tecnologia Assistiva

O Design Centrado no Usuário (DCU) trata-se de um processo de design, em que se concentra nas necessidades e requisitos dos usuários, contando com os fatores que envolvem o usuário, como, fatores humanos, ergonomia, engenharia de usabilidade, sendo seu princípio básico, produzir sistemas ou produtos que visem à satisfação do usuário, o ponto central do processo (LOWDERMILK, 2013). O DCU, basicamente se concentra em quatro passos principais, sendo eles:

- obter conhecimento sobre o usuário;
- utilizar o conhecimento adquirido para criar alternativas para o projeto;
- criação de protótipos desde os estágios iniciais para avaliação;
- avaliação dos protótipos com os usuários;

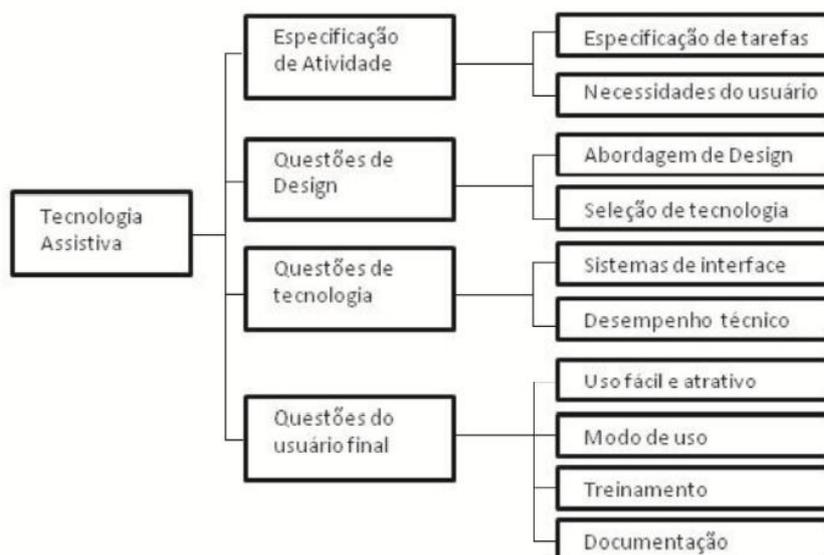
A abordagem de Design centrado no usuário se torna apropriado à criação de produtos assistivos, em que os usuários apresentam requisitos particulares e específicos, muitas vezes difíceis de serem compreendidos por projetistas que não compartilhem as mesmas necessidades (CHELLA et al., 2014).

Além das metodologias tradicionais para o desenvolvimento de produtos, foram pesquisadas metodologias empregadas no desenvolvimento de produtos de Tecnologia Assistiva com abordagem centrada no usuário sendo três metodologias principais abordadas no trabalho: o Modelo Comprehensive Assistive Technology (CAT), o Modelo Human Activity Assistive Technology (HAAT) e o método User Fit.

O modelo de tecnologia (CAT) criado por Hersh e Johnson (2008) fornece um método simples, eficaz, e cria uma estrutura unificada para suportar o diálogo entre usuários finais, médicos profissionais de reabilitação, família e a comunidade de engenharia. Também permite uma estrutura comum de tecnologia assistiva, sistemas a serem entendidos por diferentes profissionais atuantes no campo de tecnologia assistiva.

O modelo é dividido em quatro componentes: a especificação da atividade, os requisitos de design, os requisitos de tecnologia e os requisitos do usuário final, dentro deles são decompostos em dez sub etapas, que serão apresentadas na imagem a seguir (Figura 7).

Figura 7 - Modelo de CAT.

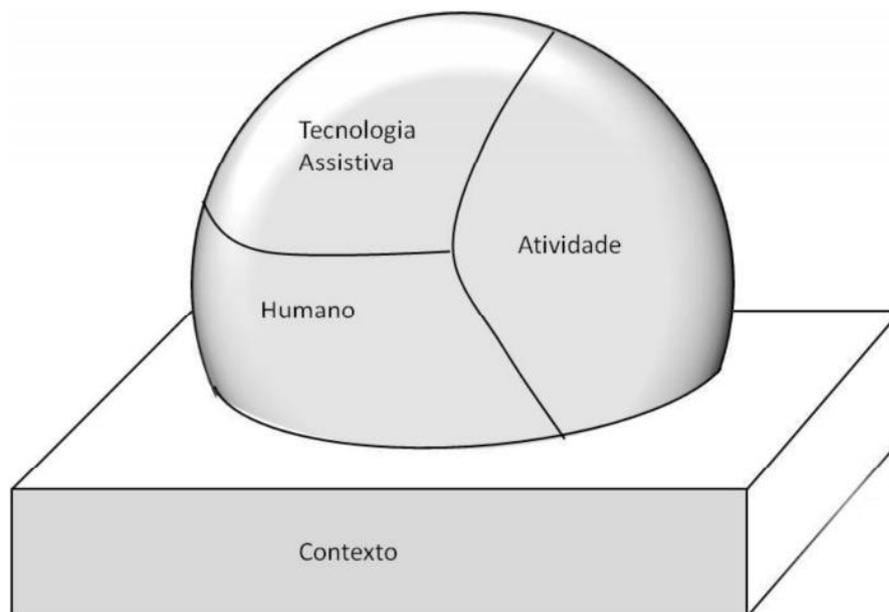


Fonte: Adaptado de Hersh e Johnson (2008).

O modelo Human Activity Assistive Technology (HAAT) proposto por Cook e Hussey (2008), desenvolve um sistema para entender o significado que o dispositivo de TA produz no cotidiano das pessoas com deficiência. O método basicamente apresenta basicamente quatro componentes: (a) O componente humano, que envolve os elementos físicos, cognitivos e emocionais; (b) A atividade: cuidados pessoais, produtividade e lazer dos usuários; (c) A tecnologia assistiva, como meios facilitadores intrínsecos e extrínsecos; e (d)

O contexto, em que abrange todos os componentes acima citados. A imagem a seguir traz a representação do modelo HAAT (Figura 8).

Figura 8 - Modelo HAAT.



Fonte: Adaptado de Cook e Hussey (2008).

A metodologia, User Sensitive Inclusive Design (USERfit), criada em 1996, serve como um guia dividido em várias etapas, em que tem como proposta ser um manual prático para o design centrado no usuário de forma a auxiliar no desenvolvimento de produtos de Tecnologia Assistiva (POULSONe RICHARDSON,1998) .

Corresponde então, a um conjunto de nove ferramentas para auxiliar o desenvolvimento de produtos de TA e aborda a questão do design de usabilidade. As etapas são organizadas e combinadas de forma a auxiliar no processo de coleta de informações, de forma a garantir que os problemas de projeto relevantes pelos usuários sejam considerados (ABASCAL et al., 2002). Nessa perspectiva, o USERfit atua como um kit de ferramentas, em vez de apenas uma ferramenta de design, auxiliando para coletar material de design em vez de apenas modelo de projeto (Figura 9).

Figura 9 - Método User Fit.



Fonte: Traduzido de Poulson e Richardson (1998).

A metodologia USERfit fornece uma estrutura para o desenvolvimento de produtos de TA em que assegura que as questões humanas sejam adequadamente consideradas durante o processo de projeto, facilitando portanto uma abordagem centrada no usuário. Auxiliando ainda na comunicação durante o processo de design, quando usado em equipes multidisciplinares com diferentes especialistas (POULSON;RICHARDSON,1998).

2.1.3 O Design Colaborativo e Co-design

O co-design é o processo em que os atores de diferentes disciplinas (áreas) compartilham seus conhecimentos sobre o processo de design e o conteúdo do projeto, com objetivo de criar um entendimento compartilhado em ambos os aspectos, para ser capaz de integrar e explorar seus conhecimentos e alcançar o maior objetivo comum: o novo produto a ser projetado (KLEINSMANN, 2006). O processo de co-design pode ser definido ainda, pela aplicação da criatividade coletiva, ou seja de fazer com o outro ou de projetar com o outro (SANDERS; STAPPERS, 2008).

Com a crescente demanda de projetos complexos na área do design e diante da pressão para o alcance máximo de requisitos dentro de um projeto e da redução de tempo, os designers vêm buscando maneiras para aprimorar o trabalho, e a colaboração pode ser considerada uma condição fundamental do desenvolvimento de novos produtos na sociedade contemporânea (FONTANA, et al., 2014).

A colaboração pode ser definida como ato, processo ou efeito de laborar, colaborar, de trabalhar conjuntamente com uma ou mais pessoas ou ainda, como empenho de um indivíduo que contribui para a realização de algo em conjunto ou de forma a auxiliar alguém (HEEMANN et al., 2008).

Para que de fato ocorra colaboração, os indivíduos que compõem o grupo, necessitam trocar informações, se comunicar, trocar mensagens, realizar negociações e argumentações; coordenar, processo para o gerenciamento de pessoas, atividades e recursos; e por fim, cooperar em uma atuação conjunta em espaço compartilhado para a produção de objetos ou informações (PIMENTEL; FUKS, 2011).

A colaboração dentro do desenvolvimento de produto, considerado complexo diante do envolvimento de especialistas de várias áreas, têm uma maior compreensão do problema a ser abordado e conseqüentemente os resultados desejados serão obtidos mais facilmente ao contrário do abordado de uma forma individualizada, além de ser mais propenso o desenvolvimento de soluções inovadoras (BORGER et al., 2016).

Dentro do contexto de design colaborativo, ainda existem diferentes nomenclaturas e não há uma distinção clara entre elas, apesar de sua proximidade, como co-design, cocriação, e participação. O co-design indica a criatividade coletiva, que pode ser aplicada ao longo do processo de design (SANDERS E STAPPERS, 2008). Enquanto a cocriação é um ato de criatividade coletiva, realizado em conjunto com um grupo de pessoas dispostos no mesmo nível de hierarquia e envolvimento no desenvolvimento de um projeto, além de passar a ideia

de um processo de criação conjunta e criatividade coletiva.

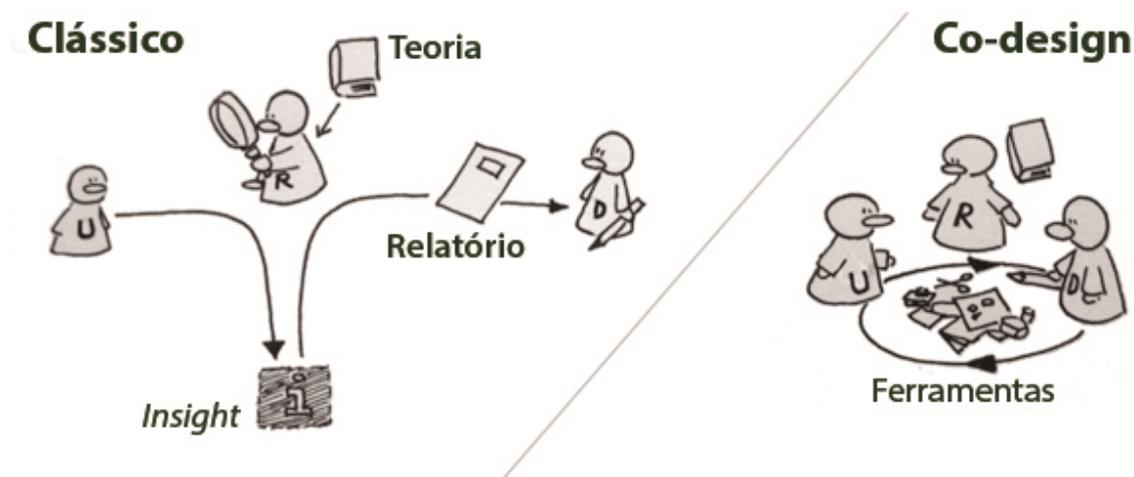
Alguns autores consideram a colaboração como um processo em que profissionais compartilham conhecimento para entendimento e criação de um novo produto (KLEINSMAN E VALKENBURG, 2008). Enquanto para Kvan (2000) a colaboração dentro do design ocorre quando o que será desenvolvido não poderia ser realizado de forma individualizada. Para tanto, Hemman e colaboradores (2008) definem a colaboração como um estado de trabalho compartilhado.

Porém, para que a colaboração dentro de projetos de design seja adequada, existem alguns fatores críticos e de sucesso definidos por Fontana et al. (2012): (I) entendimento compartilhado sobre os modelos mentais do progresso do projeto (II) qualidade satisfatória que se refere ao equilíbrio entre as necessidades e limitações; (III) equilíbrio entre vigo e relevância (IV) balanceamento entre rigor processual e o envolvimento das partes; (V) organização das interações de forma alcançar os objetivos e (VI) garantia de propriedade ou autoria.

A abordagem colaborativa é capaz de permitir que pessoas de diferentes áreas possam contribuir de maneira criativa na formulação e solução de um problema, ultrapassando os limites da simples consulta, construindo e aprofundando a igualdade de colaboração entre os envolvidos (VIANA, 2017).

No processo de design tradicional, o usuário é um objeto passivo do estudo, e o pesquisador traz conhecimento de teorias para obter maior conhecimento através de observações e entrevistas. O designer, por sua vez, recebe passivamente esse conhecimento sob a forma de um relatório e acrescenta sua uma compreensão da tecnologia e o pensamento criativo necessário para gerar ideias, conceitos para o desenvolvimento do produto (SANDERS E STAPPER, 2008). Enquanto no processo de co-design, os papéis se misturam: a pessoa que será eventualmente atendida através do processo de design torna-se "especialista" e desempenha um papel importante no desenvolvimento do projeto. O designer e o pesquisador trabalham nas ferramentas para criação, e ainda, o design desempenha um papel crítico ao dar forma às ideias (SANDERS E STAPPER, 2008) (Figura 10).

Figura 10 - Processo tradicional e processo de co-design.



Fonte: Adaptado de SANDERS e STAPPER, 2008.

Atualmente, por meio das iniciativas de “conhecimento aberto” e a crescente democratização do conhecimento, a busca por inovação é evidente e o potencial do trabalho colaborativo no empoderamento dos indivíduos no desenvolvimento de soluções para novos produtos (MACÁRIO, 2015).

O desenvolvimento de produtos de TA muitas vezes é um processo segmentado, e não ocorrendo troca de informações sobre o projeto de forma interdisciplinar o que pode acarretar em um dos motivos dos problemas relacionados ao abandono desses dispositivos por parte dos usuários (MAIA, 2014).

2.2 Movimento Maker e Espaços Colaborativos

O movimento *maker* se trata de uma alteração do termo “Faça você mesmo” ou do “*Do it Yourself*” (DiY) para um conceito de criação colaborativa, o “*Do it with others*” (DiWO) ou “*Do It Thogheter*” (DIT), em tradução “faça com outros” em que é centrado no compartilhamento de ideias e de projetos baseados em co-criação, trazendo uma mudança na forma de consumo e de produção (SAMAGAIA, 2015).

As principais características do movimento *maker* são a utilização de ferramentas digitais para o desenvolvimento e prototipagem de produtos, como impressoras 3D, máquinas de corte a laser. O movimento baseia-se na cultura de compartilhamento e colaboração online e na adoção de formatos digitais em comum *open source* (de livre distribuição uso e

modificação), facilitando o compartilhamento e fabricação a qualquer pessoa que se considera maker (ANDERSON, 2012; RODRIGUES et al., 2016).

O movimento maker é responsável pela democratização de equipamentos de fabricação digital que permitem a um usuário não qualificado customizar ou conceber e produzir objetos de diferentes tamanhos e níveis de complexidade, a partir de um modelo numérico e de um computador pessoal, ou em espaços colaborativos como fab labs e hackerspaces (SAMAGAIO, 2015).

A rede Fab Lab foi fundada no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) pelo Professor Neil Gershenfeld diretor do “*Centre of Bits and Atoms*” há 10 anos, com o lema “*Learn, Make, Share*” (Aprenda, Faça, Partilhe). Estes espaços visam empoderar os seus membros para a realização de soluções sustentáveis usando ferramentas e equipamentos de fonte aberta, sempre que possível (*open software, open hardware, open design, open learning*) de modo a permitir a todos tenham a possibilidade de criarem produtos, serviços e equipamentos de baixo custo produtos compartilhando trabalhando de forma colaborativa (SANTOS 2014).

Além da possibilidade de adquirir impressoras de baixo custo por meio de sua popularização pelo movimento *maker*, existe a possibilidade de aproximação por meio dos *Fab Labs*, ambientes de fabricação digital que têm auxiliado o processo de desenvolvimento de produto e a realização de experimentações através da prototipagem rápida e da fabricação digital, oferecendo de forma aberta proporcionando um serviço de forma democrática a pessoas que não possuam conhecimento, bem como suporte na utilização de um conjunto de ferramentas digitais (OLIVEIRA, 2016).

Comunidades *on-line* de código aberto, denominadas também de espaço *Makers*, têm evoluído simultaneamente com as ferramentas de fabricação em escala pessoal, através de compartilhamento de modelos e arquivos 3D, como o *Thingiverse*, repositório de design de código aberto e comunidade afiliada ao *MakerBot*, um fabricante de impressoras 3D. Permitindo a disseminação de ideias e objetos e acesso a recursos que antes eram restritos a apenas uma parcela da população que apresenta disfunção física (BUEHLER, HURST, HOFMANN, 2014).

O potencial da fabricação digital tem sido destacado por vários projetos como o projeto *e-NABLE* (enablingthefuture.org) criado em 2013 por Jon Schull, pesquisador do Rochester Instituto de Tecnologia, entidade sem fins lucrativos responsáveis pela criação de uma rede global de voluntários e destinatários, formando o que é hoje um das organizações mais conhecidas relacionadas ao uso da Impressão 3D a criação de dispositivos experimentais

de próteses de mão de código aberto 3D (Figura 8). No site do projeto são disponibilizados diversos modelos de prótese destinada a diferentes tipos de amputações ampliando o acesso a próteses de baixo custo ao redor do mundo (TANAKA; LIGHTDALE-MIRIC, 2016).

Figura 11- Prótese disponibilizada pelo projeto E-nable



Fonte: *Enable the future*, 2016.

O projeto MAO3D, é um projeto brasileiro desenvolvido no Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de São Paulo (ICT-UNIFESP) em São José dos Campos, inspirado no projeto ENABLE, que tem por objetivo disponibilizar próteses de MMSS para crianças suprimindo a carência de próteses disponibilizadas pelo SUS que, além de apresentarem um alto custo, apresentam um alto índice de rejeição (MAO3D, 2016).

Outra possibilidade aliada à produção de projetos é uma plataforma brasileira chamada CAMMADA voltada a pessoas que desejam materializar suas ideias, ou seja, é um serviço de impressão 3D que conecta pessoas que desejam imprimir um objeto a pessoas que possuem impressoras 3D, tornando acessível ao público que deseja realizar impressões mas não possui os conhecimentos necessários (CAMMADA, 2017).

Como descrito por Fleischmann Hielscher & Merritt (2016) em seu trabalho, a construção de um projeto colaborativo no ambiente fab lab, na etapa do processo de cocriação exige que cada membro da equipe possua um alto nível de competência social para decidir quando recuar parcialmente de uma discussão, quando tomar uma liderança ou quando questionar uma decisão disciplinar.

2.2.1 Manufatura Aditiva e aplicações em Tecnologia Assistiva

A tecnologia de prototipagem rápida surgiu em meados de 1987 com o processo de estereolitografia da empresa americana 3D systems e, inicialmente, teve seu emprego restrito à área industrial com o objetivo de melhorar a qualidade dos produtos desenvolvidos (FREITAS et al, 2005).

A impressão 3D não é uma tecnologia recente, foi criada há mais de 30 anos e após a recente queda de patentes obteve uma maior ascensão ganhando interesse dentro da área de medicina, no campo da Medicina Física, e vem ganhando cada vez mais espaço dentro do campo de reabilitação (LUNSFORD, 2016).

A Tecnologia de impressão 3D, ou manufatura aditiva, termo que passou a ser adotado a partir de 2009 pela ASTM (American Society for Testing and Materials) condiz com as tecnologias de fabricação em camadas, que é capaz de gerar objetos tridimensionais a partir de matérias-primas com base em modelos tridimensionais criados por meio de softwares de desenho CAD (GIORDANO et al, 2016).

Nos equipamentos de impressão tridimensional o modelo é criado a partir da modelagem em software CAD (Computer-aided design) e em seguida transformado em arquivo de extensão, STL (*Surface Tessellation Language*), formato apropriado ao reconhecimento e fatiamento para obtenção de curvas de níveis 2D que definirão cada camada do objeto que deverá ser impresso (ANTONIO, 2011).

O formato STL descreve as superfícies, internas e externas, através do contorno da figura 3D através de um conjunto de superfícies triangulares de diversas dimensões e formas, e quanto maior o número de superfícies triangulares utilizadas, maior a precisão e detalhamento do objeto a ser construído (TAKAGAKI, 2012).

Um conjunto de variedades de tecnologias estão comercialmente disponíveis atualmente, dentro das principais processos utilizados estão: Estereolitografia (SLA), sinterização laser seletiva (SLS), Impressão Tridimensional (3DP) e Modelagem por fusão e deposição (FDM), que serão descritas a seguir.

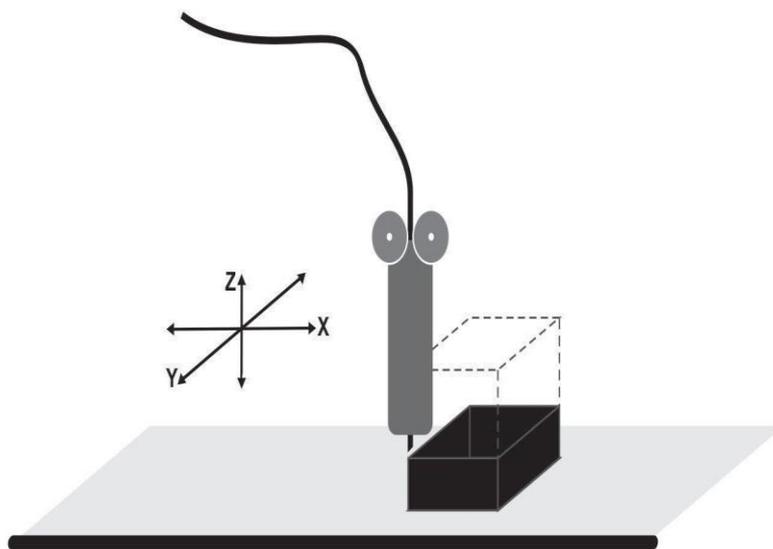
A técnica de estereolitografia (SLA) ou fotopolimerização, pioneira dentro da área, teve a sua primeira patente emitida em 1986 para Charles W. Hull fundador da empresa 3D Systems, consiste em um feixe de laser ultravioleta que atinge a resina líquida fotossensível, solidificando a resina na seção transversal do objeto tornando o sólido aderido à plataforma (GORNI, 2001; FRANTZ, 2015).

A sinterização seletiva do laser (SLS) é um processo que consiste na utilização de um

feixe de laser, direcionado por um sistema de espelhos, para a sinterização seletiva do material em pó sobre uma plataforma, formando as camadas do objeto tridimensional gerado (KELLY; PATERSON; BIBB, 2015; GIORDANO; ZANCUL; RODRIGUES, 2016). Apresenta uma alta qualidade e precisão, as peças produzidas por esta tecnologia são sólidas o suficiente para não exigirem diversos processos de pós-processamento e dentro de suas vantagens estão à alta disponibilidade de materiais, uma vez que diversos materiais são os materiais que podem ser utilizados tais como plásticos, aços e metais em forma de pó (CHUA; LEONG; LIM, 2010; GIORDANO; ZANCUL; RODRIGUES, 2016).

A maioria das impressoras disponíveis em mercado brasileiro, e também a que irá ser utilizada neste trabalho, apresenta a técnica de Modelagem por Fusão e Deposição – FDM (Modelagem por fusão e deposição), utiliza material polimérico na forma de filamento de polímero que alimenta um cabeçote responsável por fundir o material e depositá-lo através de um bico extrusor (Figura 12) (ANTONIO, 2011). Sendo assim, constrói objetos pela extrusão do filamento polímero, aquecido no cabeçote movimentando-se nas coordenadas xy, além de uma plataforma que se movimenta no plano vertical na coordenada z, compondo as três dimensões (JUNIOR, 2007).

Figura 12 – Esquema do processo FDM.



Fonte: Elaborado pela autora.

De forma geral, a impressão é realizada em três fases: a primeira fase é a modelagem e resulta na criação de um modelo tridimensional que a impressora vai "imprimir", o modelo

é gerado em *softwares* de modelagem CAD (Desenho Assistido por Computador); a segunda fase é a impressão, a impressora lê o desenho a partir do formato de arquivo STL, e a terceira e última fase é a conclusão, quando todos os suportes para a construção do objeto são removidos e o modelo é retirado da mesa de impressão (STOJMENSKI et al., 2014).

O processo de impressão FDM utiliza basicamente dois filamentos, a Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) material derivado do petróleo, possui propriedades com maior resistência mecânica, e o Poli Ácido Lático (PLA) um bioplástico produzido a partir de milho ou dextrose, suas características assemelham-se à massa de base petroquímica convencional (PAESANO, 2016).

Outros materiais e suas propriedades vêm sendo estudadas para aplicação, como o filamento polímero tereftalato de polietileno (PET) vem se tornando uma alternativa popular e sustentável ao ABS, devido à maior capacidade de impressão e resistência semelhantes além de proporcionar uma maior qualidade na construção do objeto final devido a velocidades e altura da camada mais baixa que outros processos (PAESANO, 2016). Outro material que vem ganhando bastante destaque é o filamento flexível é um material que compõe a família dos elastômeros termoplásticos (TPEs), combinando materiais termoplásticos e borracha. Dentro das características do material estão tensão mecânica, flexibilidade e boa capacidade de impressão (MOSCATO et al., 2016).

O custo médio de um quilograma de filamento em mercado brasileiro varia entre R\$100,00 a 140,00 (filamentos comuns como o ABS e o PLA) e R\$ 139,00 a R\$ 239,00 para filamentos chamados especiais, que são os filamentos: condutivo que possui ligas metálicas em sua composição; PLA Wood possui aspectos que se assemelha a madeira; HIPS (Poliestireno de alto impacto) material semelhante ao ABS, porém de baixa densidade e de natureza solúvel, utilizado como material de suporte devido sua alta resistência; ABS/PLA que muda de cor com a variação da temperatura do ambiente e filamento fosforescente que possui propriedades que brilham no escuro (UP3D, 2016; FILAMENTOS3DBRASIL, 2016).

A MA vem ganhando destaque devido a sua capacidade de produzir peças com design complexo, pela facilidade de compartilhamento de projetos, pela otimização de materiais, pela produção automatizada e pela capacidade de produzir peças funcionais que podem ser aplicadas nas mais diversas áreas inclusive na área da saúde e reabilitação (GIORDANO; ZANCUL; RODRIGUES, 2016).

A impressão 3D vem ampliando fortemente o conceito de personalização em massa, por promover a diminuição de custos de artigos personalizados. Devido a seu conjunto de vantagens, pode ser considerada uma tecnologia disruptiva, apontada como uma possível

precursora de uma nova revolução industrial impulsionada pelas transformações que vem promovendo não apenas na indústria manufatureira como também na pesquisa científica e na saúde (AHRENS et al., 2007; LIPSON e KURMAN, 2013).

Apesar do requerimento de investimento em maquinaria, e em *softwares*, a utilização da MA assume um papel importante em melhorar o conforto do paciente por meio da captura e fabricação sem contato contrário a manipulação direta com o usuário dos métodos tradicionais. Os métodos tradicionais manuais para a criação de próteses e órteses personalizadas apresentam muitos inconvenientes, como já foram elencados, incluindo o trabalho intensivo, demorado e impreciso que pode afetar tanto o conforto quanto oferecer riscos durante o processo (CIOBANU, 2013).

Através da utilização das novas tecnologias assistidas por computador, como modelagem tridimensional, o processo se torna mais rápido e eficiente, diminuindo a quantidade de tempo de intervenção necessário para cada paciente (CIOBANU, 2013).

Os dispositivos de TA comercialmente disponíveis apresentam alto custo e seleção limitada, por meio da Manufatura Aditiva, é capaz de oferecer não somente a redução de custos e a personalização dos dispositivos, como também capacitar os cuidadores e usuários de TA a criarem suas próprias soluções de apoio (BUEHLER;HURST; HOFMANN, 2014).

Dentro do campo da Terapia Ocupacional, a Impressão 3D apesar de apresentar poucas pesquisas relacionadas, possui uma grande e indiscutível aplicação, que vai desde a criação de adaptações para vida diária a de produtos mais complexos como uma órtese.

Os métodos tradicionais utilizados para fabricar órtese, possuem grandes limitações em termos de liberdade geométrica, a impressão 3D permite a construção de objetos altamente personalizados (STOJMENSKI et al.,2014). Além da abordagem de características estéticas, que não são consideradas no processo tradicional devido à limitação de recursos e materiais disponíveis, podendo ser diretamente relacionada a fatores de adesão ao tratamento, sendo assim aumentando a recuperação do usuário, o que induz respostas emocionais positivas (GANESAN; JUMAILY; LUXIMON, 2016).

Dos estudos publicados sobre o uso da manufatura aditiva tanto para órteses de membro superior quanto membros inferiores, e os benefícios do uso desta tecnologia estão claramente evidenciados e vão desde melhorias estéticas, ao ajuste sob medida e o contato indireto com o membro do paciente para construção da órtese (PATERSON; BIBB; CAMPBELL, 2012). De acordo com Paterson, Bibb e Campbell (2012), a produção de uma órtese através da MA busca integrar as necessidades do usuário com suas escolhas no projeto e na produção, através do co-design permitindo que os pacientes se sintam mais envolvidos

no processo e conduzindo a uma maior aceitação do produto.

O uso da prototipagem rápida no processo de desenvolvimento de órtese de membro superior é simplificada se comparada ao processo tradicional. Paulosek et al., (2014) em seu estudo apresenta o processo de produção de órtese usando a MA e descreve o processo em sete (7) etapas: (1) aquisição de dados do membro superior; (2) processamento dos dados; (3) geração de superfície paramétrica; (4) Processo de modelagem CAD; (5) RP da órtese; (6) acabamento de superfície, coloração; e (7) testes conforme abaixo (Figura 13).

Figura 13 - Ciclo de produção de órteses usando impressão 3D.



Fonte: Adaptado de PAULOSEK et al., 2014.

Embora seja evidente as inúmeras vantagens do processo por meio da MA, em comparação com o processo clássico de fabricação, o procedimento proposto pode ser complicado e requer conhecimento de Sistemas CAD. Outro ponto desfavorável no entanto, está no tempo de produção, é necessário que o tempo seja reduzido pelo uso de Tecnologias de produção RP, tornando-as mais rápidas e simplificadas que sejam voltadas a profissionais que não possuem tanto conhecimento em softwares específicos (PAULOSEK et al., 2014).

Diante das dificuldades evidenciadas com propósito de facilitar o uso da tecnologia no processo de confecção de órtese, Patterson (2013) propõe a criação de um software voltado aos profissionais de Terapia Ocupacional e Fisioterapia que atuam no Reino Unido, de uma forma mais simplificada considerando os principais requisitos para confecção de órteses.

Os participantes da pesquisa relataram a facilidade da manipulação virtual da órtese, a facilidade na criação de órteses mais complexas que dependem de certo nível de experiência

profissional. Ao utilizar a abordagem virtual, os riscos de erros e gastos relacionados ao desperdício de materiais são minimizados, sendo uma ferramenta valiosa tanto para profissionais que não possuam prática clínica quanto para o ensino (PATTERSON et al., 2014).

A capacidade de ajustar e alterar o arquivo da órtese previamente salvos para integrar recursos alternativos como padrão de perfuração e diferente ou fixadores adicionais, auxilia na redução dos custos envolvidos no processo e nos materiais utilizados sem ser necessário redesenhar a órtese inteira e, possivelmente, sem a necessidade de uma consulta do usuário até a clínica (PATERSON, 2013).

São evidentes as contribuições do uso da impressão 3D tanto no planejamento quanto na criação de produtos de tecnologia assistiva. Porém, nos estudos apresentados, os recursos tecnológicos utilizados apresentam um alto custo em relação à realidade brasileira, evidenciando a necessidade de pensar em recursos, materiais que apresentem qualidade e facilidade de uso para aplicação em cenário brasileiro.

2.3 Órteses para Membro Superior e a Terapia Ocupacional

A Terapia Ocupacional, profissão da área da saúde, é atuante em três esferas: na prevenção, na promoção da saúde e na reabilitação de indivíduos que apresentem um prejuízo em seu desempenho ocupacional, relacionado ao desempenho de atividades cotidianas de forma autônoma e independente (AOTA, 2015). Portanto, por meio da compreensão dos prejuízos no desempenho ocupacional de pessoas que apresentam disfunções físicas na mão, o terapeuta ocupacional é o profissional mais capacitado ao projeto e confecção de uma órtese de membro superior (SAURON, 2003).

Órtese, do grego “orthosis”, que significa corrigir ou alinhar, é um dispositivo aplicado ao segmento corporal que tem por finalidade mantê-lo na postura mais correta, buscando uma posição funcional (SAURON, 2003).

Os registros do uso de órtese são datados dos tempos egípcios, de Hipócrates e da época medieval, confeccionadas na maioria das vezes, em madeira, metal, tecido e couro por ferreiros e carpinteiros (FESS, 2002; TROMBLY, 1995 apud RODRIGUES; CAVALCANTI; GALVÃO, 2011). Porém, após a Segunda Guerra Mundial, com o crescimento do número de sobreviventes com lesões graves, ocorreu a necessidade de desenvolvimento maior de dispositivos de auxílio para a melhora funcional dos indivíduos acometidos (RODRIGUES; CAVALCANTI; GALVÃO, 2011 p. 435).

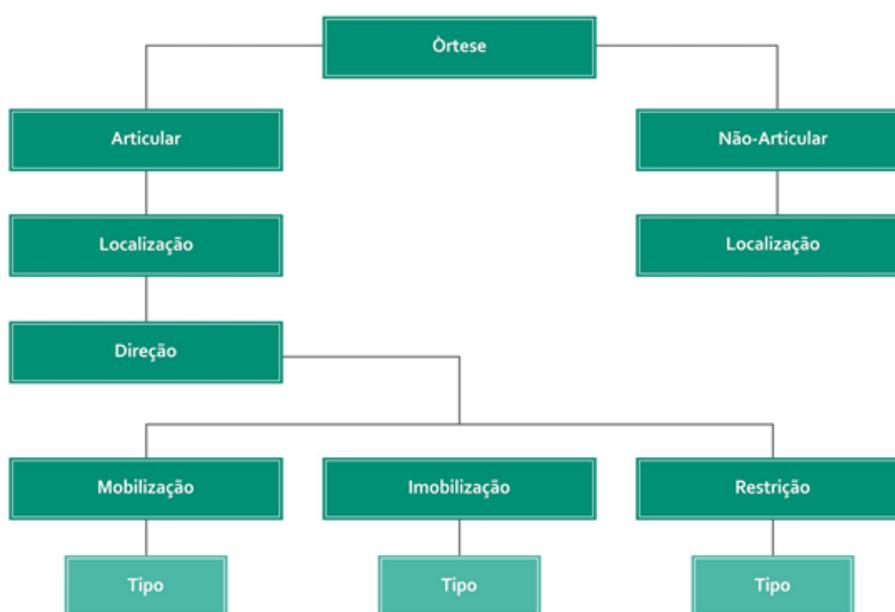
Bunnell, em seu livro “Surgery of the hand”, em 1944, fez uma revisão a respeito de

órteses de mão para pacientes operados, onde coordenou serviços de cirurgia de mão nos hospitais do exército americano durante a Segunda Guerra Mundial, enfatizando a necessidade de exercícios ativos, de reabilitação e uso da mão em atividades leves para alcançar resultados funcionais (RODRIGUES; CAVALCANTI; GALVÃO, 2011 p. 436).

De acordo com a descrição de Fess (2002), após uma vasta revisão bibliográfica sobre os usos da órtese, foram elencados vinte e oito (28) objetivos para se usar uma órtese, destacando-se os principais: aumentar a função, prevenir ou corrigir deformidades, proteger estruturas em processo de cicatrização, restringir o movimento, permitir o remodelamento ou crescimento tecidual.

O método de classificação mais utilizado, método cascata descritiva, foi proposto pela Sociedade Americana de Terapeutas de Mão (ASHT) em 1992, através do Sistema de Classificação de órteses, tendo como objetivo uniformizar as terminologias empregadas (LUZO 2004). Fundamentada em quatro características principais: (1) Localização anatômica, qual a articulação principal envolvida e quais segmentos corporais que serão afetados pela órtese; (2) Direção Cinemática, em que direção será o movimento das articulações, como flexão, extensão e rotação; (3) Objetivo principal, mobilização, imobilização ou restrição; (4) Inclusão de articulações secundárias, é atribuída um número correspondente às articulações envolvidas(Figura 14) (RODRIGUES; CAVALCANTI e GALVÃO p.439).

Figura 14 - Método de classificação das órteses.



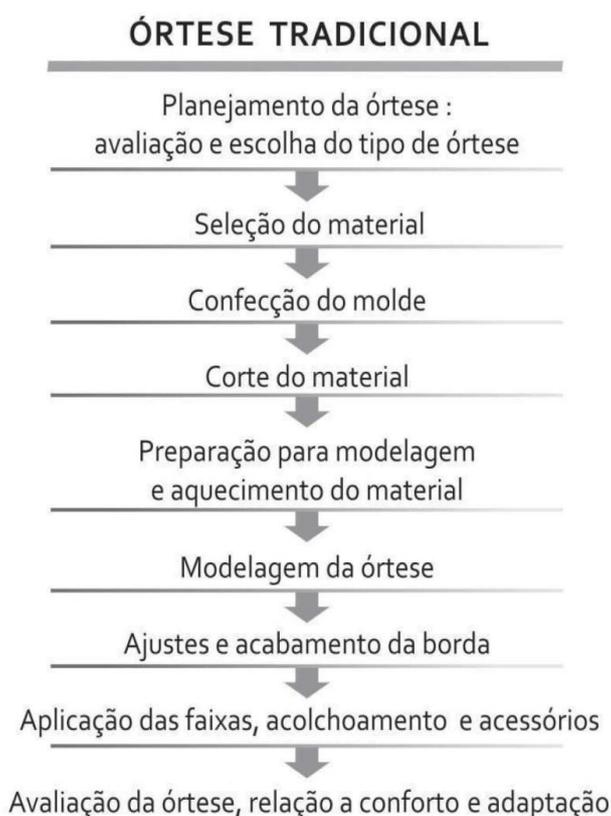
Fonte: Adaptado de RODRIGUES; CAVALCANTI e GALVÃO (2010 p.439)

2.3.1 Descrição do processo de confecção de órteses

O processo de confecção da órtese inicia-se com uma avaliação detalhada, sendo essa a base para elaboração das necessidades do paciente, auxiliando na previsão do potencial de reabilitação da doença ou lesão, oferecendo subsídios para a definição da intervenção prioritária e proporcionando ainda dados que podem ser comparados nas avaliações seguintes, onde poderá ser observada a evolução do paciente (RODRIGUES; CAVALCANTI; GALVÃO, 2011 p. 437).

Para as autoras, Rodrigues, Cavalcanti e Galvão (2011), referência brasileira, as etapas que compõem o processo de construção de uma órtese podem, ser dividida em 6 tarefas : (1) retirada das medidas do paciente, (2) transferência do modelo para termoplástico (3) corte do material (4) aquecimento do material para modelagem (5) acabamento e (6) colocação de fixação. Porém o processo tradicional, descrito por Callinan (2013) e Belkin e Yasuda (2005), envolve ao todo ao todo nove (9) etapas conforme demonstra a figura abaixo (Figura 15).

Figura 15 - Etapas do processo tradicional de órteses.



Fonte: Adaptado pela autora em Trombly et al., 2013.

A seguir serão detalhadas as etapas que compõem o processo de fabricação de uma órtese utilizando o termoplástico de baixa temperatura.

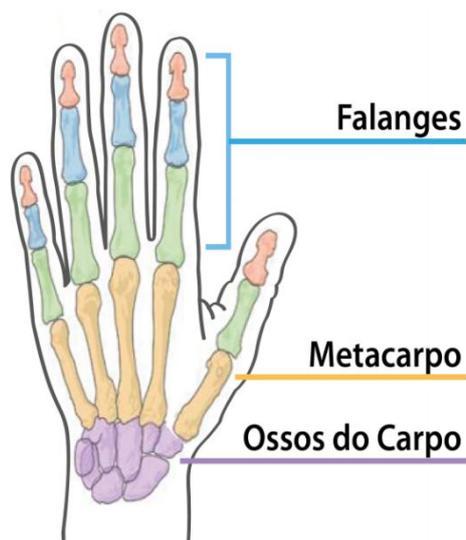
2.3.1.1 Avaliação do membro superior

O processo de confecção de órtese inicia com histórico detalhado do usuário (incluindo patologias), seguidamente utilizam-se técnicas específicas para avaliação do membro superior como a goniometria, avaliação da preensão, da força, do movimento presente e movimento passivo, avaliação da condição da pele e do sistema ósteo-articular, avaliação da sensibilidade, das atividades de vida diárias desempenhadas (vestuário, alimentação, comunicação, locomoção e autocuidado), avaliação do ambiente em que cliente está envolvido e percepção da dor, da sinestesia da propriocepção.

Nesta etapa, é necessário conhecimento em patologias que acometem a mão e quais as consequências de suas alterações em questão, na estrutura articular e muscular e sua relação com o movimento além de compreender a estrutura neuroanatômica para que se possa entender as respostas motoras (BELKIN, YASSSUDA, 2005; CALLINAN, 2013 p.477).

A mão humana é constituída por vinte e sete ossos ligados a um emaranhado sistema ligamentar de suporte e unidades contráteis músculo-tendíneas, responsáveis pela estabilidade e mobilidade das articulações da mão. Os oito ossos carpais dividem-se em duas fileiras: a proximal, a qual se articula com o rádio e a ulna (com exceção do pisiforme), e a distal, que se articula com os cinco ossos metacarpos (SAURON, 2003 p.274). Conectados a estes estão cinco ossos metacarpais distribuídos, correspondendo um para cada dedo. Duas falanges compõem a unidade do polegar, e cada um dos dedos indicador, médio, anular e mínimo são compostos por três falanges (Figura 18) (BARROSO, 2010).

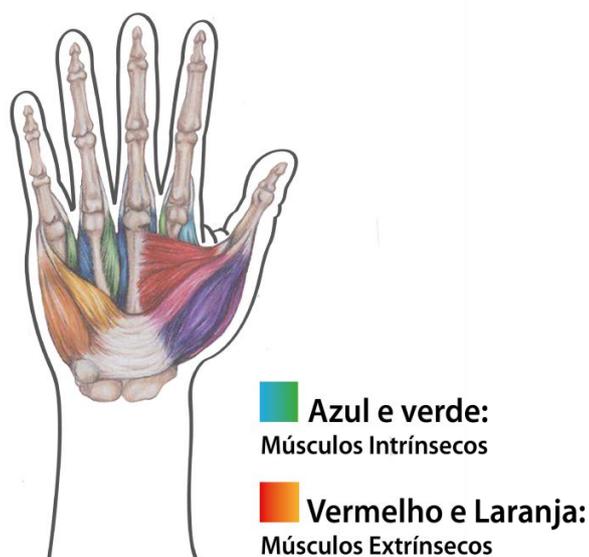
Figura 16 – Ossos da mão.



Fonte: Elaborado pela autora.

O sistema muscular da mão é composto por dois grupos musculares: musculatura extrínseca, com origem no cotovelo e antebraço, e a musculatura intrínseca, que se origina dentro da mão. Os músculos da face dorsal do antebraço fazem parte da cadeia extensora, e os situados na face ventral fazem parte da cadeia flexora. Os músculos da eminência tenar, eminência hipotenar, lumbricais e os interósseos fazem parte do segundo grupo, da musculatura intrínseca (Figura 17) (SAURON, 2003 p.275).

Figura 17 - Músculos intrínsecos e extrínsecos da mão.

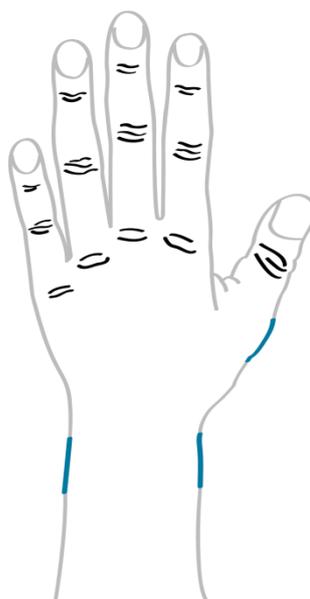


Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto à função sensitiva da mão, os sistemas musculotendinosos e osteo-articular, por meio das estruturas sensitivas, fornecem informações ao sistema nervoso central sobre a posição dos vários segmentos do MMSS, como por exemplo, o grau de força necessária para a preensão de um objeto (SAURON, 2003 p.276).

As proeminências ósseas da mão e do punho devem ser consideradas na moldagem de uma órtese, levando em conta que o tecido cutâneo destas áreas são menores, o que os torna mais vulneráveis a aplicação de uma pressão externa, como a formação de pontos de pressão se a órtese for mal projetada (Figura 18) (LUZO; MELLO; CAPEMA, 2004 p.103.; CALLINAN, 2013 p. 467).

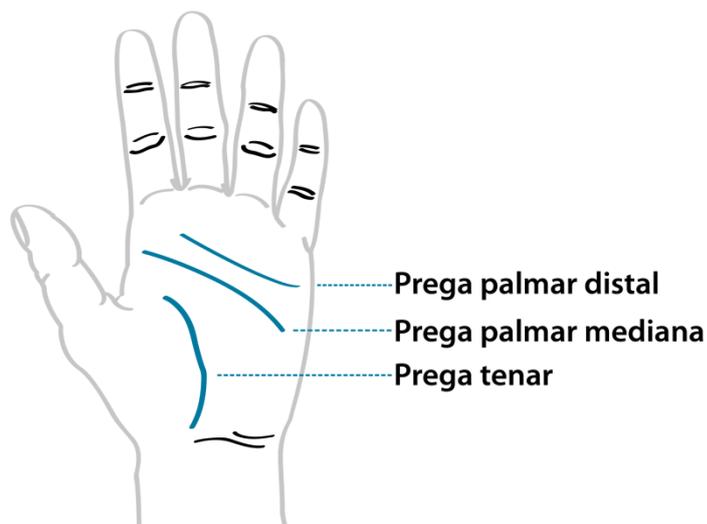
Figura 18 – Proeminências ósseas.



Fonte: Elaborado pela Autora.

As pregas palmares servem como referência para a confecção de uma órtese, em que é possível identificar o eixo de movimento e a articulação ao qual corresponde. A extremidade distal de uma órtese não deve se estender além da prega se o movimento naquela articulação for desejável (Figura 19) (CALLINAN, 2013 p. 467)

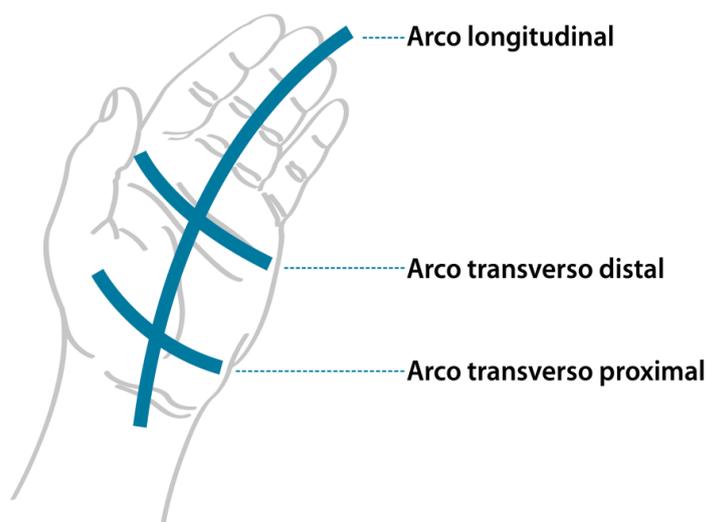
Figura 19 – Pregas palmares.



Fonte: Elaborado pela autora.

A disposição esquelética da mão é arranjada através de três arcos, compondo o aspecto de cúpula de concavidade palmar (SAURON, 2003 p. 273). O arco transversal proximal, localizado no punho, composto pelos oito ossos do carpo, é considerado um arco fixo e atua como apoio para flexores do punho e dos dedos longos. O arco transversal distal, formado pela cabeça dos metacarpais, é um arco móvel, principalmente as 2^a e 3^a cabeças metacarpais, ao quais as cabeças do 1^o, 4^o e 5^o metacarpos rodam. O arco longitudinal é composto em cada um dos dedos pelo metacarpal e suas respectivas falanges (Figura 20) (FREITAS, 2006). Portanto, os arcos palmares asseguram a função manual e a órtese deve ser adequada a eles para promover a mobilidade.

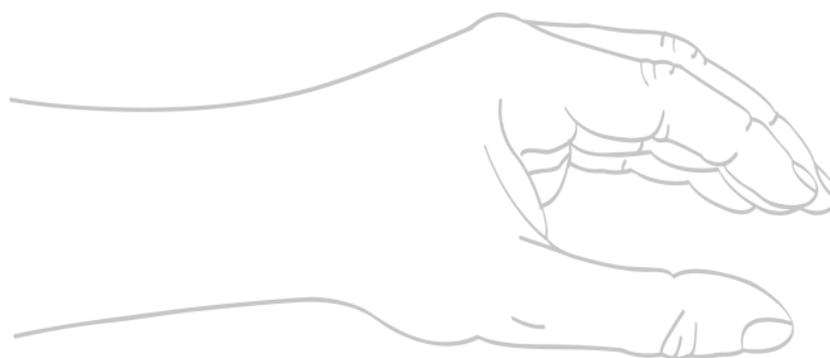
Figura 20 – Arcos palmares.



Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo descrito por Bunnel em 1944 (apud RODRIGUES; CAVALCANTI; GALVÃO, 2011 p. 436) a posição funcional da mão é definida como: antebraço neutro, punho a 20° de extensão e 10° de desvio ulnar, dedos em leve flexão (sendo o indicador um pouco mais flexionado e o dedo mínimo com maior flexão) e polegar em posição parcial aos demais dedos, com suas articulações semifletidas (Figura 21). Nesta posição músculos, tendões e ligamentos permanecem em comprimento de repouso e em posição de preensão e força, além de permitir a abdução do polegar para preensão através do espaço articular (CALLINAN, 2013 p.468).

Figura 21 – Posição funcional da mão

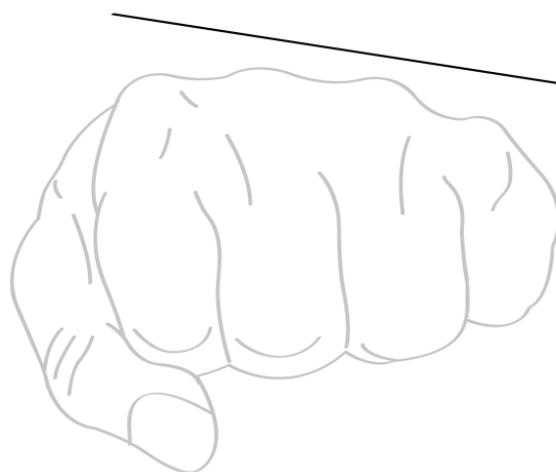


Fonte: Elaborado pela autora.

O terapeuta no processo de confecção de uma órtese deverá avaliar a sensibilidade, a mobilidade, a função motora, edema e tônus, antes de projetar e confeccionar uma órtese. É necessário também estar ciente das posições naturais da mão, as quais podem afetar a função, bem como que, quando a mão é mantida em supinação, o punho apresenta tendência a se manter um leve desvio radial, e, quando mantida em pronação, o punho assuma um leve desvio ulnar (CALLINAN, 2013).

Os dedos possuem comprimento e alturas variáveis em relação ao outro, os dedos do lado radial são mais longos que o lado ulnar na posição em que a mão se encontra fechada, este conceito é chamado de dupla obliquidade (Figura 22), e ao se projetar uma órtese, o TO deve confeccionar o lado radial mais longo do que em relação o ulnar (CALLINAN, 2013).

Figura 22 - Dupla obliquidade.



Fonte: Elaborado pela autora.

2.3.1.2 Seleção do material

A escolha do material mais adequado a confecção de órtese está relacionado as questões do usuário e de seu diagnóstico, é importante que o Terapeuta possua conhecimento dos materiais utilizados para a produção de uma órtese, as suas características e propriedades dos materiais termoplásticos para aplicação na prática (CALLINAN, 2013 p.478.).

Para cada material termoplástico são atribuídas algumas características como: resistência do material ao alongamento, a memória que se refere a capacidade do material sofrer reaquecimento e modelagem, rigidez e flexibilidade do material, e por fim acomodação ou conformabilidade do material em contato com o membro do usuário (LINDEMAYER, 2004). Outras considerações são as diferentes espessuras dos materiais termoplásticos,

variando as características de acordo com a função da órtese, materiais com maior espessura de 3.2mm são direcionados a órteses em que se requer uma maior rigidez, enquanto o material com 2.4mm é direcionado a órteses com características mais leves e que não possuam ações de forças (CALLINAN, 2013 p. 479). Levantando mais uma vez a questão de uma boa avaliação do usuário para garantir que a órtese seja adequada. As características e propriedades dos materiais termoplásticos foram descritas de uma forma mais detalhada no tópico anterior da fundamentação teórica.

Dentro da área de produção de órteses, existe uma constante busca por novos materiais e tecnologias que possam ser empregadas para a confecção de dispositivos, buscando fundamentalmente órteses sem perdas relacionadas à funcionalidade, qualidade e estética, além de redução de custos, praticidade de fabricação e consequente popularização do uso destes equipamentos (RODRIGUES, 2005).

Não é possível eleger um único material mais apropriado ou não para a confecção de uma órtese, e sim o material que atenda as necessidades e que atinja o sucesso na confecção, para isso é necessário o entendimento das características ou qualidade que definem os materiais (HOGAN, 1998 apud RODRIGUES; CAVALCANTI; GALVÃO, 2011). Porém segundo MacDonald (1998) existem alguns requisitos que os materiais devem cumprir para o projeto de uma órtese como, devem ser confeccionadas em materiais leves, fortes e capazes de suportar um grande desgaste.

Existem alguns parâmetros descritos por diversos autores, sobre a utilização de materiais em órteses, e que os tornam responsáveis pela maior adequação a uma órtese (BREGER-LEE, 1990; CANELÓN, 1995; OLIVEIRA, 2003; SILVA, 2014), que são:

- Conformabilidade / caimento: ajuste do material à região e contornos anatômicos;
- Resistência ao estiramento: o material aquecido normalmente estica e pode alterar seu tamanho inicial. Materiais com alto grau de resistência ao estiramento quando aquecidos mantêm seu molde inicial.
- Memória: se refere à tendência do material retornar ao seu tamanho natural, assim poderá ser facilmente remodelado permitindo ajustes na órtese.
- Acabamento: habilidade do material de resistir a marcas de pressão em sua superfície enquanto quente;
- Rigidez: este termo descreve o grau em que o material uma vez modelado resistirá a deformações quando alguma força é aplicada. Deve-se pensar na flexibilidade da órtese. Um material contendo mais borracha que plástico permite certa flexibilidade;

- Auto-aderência: é a capacidade que o material tem de resistir à força de separação quando suas partes são aderidas.

O material mais utilizado pelos terapeutas ocupacionais, como vem sendo descrito ao longo deste trabalho, são os termoplásticos que vêm a ser divididos em duas grandes categorias: os termoplásticos de alta temperatura e os termoplásticos de baixa temperatura (FREITAS, 2006).

Os termoplásticos de alta temperatura necessitam de fornos de alta temperatura para que o material se torne maleável. A aquisição das medidas do paciente é realizada por meio do contato direto, é gerado um molde positivo de gesso feito a partir de um molde negativo, não sendo uma boa escolha quando se trata de praticidade. Além da exigência de ferramentas adequadas e a necessidade do molde positivo acabam por tornar o processo de confecção longo e complexo (FRANCISCO, 2004; FREITAS, 2006).

Os termoplásticos de baixa temperatura tornam-se maleáveis quando aquecidos à baixa temperatura em forno ou em água quente e podem ser moldados diretamente sobre a pele do paciente no segmento anatômico a ser ortotizado (FREITAS, 2006).

Porém uma questão relativa aos termoplásticos é de que apresentam custo financeiro elevado, pois dependem de importação e, por consequência, seu acesso está limitado aos pacientes e profissionais que apresentam condições socioeconômicas para adquirir o produto (SILVA, 2001; FRANCISCO, 2004). Isso faz com que os serviços públicos de saúde optem pela compra do material mais barato sem considerar suas características e propriedades, interferindo diretamente na qualidade, no conforto e aceitação do usuário (RODRIGUES; CAVALCANTI; GALVÃO, 2011 p. 440).

Um material alternativo que vem sendo explorado é o PVC (Policloreto de Vinila), inclusive, centros de referência em reabilitação já o utilizam para este fim e com grande sucesso devido a seu baixo custo quando comparado ao termoplástico (RODRIGUES, 2005). Porém o material necessita de fornos de alta temperatura para se tornar moldável, entrando nos mesmos problemas relativos ao desconforto e risco do usuário que os termoplásticos de alta temperatura.

Para Silva (2001) em seu estudo sobre o uso de materiais alternativos na confecção de órteses levantou algumas características que devem ser levadas em conta para a caracterização de materiais alternativos para confecção de órteses, tais como: baixo custo, facilidade na confecção, adequação na moldagem, durabilidade, conforto, estética, peso, remodelagem e, por fim, a resistência mecânica (FRANCISCO, 2004).

Os termoplásticos possuem uma grande variedade de características, para escolha

adequada é preciso compreender as características de cada material (FRANCISCO, 2004).

Segundo Lindemayer (2004) em seu estudo em que avaliou cinco materiais termoplásticos de baixa temperatura, relacionando com sua prática clínica pelos profissionais levantou três características em que o profissional deve priorizar ao confeccionar uma órtese que são a memória, resistência ao estiramento e rigidez. Sendo assim o profissional vem a alcançar um conhecimento maior sobre os proporcionando habilidade para criar e tirar o máximo proveito de suas características de cada termoplástico.

2.3.1.3 Confeção do molde

O primeiro passo do processo de fabricação em si, é a criação de um molde, o processo envolve além dos conhecimentos prévios de anatomia, elencados anteriormente, conhecimentos da geometria da mão para adequação do material a ser utilizado na modelagem posteriormente (BELKIN; YASUDA, 2005 p.584).

Segundo Wilton (1997), ao citar as principais características a respeito das questões biomecânicas, as órteses devem assegurar uma boa distribuição da pressão, respeitar os contornos da mão e fornecer uma distribuição uniforme da pressão entre as zonas convexas e a periferia de baixa pressão nas superfícies côncavas. Áreas com pouco tecido subcutâneo, como o dorso da mão, as cabeças metacarpais, o processo estilóide do rádio e da ulna requerem bastante cuidado, pois uma órtese má projetada pode ocasionar riscos e pontos de pressão (apud SILVA, 2014).

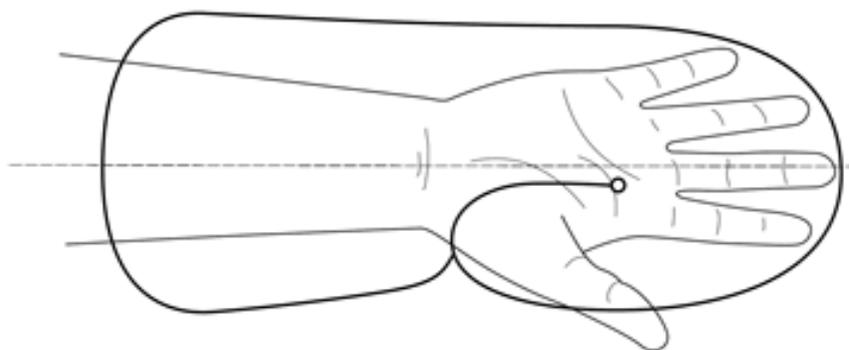
Ainda, segundo Ferrigno (2009), a base de apoio da órtese no antebraço deve ser volar ou circunferencial e apoiar dois terços do comprimento do antebraço para obtenção de melhor vantagem mecânica, pois a transferência de pressão ao longo da órtese e o equilíbrio de forças são importantes para estabilidade garantindo o conforto e o repouso da região, portanto, órteses mais longas diminuem a força da pressão no antebraço para equilibrar.

O profissional responsável pela fabricação de órtese deve estar ciente de determinadas implicações técnicas: de que órteses longas e largas são mais confortáveis do que curtas e estreitas, bordas arredondadas causam menor pressão do que as bordas retas, a pressão uniforme contínua sobre uma proeminência óssea é preferível a uma pressão desigual, e por fim, é fundamental que ocorra o ajuste contínuo da órtese (COPPARD, 2001; FESS, 2004)

Um molde bem desenhado representa uma órtese bem adaptada, o molde pode ser gerado sob um papel ou um tecido e tem o objetivo de minimizar o desperdício de material e fornecer uma representação bidimensional da órtese (CALLINAN, 2013 p.478). A mão do

usuário deve estar estendida sobre o papel e primeiramente deve-se marcar as referências anatômicas, o desenho deve estender-se até 2 cm das bordas laterais, para que a órtese forme uma espécie de calha em contato com as bordas laterais do membro superior. A órtese não poderá ultrapassar $\frac{2}{3}$ do comprimento total do braço, evitando o bloqueio desnecessário de uma articulação e também para que não interfira na movimentação do MMSS durante a execução de atividades (Figura 23) (CALLINAN, 2013 p. 479; BELKIN;YASUDA, 2005).

Figura 23 - Confeção do Molde.



Fonte: Adaptado de CALLINAN, 2013 p.473.

Após a retirada das medidas da mão do usuário por meio do molde e avaliação do molde, as medidas são transferidas para a placa de termoplástico. A marcação deve ser feita com lápis de marcação específico para termoplásticos para que facilitar o processo caso houver a necessidade de refazer o desenho (CALLINAN, 2013 p. 479).

2.3.1.4 Corte do material

O corte do material é realizado com o uso de tesouras específicas para evitar a danificação do material e garantir que não ocorra desperdício. Em caso do uso de uma placa inteira, em que as dimensões podem variar de 46 cm X 61 cm é necessário cortar uma parte para que seja manuseável e seja possível adequá-la ao molde (CALLINAN, 2013 p. 479).

Para a confecção da órtese, são utilizados ao todo três tipos de tesoura: (1) tesoura com mola para placa dura (2) tesoura curva para utilização no material amolecido (3), tesoura para corte de velcros, a fim de não prejudicar as propriedades do material termoplástico em contato com a cola do velcro.

O aquecimento do material para modelagem da órtese é realizado com o uso de uma panela com termostato, para distribuição uniforme do calor e de superfície anti-aderente. A temperatura recomendada para que o termoplástico atinja a sua transição vítrea é de 70° a 75° graus aproximados, é necessário o uso de um termômetro para a verificação adequada da temperatura. O material leva cerca de dois a três minutos para tornar-se flexível e pronto para iniciar a modelagem da órtese (COPPARD; LYNN, 2001) (Figura 24).

Figura 24 - Material submerso em panela com termostato.

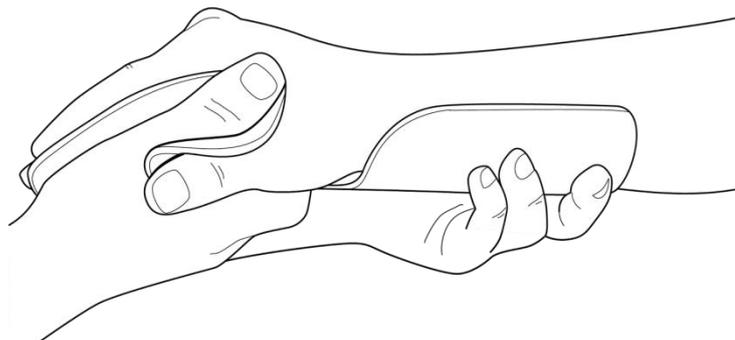


Fonte: Acervo da pesquisadora.

2.3.1.5 Modelagem da órtese

Após atingir a transição vítrea, o termoplástico é removido da água cuidadosamente e este é modelado em contato direto com o membro do paciente, portanto é necessário o cuidado na verificação da temperatura para que não ofereça risco por contato (Figura 25). A força aplicada no momento da modelagem deve ser suave e delicada para evitar marcações desnecessárias no material consequentemente à criação de pontos de pressão (BELKIN E YASUDA, 2005. CALLINAN, 2013 p.479).

Figura 25 - Modelagem da órtese no usuário.



Fonte: Adaptado de BELKIN E YASSUDA, 2005.

À medida que material esfria e se enrijece, deve-se colocá-lo de volta na água antes de progredir para o próximo estágio (CALLINAN, 2013 p.480). Alguns materiais possuem uma pouca memória, qualidade atribuída à capacidade do material em ser aquecido e resfriado, destaca-se a importância do conhecimento das características dos materiais como já foram definidos na segunda etapa de confecção.

2.3.1.6 Ajustes e acabamento da borda

A uniformização das bordas é importante para prevenir pontos de pressão da órtese em contato com a pele enquanto acomodam as mudanças na geometria da pele no antebraço geradas pela órtese. É aconselhado, enrolar parte das bordas em torno das pregas palmares distal e tenar e a alargar a borda proximal da tala para evitar que as bordas afiadas ou finas possam irritar ou cortar a pele do paciente (COPPARD E LYNN, 2001).

2.3.1.7 Aplicação das faixas, acolchoamento e acessórios

Uma vez realizados os ajustes necessários no material da órtese, a fim de aperfeiçoar o conforto, os velcros são posicionados em locais estratégicos para minimizar o risco de tensões, compressão e cisalhamento da pele e tecidos moles, como descritos anteriormente, além de garantir os princípios mecânicos básicos de uma órtese, três pontos de pressão (COPPARD E LYNN, 2001; CALINNAN, 2013 p.480).

O velcro é bastante utilizada nas órteses, devido a sua facilidade de colocação e retirada, mas pode causar abrasão da pele e enrolamento de tecidos se posicionados incorretamente. A fixação permanente das tiras de velcro à órtese pode ser necessária através de rebites, cola ou costura, dependendo da tração que for desejada (COPPARD E LYNN, 2001).

Nesta etapa, também são realizados ajustes na órtese, como a colocação de componentes elásticos, para uma órtese dinâmica, que necessita da ação de formas por meio de tração, são adicionadas a base da órtese sistema de polias para coaptação das forças (CALLINAN, 2013 p.480).

2.3.1.8 Avaliação final da órtese

Por fim, tanto após a construção da órtese quanto durante o período de reabilitação, o dispositivo ortótico deve ser constantemente avaliado. Os ajustes irão depender dos fatores relacionados à progressão da doença ou do processo de reabilitação, e também de questões relacionadas à adesão do paciente ao uso do dispositivo. É importante também, oferecer informações ao usuário quanto aos cuidados necessários com sua órtese, quanto a higienização, cuidados quanto ao tempo de uso e demais cuidados.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

No presente capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos abordados na pesquisa a fim de alcançar os objetivos estabelecidos.

3.1 Delineamento da Pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa científica de natureza aplicada que tem por objetivo a geração de conhecimentos para a aplicação prática, dirigidos à solução do problema de pesquisa (PRODANOV, FREITAS, 2013). Quanto aos seus objetivos pode ser classificada como uma pesquisa exploratória, em que visa proporcionar aproximação com o problema, tornando o familiar e possibilitando a construção de hipóteses, em que são utilizadas técnicas de levantamento bibliográfico e estudo de campo para alcançar os objetivos (MARCONI & LAKATOS, 2007).

A pesquisa apresenta uma abordagem qualitativa com finalidade descritiva e utiliza a pesquisa bibliográfica, com o propósito de buscar informações para obter subsídios para a pesquisa, buscando conhecer o estado da arte sobre o assunto, conhecendo o que já foi descrito na literatura (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Os procedimentos empregados na pesquisa, portanto foram pesquisa bibliográfica por meio de uma revisão de literatura a respeito do tema abordado, pesquisa de campo através da coleta de dados com especialistas da área do design e da Terapia Ocupacional e dos usuários de órteses. E por fim, a triangulação dos dados obtidos na fase de pesquisa bibliográfica e campo para a aplicação da metodologia proposta.

3.1.1 Estrutura e Fases da pesquisa

De acordo com o delineamento, a pesquisa apresenta quatro fases: (1) Revisão de Literatura (2) Desenvolvimento da pesquisa (3) Análise dos dados coletados (4) Conclusão dos dados e aplicação da abordagem proposta, conforme descrito na figura a seguir (Figura 26).

Figura 26 - Estruturas e fases da pesquisa.



Fonte: Acervo da autora

A primeira fase de revisão de literatura foi realizada com base nos objetivos da pesquisa, em aprofundamento aos tópicos específicos relacionados, englobando os eixos centrais da pesquisa: órteses de membro superior, metodologias para desenvolvimento de produto, processo de co-design, design colaborativo e manufatura aditiva.

A revisão e construção da fundamentação teórica a respeito das órteses focaram em livros e bibliográficas relacionadas à órteses de membro superior, vinculadas a Terapia ocupacional, contando com aprofundamento na classificação e princípios mecânicos, considerações anatômicas para a construção de uma órtese, materiais empregados e como processo tradicional de confecção de órteses utilizando termoplástico de baixa temperatura.

A revisão bibliográfica sobre o processo de design, teve como foco principal

metodologias para desenvolvimento de produtos, elencando as principais etapas do desenvolvimento de produtos, sendo abordado também o co-design e design colaborativo.

A respeito da manufatura aditiva a fundamentação teórica focou em trazer aspectos do funcionamento da impressão 3D e de que forma vem sendo aplicada dentro da área de produção de órteses e no desenvolvimento de produtos de Tecnologia Assistiva.

A fase dois (2) refere-se à fase de desenvolvimento da pesquisa composta primeiramente pelas entrevistas com os profissionais, juntamente com a aplicação do Card Sorting, com objetivo de levantar dados a respeito do processo de confecção de órteses para a construção da abordagem metodológica proposta Além de entrevistas com usuários, a fim de identificar as necessidades dos usuários ao uso de órteses.

A fase três (3) se destinou a análise dos dados obtidos nas entrevistas com especialistas e com usuários de órteses. Nesta fase ainda, foi realizado o cruzamento dos dados obtidos nas entrevistas e Card Sorting, com a revisão de literatura para que então fosse elaborada a proposição da abordagem projetual.

A fase quatro (4), portanto, contou com a realização de uma intervenção para a aplicação da proposta do trabalho, além de contemplar a conclusão e redação dos dados que foram obtidos pela pesquisa.

3.2 Descrições dos Procedimentos Metodológicos

Para cada objetivo foi elencado um método de alcançá-lo, como proposto na figura abaixo (Figura 31).

Figura 27 - Procedimentos aplicados referentes a cada objetivo.



Fonte: Elaborado pela autora.

A fim de atingir o objetivo geral do trabalho: Propor uma abordagem projetual colaborativa para a produção de órteses de membro superior baseada no processo de design com auxílio da manufatura aditiva, a fim de atender os requisitos funcionais para confecção

de órtese, foram elencados quatro (6) objetivos específicos com a finalidade de conduzir ao alcance do objetivo geral.

Em relação aos dois primeiros objetivos, compreender o processo de design para identificar a adequação de possíveis metodologias para o projeto de órtese MMSS, foi realizado por meio de revisão de literatura, com foco em publicações em livros, artigos, teses e dissertações na área de produção de órteses para membro superior e da Terapia Ocupacional.

Quanto ao objetivo três (3) foi realizado por meio de levantamento em bases de dados e revisão de literatura a respeito do tema e também com base nas entrevistas realizadas com especialistas da área de terapia ocupacional.

O objetivo quatro (4) de levantar requisitos estéticos, funcionais e de conforto necessários para produção de órteses para aplicação na abordagem metodológica projetual, foi realizado por meio das entrevistas com usuários de órteses e especialistas Designers e Terapeutas Ocupacionais.

O objetivo cinco (5) corresponde à elaboração do framework, contendo os passos metodológicos para a produção de órteses utilizando a MA, que teve como base, a triangulação dos dados obtidos dos objetivos anteriores.

Por fim, o último objetivo corresponde à aplicação do framework, através de uma intervenção, realizada como forma de verificar a aplicabilidade da proposta na produção de órteses de membro superior, colaborando com os dados obtidos anteriormente.

3.3 Coleta de Dados

Para a obtenção das respostas dos objetivos da pesquisa, a coleta de dados obteve respostas dos principais envolvidos no processo de desenvolvimento de uma órtese como especialistas da área de Terapeuta Ocupacional, Designers e os usuários de órteses.

Os profissionais foram contatados a participar da pesquisa através de contato via e-mail contendo informações a respeito da pesquisa e dos procedimentos que envolviam a sua participação (Apêndice A). Após o primeiro contato as entrevistas foram previamente agendadas e ocorreram no local definido pelo profissional. No total foram convidados a participar da pesquisa vinte (20) profissionais de Terapia Ocupacional e doze (12) designers, porém somente nove (9) designers e sete (7) terapeutas ocupacionais compuseram a pesquisa.

Dos profissionais de Terapia Ocupacional, quatro (4) atuam em serviços públicos vinculados ao SUS além de prestar atendimento em clínicas particulares. Dentro da amostra

ainda, três (3) profissionais apresentam especialização em reabilitação da mão e atuam especificamente nesta área, três (3) profissionais são docentes do curso de Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Pelotas.

Quanto aos profissionais Designers os nove (9) são alunos do programa de pós graduação em Design da UFRGS, sendo sete (7) alunos do doutorado e dois (2) do mestrado. Dentro dos participantes ainda, seis (6) tem formação em design de produto e dois (2) designers gráficos e um (1) da área de design de moda. Dois (2) são professores no curso de design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

Todos os participantes, tanto especialistas quanto usuários de órteses, foram informados de todos e descrição dos procedimentos adotados na pesquisa, envolvendo a sua participação e foram convidados a assinar o Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) contendo duas vias, uma que fica sob-responsabilidade do pesquisador e outra com o participante, a fim de garantir o sigilo e confidencialidade da participação da pesquisa (Apêndice B).

Portanto, a fim de atender o objetivo geral da pesquisa, foi utilizada a técnica de Card Sorting, juntamente com as entrevistas semiestruturadas. O Card Sorting se trata de um método usado por designers na organização de estruturas, sendo possível encontrar respostas para as perguntas que surgem ao longo de um processo de design ou de uma pesquisa. A técnica consiste no agrupamento de cartas pelos participantes, de acordo com a temática proposta pelo pesquisador, a fim de encontrar padrões de pensamento para a organização de ferramentas ou projetos de produtos (SPENCER, WARFEL, 2004).

As entrevistas foram gravadas em áudio, fotografadas, transcritas e analisadas tematicamente, por meio de uma análise qualitativa, em que se caracteriza por buscar compreender significados na fala dos entrevistados, em que os assuntos são delimitação por tópicos e temas, uma sequência de narrativa ancorada na literatura e nas próprias verbalizações dos sujeitos (ALVES, 1992).

3.4 Instrumentos

Os instrumentos, bem como questionários e avaliações utilizados na pesquisa serão apresentados a seguir:

- Roteiro para entrevista semiestruturada com especialistas (Apêndice D); Roteiro para entrevista com usuário de órtese (Apêndice E);
- A avaliação do usuário composta por roteiro com perguntas semiestruturadas a fim de

coletar informações e dados clínicos, diagnósticos do usuário, além de avaliação funcional da mão que compreendem: avaliação de escala de dor (ANEXO B), Avaliação de amplitude de movimento articular da mão (ANEXO C) realizada por meio do uso do goniômetro, instrumento responsável pela mensuração dos ângulos articulares.

- Roteiro entrevista final (Apêndice F) com especialistas realizados após a aplicação do framework.

3.5 Realização da Intervenção

De forma a verificar a aplicabilidade do framework proposto, foi realizada uma intervenção que visou à confecção de um modelo de órtese. Para compor a intervenção, foi convidado a participar um especialista da área de Terapia Ocupacional, um Designer e um usuário de órtese, todos participantes da etapa inicial da pesquisa.

Os participantes foram convidados de forma voluntária, e foram informados de todos os procedimentos envolvendo a pesquisa. As etapas de construção da órtese, bem como todos os recursos necessários para a realização como o uso de scanner 3D impressora 3D e material para impressão, foram realizados no laboratório de ensino e pesquisa VID (Virtual Design) vinculado ao Programa de Pós-graduação em Design da UFRGS.

Os participantes receberam uma espécie de guia previamente, informando os procedimentos envolvidos na aplicação da intervenção. Ao final da intervenção, de forma a avaliar a percepção dos participantes da pesquisa quanto a aplicação da metodologia, foi realizada uma entrevista com os profissionais a fim de avaliar a aplicabilidade da metodologia proposta, e de identificar aspectos que possam ser melhorados de forma a facilitar a aplicação (Apêndice F).

3.6 Aspectos éticos

O projeto de pesquisa foi submetido ao comitê de ética e pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), obtendo aprovação sob o número do parecer: 2.139.338.

Os participantes foram informados claramente de todos os procedimentos que envolveram a pesquisa. A pesquisa não ofereceu riscos à integridade física dos participantes, mas pode provocar algum desconforto pelo tempo exigido ou constrangimento pelo teor dos

questionamentos. Neste sentido, garantiu-se o sigilo dos dados pessoais e o anonimato das informações obtidas nas entrevistas, garantindo ainda que os sujeitos poderiam deixar de participar da pesquisa em qualquer momento sem constrangimento ou prejuízos aos mesmos. Foi garantido pelos pesquisadores que as informações provenientes das entrevistas serão utilizadas para fins da pesquisa com publicação em relatório e em artigos relacionados. As informações serão armazenadas por um prazo de cinco anos, sendo posteriormente destruídas.

Todos os participantes concordaram com os procedimentos envolvendo a pesquisa e assinaram Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), com garantia de confidencialidade das informações fornecidas e o direito de recusa em participar a qualquer momento.

4. DESENVOLVIMENTO

O Presente Capítulo corresponde a fase de desenvolvimento da pesquisa, apresentando os resultados das entrevistas com os especialistas e com os usuários de órteses, resultados do Card Sorting, além da elaboração do framework colaborativo e sua aplicação no desenvolvimento da órtese.

4.1 Resultados de Entrevistas

A seguir, serão apresentados os dados referentes as entrevistas realizadas com os usuários de órteses, os especialistas da área do Design e da Terapia Ocupacional, além dos resultados obtidos no Card Sorting com os especialistas.

4.1.1 Resultados e análise das entrevistas com usuários de órteses.

As entrevistas com os usuários foram realizadas por meio da plataforma google, utilizando o GoogleForms (questionário online) a fim de evitar riscos de deslocamento, além de manter o anonimato. O questionário semiestruturado conteve no total vinte (20) questões sobre o uso de órteses, algumas questões com múltipla escolha e outras questões fechadas, com duração média de 5 a 10 minutos (Apêndice E). Os participantes foram informados de todos os procedimentos que envolvem a pesquisa e foram convidados a participar da pesquisa mediante a concordância e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), sob garantia de sigilo e anonimato.

A pesquisa não ofereceu riscos à integridade física dos participantes, mas pode provocar algum desconforto pelo tempo exigido ou constrangimento pelo teor dos questionamentos. Neste sentido, garantiu-se o sigilo dos dados pessoais e o anonimato das informações obtidas nas entrevistas, garantindo-se ainda que os sujeitos possam deixar de participar da pesquisa em qualquer momento sem constrangimento ou prejuízos aos mesmos.

O objetivo das entrevistas com os usuários, portanto, foi abordar questões relativas à usabilidade das órteses, identificando as principais dificuldades na utilização, aspectos necessários no projeto de uma órteses e por fim, e quais melhorias esperam com o uso da impressão 3D.

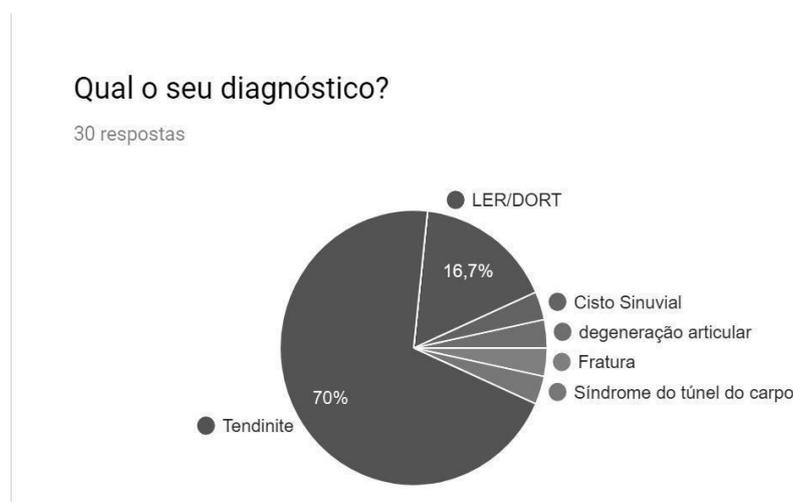
O questionário para a aplicação das entrevistas foi disponibilizado em grupos de redes sociais de profissionais de Terapia Ocupacional, grupo de usuários de órteses e próteses, além

de grupos de acadêmicos de Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) e do Design da Universidade Federal do Rio Grande do sul (UFRGS), durante o período de vinte (20) de julho a vinte e três (23) de agosto de 2017.

No total foram obtidas trinta (30) respostas dos usuários de órteses e as respostas foram classificadas quanto a maior taxa de resposta a cada questão apresentada. A seguir serão apresentadas algumas perguntas e respostas relevantes para a pesquisa.

A primeira questão do questionário da pesquisa foi a respeito da idade dos participantes. A média de idade dos participantes da pesquisa foi de 20 a 30 anos de idade, correspondendo a dezenove (19) respostas. Quanto à segunda questão, em relação ao diagnóstico dos usuários de órteses, setenta por cento (70%) dos usuários, ou seja, vinte e um (21) dos participantes, relataram apresentar diagnóstico de tendinite na região do punho (Figura 28).

Figura 28 - Diagnóstico.



Fonte: Elaborado pela autora.

A tendinite, ou também tenossinovites, se trata de um processo inflamatório dos tecidos conectivos (tendões) acarretando dor e desconforto ao paciente, trazendo prejuízo no desempenho de atividades cotidianas (COOPER, 2013 p.1144).

Como relatado por Ferrigno (2009), com o avanço tecnológico e o frequente uso de computadores, celulares e de equipamentos com teclados e mouses, têm aumentado os fatores de risco para o aparecimento de distúrbios osteomusculares que acometem a mão.

A terceira questão, portanto, foi relacionada quanto ao tipo de órtese utilizada, dezenove (19) relataram utilizar a órtese estabilizadora, ou seja, uma órtese em que restringe

os movimentos indesejados e auxilia a posicionar o punho evitando dor e desconforto, e 23,3% relataram o uso de órtese de posicionamento que proporciona o repouso por meio do posicionamento funcional.

Ainda diante da amostra, noventa por cento (90%) dos usuários relataram ter adquirido uma órtese pré-fabricada em farmácia ou loja de reabilitação, e somente um usuário relatou o uso de órtese confeccionada por um Terapeuta Ocupacional.

Os usuários na maioria das vezes são orientados a adquirir órteses pré-fabricadas de posicionamento encontradas em farmácias e lojas destinadas a produtos de reabilitação, pois se tratam de um recurso de baixo custo que não necessita de prescrição médica para ser adquirida. Porém, devido a não representarem de forma correta os parâmetros individuais dos usuários, esses equipamentos acabam não proporcionando o posicionamento adequado das articulações, relaxamento da musculatura e proteção durante a realização das atividades cotidianas (FERRIGNO, 2009). Em alguns casos, a má prescrição e uso inadequado de órteses podem agravar ainda mais o quadro clínico do usuário.

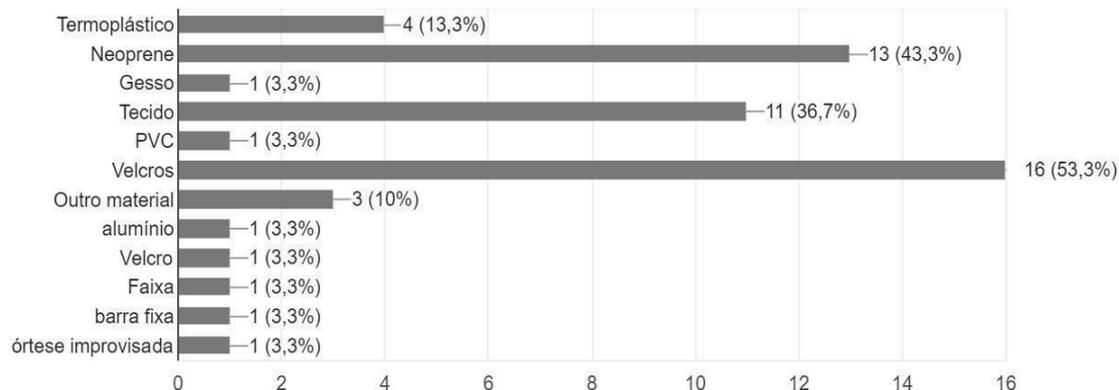
A confecção de órteses de membro superior faz parte da atuação profissional do Terapeuta Ocupacional, sendo ele classificado como o profissional apto a trabalhar com órteses, devido a seu conhecimento anatômico e biomecânico da mão, conhecimentos dos materiais disponíveis no mercado e qual deles melhor se encaixa às necessidades do paciente e do produto a ser confeccionado. Mais do que isso, o TO destaca-se a importância principalmente por compreender o contexto do usuário e de que forma o acometimento no membro superior pode afetar a sua rotina e o desempenho de atividades (SAURON, 2003).

A quarta questão, relacionada se relaciona ao tipo de material da órtese utilizada, dezesseis (16) relataram o uso de órteses de velcros, treze (13) de material neoprene, onze (11) de tecido e somente quatro (4) relataram o uso de órtese em termoplástico, o material comumente utilizado na confecção de órteses pelos TO's abordado no estudo (Figura 29).

Figura 29 - Material das órteses.

De que material é a sua órtese?

30 respostas



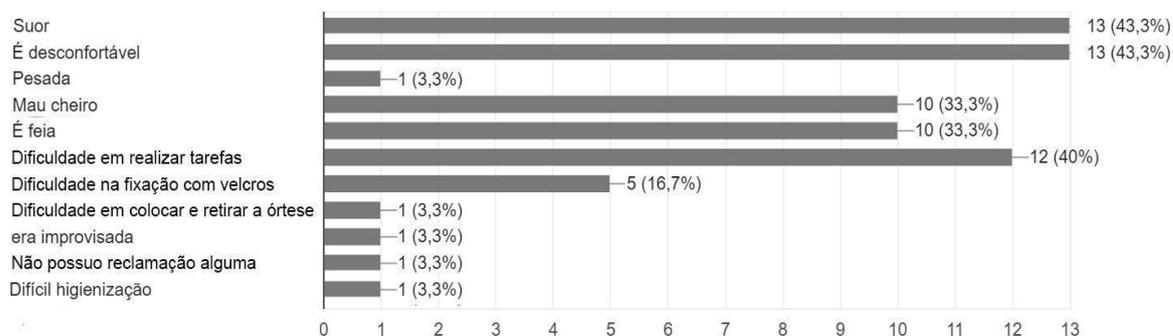
Fonte: Elaborado pela autora.

A pergunta número cinco, buscou identificar quais as dificuldades dos usuários de órteses enfrentam no seu uso diário. Dentro das principais dificuldades apresentadas, destacam-se: o suor e desconforto com treze (13) respostas; e desconforto em realizar atividades cotidianas com doze (12) (Figura 30).

Figura 30 - Principais dificuldades do uso de órteses.

Quais as suas principais reclamações quanto uso da órtese?

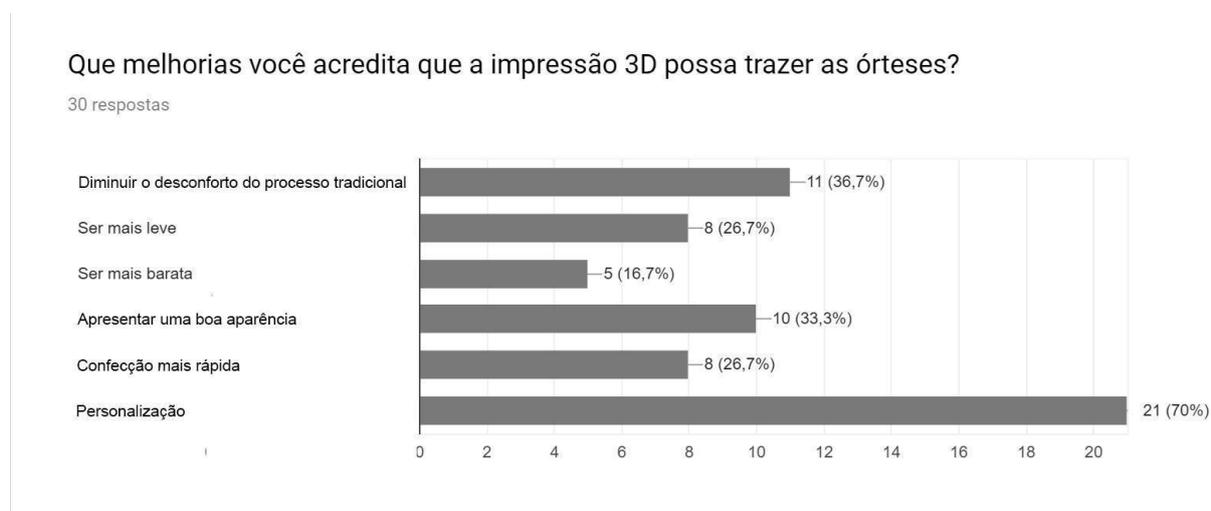
30 respostas



Fonte: Elaborado pela autora.

Por fim, a última questão se referiu às expectativas dos usuários quanto ao uso da impressão 3D na fabricação de órteses, levantando aspectos necessários a se considerar no projeto de no produto final, as órteses. Dentro das respostas, a capacidade de personalização foi escolhida por vinte e um (21) dos entrevistados, enquanto onze (11) elegeram a diminuição do desconforto do processo tradicional. A personalização obteve maior taxa de resposta, elencada como a principal característica esperada no processo de confecção de órteses utilizando a impressão 3D, seguido da diminuição do desconforto do processo tradicional, eleita por onze (11) usuários, e por fim, apresentar uma boa aparência, elencada por dez (10) (Figura 31).

Figura 31 - Melhorias impressão 3D.



Fonte: Elaborado pela autora.

A personalização em produtos de tecnologias utilizando a impressão 3D pode vir a refletir diretamente na identificação do usuário com o produto, diminuindo as taxas relacionadas ao abandono (PATTERSON, 2013). Como já descrito na literatura, a principal dificuldade dos usuários, está na adesão ao tratamento devido a falta de identificação com o produto de tecnologia assistiva, no caso a órtese.

Segundo Sandford et al. (2008) os pacientes podem apresentar baixa adesão ao tratamento por diversos fatores, dentro deles destacam-se: as informações da necessidade do uso da órtese fornecidas aos usuários são insuficientes; a órtese não apresenta boa aparência estética; a órtese pode ser desconfortável e o uso pode atrapalhar o desempenho tarefas cotidianas (PATTERSON; BIBB; CAMPBELL, 2012).

A partir das entrevistas com os usuários foi possível destacar algumas informações

que serviram de base tanto na criação do framework, quanto aos requisitos do usuário necessários para a produção de órteses utilizando a impressão 3D.

As principais informações destacadas fornecidas através das entrevistas com os usuários, portanto estão relacionadas ao diagnóstico, o tipo de órtese, as principais dificuldades do uso da órtese tradicional e expectativas de melhorias relacionadas ao uso da impressão 3D. Quanto ao diagnóstico, destaca-se a maior taxa de respostas relacionadas ao diagnóstico de tendinite de punho e ao uso de órteses de posicionamento, da região do punho e mão, sendo portando a órtese escolhida para fazer parte da fase de intervenção da pesquisa.

Em relação ao uso de órteses, as principais queixas verificadas foram: suor, desconforto, dificuldade na realização de tarefas e má aparência da órtese. E por fim, as principais características esperadas quanto ao órtese 3D, estão: a personalização, boa aparência e diminuição do desconforto.

4.1.2 Resultados e análise das entrevistas com especialistas

As entrevistas com especialistas foram realizadas de forma presencial, previamente agendadas no local de preferência do participante seguindo um roteiro com questões semiestruturadas (Apêndice C). As entrevistas ocorreram no período de trinta (30) de junho de 2017 a vinte e dois (22) de agosto de 2017. As entrevistas tiveram duração média entre dez (10) a quarenta (40) minutos, sendo a entrevista com menor duração de sete (7) minutos e a de maior duração de quarenta e sete (47) minutos. O objetivo das entrevistas com os profissionais de Terapia Ocupacional foi coletar dados a respeito do processo de confecção de órteses, dos materiais empregados e identificar quais as principais dificuldades do processo tradicional. Enquanto as entrevistas com profissionais da área do design obtiveram como objetivo informações referentes a metodologia de projeto de produto e informações sobre as fases e etapas do desenvolvimento.

As entrevistas com especialistas foram gravadas e analisadas através de eixos temáticos, em que para cada questão foram destacadas as maiores taxas de respostas, identificando a repetição dos termos referentes.

4.1.2.1 Análise das entrevistas com Terapeutas Ocupacionais

O conteúdo das entrevistas foi analisado conforme a repetição dos termos citados por cada participante conforme as questões da pesquisa. Para análise foram divididos dois grandes eixos principais, divididas em subcategorias, o primeiro se refere ao processo de confecção de órtese tradicional, subdividido em quatro subcategorias: principal etapa; materiais; tempo de confecção e custo; e principais dificuldades. A segunda categoria analisada foi processo de confecção utilizando impressão 3D, com as seguintes subcategorias: melhorias da impressão 3D e colaboração com o design. A seguir será apresentada a tabela e análises das categorias selecionadas (Quadro 1).

Quadro 1 - Resultado das entrevistas com Terapeutas Ocupacionais.

Categorias	Subcategorias	Análises
PROCESSO DE CONFEÇÃO DE ÓRTESES TRADICIONAL	a. Principal etapa	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação - 7 • Reavaliação - 5
	b. Materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Termoplástico - 7 • Fita termoplástica - 2 • Neoprene - 3
	c. Tempo de confecção e custo	<p>Órteses pequenas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tempo: • 20 a 30 minutos - 5 • 30 a 45 minutos - 2 • Custo • R\$ 150,00 a R\$ 250,00 - 3 • R\$ 250,00 a R\$ 350,00 - 4 <p>Órteses grandes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tempo: • 40 minutos a 1 hora - 3 • 1 hora a 1 hora e 20 min. - 2 • 1 a 2 horas - 3 • Custo • R\$ 150,00 a R\$ 250,00 - 2 • R\$ 250,00 a R\$ 300,00 - 2 • R\$ 350,00 a R\$ 450,00 - 3
	d. Principais dificuldades	<ul style="list-style-type: none"> • Espasticidade - 4 • Órtese dinâmica - 4 • Órtese de cotovelo - 3
PROCESSO UTILIZANDO IMPRESSÃO 3D	e. Melhorias impressão 3D	<ul style="list-style-type: none"> • Rapidez e agilidade - 3 • Acabamento e estética - 4 • Posicionamento - 5 • Digitalização e modelagem - 4
	f. Co-design	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicação - 4 • Unificar linguagens - 3 • Designer materiais, TO anatomia e biomecânica - 4

Fonte: Elaborado pela autora.

a. Principal etapa de confecção de uma órtese

Os terapeutas ocupacionais relataram não seguir uma metodologia pré-estabelecida para a de confecção de órtese, somente um roteiro descrito na literatura sobre os passos do desenvolvimento de órteses, como já descrito na fundamentação teórica.

A etapa de avaliação do usuário foi elencada como a principal etapa do

desenvolvimento de um órtese, sendo ela a etapa que definirá os rumos do tratamento, citada como uma fase importante por todos os profissionais entrevistados.

O processo de confecção de órtese inicia com avaliação do usuário, com histórico detalhado do usuário (incluindo patologias), seguidamente utilizam-se técnicas para avaliação do membro superior como a goniométrica, avaliação da preensão, da força, avaliação do movimento passivo e ativo, avaliação da condição da pele e do sistema ósteo-articular, da sensibilidade, das atividades de vida diárias desempenhadas (vestuário, alimentação, comunicação, locomoção e autocuidado), avaliação do ambiente em que cliente está envolvido e percepção da dor, da sinestesia da propriocepção (CALLINAN, 2013).

A etapa de reavaliação do usuário foi citada cinco (5) vezes, sendo uma etapa importante no processo de confecção de órtese, para que se possa avaliar o uso da órtese e a necessidade de realizar ajustes e melhorias.

b. Materiais utilizados na confecção de órtese

O material mais utilizado pelos TO's foi o termoplástico ou também chamado de termo moldável, citado sete (7) vezes pelos entrevistados. Outros materiais também foram citados, como a fita termoplástica utilizada por três (3) profissionais, e o neoprene citado três (3) vezes.

O termoplástico de baixa temperatura, como já descrito se torna maleável quando aquecido em água à determinada temperatura, classificados em duas categorias, grupo plástico, que tem em suas propriedades uma base de policaprolactona, e grupo de emborrachados com base de poliisopreno (ASSUMPCÃO, 2012). É o material mais utilizado na confecção de órteses, devido a sua praticidade em moldagem, porém apresenta um alto custo em mercado. Uma placa de termoplástico custa em média R\$ 200,00 a R\$ 500,00, o que também depende das propriedades e a espessura da placa (EFFECTIV, 2017).

Diferente do termoplástico, a fita termoplástica, é um material feito com base de um tecido elástico, autoadesivo, produzido a partir de fibras termoplásticas. As vantagens da utilização da fita termoplástica estão na baixa temperatura de ativação (65°) com tempo de ativação de 1 minuto em banho-maria e permite a aplicação diretamente na pele do paciente sem oferecer riscos de queimaduras, pois se adapta mais facilmente a anatomia do usuário (EFFECTIV, 2017). Embora apresente algumas vantagens ao uso do termoplástico, a técnica ainda é pouco utilizada por parte dos TO's, e o preço varia entre R\$ 113,00 a R\$ 189,00 (EFFECTIV, 2017).

O Neoprene, nome comercial do material elastômero sintético de policloropreno,

material policloropreno importado revestido de poliamida material flexível apresenta resistência à fungos e bactérias e é impermeável e favorece ainda a transpiração; Dentro de suas propriedades estão a flexibilidade, elasticidade, resistência e proteção térmica (BARROSO, 2010).

c. Tempo e custo de confecção

O custo e o tempo de confecção das órteses foram classificados de acordo com o tamanho das órteses, pequenas e grandes. As órteses pequenas abrangem a região do punho mão e dedos, como órteses para imobilização de dedos, órteses para a abdução do polegar, órteses de rizartrose. E o tempo médio gasto na confecção relatado foi de 20 a 30 minuto. O custo médio de R\$ 150,00 a R\$ 200,00.

O custo da órtese é calculado com base no material gasto, a mão da obra do terapeuta e também ao custo dos materiais como panela de termoplástico, tesouras e os bens permanentes que são utilizados na confecção.

Quanto a órteses grandes, referem-se à órteses que abrangem duas ou mais articulações, como a região do punho, mão e dedos e a região do antebraço. São órteses de posicionamento e órteses dinâmicas e o tempo médio relatado pelos terapeutas foi de uma (1) a duas (2) horas, e teve seu custo médio relatado entre R\$ 250,00 a R\$ 350,00

O tempo de confecção envolve o tempo de preparação do molde, o tempo de modelagem da órtese, a colocação dos acessórios como velcros e faixas para tração em caso de órteses dinâmicas, e da reavaliação ao final de todo procedimento.

Segundo os profissionais entrevistados, o tempo de confecção pode ter influência de diversos fatores, como o local, se for na casa do usuário a confecção pode levar mais tempo pois o profissional não está habituado aquele ambiente; a preparação e disposição dos materiais pode facilitar e agilizar o processo. A condição clínica do paciente tem influência direta no tempo de confecção, como por exemplo, pacientes espásticos é necessário maior atenção e cuidado, por conta da influência da alteração do tônus durante o processo.

d. Principais dificuldades

No que se refere às dificuldades no processo de confecção, os profissionais relatam a dificuldade na construção de três modelos de órteses: órtese de posicionamento para paciente espásticos (4), órtese cotovelo (4) e órtese dinâmica (3).

A órtese para pacientes com espasticidade é utilizada para posicionar o membro em posição funcional a fim de promover o alinhamento, proteção das estruturas ósseas,

prevenindo deformidades e permitindo que a musculatura se adapte a sua nova função. Além de adequar tónus, melhorar a função manual, controlar a dor e facilitar o desempenho de atividades de vida diária (AVD'S). A espasticidade é uma condição clínica relacionada a uma seqüela neurológica que pode ser decorrente de uma lesão ou trauma no sistema nervoso central, decorrente de acidente vascular cerebral (AVC), traumatismo cranioencefálico (TCE) ou paralisia cerebral (CAVALCANTI, 2007).

A principal característica da espasticidade é hiperexcitabilidade do reflexo de estiramento com exacerbação dos reflexos profundos aumento do tónus muscular, o que causa um desequilíbrio da musculatura, apresentando um padrão de extensão do membro (LINDEMAYER, 2004).

A dificuldade na confecção da órtese, está no posicionamento do paciente pois qualquer movimento inadequado do terapeuta pode desencadear uma alteração do tónus muscular comprometendo a confecção da órtese. O termoplástico, como já descrito durante o processo de confecção, deve ser manipulado cuidadosamente, não deve ser aplicado demasiada força, pois pode comprometer a funcionalidade da órtese e gerar pontos de pressão (DESHAIES, 2013).

A confecção de órteses de cotovelo também foi elencada como uma dificuldade presente, geralmente esse tipo de órtese, é utilizada no pós-operatório de cirurgias e por serem órteses longas, o material se torna difícil de ser manipulado (DESHAIES, 2013).

As órteses dinâmicas são responsáveis por aplicar forças para mover uma articulação, confeccionadas com base em termoplástico, com uma forquilha responsável pela tração dinâmica e deve-se garantir a angulação correta, além da tração realizada pelo uso de elásticos ou molas (ASSUMPCÃO, 2012). Podem apresentar uma grande complexidade, durante a confecção, a força não deve exceder 200 gramas que deve ser medidas utilizando um medidor de força. As dedeira, tiras de tecidos posicionadas na região do segundo metacarpo, responsáveis pela tração devem possuir 4 cm de largura e não podem ser muito curtas, o posicionamento deve estar em um ângulo de 90° graus, a fim direcionar as forças de forma estática e progressiva (ASSUMPCÃO, 2012).

Alguns dos cuidados necessários para confecção de órteses dinâmicas, a tensão deve ser suave e aplicada por um longo período e o paciente deve ser bem orientado quanto o tempo necessário para o uso (DESHAIES, 2013).

A adesão do paciente ao uso também foi citada por dois TO's como uma dificuldade no tratamento, a adesão do paciente a produtos de Tecnologia assistiva, incluindo o uso de órteses vem sendo amplamente explorada, dentro das principais causas de abandono de

dispositivos de TA estão as questões relacionadas ao conforto e a estética. A adesão do paciente ao tratamento segundo Deshaies (2013) pode estar vinculada a sua percepção da efetividade da órtese em atingir objetivos da reabilitação e influência no seu desejo em utilizá-la. Outra questão bem importante relacionada ao uso da órtese, é o conforto, em que pode ter diferentes significados a cada pessoa, alguns pacientes podem preferir uma órtese leve em termoplástico e outros uma órtese rígida acolchoada, cabe ao terapeuta, ou a quem estiver responsável pelo projeto da órtese em saber como abordar isso com o usuário.

e. Melhorias através da utilização da impressão 3D

Em relação às melhorias esperadas, foram citadas a rapidez e agilidade (3) na reprodução dos modelos, o acabamento e estética (4), a facilidade no posicionamento (5) e também a reprodução com maior fidedignidade por meio da digitalização 3D (4).

Destaca-se a fala de uma TO, sobre a sua percepção quanto as melhorias esperadas pelo processo de impressão 3D “*[...]acabamento muito melhor tu consegue colocar mais pressão menos pressão , mais densidade e menor densidade em lugares diferentes da órtese e hoje em dia a gente não consegue, faz uma forma meio não tão digamos assim mais objetiva e subjetivamente posso dizer assim [...]*” (Especialista TO 3).

Em estudo desenvolvido por Tanaka (2017) demonstrou o desenvolvimento de um método para aplicação de diferentes densidades e materiais na produção de uma órtese utilizando a técnica FDM, a vantagem está em proporcionar maior comodidade do membro do paciente a órtese e redução da dificuldade de inserir e montar peças de um órtese em que apresenta diferentes componentes.

Além disso, destaca-se a frase de outro especialista quanto as melhorias esperadas utilizando a impressão 3D, quando ao posicionamento do membro para a modelagem “*[...] Eu acho que pode melhorar em todos os aspectos, na verdade a parte da modelagem em si né que às vezes é muito difícil a gente ter o posicionamento correto, cuidar do posicionamento correto, a angulação correta , além da angulação na hora da modelagem conferir se isso de fato naquela posição da articulação que tem que estar*” (Especialista TO 6).

Em outro estudo, Rosenamann et al. (2017) demonstra a aplicação da manufatura aditiva na construção de uma órtese de posicionamento para paciente espástico. A criação da órteses, foi gerada após a criação do molde em gesso pelo Terapeuta Ocupacional e o molde da órtese foi escaneado utilizando o dispositivo *Kinect 360*, por meio da modelagem da órtese em software de desenho, foi possível incluir algumas perfurações furos para permitir a ventilação além de permitir a angulação necessária para permitir a posição funcional.

f. Expectativas quanto à colaboração com design

Quanto ao esperado com a colaboração com designer, foi citado a facilitação na comunicação (4) e unificar linguagens (3).

Uma frase recorrentemente citada, se diz respeito a atuação do TO e do Designer, em que o Designer foi elencado como o profissional que entende de materiais, enquanto que o TO, é o profissional responsável pelo conhecimento em anatomia e biomecânica necessários ao trabalho com o usuário.

Sobre a colaboração, destaca-se a fala de um entrevistado em que manifestou suas expectativas em relação ao trabalho colaborativo “[...] *eu penso que o TO precisa do designer porque, eu tenho um paciente que tem uma limitação articular a nível tal, eu preciso disso mas eu não sei como eu faço, a gente joga isso a ideia e o pessoal do Design acolhe e tenta fazer o projeto disso então acho que seria um casamento acho que tem que ter essa colaboração*” (Especialista TO 7).

Os principais resultados obtidos nas entrevistas foram: a avaliação e reavaliação destacada como principal etapa de confecção de órtese; as principais dificuldades na confecção de órteses elencados foram as órteses de posicionamento para espasticidade e de órteses dinâmicas.

Destacam-se as expectativas das às contribuições da impressão 3D no desenvolvimento de órteses, segundo os especialistas, estão na capacidade de posicionamento do membro para digitalização 3D, facilitando a reprodução do membro do usuário e da órteses, e, melhorias no acabamento e estética dos dispositivos.

4.1.2.2 Análise das entrevistas com Designers

O conteúdo das entrevistas com designers foi analisado seguindo duas categorias principais: o processo de desenvolvimento de produtos, subdividido em duas categorias: principal etapa do PDP e dificuldades no desenvolvimento de projetos de Tecnologia Assistiva, e a segunda categoria o processo utilizando a impressão 3D, subdividido em três categorias: contribuições do PDP, melhorias impressão 3D e colaboração, demonstradas na tabela abaixo (Quadro 2).

Quadro 2 - Resultado entrevista com designers

Categorias	Subcategorias	Análises
PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	a. Principal etapa	<ul style="list-style-type: none"> Projeto informacional - 3 Análise de similares - 2 Definição do problema - 2
	b. Dificuldades projetos de TA	<ul style="list-style-type: none"> Acesso ao usuário - 4 Entender as necessidades do usuário - 4
PROCESSO UTILIZANDO IMPRESSÃO 3D	c. Contribuições PDP	<ul style="list-style-type: none"> Estabelecer um roteiro - 3 Processo - 3
	d. Melhorias impressão 3D	<ul style="list-style-type: none"> Rapidez e agilidade - 3 Acabamento e estética - 3 Posicionamento - 5 Escaneamento e modelagem - 4
	e. Co-design	<ul style="list-style-type: none"> Comunicação - 4 Unificar linguagens - 3

Fonte: Elaborado pela autora.

a. Principais etapas PDP

Quanto à categoria de análise principal etapa de desenvolvimento de produto, os termos recorrentes durante a análise foram: etapa informacional (3), a análise de similares (2) e a definição do problema (2).

A etapa informacional é a etapa em que são coletadas todas as informações necessárias ao desenvolvimento do projeto. Conforme discurso de especialista “*Acho que todas etapas do projeto são extremamente importantes, mas se tu não tem uma boa base na etapa informacional, todo o resto vai ficar debilitado. A etapa informacional é exatamente essa, de conseguir determinar a questão toda das necessidades, dos requisitos do projeto e do usuário, ver bem como é o usuário, o que realmente tu vais projetar e o que tu quer com ele*” (Especialista Designer 1).

Durante a etapa informacional do projeto, ocorre o levantamento de informações, a definição dos requisitos para o desenvolvimento do produto, responsável pela introdução ao que será desenvolvido; Nesta etapa também, ocorre à definição do problema, a identificação das necessidades dos usuários, os requisitos dos usuários (BACK et al., 2008).

Enquanto a análise de similares, é uma ferramenta que pode ser utilizada para avaliar os produtos disponíveis no mercado, a fim de identificar as oportunidades de inovação (BAXTER, 2010).

b. Dificuldades no desenvolvimento de projetos de Tecnologia Assistiva.

Diante da amostra, somente cinco (5) profissionais trabalharam no desenvolvimento de um projeto de TA. Mesmo os profissionais que não trabalharam com projeto de TA relataram as dificuldades percebidas devido à falta de conhecimento de pessoas com deficiência.

Entre eles, quatro (4) profissionais relataram que tiveram o seu primeiro contato com o termo tecnologia assistiva quando ingressaram no mestrado. E quanto às principais dificuldades, citou-se: acesso ao usuário (2) e identificar as necessidades dos usuários (5).

O desenvolvimento de produtos de Tecnologia Assistiva encontram desafios devido às particularidades de cada indivíduo com deficiência, e a falta de conhecimento sobre a deficiência pode acabar prejudicando o trabalho do designer. Segundo Basso (2012) são poucos designers que atuam na área de TA e o reflexo da ausência desses profissionais acaba afetando as pessoas com deficiência que demandam por esses produtos.

c. Contribuições metodologia de projeto

Quanto às contribuições a respeito da metodologia de projeto a confecção de órtese, os termos mais citados foram: estabelecer roteiro (3) e processo (3).

De acordo com um o especialista entrevistado “*Então, acho que a metodologia pode se beneficiar nisso e reduzir o custo, o tempo e propor uma um produto bem mais adequado ao usuário se tu tiver um método que vá gerar alternativas, que tu consiga selecionar alternativas de uma forma mais adequada, não a partir de ideias empíricas do tipo ‘acho que essa é a seleção mais certa’, mas que tu tenha métodos para conseguir selecionar*” (Especialista Designer 1).

Enquanto para outro profissional, as contribuições da metodologia podem facilitar o envolvimento das pessoas no projeto de design “*facilitar a ter uma noção em que momento cada pessoa envolvida no desenvolvimento o que que ela vai fazer o quê que ela pode*” (Especialista Designer 4). O que corrobora com a questão anterior a respeito da abordagem colaborativa.

Além disso, o processo de desenvolvimento de produtos, e os respectivos modelos, surgem de forma a atender a complexidade das necessidades do projeto a ser desenvolvido, por meio de fases e etapas de uma forma estruturada de forma a auxiliar a fase de projeto e de desenvolvimento (ROZENFELD et al., 2006).

d. Melhorias através da impressão 3D

A última questão, relacionada às expectativas ao uso da impressão 3D no processo de confecção de órteses, foram citadas: material mais eficiente (2) precisão e rapidez (3) acabamento (4) e materiais mais acessíveis (3).

Conforme relatado por um especialista, a impressão 3D resgata a ideia do processo artesanal, mas de uma forma industrial: *“Eu acho que ela resgata essa ideia de ter o personalizado de uma forma industrial isso é muito legal só que aí tem que ser observado o que vai ser feito [...]”* (Especialista Designer 6).

Uma das principais vantagens da impressão 3D está na personalização e na customização de produtos que antes somente poderiam ser produzidos em grande escala, o que também causa um impacto direto na redução de custos, e os produtos a partir de então, passam a serem produzidos por demanda (RODRIGUES et al., 2016).

e. Colaboração com a Terapia Ocupacional

Em relação aos fatores relevantes a serem considerados em um processo de design, foram citadas: a unificação das linguagens (4) e comunicação (3).

Segundo declarado por um especialista, a linguagem das profissionais são diferentes e para tanto é necessário chegar a um consenso para que ocorram trocas significativas durante o projeto *“[...] a TO tem a sua prática né, todo o seu processo e o designer a sua; pra que se aumente a compreensão cada um tem um então, quando tu põe os dois trabalharem juntos tem que ajudar a alinhar linguagens na equalizar desenvolvimento para que se tente colaborar ”* (Especialista Designer 9).

A Colaboração envolvendo especialistas de diferentes áreas, trabalhando em conjunto, é mais propensa a obter resultados de uma forma mais ampla, obtendo uma maior compreensão do espaço do problema além de permitir acesso a diversas perspectivas e novas formas de pensar que não poderia ser possível apenas por uma profissão (BORGER et al., 2016).

Como principais resultados levantados nas entrevistas, portanto está, a fase de projeto informacional como decisiva para o desenvolvimento de um produto. Como principal dificuldade elencada no desenvolvimento de produtos para área de Tecnologia Assistiva está a compreensão das necessidades dos usuários e relacioná-las ao problema do projeto.

As contribuições da metodologia de projeto aplicada ao desenvolvimento de órtese, relatadas pelos especialistas, portanto, é o estabelecimento de um roteiro que consequentemente facilite a unificação de linguagens e comunicação dentro de um projeto

colaborativo.

Por fim, segundo os especialistas, as principais contribuições da impressão 3D no desenvolvimento de órteses, estão à rapidez e precisão da reprodução dos modelos tridimensionais, além de se tornarem os produtos mais acessíveis, devido ao baixo custo do material utilizado.

4.2 Resultados e Análise do Card Sorting

Embora a técnica de Card sorting seja bastante utilizada para o desenvolvimento de sistemas de informação e classificação de estruturas para sites, o card sorting pode auxiliar na compreensão da classificação de determinados assuntos pelos usuários (SPENCER, 2004).

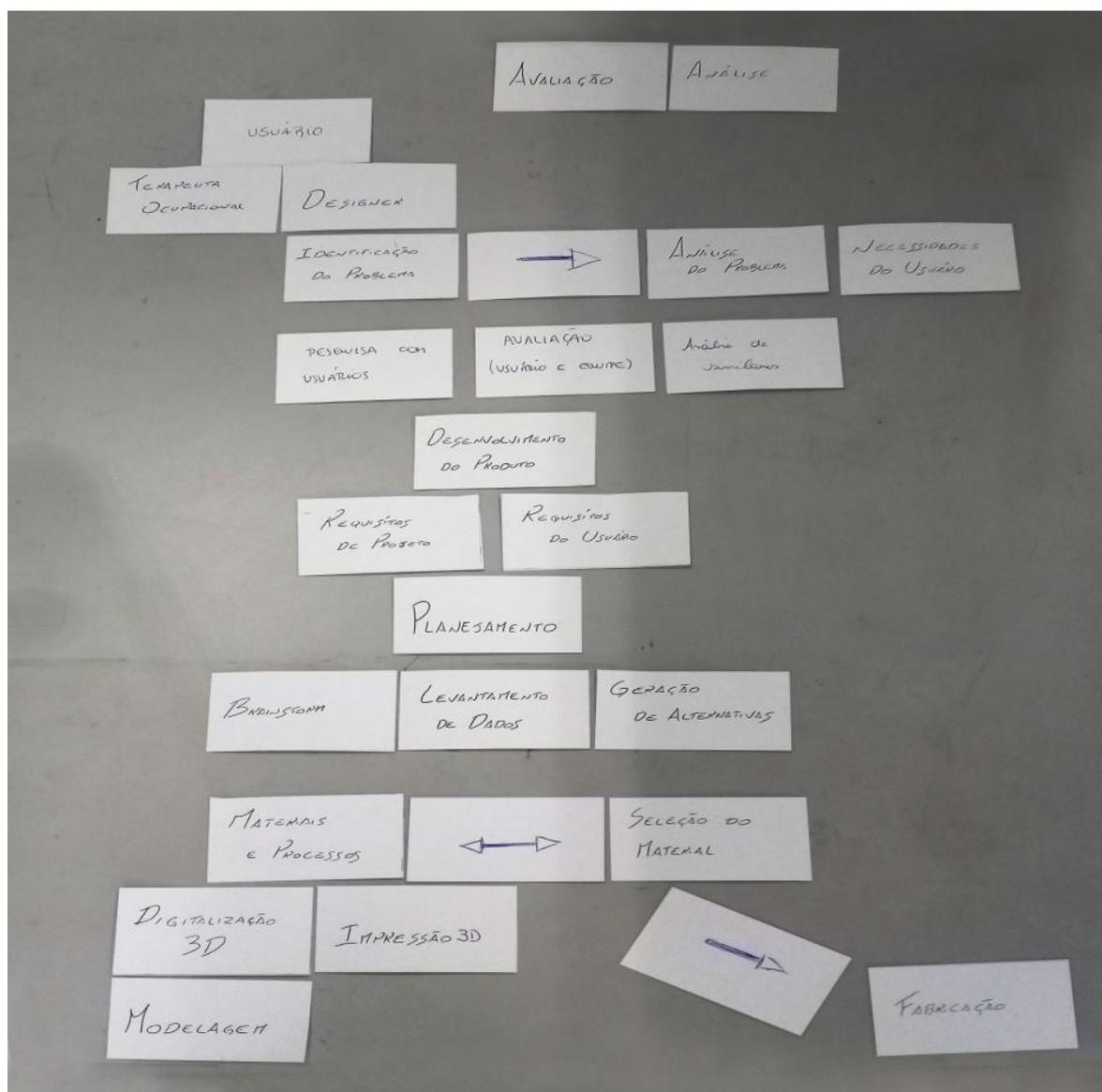
Além de um método rápido, barato e seguro, o Card Sorting permite entender como os usuários reais categorizam as informações disponíveis, identificando terminologias utilizadas, por meio da representação de suas classificações (MAURER E WARFEL, 2004). Portanto, o objetivo da aplicação do Card Sorting, foi de obter informações da compreensão dos processos de fabricação de uma órtese, identificando como os especialistas classificam e ordenam os passos necessários para a elaboração de um projeto de uma órtese utilizando manufatura aditiva, por meio de uma abordagem colaborativa.

O método foi aplicado individualmente de forma presencial em conjunto com as entrevista, optou-se por Card sorting aberto, em que os especialistas poderiam adicionar itens que julgassem relevantes. Ao todo vinte e quatro (24) cartas compuseram o card sorting contendo etapas do processo de desenvolvimento de produtos, etapas do desenvolvimento de órteses e os principais termos utilizados. Previamente para a elaboração das cartas utilizadas no Card Sorting, foram analisadas e destacadas as principais etapas de desenvolvimento de produtos dentro das metodologias selecionadas.

Segundo Spencer (2004), a análise dos dados coletados nos card sortings pode não ser considerada uma tarefa fácil, e pode ser realizada de duas formas identificando padrões gerais ou usando softwares de análise de cluster (agrupamentos), que são comparações estatísticas das árvores geradas nas sessões em busca de similaridades de associações.

Ao iniciar a aplicação do Card Sorting, os participantes receberam como instrução, a necessidade de incluir os seguintes termos: digitalização 3D, impressão 3D, Terapeuta Ocupacional e Designer. No total, foram dezesseis (16) participantes, sendo nove (9) designers e sete (7) terapeutas ocupacionais (Figura 32).

Figura 32 - Exemplo de Card Sorting.



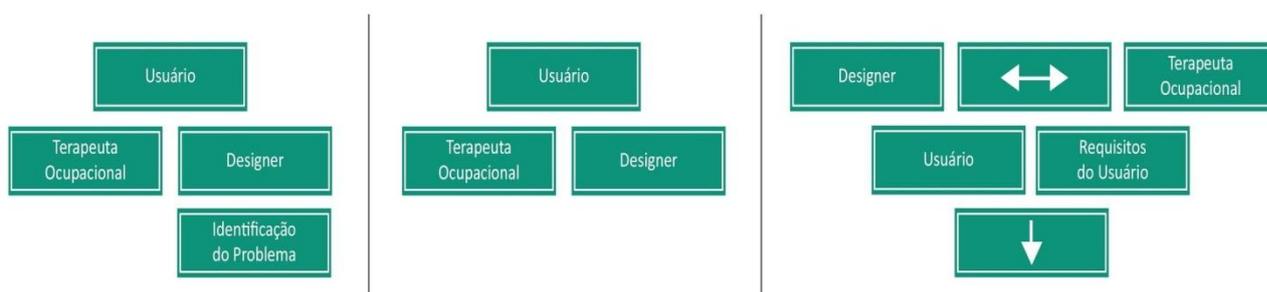
Fonte: Acervo da pesquisadora.

Para a análise do Card sorting existem duas maneiras, análise quantitativa e análise exploratória qualitativa. A fase de análise se inicia com a observação das similaridades e diferenças entre as estruturas criadas pelos participantes. Segundo Davies (1996), as estruturas podem apresentar quatro tipos de possibilidades: Consenso (mesmo termo e definição), Conflito (mesmo termo, definições diferentes), Correspondência (termos diferente, mesma definição) e Contraste (diferentes termos e definições). Portanto, para a análise dos resultados do Card Sorting, foram analisados os padrões de agrupamento de forma qualitativa, em que a partir do padrão de repetição de elementos foi possível criar a metodologia proposta.

De forma a facilitar o processo de análise do Card Sorting, as etapas do desenvolvimento do projeto da órtese foram subdivididas conforme os padrões de repetição expressados pelos participantes.

Dos nove (9) designers participantes da pesquisa, sete (7) deles incluíram o profissional de TO e o Designer como participantes de todo o processo de design, enquanto somente quatro (4) profissionais de Terapia Ocupacional colocaram o TO e designer trabalhando lado a lado; Enquanto cinco (5) subdividiram as etapas que julgaram ser destinadas a cada área de atuação do profissional. Além disso, quatro (4) participantes incluíram o usuário como participante de todo o processo, conforme representação dos esquemas abaixo (Figura 33).

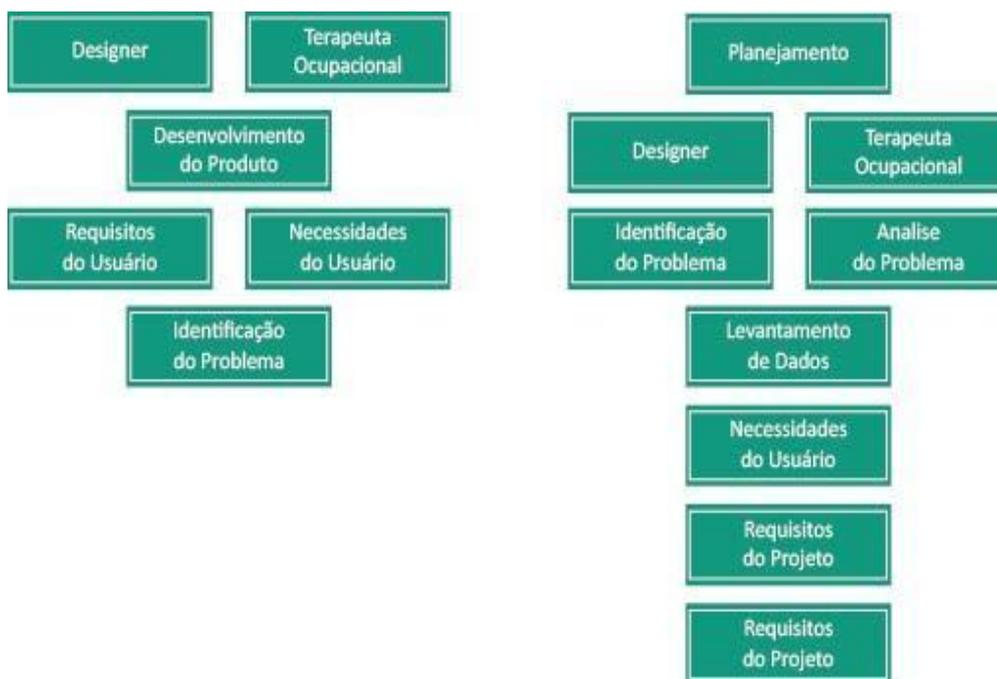
Figura 33 - Atuação dos profissionais



Fonte: Elaborado pela Pesquisadora,

Todos os participantes iniciaram o roteiro com a avaliação inicial ou termo avaliação, ocorrendo, portanto o que é chamado de consenso, de acordo com Davies (1996). Dentro da amostra ainda, quatro (4) participantes incluíram as necessidades dos usuários, seguido os requisitos dos usuários sendo transformadas em requisitos do projeto (Figura 34).

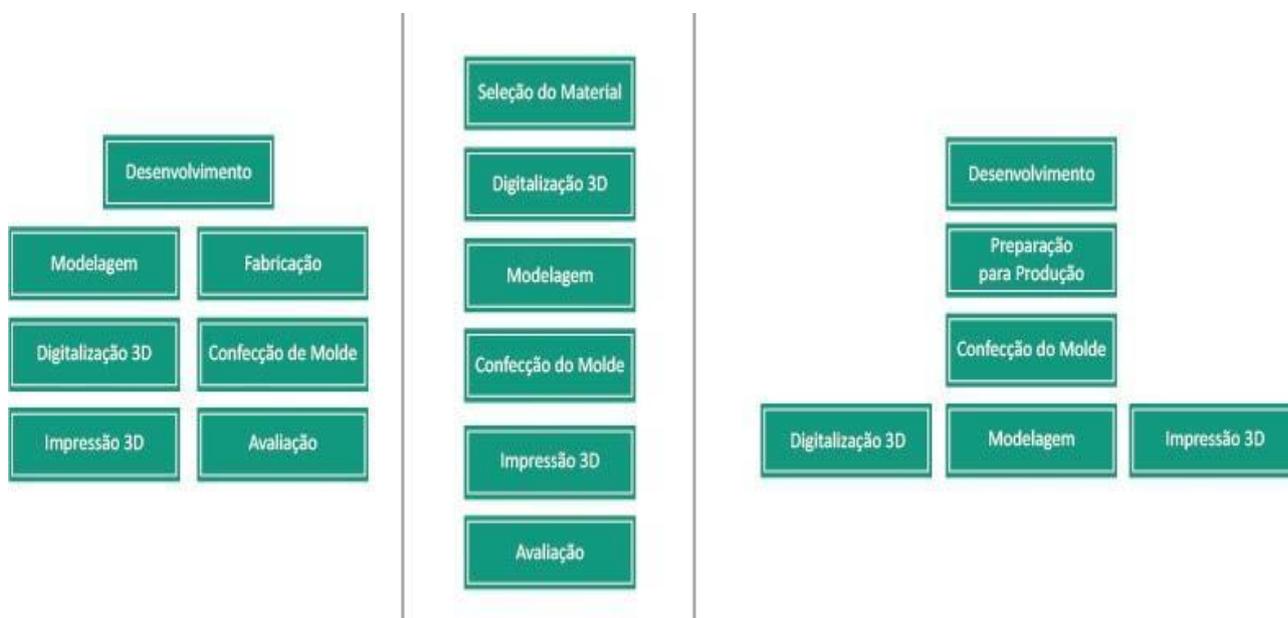
Figura 34 - Necessidades dos usuários, requisitos dos usuários e requisitos de projeto.



Fonte: Acervo da Pesquisadora

A sequência de construção da órtese, portanto, segundo a representação dos especialistas, definida por seis (6) participantes como: seleção do material, digitalização 3D, modelagem 3D e impressão 3D, como representa à imagem abaixo (Figura 35).

Figura 35 - Processo de desenvolvimento.



Fonte: Elaborado pela pesquisadora.

As estruturas semelhantes no *Card Sorting*, portanto, indicam que os termos utilizados são suficientemente claros e suas definições são comuns ao público participante, servindo então como base para a elaboração da estrutura (DE FARIA, 2010).

Portanto, após a análise dos padrões de repetições representados pelos *cards* e de proximidades dos roteiros elaborados pelos participantes, foi possível elaborar o roteiro preliminar da metodológica para o desenvolvimento de órteses.

Após a construção da abordagem, foram incluídas algumas etapas relatadas nas entrevistas com especialistas. Como a etapa de Avaliação e Reavaliação elencada pelos profissionais de Terapia Ocupacional como a fase mais importante do desenvolvimento de uma órtese. E a etapa de análise de similares elencada pelos profissionais designers como fase decisiva para o desenvolvimento de um bom projeto.

Por fim, para a elaboração preliminar da metodologia, alguns termos foram alterados de forma a facilitar à compreensão de ambas as profissões. O projeto informacional, responsável pela etapa inicial será chamado de avaliação e irá incluir as etapas de: avaliação, definição do problema, necessidades do usuário, requisitos do usuário e requisitos de projeto. E o projeto conceitual, passará a ser chamado de projeto da órtese, a fim de facilitar a compreensão e nesta fase irão ocorrer todas as etapas que compõem o projeto.

4.3 Elaboração do Framework

A elaboração do framework do estudo foi realizada com base na triangulação dos dados obtidos das análises do *Card Sorting*, com as estruturas criadas pelos especialistas e as entrevistas com os profissionais elencaram etapas relevantes no processo de projeto de uma órtese, e com base na pesquisa com as principais metodologias de desenvolvimento de projetos utilizadas na área do design.

As análises dos dados coletados da revisão de literatura, em que foram analisadas principais metodologias tradicionais para desenvolvimento de produtos utilizadas, mapeamento das atividades convergentes entre as etapas de desenvolvimento de uma órtese e de desenvolvimento de produtos juntamente com as opiniões dos especialistas quanto ao processo serviram de base para a elaboração da metodologia.

Os métodos e técnicas para o projeto de produtos auxiliam na organização de tarefas tornando as mais claras e precisas, ou seja, são capazes de oferecer suporte lógico ao desenvolvimento de um projeto (MAIA;FREITAS, 2014).

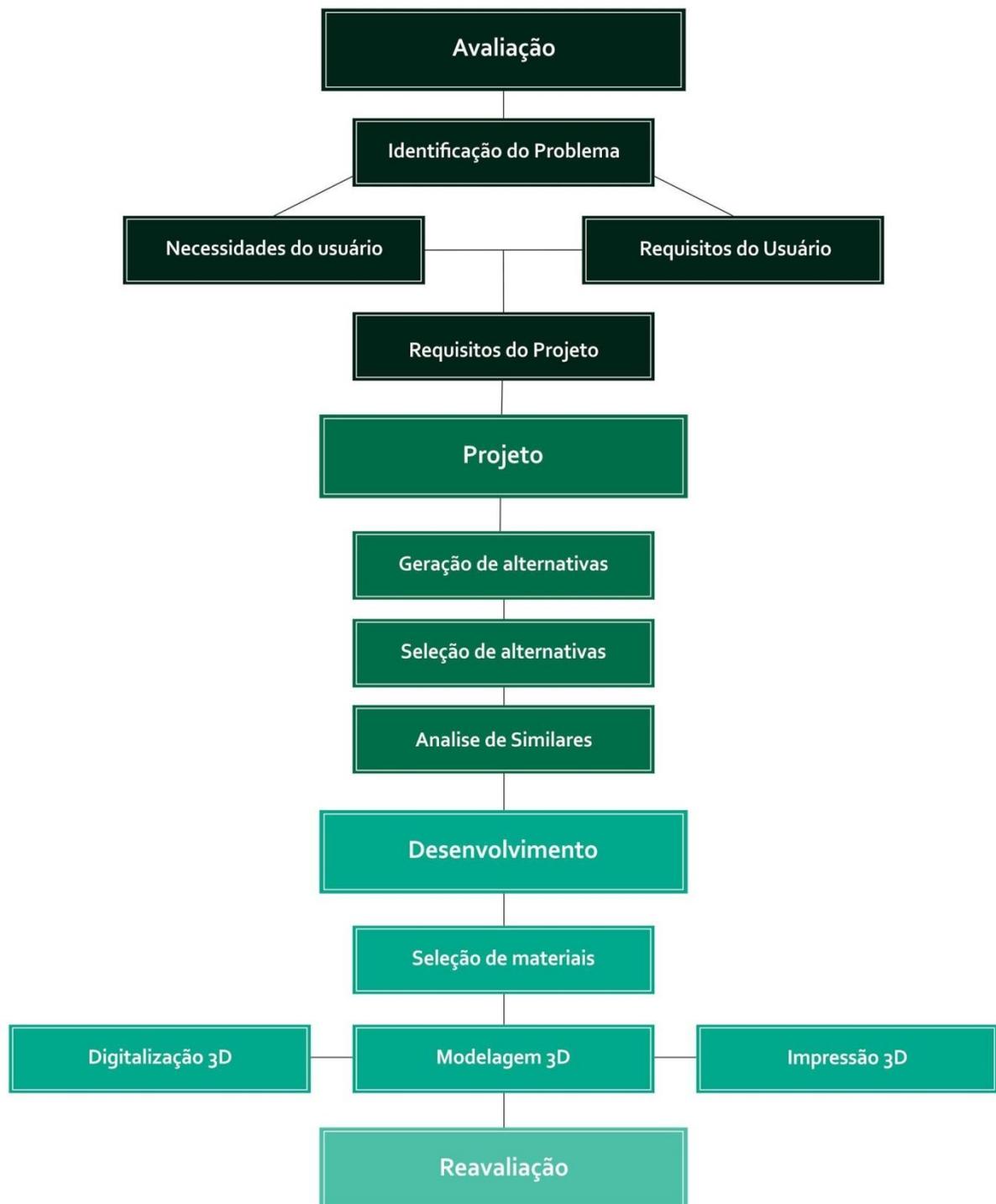
O objetivo da criação do framework, portanto, foi aproximar as duas profissões para a

produção de órteses empregando as tecnologias de fabricação digital, como a impressão 3D de forma a unificar as linguagem para garantir a compreensão durante o desenvolvimento do projeto

Desta forma, o processo integra o designer o TO e o usuário trabalhando colaborativamente durante todo o processo do projeto. Como demonstrado por Paterson, Bibb e Campbell (2012) a produção de uma órtese através da manufatura aditiva visa integrar as necessidades do usuário junto a suas escolhas no projeto, através de um processo de co-design, permite que os pacientes se sintam mais envolvidos no processo e conduzindo a uma maior aceitação do produto.

O framework projetual foi criado, portanto contendo quatro (4) etapas principais: avaliação, projeto, desenvolvimento e reavaliação com suas respectivas sub-etapas que serão apresentadas detalhadamente a seguir (Figura 36).

Figura 36- Apresentação do framework



Fonte: Elaborado pela pesquisadora.

4.3.1 Avaliação

Assim como no processo tradicional de confecção de órteses, a etapa de avaliação com o usuário é a base para a construção adequada da órtese. A avaliação deve focar em aspectos da função do membro superior, incluindo avaliação de força muscular, amplitude de movimento e sensibilidade, além de avaliação da função manual, a fim de mensurar o comportamento do usuário no desempenho de tarefas com o intuito de mapear os aspectos que incluem todos os elementos necessários ao desenvolvimento da órtese (RODRIGUES; CAVALCANTI E GALVÃO, 2011).

Na metodologia de projeto, a etapa de avaliação é responsável, pelo planejamento produto e pode compor ainda a fase de projeto informacional, etapa em que são levantadas todas as informações relevantes ao desenvolvimento do projeto.

4.3.1.1 Identificação do problema

A etapa de Identificação do Problema, também chamada de Definição do Problema por Bonsiepe (1983), é a responsável pela identificação das necessidades que devem ser alcançadas com o desenvolvimento do projeto.

No caso da produção da órtese, a definição do problema será o objetivo do uso da órtese. Conforme descrito na fundamentação teórica, a American Society of Hand apresentou um sistema de classificação de órteses de maneira organizada e prática, se dividindo em quatro características principais: (1) Localização Anatômica: qual a articulação principal envolvida e quais segmentos corporais que serão afetados pela órtese; (2) Direção Cinemática, em que direção será o movimento das articulações, como flexão, extensão e rotação; (3) Objetivo Principal, podendo ser mobilização, imobilização ou restrição; (4) Inclusão de Articulações Secundárias, é atribuída um número correspondente as articulações envolvidas; conforme esquema abaixo (RODRIGUES; CAVALCANTI e GALVÃO p.439)

As fases iniciais são cruciais para o bom desenvolvimento de um produto, portanto somente após a identificação do problema é possível obter informações suficientes para a próxima etapa.

4.3.1.2 Necessidades e requisitos dos usuários

As necessidades dos usuários podem ser identificadas de diversas maneiras, como por meio de entrevistas, questionários, sessões de brainstorming, pesquisa em materiais publicados, previsão de capacidade tecnológica, análise de mercado e benchmarking da concorrência e método do desdobramento da função qualidade (QFD) (PUJOL, 2012).

No caso do desenvolvimento de uma órtese, as necessidades do usuário serão identificadas por meio da avaliação inicial, em que o usuário irá relatar as suas preferências estéticas, questões relacionadas ao conforto da órtese e a sua funcionalidade.

A partir das necessidades, é possível elaborar os requisitos dos usuários, que segundo BACK et al., (2008) se trata da tradução utilizando uma linguagem mais simples e relacionada ao projeto de produto, geralmente expressa de forma qualitativa.

As necessidades dos usuários, portanto, são relatadas pelo mesmo, enquanto os requisitos do usuário são informações em que o projetista reúne utilizando uma linguagem técnica.

4.3.1.3 Requisitos do projeto

A especificação dos requisitos de um projeto é um documento com informações completas, servindo de controle de qualidade do produto a ser desenvolvido, como um guia para equipe de projeto (BAXTER, 2000).

A elaboração dos requisitos de projeto consiste em utilizar termos que traduzem parâmetros mensuráveis como grandezas físicas, funções e restrições, que são traduzidos a partir dos requisitos dos usuários (BACK, 2008). Por exemplo, o requisito do usuário é reduzir o peso da órtese para permitir maior conforto, os requisitos do projeto então deverão ser: (+) conforto (-) diminuição do peso.

Portanto, as definições dos requisitos de projeto são importantes para as fases seguintes do desenvolvimento de projeto, e para a geração de alternativas no processo de desenvolvimento de produtos.

4.3.2 Projeto

Nesta fase, inicia-se o desenvolvimento da concepção do produto e são realizadas tarefas que buscam estabelecer a estrutura funcional do produto que será criado e as funções que serão pretendidas nele. Para isso, são necessários a geração do maior número de

conceitos para a geração do produto final, neste caso a órtese.

Nesta etapa são realizadas análises comparativas entre as alternativas de projeto que foram discutidas em processos criativos como brainstorming, passando agora a serem consideradas as especificações de projeto. O projeto conceitual, portanto, se divide em duas grandes fases: Geração de Alternativas e Seleção das Alternativas.

4.3.2.1 Geração e seleção de alternativas

A etapa de geração das alternativas é responsável pela geração de conceitos para o desenvolvimento do projeto, que posteriormente participarão da seleção de alternativas, definindo as mais viáveis a serem desenvolvidas.

Para a geração de alternativas, uma técnica bastante simples e com boa aplicabilidade é o *brainstorm*, onde se permite explorar a capacidade criativa. O *brainstorm* consiste em uma dinâmica de grupo em que os participantes devem desenvolver ideias e conceitos para o projeto através de desenhos e palavras, partindo do princípio de quanto mais ideias melhor, não cabendo o julgamento dos conceitos gerados (BAXTER, 2000).

Segundo Sanders e Stapper (2008) devemos reconhecer que existem diferentes níveis de criatividade, e é necessário aprender e oferecer diferentes experiências relevantes para facilitar as sessões de criatividade das pessoas envolvidas em todos os níveis do processo de criação.

Outra ferramenta para geração de ideias que pode ser utilizada é o Painel Semântico, ou *Moodboard*, que pode ser aplicado para auxiliar tanto no planejamento do produto quanto para a geração de alternativas (BÜRDEK, 2006). Essa técnica utiliza painéis visuais contendo imagens que expressam aspectos que podem ser transformados em conceitos para o projeto.

Para a seleção das melhores alternativas, podem ser analisadas de forma qualitativa, ou podem ser utilizadas matrizes de priorização de necessidades com o intuito de analisar os custos, os riscos de desenvolvimento, as metas de qualidade, de segurança e de usabilidade (BACK et al., 2008).

Um método de priorização simples e de fácil aplicação é a matriz de Pugh em que quantifica o quanto uma proposta pode agregar a solução do problema, serve de maneira de medir a capacidade das soluções em atender os critérios de avaliação através de uma comparação relativa com uma referência (ULRICH; EPPINGER, 2008).

A seleção de solução no final da fase do projeto conceitual é um momento de tomada de decisão importante. Nesta fase, as informações sobre as concepções, podem estar em um

estágio inicial, são abstratas, esquemáticas e incompletas. Por esta razão uma metodologia de seleção serve como meio para garantir que a melhor ou mais adequada seja escolhida (BACK, 2010).

4.3.2.2 *Análise de similares*

A análise de similares foi elencada pelos profissionais designers como uma etapa importante no desenvolvimento de um projeto, sendo incluída, portanto na metodologia proposta. A análise de similares compreende a busca por referências em produtos semelhantes presentes no mercado. Podem ser divididos entre análise similares de produtos e os similares da função que se quer incluir no novo projeto (BACK et al., 2008).

Nesta etapa, portanto, pode ocorrer à busca de referência em outros modelos de órteses tradicionais ou demais produtos que apresentem semelhança de função para serem incorporadas ao projeto.

4.3.3 Desenvolvimento

Gerados os conceitos para o desenvolvimento do projeto, a fase de desenvolvimento será responsável pelo desenvolvimento da órtese, e envolverá as seguintes etapas: seleção do material, digitalização, modelagem e impressão 3D.

4.3.3.1 *Seleção do material*

A etapa de seleção do material dentro da metodologia de projeto, se refere na escolha dos tipos de materiais em que será composto o produto. No caso do desenvolvimento da órtese utilizando a impressão 3D, a seleção do material será qual tipo de filamento será utilizado e que melhor se adapta ao tipo de órtese selecionada nas etapas de avaliação e identificação do problema.

Existem diversos tipos de materiais utilizados para impressão 3D atualmente, porém quatro tipos de filamentos apresentam características e propriedades semelhantes aos termo moldáveis utilizados no processo tradicional e que podem ser aplicados na confecção de órteses :

- *Poli Ácido Lático (PLA)* - um dos materiais mais utilizados, o poli ácido lático é um material de base biodegradável e atóxico. Material rígido e que apresenta boa resistência, além de que quando submerso em água quente pode ser remodelado,

possuindo propriedades semelhantes ao termo moldável das órteses.

- *Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS)* - material derivado do petróleo é utilizado quando se deseja objetos com maior rigidez. Diferente do PLA, não é biodegradável.
- *Filamento flexível* - Trata-se de um polímero especial que permite a impressão de peças semelhantes à borracha, permitindo a criação de objetos maleáveis e flexíveis. Na produção de órteses, o filamento flexível pode ter aplicabilidade em substituição ao neoprene em órteses de velcro permitindo maior flexibilidade.
- *PETG* - Material reciclado, derivado da garrafa PET, apresenta um aspecto transparente e brilhoso, resulta em objetos resistentes a impactos, assim como ABS, porém com maior flexibilidade e resistência, além de ser biodegradável.

No processo tradicional de confecção de órteses, a seleção do material é realizada na segunda etapa do processo, pós-avaliação com usuário e planejamento. Porém no caso do desenvolvimento utilizando a impressão 3D, é mais viável que a seleção do material seja antes do início do processo de fabricação, após a definição de todos os requisitos e do projeto da órtese, minimizando assim os riscos de erro no desenvolvimento do projeto.

4.3.3.2 Digitalização, modelagem e impressão

Segundo método proposto por Paulosek (2014) a construção de uma órtese utilizando a impressão 3D apresenta ao todo sete (7) etapas: (1) aquisição de dados do membro superior, em que são utilizados métodos para aquisição de imagem; (2) processamento dos dados, gerados a partir da modelagem; (3) geração de superfície paramétrica da órtese; (4) Processo de modelagem CAD; (5) Prototipagem ou impressão da órtese; (6) acabamento de superfície, com inclusão de velcros; e por fim (7) teste final com o usuário.

Para a primeira etapa, a digitalização, será utilizado como método para aquisição de imagens. Existem diversos métodos para captura, desde aos mais complexos como o uso de tomografia computadorizada, frequentemente empregado na medicina para diagnóstico por imagem, até scanners 3D portáteis, em que é permitido realizar uma melhor reprodução tridimensional de um objeto (PATERSON et al., 2012).

Uma alternativa de scanner tridimensional é o *Kinect*, dispositivo da *Microsoft* que se trata de um sensor de movimentos utilizados em jogos, possui baixo custo em relação aos *scanners* de digitalização tridimensional comercializados no mercado, sendo um dispositivo de fácil utilização (BRENDLER, 2013).

A complexidade morfológica da mão requer a aquisição de imagens mais detalhada,

portanto, é necessário que o usuário mantenha o braço bem posicionado sendo necessário o controle de movimentos involuntário que inevitavelmente ocorrem durante a sessão de digitalização (BARONIO et al., 2016). Após a geração dos dados tridimensionais do membro superior da paciente, este arquivo é convertido em uma malha de polígonos tridimensionais exportados para um *software* de modelagem 3D.

A etapa de modelagem da órtese requer determinados conhecimentos, por isso é necessário o conhecimento de uso dos *softwares* do designer, e os conhecimentos em anatomia e posicionamento da mão para reprodução adequada da anatomia do paciente.

Segundo Fernandes et al.(2015) a etapa de modelagem 3D da órtese, pode ser considerada a fase mais crítica do desenvolvimento pois depende diretamente da experiência do profissional no uso de programas de modelagem tridimensional.

Durante o processo de modelagem da órtese, deve se estar atento a suavização das bordas da órtese. Segundo Callinan (2013) as bordas arredondadas permitem uma maior adequação da órtese evitam desconforto e possíveis pontos de pressão.

A última etapa, portanto, é responsável pela impressão 3D do modelo gerado. A técnica de impressão 3D em que será utilizada é a FDM, modelagem por fusão de deposição, pois se trata de uma técnica que apresenta baixo custo.

4.3.4. Avaliação final

Após a etapa de impressão da órtese, na etapa de produção, será responsável pela realização dos ajustes finais da órtese para a entrega ao usuário, como já descrito no processo de confecção de órteses tradicional. Esta etapa inclui a colocação de velcros e faixas, a colocação de forração e acolchoamento para melhorar o conforto da pele em contato com o material da órteses e por fim, se os requisitos estabelecidos no projeto foram atendidos.

O uso da órtese deve ser constantemente reavaliado a fim de que sua eficácia e conforto sejam garantidos ao usuário. Após a finalização da órtese, é necessário que o paciente a utilize por pelo menos 20 minutos para verificar da existência de pontos de pressão. Caso seja evidenciada alguma alteração é necessário realizar algumas modificações a fim de garantir a segurança e o conforto do usuário (CALLINAN, 2013 p. 480).

4.4 Aplicação do Framework e Projeto da Órtese.

Diante do número expressivo de entrevistados com diagnóstico de tendinite, sendo 70% da amostra de usuários órteses; Foi convidado a participar do processo para a construção da órtese e aplicação do framework, portanto, um usuário de órtese com diagnóstico de

tendinite, um Terapeuta Ocupacional e um Designer.

A intervenção utilizando o framework e a entrevista final ocorreu em dois momentos. Inicialmente, foi realizada a etapa de projeto da órtese, envolvendo a elaboração do projeto, a modelagem e impressão da órtese em que ocorreu no laboratório do programa de pós-graduação em Design, VID-UFRGS. No segundo momento, após a finalização da órtese e entrega ao usuário, foi realizada uma entrevista final com os especialistas a fim de coletar dados a respeito do processo e sugestões de melhorias para o framework proposto no trabalho.

4.4 Avaliação

A primeira etapa do processo de projeto portanto, contou com a avaliação do usuário a respeito dos dados necessários para a identificação do problema, necessidades dos usuários e a transformação das necessidades em requisitos para o projeto da órtese, em que serão detalhadas a seguir:

4.4.1 Avaliação com usuário

A primeira etapa, portanto, contou com a avaliação do usuário, incluindo a avaliação de *goniometria*, avaliação de escala de dor e de força, realizado pelo Terapeuta Ocupacional, enquanto o designer auxiliou nas anotações relacionadas à avaliação.

O paciente de sexo feminino, 25 anos, apresenta diagnóstico de tendinite de punho, relata a presença de dor, relacionado diretamente a sua atuação profissional em que faz uso frequente do computador. Quanto a avaliação da escala de dor, relatou dor em grau cinco (5), em uma escala de 0 a 8, tendo como referência 0 nenhuma presença de dor e 7 à 8 classificado como dor intensa. Apresentou restrição de amplitude de movimento, especificamente na posição de desvio ulnar e radial. O paciente relatou o uso de órtese pré-fabricada encontrada em farmácias e lojas de reabilitação, porém relatou não observar nenhuma melhora significativa.

A tendinite do flexor ulnar do carpo é caracterizada pela dor provocada durante a flexão do punho na posição de desvio ulnar, podendo ser irradiada proximamente para o antebraço e distalmente na face ulnar da mão (FREITAS, 2012).

4.4.1.1 Identificação do problema

Através da avaliação foi possível identificar as limitações do usuário e a necessidade do uso da órtese. O tipo de órtese escolhida foi uma de posicionamento, que abrange a região do punho e restringe o movimento de desvio ulnar.

O uso de órtese para tratamento de tendinite geralmente é indicado em fases agudas, sendo os objetivos do tratamento redução da dor e de edema quando presentes, proporcionando repouso da área afetada. A órtese deve ser utilizada por todo tempo, somente devendo ser retirada para a realização de tarefas de higiene e de exercícios orientados pelo terapeuta (FREITAS, 2012).

4.4.1.2 Necessidades dos usuários

Como necessidades elencadas pelo usuário, durante a fase de avaliação pelo Terapeuta Ocupacional e pelo Designer, estão:

- Órtese confortável e leve;
- Permitir a realização de tarefas como uso do computador;
- Diminuir queixas relacionadas à dor;
- Esteticamente agradável;
- Facilidade na colocação e retirada.

As melhorias esperadas no projeto da órtese, também englobam as principais dificuldades relatadas pelos usuários de órteses na pesquisa online, como suor, desconforto, dificuldades em retirada e colocada da órtese e desconforto em realizar atividades cotidianas.

4.4.1.3 Requisitos do projeto

De forma a compreender quais os requisitos eram necessários ao projeto de uma órtese, foram elencados pelo Designer e pelo Terapeuta Ocupacional, os seguintes requisitos de acordo com as necessidades elencadas pelo usuário de órtese:

- Imobilização do punho;
- Fácil colocação e retirada;
- Permitir ventilação;
- Possibilidade de não uso do velcro;
- Leve e confortável.

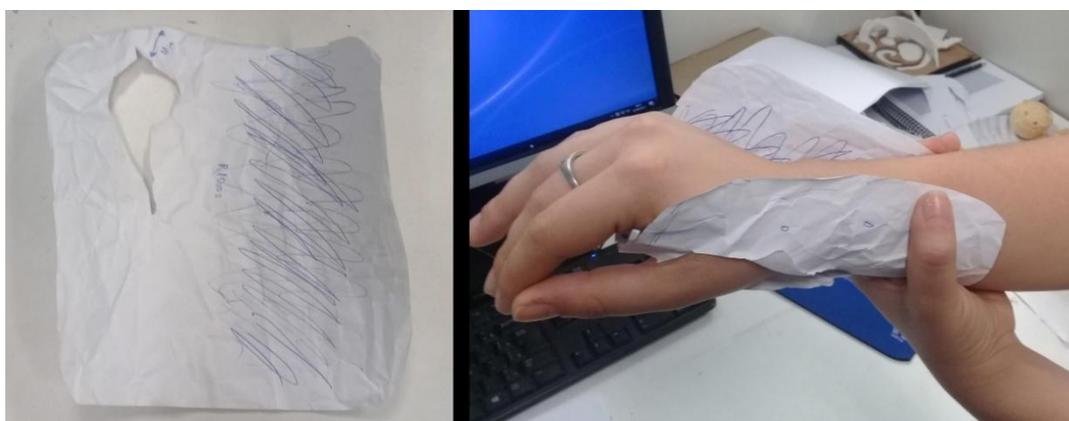
4.4.2 Projeto da órtese

Após a identificação das necessidades dos usuários e a transformação em requisitos de projeto, a fase de projeto da órtese contou com as etapas de geração de alternativas, análise dos similares, seleção das alternativas, seleção dos materiais que compuseram a órtese, digitalização modelagem e impressão do modelo. A seguir, as etapas serão detalhadas:

4.4.2.1 Geração de alternativas

Na etapa de geração de alternativas, os especialistas criaram um protótipo de papel de forma a facilitar simulação e visualização do projeto da órtese (Figura 37).

Figura 37 - Protótipo da órtese de papel.



Fonte: Acervo da pesquisadora

Os protótipos rápidos, ou também chamados de Mockups, são representações, desenhos do modelo gerado ainda na fase conceitual, geralmente desenvolvidos com materiais de baixo custo e de fácil modelagem como papel, servindo como forma de representar o projeto (BAXTER, 2000).

A criação do protótipo pode ser comparada, por exemplo, a fase de retirada do molde do processo tradicional de fabricação de órteses personalizadas. A geração do molde dentro do processo tradicional serve como base para retirada de medidas do membro do paciente e como um esboço da órtese, e tendo como objetivo minimizar o desperdício de material e fornecer uma representação bidimensional da órtese (CALLINAN, 2013 p.478)

4.4.2.2 Análise de similares

Na etapa de análise de similares, os participantes realizaram apenas uma análise visual, utilizando um *moodboard* contendo modelos de órteses tradicionais disponíveis em mercado e discutindo as melhorias que poderiam ser inseridas no projeto.

O *moodboard* serviu, além de busca de referências visuais para ideias para a órtese, como um meio de compreensão por parte do Designer, de aspectos relacionados a anatomia da mão, função da órtese e posição dos velcros; E ao Terapeuta a compreender os métodos de fabricação digital a serem utilizados no desenvolvimento do produto (Figura 38).

Figura 38 - Moodboard de referência para criação da órtese.



Fonte: Acervo da pesquisadora.

4.4.2.3 Seleção do material

Dentro dos materiais de impressão 3D apresentados para a confecção da órtese, o material PLA foi selecionado por apresentar rigidez e flexibilidade necessárias à construção da órtese. A espessura da órtese é de 1,5 mm, permitindo flexibilidade para encaixe no membro ao mesmo tempo em que terá a rigidez necessária para a imobilização do punho. Para a fixação da órtese ao punho foi selecionada a utilização de velcros, mesmo modo de fixação utilizado nas órteses tradicionais.

4.4.2.4 Seleção das alternativa

Para a seleção das alternativas geradas, foi utilizada como ferramenta de seleção a matriz de Pugh. Foram geradas duas soluções para a construção da órtese, em que foram comparadas, e a alternativa que melhor atendeu os requisitos levantados, como conforto, tipo de abertura, fixação e modelo, portanto, foi selecionada.

A solução escolhida apresenta um de seus lados sem perfurações para permitir a imobilização e estabilidade na região do punho. O lado em que não é necessário promover a imobilização apresenta padrão perfurado, sendo uma forma de solucionar os problemas relacionados à ventilação da órtese, relatado pelos usuários durante a fase de entrevistas.

Conforme mencionado, o protótipo abaixo representa na parte branca (a) elementos vazados de forma a facilitar a ventilação da órtese em contato com a pele do usuário; e a área em cinza (b) refere-se ao lado ulnar, onde a órtese deverá ser rígida (Figura 39).

Figura 39 - Desenho da solução escolhida.



Fonte: Acervo da pesquisadora.

4.4.3.1 Digitalização 3D

A etapa de digitalização do membro do usuário foi realizada no início do processo, durante a etapa de avaliação com o usuário, como um meio de facilitar a etapa de geração de alternativas.

Embora a ideia inicial do trabalho fosse utilizar o dispositivo *Kinect da Microsoft* como digitalizador de baixo custo, porém as imagens geradas não foram adequadas ao projeto, conforme citado por Brendler (2013) o dispositivo Kinect, acaba não sendo adequado a digitalização de membros como as mãos, por não representar com fidelidade e detalhes as curvaturas das mãos. Portanto, para a realização da etapa de digitalização do membro superior, foi utilizado o scanner portátil de luz branca EVA Handheld, com software Artec Studio 9.2, em que apresentou maior precisão e reproduziu com fidedignidade a anatomia da mão do usuário.

O scanner EVA possibilita a digitalização em tempo real (assim como o Kinect) a medida em que se movimenta em torno do corpo, reconhecendo as informações e as transformando em uma malha de polígonos tridimensionais (PINHEIRO, 2015).

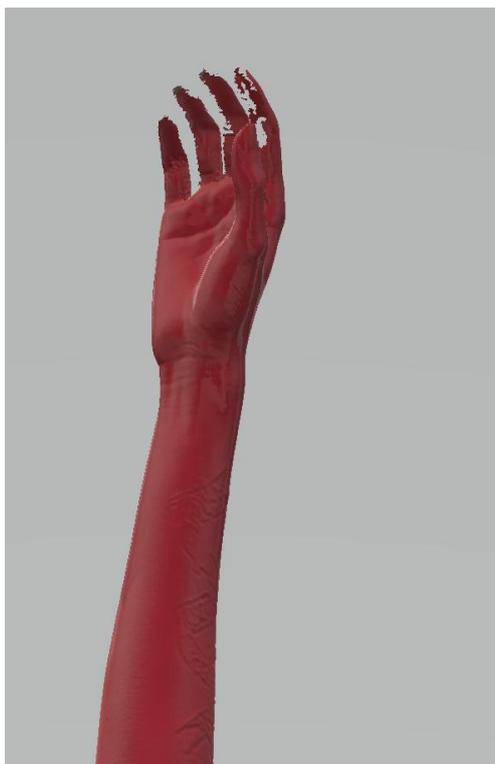
O tempo médio para preparação e digitalização do membro do paciente foi de aproximadamente dez minutos, tendo o usuário que permanecer em uma posição estática por cerca de um a dois minutos, a fim de evitar alterações na malha durante a digitalização. Já o processamento do arquivo gerado no processo de digitalização levou em torno de dez (10) à quinze (15) minutos (Figura 40 e figura 41).

Figura 40 - Digitalização do membro superior do usuário.



Fonte: Acervo da pesquisadora.

Figura 41 - Modelo do membro superior digitalizado.



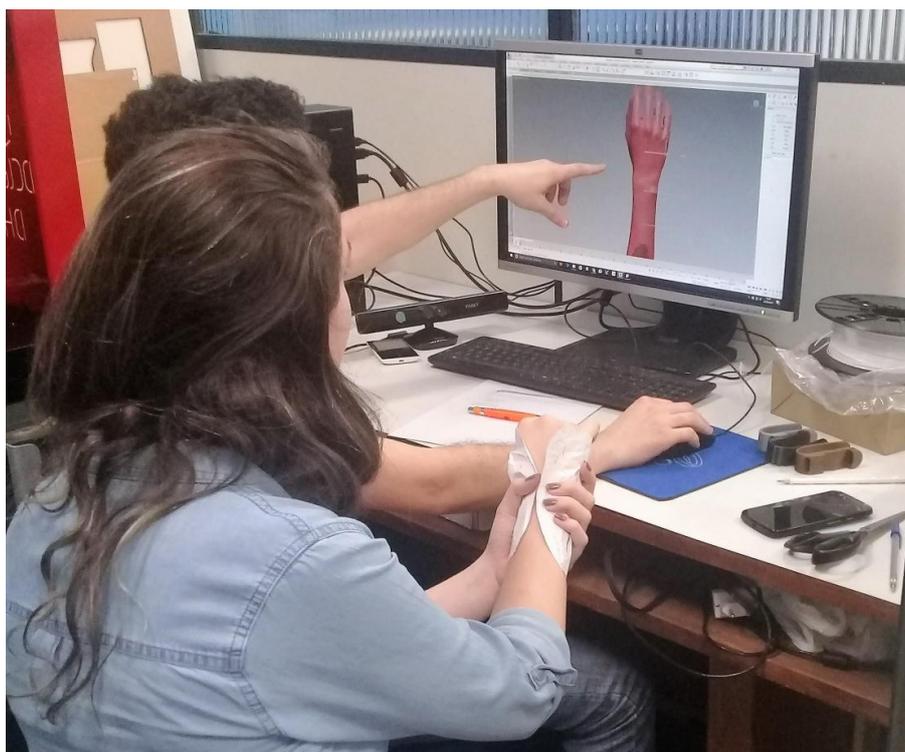
Fonte: Acervo da pesquisadora.

Após a digitalização do membro do usuário, a geometria gerada foi exportada em um arquivo de formato OBJ. A malha gerada apresentou uma nuvem de pontos correspondente a 281.662 vértices, tendo em vista que, quanto maior o número de polígonos gerados, maior será a precisão da representação do modelo. Diante da fidelidade da representação do membro digitalizado, foi possível visualizar com clareza os pontos anatômicos que servem de referência para a criação de órteses, como pregas palmares, pregas do punho e processo estilóide da ulna e do rádio.

4.4.3.2 Modelagem

O processo de modelagem ficou sob responsabilidade do designer, sendo orientado pelo terapeuta a realizar marcações e pontos de referência anatômicos, como a delimitação das áreas da órtese que iriam abranger o membro, pontos de referência para imobilização, curvatura inicial e final da órtese, curvaturas na mão e contornos das pregas palmares que a órtese deve respeitar (Figura 42). A digitalização do membro do usuário na etapa inicial, auxiliou tanto na etapa de geração de alternativas quanto na fase de modelagem, em que facilitou a visualização do projeto e das referências anatômicas para a criação da órtese.

Figura 42 - Processo de modelagem da órtese.



Fonte: Foto tirada no laboratório VID.

O *Software* utilizado para modelagem foi o *3D Max* da *Autodesk*, e o tempo médio gasto para a modelagem do primeiro protótipo da órtese foi de aproximadamente dez (10) horas. O tempo elevado no processo de modelagem justifica-se pelo fato da órtese ter sido criada em softwares tradicionais de modelagem, sendo que as referências para a construção da órtese tendo que ser planejadas individualmente.

Se fossem utilizados *softwares* com base CAD destinados a modelagem de órteses, como proposto por Patterson (2014) em seu estudo que apresenta um protótipo de *software*, o tempo de modelagem seria reduzido, devido a simplificação tarefas como corte, criação de referências anatômicas e colocação de padrões de perfuração na órtese.

A partir dos dados gerados no primeiro modelo 3D da órtese, criou-se uma biblioteca de referência de pontos anatômicos para futura utilização ou possível revisão da órtese, de forma a diminuir o tempo gasto na modelagem do próximo modelo a ser gerado.

Para a criação da estrutura perfurada foi utilizado o *software*, *Meshmixer* da *Autodesk*, criando um padrão de perfuração chamado Voronoi, sendo variável em virtude da resistência da órtese em determinados pontos, como já relatado na etapa de projeto da anteriormente (Figura 43).

Figura 43 - Modelo tridimensional da órtese



Fonte: Elaborado pela autora.

4.4.3.3 Impressão 3D

Para a impressão do modelo 3D da órtese, foi empregue uma impressora 3D de técnica FDM da marca 3DCLONER, disponibilizada pelo Laboratório do Programa de Pós-graduação em Design VID (Virtual Design).

O primeiro modelo gerado apresentou erros de escala, a espessura da camada de impressão não foi considerada, tornando a órtese menor em relação ao membro superior do usuário. Porém, por meio da impressão do primeiro modelo, foi possível visualizar algumas alterações necessárias no projeto da órtese, como a inserção de uma abertura maior na parte superior, para facilitar a colocação e retirada da órtese, e diminuição da espessura da camada de impressão permitindo ao modelo maior flexibilidade do modelo. O tempo gasto para a impressão do primeiro modelo foi de 4h30min (modelo preto), enquanto o tempo gasto para impressão do segundo modelo foi de 7h41min (modelo dourado). O tempo elevado se deu por conta das modificações realizadas no padrão de perfuração da órtese devido ao aumento da escala do novo modelo (Figura 44).

Figura 44 - Comparação entre os modelos



Fonte: Acervo da pesquisadora.

Uma vez finalizada a impressão do segundo modelo de órtese, as rugosidades e as imperfeições da impressão 3D foram eliminadas utilizando uma lixa d'água, a fim de evitar desconforto e riscos de pontos de pressão da órtese ao contato com a pele do usuário (Figura 45).

Figura 45 - Segundo modelo impresso



Fonte: Acervo da pesquisadora.

Com relação ao material, o PLA permite a remodelagem quando submerso em água quente a uma temperatura de 65° graus, características semelhantes aos termomoldáveis, porém não há alteração de suas propriedades mecânicas, apenas fornece o amolecimento para que seja permitida a realização de ajustes (BRAMBILLA, 2013). Tal característica acaba por evitar o desperdício de material quando necessário a realização de pequenas ajustes na órtese.

4.4.4 Reavaliação

A última etapa, portanto, se trata da finalização do modelo da órtese, com ações como a colocação e posicionamentos dos velcros para a entrega e avaliação final com o usuário.

A órtese foi finalizada e entregue à paciente em que a utilizou por vinte (20) minutos a fim de avaliar o conforto e pontos de pressão. Não tendo sido verificado nenhuma alteração, a órtese foi entregue ao usuário (Figura 46).

Figura 46 - Usuário utilizando órtese, vista posterior.



Fonte: Acervo da pesquisadora.

O usuário foi orientado a utilizar a órtese por uma semana, cerca de três a quatro horas diárias, retirando a órtese somente para a realização de atividades de vida diária, como de higiene pessoal, atividades em contato com calor ou em caso de sinais de desconforto.

A fase de reavaliação ocorreu após uma semana de uso da órtese e contou com avaliação funcional da órtese, com foco na colocação e retirada da órtese, verificação de possíveis pontos de pressão e avaliação do comportamento motor do usuário ao utilizar a órtese.

Foram identificadas algumas melhorias necessárias para a acomodação da órtese, sendo necessário retomar alguns pontos do projeto. Dentro das alterações, foi observada a necessidade de inserir uma abertura maior para facilitar a colocação e retirada da órtese, e a possibilidade de substituição dos velcros por tiras de filamento flexível, em que nas quais possui características de flexibilidade, possibilitando a impressão de peças funcionais.

Segundo Patterson (2014), os fixadores utilizados nas órteses, como tiras de velcros e

elásticos, além de não permitirem uma boa ventilação da órtese, podem ser difíceis de ajustar e remover, além de que, aderem à tecidos de roupas causando danos nas peças do vestuário.

O projeto da órtese então apresentou uma nova proposta de solução no projeto que envolveu a inserção de pinos na borda externa lateral do corpo da órtese, facilitando a fixação de tiras de material flexível de impressão 3D, substituindo então o uso de velcros (Figura 47).

Figura 47- Pinos para fixação das tiras de filamento flexível.



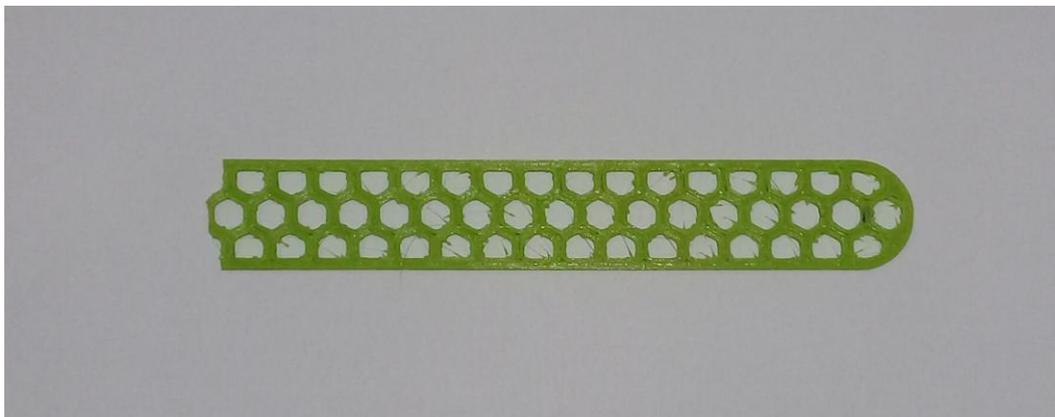
Fonte: Acervo da pesquisadora.

O posicionamento dos pinos de fixação para as tiras foram projetados de acordo com as orientações quanto à atuação dos três paralelos de forças recíprocas atuantes na órtese, atuando orientadas na mesma direção, de modo proximal e distal, além de forças médias recíprocas orientadas na direção oposta. Assim, a posição dos velcros deve garantir atuação

dos três pontos de pressão, permitindo o equilíbrio e o alinhamento da órtese (FESS, 2002).

As tiras de filamento flexível foram projetadas com um padrão colmeia, a fim de permitir os ajustes de tamanho ao longo de toda a sua superfície, além de facilitar a colocação, permitindo que o usuário consiga prendê-las utilizando apenas uma mão. A largura das tiras é de 2.5mm comprimento e 0.3mm de espessura (Figura 48).

Figura 48 - Tira de filamento flexível.



Fonte: Acervo da Pesquisadora

Após, a finalização dos ajustes do projeto, a órtese foi entregue novamente ao usuário, e ao final de uma semana de uso, o usuário foi novamente reavaliado, em relação aos aspectos de conforto e posicionamento da órtese; Para avaliar os aspectos funcionais alterações no comportamento motor proporcionadas, seria necessário um período maior, equivalente a dois meses. Conforme já descrito, o foco desta pesquisa foi propor uma abordagem projetual colaborativa, com a criação do framework para facilitar o processo de confecção de órteses, aspectos da efetividade do uso do dispositivo, portanto não foram abordados (Figura 49 e Figura 50).

Figura 49 - Órtese com tiras de filamento flexível vista posterior e vista frontal.



Fonte: Acervo da Pesquisadora.

Figura 50 - Usuário utilizando órtese vista lateral



Fonte: Acervo da Pesquisadora.

Outro ponto levantado na pesquisa, durante a fase de coleta de dados, especificamente entrevistas com os especialistas, foi o custo das órteses. O custo total de material para a produção da órtese 3D, foi de aproximadamente R\$ 26,00 sendo incluso o material utilizado na órtese e os fixadores flexíveis. O custo médio de produção de uma órtese no modelo tradicional é de aproximadamente R\$ 250,00 a órtese impressa, portanto tem o custo 89% inferior a órtese de termomoldável.

O tempo relacionado à confecção da órtese por meio da impressão 3D foi de aproximadamente doze horas, somando todo o processo, desde a digitalização do membro do

usuário a impressão e acabamentos. Tempo relativamente alto comparado ao processo tradicional de confecção que, conforme relatado pelos profissionais de TO, possui o tempo médio de produção de duas horas.

Embora o tempo de projeto e produção de uma órtese pelo método proposto apresente um maior tempo para confecção comparado ao tradicional, o gasto de material e erros projetuais, são significativamente inferiores em relação ao antigo processo. Conforme descrito por Patterson (2014) o processo envolvendo a impressão 3D, além de diminuir os riscos relacionados ao contato indireto, fornece informações mais detalhadas quanto às necessidades do usuário em relação a órtese, além de que, a experiência do profissional acaba por não interferir na qualidade final da órtese.

4.5 Entrevista Final com Especialistas

Ao final da intervenção, criação do projeto da órtese foi realizada uma entrevista com os profissionais envolvidos, por meio de um questionário semi-estruturado contendo questões abertas relativas a percepção destes quanto a proposta metodológica e possíveis alterações quando ao framework apresentado. O objetivo da entrevista, portanto, foi avaliar o seu entendimento quanto ao processo do projeto, focando os pontos principais envolvidas na abordagem metodológica colaborativa como: o framework, as etapas do processo de projeto, a colaboração entre os profissionais envolvidos e as sugestões de melhorias que possam facilitar o desenvolvimento do projeto de confecção de órteses.

A entrevista, portanto foi gravada, fotografada e transcrita, tendo as respostas sido analisadas e apresentadas em três categorias: (a) framework, em que constam as principais considerações dos profissionais quanto a estrutura organizacional do framework; (b) colaboração, durante o processo de projeto; (c) sugestões de melhorias, na estrutura do framework.

a. Framework

A primeira questão foi referente à criação do framework. Os profissionais foram questionados sobre suas percepções quanto à proposta apresentada. Em relação à isto, os participantes avaliaram a proposta como interessante pela troca de experiências profissionais e pela criação conjunta, relatando que a simplificação da linguagem facilitou o processo para que ocorressem as trocas durante a projeção.

Embora, como relatado pelos profissionais, não tenham seguindo o roteiro

linearmente, os participantes conseguiram cumprir todas as etapas propostas do método. Foi relatado que as etapas foram adequadas, porém deve-se estar atento de que as etapas não são seguidas linearmente, mas sim, servem como um guia para o desenvolvimento do projeto.

Destaca-se a frase do Designer sobre a linearidade do processo "[...] eu acho que no design é assim mesmo sabe, tu não vai seguir tudo linearmente porque não é assim que nosso cérebro funciona né" (Designer).

b. Colaboração

A questão teve como objetivo avaliar a percepção dos participantes quanto a colaboração no processo de projeção da órteses. Os profissionais relataram que a colaboração foi de fato efetiva, e que através da criação conjunta foi possível conhecer um pouco mais da profissão e da atuação profissional um do outro. Ou seja, por meio da colaboração, foi possível que os profissionais trocassem informações necessárias ao projeto, cada um com a sua bagagem profissional, trabalhando juntos por um bem em comum.

Para que realmente ocorra a colaboração dentro de um projeto de produto, é necessário integrar diferentes práticas de profissionais e diferentes áreas no desenvolvimento de produtos, ao invés de dividir partes e solicitar que esses profissionais melhorem cada parte isoladamente (BASSO, 2012).

c. Sugestões de melhorias

Por fim, a última questão está relacionada às sugestões fornecidas pelos especialistas como propostas de melhorias e modificações do framework, a serem inseridas no projeto de uma órtese.

Como proposta de melhorias, os profissionais relataram que o brainstorming deve estar presente durante todo o processo de confecção da órtese, desde a avaliação à etapa de impressão do modelo, sugerindo a alteração da posição da etapa. Entende-se que o Brainstorming é uma técnica para geração de alternativas, e as trocas relatadas pelos profissionais são formas comuns de manifestações de ideias que ocorrem durante o projeto, justificando a partir da fala do Designer, que relata "*[...] eu acho que a geração de alternativas e o brainstorming tão presentes em todas as etapas, desde a avaliação que a TO faz com paciente e que eu começo a entender, nós já vamos criando*"- Designer.

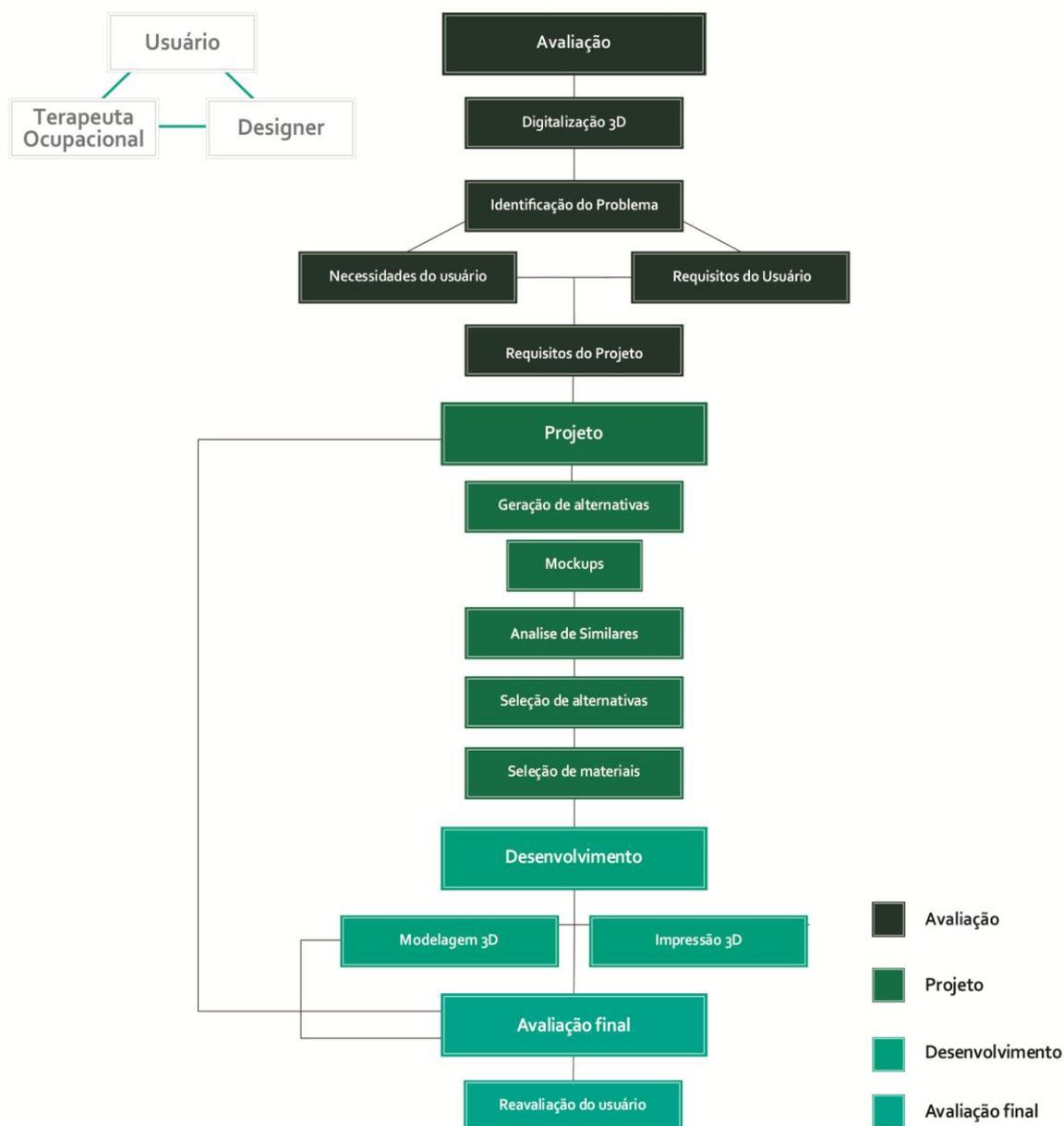
Outra alteração significativa foi a sugestão da mudança da etapa de digitalização para a fase inicial do processo, após a etapa de avaliação do usuário, seguido da etapa de identificação do problema, pois é a partir da fase inicial, também conhecida como projeto

informativa que se define o usuário e o produto, bem como suas medidas antropométricas adquiridas por meio da digitalização 3D. A partir da digitalização do membro, portanto, será possível visualizar e facilitar o processo de geração de alternativas para o desenvolvimento do projeto da órtese. Segundo relatado pela terapeuta ocupacional “[...] eu acho que o escaneamento poderia estar na avaliação, eu acho que já dá pra ter ideias, de como do posicionamento” (Terapeuta Ocupacional).

4.6 Framework Final com Melhorias Propostas

As alterações sugeridas pelos especialistas, durante a entrevista final, foram inseridas em um novo formato do framework e ocorreram de forma a facilitar o processo sendo analisadas e inseridas no modelo apresentado a seguir (Figura 51).

Figura 51 - Alterações inseridas no Framework



Fonte: Acervo da Pesquisadora

A primeira fase do framework, portanto, inicia com a avaliação do usuário, seguido para digitalização de seu membro, etapa sugerida pelos profissionais, a digitalização 3D na fase inicial auxiliará a obter a geometria/ anatomia do membro do usuário de forma a contribuir para o planejamento da órtese, facilitando assim a identificação do problema, a geração de alternativas para o projeto e a visualização da órtese.

A etapa de identificação do problema auxiliará na coleta das necessidades dos usuários, em que posteriormente são convertidas em requisitos do usuário e requisitos do

projeto.

As principais alterações ocorreram na fase de projeto, conforme sugestão dos profissionais, a inserção da etapa de criação de protótipos rápidos ou mockups utilizando materiais de baixo custo, como papel durante a fase de geração de alternativas de forma a facilitar a compreensão do projeto. A digitalização 3D do membro do usuário na fase inicial, através da sua reprodução em um modelo 3D serve como meio para se criar alternativas, permitindo a delimitação do tamanho, limites anatômicos relacionados ao projeto órtese.

A etapa de seleção de alternativas também ocorre juntamente com a geração, e por meio da modelagem em software 3D facilita a visualização do projeto e dos componentes que abrangem a produção órtese.

A análise de similares ocorre de forma visual, sem a necessidade de análises detalhada dos componentes de órtese, será realizada apenas uma busca visual dos concorrentes disponíveis no mercado e também de projetos em sites de compartilhamento de modelos 3D, como realizada pelos especialistas.

Outras alterações significativas sucederam na fase de desenvolvimento do projeto: a etapa de seleção do material para impressão 3D passou a fazer parte da fase de projeto; Enquanto a fase de digitalização, como já citada, foi transferida para a fase inicial, logo após a avaliação com o usuário. Já as etapas de modelagem e impressão 3D permaneceram na etapa do desenvolvimento da órtese.

A fase final, de reavaliação, foi subdividida em outras duas etapas, uma para fase de avaliação final, que se refere à avaliação do produto em si, em que serão observadas se todas as características do projeto foram abordadas e se o projeto solucionou o problema proposto; Enquanto a fase de reavaliação do usuário, portanto, é dedicada a avaliação dos aspectos do usuário quanto ao uso do dispositivo ortótico, como aspectos relacionados ao conforto, presença de pontos de pressão, acomodação da órtese. Lembrando que a reavaliação é um processo contínuo dentro do tratamento e da reabilitação, assim como o processo de projeto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo De Couvreur et al (2011), para que de fato ocorra uma criação colaborativa, é necessário (1) uma linguagem de comunicação entre todas as partes interessadas que identifique objetivos significativos, (2) um processo exploratório para atingir e desafiar esses objetivos, (3) uma seleção de atividades de prototipagem significativas e envolventes e (4) um processo de adequação com habilidades e tecnologia acessíveis.

O termo colaboração se trata do processo de envolver pessoas com o objetivo de alcançar soluções de maneira conjunta diante dos mais variados tipos de problemas. No caso deste trabalho, se propôs a unir profissionais com perfis distintos em um processo de desenvolvimento de uma órtese de membro superior utilizando ferramentas digitais como a digitalização 3D e manufatura aditiva.

Assim como citado por Danckwardt (2016) o diálogo entre profissionais de diferentes áreas, trabalhando com a fabricação de órteses, torna-se fundamental para o bom funcionamento do produto. Destaca-se ainda que o envolvimento da equipe de projeto, bem como o seu alinhamento da compreensão do que está sendo produzido seja de conhecimento de todos os envolvidos.

As entrevistas com os profissionais de TO e Design dispuseram como resultado a base para a elaboração do framework, que por meio da sua criação tornou possível a realização de uma intervenção colaborativa para criação de órtese, onde foram atendidos os requisitos levantados tanto pelos especialistas quanto pelos usuários durante a fase inicial da pesquisa.

As entrevistas com os usuários e os seus relatos de problemas relacionados ao uso de seus dispositivos serviram como base para a busca de melhorias a serem inseridas no projeto das órteses, como por exemplo, melhorias nos problemas relacionados à ventilação, possibilidade de personalização do produto, em que o usuário pode participar da fase de projeto da órtese, desde a escolha da cor do material a dos padrões de perfuração.

Observando a proposição apresentada, pode se considerar que foram atendidas as expectativas dos especialistas em relação à utilização de uma metodologia para o desenvolvimento de órteses utilizando a impressão 3D. Além disso, o processo ainda promoveu uma nova forma de intervenção, tendo como um guia metodológico o framework, ferramenta que facilitou o processo de unificação da linguagem (TO e Design) através de um roteiro pré-definido, promovendo a colaboração dos profissionais no processo de projeto da órtese.

Ao final do processo de intervenção, foi possível apresentar melhorias na

funcionalidade de uma modelo de órtese, com a substituição dos velcros por tiras de material filamento flexível, eliminando os problemas relatados pelos usuários como ventilação, desconforto do atrito do velcro em contato com a pele e, por fim, a acomodação mais adequada da órtese na mão do usuário.

A utilização de recursos de fabricação digital como a digitalização 3D e a Manufatura Aditiva, combinado a uma abordagem colaborativa foi possível observar alguns benefícios deste processo, como, a participação do usuário no projeto desde a escolha da cor de seu dispositivo a definição dos requisitos funcionais em que julga necessária a confecção de órtese. O que vem a reforçar a fala de Paterson, Bibb e Campbell (2012) quanto a produção de uma órtese através da MA, em que é possível integrar as necessidades do usuário com suas escolhas no projeto e na produção, através do co-design permitindo que os usuários se sintam mais envolvidos no processo, conduzindo a uma maior aceitação do produto.

Através da utilização do framework, na intervenção colaborativa foi possível colocar o usuário, o designer e o terapeuta ocupacional como protagonista do processo de projeto da órtese, cada um com sua especificidade contribuíram para a construção da órtese.

Pelo meio dos pontos apresentados, pode-se observar que a hipótese de pesquisa proposta, “O processo de design pode contribuir no desenvolvimento de órteses de membro superior a partir de uma abordagem projetual colaborativa que considere os requisitos funcionais, conforto e estéticos em conjunto com aplicação de técnicas de fabricação digital, como o uso da manufatura aditiva”, foi confirmada pelo trabalho, uma vez que o processo design contribuiu para proporcionar uma intervenção colaborativa contemplando os requisitos necessários para a criação de uma órtese.

O trabalho se torna viável diante do cenário atual, conforme descrito na fundamentação teórica, espaços colaborativos como *Fab Lab's* e *Hackerspaces* podem oferecer o acesso a recursos como scanners tridimensionais, impressoras 3D e demais ferramentas de fabricação digital para a criação de órteses, sem que ocorra a necessidade de investimento nos equipamentos citados para a construção da órtese 3D. Ou seja, apesar da utilização da impressão 3D na produção de órteses de membro superior ser recente aos Terapeutas Ocupacionais, existe a possibilidade de uso destes espaços colaborativos o que vem a tornar o método apresentado factível de ser aplicado.

Portanto, a presente pesquisa, atendeu os objetivos propostos por meio da criação de uma abordagem colaborativa no desenvolvimento de órteses de membro superior; Contando ainda com a criação do framework, que serviu como um guia aos profissionais auxiliando na elaboração de projeto órtese utilizando ferramentas de fabricação digital como digitalização

tridimensional e impressão 3D.

Cabe salientar que em um primeiro momento, posterior ao projeto e pensando em sua relevância no meio científico, uma única aplicação não é suficiente para validar uma proposta científica. Diante disso, e para que de fato seja possível avaliar a sua relevância no processo de desenvolvimento de produtos, é necessário que seja feita a aplicação do framework a mais modelos e com vários outros profissionais em diferentes cenários, não somente em aplicações para desenvolvimento de órteses de MMSS.

5.1 Conclusões

O presente estudo, como conclusão, resultou na proposição de uma abordagem metodológica colaborativa, e a criação de um framework com os procedimentos envolvendo esta abordagem, servindo como uma guia para o desenvolvimento de órteses de membro superior utilizando a impressão 3D. O framework tem como uma de suas finalidades unificar as linguagens da Terapia Ocupacional e do Design, facilitando assim o acesso dos profissionais de ambas as áreas na função de desenvolver órteses utilizando recursos de fabricação digital. Além de proporcionar o acesso adequado ao tratamento de usuários de órteses por meio da construção de modelos acessíveis, funcionais e adequados a suas medidas antropométricas.

Em seus resultados, o estudo apresentou a proposição da abordagem metodológica colaborativa para a criação de órteses utilizando a impressão 3D e aplicação do framework na criação de um modelo de órtese, propondo melhorias em seu projeto e produção. Para que fossem alcançados resultados mais significativos, seria necessário um maior incentivo de maneira geral em pesquisas nesta área, como por exemplo, o investimento em softwares adaptados e testes envolvendo equipes multidisciplinares no desenvolvimento destes novos dispositivos, em apenas uma intervenção e a criação de apenas um modelo de órtese não são possível mensurar a efetividade do processo colaborativo.

O presente estudo, portanto atendeu os objetivos propostos, e pode contribuir para o desenvolvimento de órteses utilizando a Manufatura Aditiva, por meio de uma abordagem colaborativa em que To's e Designer's se envolvam por um bem em comum, cada um com contribuindo com sua experiência profissional.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

A presente pesquisa pode ser considerada um primeiro passo na abordagem em que se relacionam órteses, fabricação digital e manufatura aditiva através de um processo colaborativo, contando com a participação e profissionais da área da saúde e por designers.

Dessa forma, diversas são as oportunidades que surgem para futuros trabalhos como:

- Validação da metodologia para o desenvolvimento de órteses, já que o método deve ser aplicado a diferentes contextos e a produção de diferentes modelos de órteses.
- Criação de ferramentas, ou até mesmo softwares de modelagem voltados à produção de órteses, como forma de facilitar o processo.
- Avaliação das propriedades dos materiais disponíveis para impressão 3D, visando sua aplicação em órteses.
- Proposição de melhorias em modelos de órteses tradicionais já existentes, através de modelagem digital e impressão 3D.
- Parametrização de modelos de órteses, a fim de facilitar os ajustes ergonômicos.

REFERÊNCIAS

3DCLONER. **Impressora 3D**. Disponível em: <<http://www.3dcloner.com.br/>>. Acesso em: 30 de jan, 2017.

ABASCAL, Julio et al. **USERfit Tool. A tool to facilitate Design for All**. In: ERCIM Workshop on User Interfaces for All. Springer, Berlin, Heidelberg, 2002. p. 141-152.

AGNELI, L.B; TOYODA, C.Y. **Estudo de materiais para confecção de órteses e sua utilização prática por terapeutas ocupacionais no Brasil**. Caderno de Terapia Ocupacional da UFSCar, vol 11 nº 2, 2003.

AHRENS, C. H.; FERREIRA, C. B.; PETRUSH, G.; CARVALHO, J. D.; SANTOS, J. R. L. D.; SILVA, J. V. L. D.; VOLPATO, N. **Prototipagem Rápida – Tecnologias e Aplicações**. 1. Ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2007.

ALVES, Zélia Mana Mendes Biasoli; SILVA, Maria Helena G. F. Dias da. **Análise qualitativa de dados de entrevista: uma proposta**. Paidéia (Ribeirão Preto), Ribeirão Preto, n. 2, p. 61-69, July 1992

ANTONIO, J.H.; FOGGIATTO, J. A. **Procedimentos para aplicação da prototipagem rápida na área da saúde**. In: 6º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 2011 – Caxias do Sul, RS Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas, Apr. 2011.

AOTA AMERICAN OCCUPATIONAL THERAPY ASSOCIATION et al. **Estrutura da prática da Terapia Ocupacional: domínio & processo-traduzida**. Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo, v. 26, n. esp, p. 1-49, 2015.

ASSUMPCÃO, T.S. **Órteses – Princípios Básicos**. In: FREITAS, P.P. Reabilitação da Mão. São Paulo: Editora Atheneu. Cap. 34, p. 539-554, 2006.

BACK, N., OGLIARI, A., DIAS, A., SILVA, J. C. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri, SP: Manole, 2008.

BARONIO, Gabriele; HARRAN, Sami; SIGNORONI, Alberto. **A Critical Analysis of a Hand Orthosis Reverse Engineering and 3D Printing Process**. Applied Bionics and Biomechanics. Volume 2016, Article ID 8347478, 7 pages, 2016.

BARROSO, P.N. **Nova órtese de extensão de punho e abdução de polegar para crianças com paralisia cerebral: Avaliação de suas contribuições para incremento da funcionalidade manual**. Belo Horizonte (MG), 17 de dezembro de 2010.

BASSO, Liliane. **A contribuição do designer no projeto de recursos de tecnologia assistiva: proposta de intervenção colaborativa**. 2012. 175- f. Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2012.

BAXTER, M. R. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. 2a ed. São Paulo: Blucher, 2000.

BELKIN, J; YASUDA, L. Ortótica. In: PEDRETTI, LW; EARLY, MR. C. **Terapia Ocupacional Capacidades Práticas para as Disfunções Físicas**. São Paulo: Roca, 2005. p. 557-595.

BENETTON, M. J. **A terapia ocupacional como instrumento nas ações de saúde mental**. 1994. 190 f. Tese (Doutorado em Saúde Mental)-Faculdade de Ciências Médicas, Universidade de Campinas, Campinas, 1994.

BERSCH, Rita. **Introdução à Tecnologia Assistiva – Tecnologia e educação**. Porto Alegre - RS, 2013. 20 p.

BOA IMPRESSÃO 3D. **Fabricação Nacional de impressoras 3D**. Disponível em <<https://boaimpressao3d.com.br/>>. Acesso em: 30 de jan. 2017.

BONSIEPE, Gui (Coord.). **Metodologia experimental: desenho industrial**. Brasília CNPq/Coordenação Editorial, 1984.

BREGER, L.D.E; BUFORD, W.L.Jr. **Properties of thermoplastic splinting materials**. *Journal of Hand therapy*, n.5 p – 202-211 1992.

BRENDLER, Clariana Fischer. **Método para levantamento de parâmetros antropométricos utilizando um digitalizador 3D de baixo custo**. 2013.

BUEHLER, Erin; HURST, Amy; HOFMANN, Megan. **Coming to grips: 3D printing for accessibility**. In: Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility. ACM, 2014. p. 291-292.

CALLINAN, N; **Confecção de órteses para mão**. In: TROMBLY, C.A.; RADOMSKY, M.V. *Terapia Ocupacional para disfunções físicas*. 6. ed. São Paulo: Editora Santos. 2013. Cap 17, p466-486.

CAMMADA. Disponível em: <<http://cammada.com/>>. Acesso em: 30 de jan, 2017.

CANÉLON, M.F. **Material properties: a factor in the selection and application of splinting materials for athletic wrist and hand injuries**. *Jospt*, v.22, n.4, p.164-172, October, 1995.

CHELLA, Marco Túlio; DO NASCIMENTO GIVIGI, Rosana Carla; MACEDO, Hendrik Teixeira. Modelos e Abordagens de Projeto para o Desenvolvimento de Tecnologias Assistivas. *Revista Gestão & Conexões*, v. 3, n. 1, p. 107-121, 2014.

CHUA, C.K.; LEONG, K.F.; LIM, C.S. **Rapid Prototyping: Principles and Applications in Manufacturing**. Singapura: World Scientific, 2010.

CHULVI, Vicente et al. **The effect of information and communication technologies on creativity in collaborative design**. *Research in Engineering Design*, v. 1, n. 28, p. 7-23, 2016.

CIOBANU O, XU W, CIOBANU G. **The use of 3D scanning and rapid prototyping in medical engineering. Fiability & Durability**. 2013b; 1:241-7.

COLDITZ, J.C. **Therapist's management of the stiff hand**. In Mackin, E.J.; Callahan, A.D; Skirven, T.M; Schneider, L.H & Osterman, A.L (Eds.), 35 *Rehabilitation of the hand upper extremity*, 5 th ed.,p 1021-1049, St Louis: Mosby, 2002.

COOK, A.; HUSSEY, S. *Assistive Technology: Principles and Practice*. 2. ed. USA: *Mosby Inc.*, 2002.

COOPER, 2013. **Compromentimentos da mão** in: LATHAM, T.C.A.; Radomski, M.V. *Terapia Ocupacional para Disfunções Físicas*, 6º ed. São Paulo. Ed. Santos, 1131-1171, 2013.

COPPARD, B.M; LOHAN, M. **Introduction to splinting**. Second ed. St Louis: Mosby, 2001.

COSTA, António Pedro; JOÃO LOUREIRO, Maria; REIS, Luís Paulo. **Do Modelo 3C de Colaboração ao Modelo 4C: Modelo de Análise de Processos de Desenvolvimento de Software Educativo**. *Revista Lusófona de Educação*, n. 27, 2014.

DANCKWARDT, Frances. **Elaboração de fichas técnicas de materiais visando o design de órteses de membros superiores e inferiores**. 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2016.

DE COUVREUR, L., Goossens, R (2011) **Design for Everyone: co-creation as a bridge between universal design and rehabilitation engineering**. *CoDesign: International Journal of CoCreation in Design and the Arts*. Volume 7, Issue 2, 2011. pp 107-121.

DE FARIA, Mauricio Marques. **Card sorting: noções sobre a técnica para teste e desenvolvimento de categorizações e vocabulários**. *RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, v. 7, n. 2, p. 1-9, 2010.

DESHAIES, I. D. **Órteses para Membro Superior** In: Trombly, C.A.; Radomski, M.V. *Terapia Ocupacional para Disfunções Físicas*, 5º ed. São Paulo. Ed. Santos, 2005.

DESHAIES, I. D. **Órteses para Membro Superior** In: Trombly, C.A.; Radomski, M.V. *Terapia Ocupacional para Disfunções Físicas*, 6º ed. São Paulo. Ed. Santos, 2013.

ELUI, V.M.C. et al. **Órteses: um importante recurso no tratamento da mão em garra móvel de Hansenianos**. *Hansenologia Internationalis*, v. 26, n. 21, p. 105-111, 2001.

ENABLETHEFUTURE. **A Global Network Of Passionate Volunteers Using 3D Printing To Give The World A "Helping Hand."**. Disponível em: <<http://enablingthefuture.org/>> Acesso em : 20 de nov de 2016.

ESPAÇOELABORA. **Órteses para membro superior** Disponível em <www.espacoelabora.com.br>. Acesso em: 18 de nov. 2016.

FERRIGNO, I. S. V. **Terapia da mão: fundamentos para a prática clínica**. São Paulo: GEN, 2007. 157 p.

FERRIGNO, Iracema Serrat Vergotti et.al. **Eletromiografia do membro superior no uso do computador: estudo comparativo entre duas órteses de punho**. 2009.

FESS, E.E. **Splints: mechanics versus convention**. *J Hand Ther*, april - june; 12430 1995.

FILAMENTOS 3D BRASIL. **Filamento para impressão 3D**. Disponível em: <www.filamentos3dbrasil.com.br>. Acesso em: 20 de nov. 2016.

FONTANA, Isabela Mantovani; HEEMANN, Adriano; GOMES, Marcelo. **Design Colaborativo: Fatores Críticos para o Sucesso do Codesign**. interaction south america (2012, são paulo). Anais. São paulo: e. blucher, v. 1, 2012.

FONTANA, Isabela Mantovani; HEEMANN, Adriano; GOMES-FERREIRA, M. G. **Design Colaborativo: Fatores Críticos para o Sucesso do Co-design**. Interaction south america (2012 são paulo). anais... são paulo: e. blucher, v. 1, 2012.

FRANCISCO, N.P.F. **Avaliação das características de três materiais de baixo custo utilizados na confecção de órtese para estabilização de punho**. 2004. Dissertação - (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba, 2004.

FRANTZ, Guilherme Weber. **Estudo dos processos de prototipagem rápida e iniciativas de código aberto para impressão tridimensional**. *Salão do Conhecimento*, v. 1, n. 1, 2015.

FREITAS, A. C. et al. **Prototipagem aplicada ao planejamento reverso das fixações zigomáticas**. *Revista Implant News*, v. 2, n. 2, p. 155-161, mar/abr, 2005. 36.

FREITAS, P.P. **Reabilitação da Mão**. São Paulo: Editora Atheneu. 2ª reimpressão da 1º ed. Cap. 34, p. 539-554, 2006.

GANESAN, B, Al-Jumaily A and Luximon A. **3D Printing Technology Applications in Occupational Therapy**. *Phys Med Rehabil Int*. 2016; 3(3): 1085.

GIORDANO Caio Mezzeti; DE SENZI ZANCUL, Eduardo; RODRIGUES, Vinícius Picanço. **Análise dos custos da produção por manufatura aditiva em comparação a métodos convencionais**. *Revista Produção Online*, v. 16, n. 2, p. 499-523, 2016.

GORNI, A. A. (2001). **Introdução à Prototipagem Rápida e Seus Processos**. *Plástico Industrial*, 230-239, 2001.

HEEMANN, A.; LIMA, P.J.V.; CORRÊA, S.J.. **Compreendendo a Colaboração em Design de Produto**. Curso Superior de Tecnologia em Design de Produto, Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina, Brasil. 2008.

HERSH, M. A.; JOHNSON, M. A. On modelling assistive technology systems - Part I: Modelling framework. *Technology and Disability*, v. 20, n. 3, p. 193-215, 2008a.

HOGAN, L; UDITSKY, T. **Pediatric splinting – selection, fabrication, and clinical application of upper extremity splints**. Texas: Therapy Skill Builders, 1998.

JUNIOR, O. C.; JUNIOR, A. S.; NETO, A. I. **Processos de prototipagem rápida por deposição ou remoção de material na concepção de novos produtos - uma abordagem comparativa**. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de produção- Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 09 a 11 de outubro de 2007.

KELLY, S., PATERSON, A. and BIBB, R., 2015. **A review of wrist splint designs for additive manufacture**. IN: Proceedings of 2015 14th Rapid Design, Prototyping and Manufacture conference (RDPM 14), Loughborough, Great Britain, 15-16 December 2015.

KIM, Huhn; JEONG, Seongwon. **Case study: Hybrid model for the customized**

wrist orthosis using 3D printing. Journal of Mechanical Science and Technology. vol 29 (12) (2015) 515 - 5156, jul 2015.

KLEISMAN, M. Understanding collaborative design. Ph.D. thesis, Delft University of

LINDEMAYER, C.K. **Estudo e avaliação de termoplásticos utilizados na confecção de órteses.** São José dos Campos: Uni V ap,2004. 68 p:il; Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Bioengenharia do Instituto de Pesquisa de Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, 2004.

LIPSON, Hod; KURMAN, Melba. **Fabricated: The new world of 3D printing.** John Wiley & Sons, 2013.

LÖBACH, B. **Design Industrial: Bases para a configuração de produtos industriais.** Tradução: Freddy Van Camp. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

LUNSFORD, Christopher et al. **Innovations With 3-Dimensional Printing in Physical Medicine and Rehabilitation: A Review of the Literature.** PM&R, v. 8, n. 12, p. 1201-1212, 2016.

LUZO Maria Cândida de Miranda; MELLO, Maria Aparecida Ferreira de; CAPANEMA, Valéria Martins. **Recursos Tecnológicos em Terapia Ocupacional – Órteses e Tecnologia Assistiva. In: Terapia Ocupacional – Reabilitação Física e Contextos Hospitalares.** São Paulo: Rocca, 2004.

MACDONALD, E.M. **Terapia Ocupacional em reabilitação.** São Paulo: Santos, 1998.

MACÁRIO, H. Design e Tecnologia Assistiva: **Uma abordagem inserida no contexto de reabilitação.**2015. 120-f. Dissertação (Mestrado) -Universidade de Brasília, Programa de Pós Graduação em Design, Brasília BR-DF, 2015.

MAIA, Fernanda do Nascimento; DE FREITAS, Sydney Fernandes. **Proposta de um fluxograma para o processo de desenvolvimento de produtos de Tecnologia Assistiva.** Cadernos de Terapia Ocupacional da UFSCar, v. 22, n. 3, 2014.

MAO3D. **Impressão 3D e próteses de membro superior.** Disponível em <<https://mao3d.wordpress.com/>> Acesso em: 20 de nov. 2016.

MARCONI, M. A., LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 2003.

MAURER, Donna; WARFEL, Todd. **Card sorting: a definitive guide.** 2004. não paginado. Disponível em: . Acesso em: 21/12/2007.

MCKEE, P; MORGAN, L. **Orthotics in rehabilitation.** Philadelphia: Davis, 1998.

MELLO, Willyams Bezerra de. **Proposta de um método aberto de projeto de produto-três alternativas de criação.** 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.2011

MOSCATO, Stefano et al. **Infill-dependent 3-D-printed material based on NinjaFlex filament for antenna applications**. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, v. 15, p. 1506-1509, 2016.

OLIVEIRA, Bruno Rodrigues de et al. **Modelagem e desenvolvimento de dispositivo para reabilitação de dedos da mão**. Dissertação de mestrado. 2016.

OLIVEIRA, Diego Jucá de Lima. **O uso da prototipagem e fabricação digital no ambiente FAB LAB**, 2016. Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2016. 109.f

PALOUSEK, D.; JIRI, K. D.; STOKLÁSEK, P.; NAVRAT, T. **Pilot study of the wrist orthosis design process**. Rapid Prototyping Journal, Vol. 20 Iss 1 pp. 27 – 32, 2014.

PATERSON, A.M; BIBB, R.J, CAMPBELL, R.I. **A review of existing anatomical data capture methods to support the mass customisation of wrist splints**. Virtual and Physical Prototyping, vol. 5, no. 4, pp. 201–207, 2010.

PATERSON, A.M; BIBB, R.J, CAMPBELL, R.I. **Evaluation of a refined three dimensional Computer Aided Design workflow for upper extremity splint design to support Additive Manufacture**. In: Bocking C, Rennie AEW, editors. Thirteenth Conference on Rapid Design, Prototyping and Manufacturing. CRDM Ltd, High Wycombe.; 2012. pp.61–70.

PATERSON, Abby M. et al. **Computer-aided design to support fabrication of wrist splints using 3D printing: A feasibility study**. Hand Therapy, v. 19, n. 4, p. 102-113, 2014.

PATERSON, Abby Megan et al. **Comparing additive manufacturing technologies for customised wrist splints**. Rapid Prototyping Journal, v. 21, n. 3, p. 230-243, 2015.

PINHEIRO, R. C. **Design virtual na reconstrução auricular com material autógeno**. 2015. 117-f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2015.

POULSON, David; RICHARDSON, Simon. USERfit—a framework for user centred design in assistive technology. **Technology and Disability**, v. 9, n. 3, p. 163-171, 1998.

PRODANOV, C. C., FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Ed. 2. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PUJOL, Camila Ardais Medeiros. **Proposta de um modelo integrado ao PDP para o desenvolvimento de embalagem**. Dissertação de Mestrado. 2012.

RODRIGUES, A. V. N.; CAVALCANTI, A.; GALVÃO, C. **Órteses e próteses**. In: **Terapia ocupacional – Fundamentação e prática**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. Cap. 46.p 435-450.

RODRIGUES, J; LOPES, J. **Confecção de Órteses e Adaptações em PVC Tubular e Materiais de Baixo Custo**. Universidade do Estado do Pará. Belém: 2005.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: Uma referência**

para a melhoria do processo. São Paulo: Editora Saraiva 2006.

SANDERS, Elizabeth B.-N.; STAPPERS, Pieter Jan. **Co-creation and the new landscapes of design.** Co-design, v. 4, n. 1, p. 5-18, 2008.

SANTOS, Mário Beja. **Makers, a nova revolução industrial.** artciencia. com, Revista de Arte, Ciência e Comunicação, n. 17, 2014.

SAURON, F.N.; E. **Órteses para membros superiores.** In: SANTOS, L.S.; OLIVEIRA, M. C. TEIXEIRA. **Terapia Ocupacional na Reabilitação Física.** São Paulo: Editora Roca. Cap 16, p 264 –296, 2003.

SILVA, F.P. **Órtese Abdução de Polegar: Estudo de Material Alternativo aos Termoplásticos de Baixa Temperatura Atualmente Utilizados.** Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) 2001. Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2001.

SILVA, L.G. **Órteses em PVC para membro superior: utilização por terapeutas ocupacionais brasileiros, propriedades térmicas, físico-mecânicas e de toxicidade e desempenho funcional mioelétrico.** Dissertação (Mestrado em Terapia Ocupacional). 2014. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

SPENCER, Dom; WARFEL, T. **Card sorting: a definitive guide.** Disponível em <<http://boxesandarrows.com/card-sorting-a-definitive-guide/>>, 2004. Acesso em: 18 dez.2016.

STOJMENSKI, Aleksandar et al. 3D Printing Assistive Devices. In: **International Conference on Mobile Networks and Management.** Springer International Publishing, 2014. P. 446-456.

TANAKA, Kara S.; LIGHTDALE-MIRIC Nina. **Advances in 3D-Printed Pediatric Prostheses for Upper Extremity Differences.** *J Bone Joint Surg Am*, v. 98, n. 15, p. 1320-1326, 2016.

THOMAZINI, Daniel; GELFUSO, Maria Virginia; NASCIMENTO, Tereza Águida Costa; e Emanuel Frota Fonteles. **A utilização da simulação computacional na confecção de órteses alternativas para membros superiores.** *Rev. Tecnol.*, Fortaleza, v. 25, n. 1, p. 74-79, jun. 2004.

TROMBLY, C.A. **Occupational therapy for physical dysfunction.** 4th. Ed. Baltimore USA: Williams & Wilkins, 1995.

UP3D. **Loja on line de UP3D.** Disponível em: <<http://www.up3d.com.br/>> Acesso em: 20 de nov. 2016.

UPCRAFT, S.; FLETCHER, R. **The rapid prototyping technologies.** *Assembly Automation*, v. 23, n. 4, p. 318–330, 2003.

VIANA, Weksley Mesquita. **Design colaborativo na construção de um projeto para divulgação de bens descartados na Universidade Federal do Rio Grande do Norte.** 2017. Dissertação de Mestrado. Brasil.

YIN, Robert K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim.** Penso Editora, 2016.

ANEXO A- FOLHA DE APROVAÇÃO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: O PROCESSO DE DESIGN APLICADO AO DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVOS PARA REABILITAÇÃO ORTÓTICA

Pesquisador: FÁBIO GONÇALVES TEIXEIRA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 68073217.7.0000.5347

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.139.338

Apresentação do Projeto:

Trata-se o presente parecer da análise da segunda versão do projeto de pesquisa da mestranda KELIN LUANA CASAGRANDA intitulado O PROCESSO DE DESIGN APLICADO AO DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVOS PARA REABILITAÇÃO ÓRTÓTICA, sob orientação do Prof. Fábio Gonçalves Teixeira. A pesquisa tem como foco o processo de design de órteses em membro superior (MMSS) utilizando a técnicas de fabricação digital, incluindo a manufatura aditiva. Utiliza-se o auxílio de recursos tecnológicos de aquisição de dados antropométricos por digitalização tridimensional e produção das órteses por meio do uso da manufatura aditiva (impressão 3D).

Através de uma pesquisa exploratória, serão discutidas questões relativas ao projeto de uma órtese de membro superior (MMSS) da forma tradicional, utilizando termoplástico de baixa temperatura, bem como questões do processo de design no desenvolvimento de novos produtos sendo utilizada como um guia para o desenvolvimento de órteses utilizando a manufatura aditiva.

A coleta de dados contará com profissionais da área do design e da terapia ocupacional, e aplicação da técnica de card sorting, com profissionais que atuam na confecção de órteses, além de um roteiro com perguntas semi-estruturadas a fim de compreender de que forma os profissionais classificam as etapas da fabricação e questões relevantes a serem consideradas no processo de uma órtese pelo método tradicional e pelo método utilizando a Manufatura Aditiva.

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 2.139.338

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo geral

Propor uma abordagem metodológica projetual para a produção de órteses de membro superior baseada no processo de design com auxílio da manufatura aditiva (impressão 3D), de forma a atender os requisitos funcionais (prescritos) e dos usuários (conforto e estético simbólicos).

Objetivos específicos

- Compreender o processo de design para identificar a adequação de possíveis metodologias para o projeto de órteses;
- Compreender o processo de produção convencional de órteses de MMSS e os fatores considerados relevantes no processo a fim de mapear atividades convergentes com o processo de Design;
- Identificar materiais utilizados na impressão 3D para aplicação em órteses;
- Desenvolver um instrumento para coletar informações dos usuários para obter os requisitos estético-simbólicos e de conforto;
- Desenvolver um framework do processo proposto, levando em consideração os requisitos de qualidade necessários para produção de órteses;
- Avaliar o processo de desenvolvimento a fim de analisar a sua aplicabilidade e viabilidade.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos e benefícios estão bem apresentados, conforme apresenta-se a seguir.

Riscos:

Os riscos são mínimos ou inexistentes, e todo e qualquer constrangimento possível durante a entrevista será evitado, pois todos os entrevistadores serão treinados para a realização da entrevista e das medidas mencionadas de forma individualizada, a fim de garantir a intimidade do entrevistado.

Benefícios:

Os benefícios deste estudo provêm da colaboração de sua área de conhecimento à investigação da pesquisa, que visa proporcionar melhorias no processo de desenvolvimento de órteses de membro superior utilizando tecnologias que possam facilitar o processo, como a impressão 3D.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Apresenta-se bem detalhada, conforme segue:

1. Seleção de especialistas

O grupo será composto por especialistas em dois campos científicos: i) na área da saúde -

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propeq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 2.139.338

atuantes na área de reabilitação, mais especificamente na confecção de órteses para membro superior e reabilitação voltadas a produção de órteses, tenham experiência e residam na cidade de Porto Alegre e ou região metropolitana; ii) na área do design - profissionais com conhecimento sobre metodologia de projeto e que também residam na cidade de Porto Alegre ou região. Os profissionais serão contatados a participar da pesquisa através de contato via e-mail contendo informações a respeito da pesquisa. Após a apresentação dos objetivos, os profissionais serão convidados a participar da pesquisa mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), dando início à pesquisa.

As entrevistas serão realizadas seguindo um roteiro com questões semi-estruturadas, realizadas de forma presencial no local de atuação do profissional, com duração média de 30 minutos. O objetivo das entrevistas será coletar dados a respeito do processo de confecção de órteses, dos materiais empregados, se utilizam alguma metodologia específica no projeto e na produção, identificar as principais dificuldades do processo, a fim de obter respostas ao objetivo geral da pesquisa.

2. Card Sorting em grupo

Os participantes da primeira etapa serão convidados a participar da segunda etapa em que consiste a aplicação do Card sorting em grupo, a ser realizado no laboratório VID - Virtual Design, vinculado ao PPGDesign da UFRGS. O objetivo da aplicação do Card Sorting, está em obter informações da compreensão dos processos de fabricação de uma órtese, identificando como os especialistas classificam e ordenam os passos na elaboração de um projeto de uma órtese.

A técnica de Card Sorting consiste no agrupamento de cartas pelos participantes, de acordo com a temática proposta pelo pesquisador, a fim de encontrar padrões de pensamento para a organização de ferramentas ou projetos de produtos. O método será aplicado em grupo, de no mínimo 3 e no máximo 6 especialistas. As com as cartas decompostas em etapas e fases que compõem a metodologia de projeto de produto e as fases da produção de uma órtese. Os participantes serão convidados a organizar as cartas na ordem em que julgarem adequadas, seguindo as orientações do roteiro previamente definido. As entrevistas e a dinâmica serão registradas por meio de gravação de áudio e registro fotográfico a fim de reproduzir com fidedignidade os discursos dos participantes e auxiliando posteriormente na análise dos dados.

3. Participação de usuários de órteses

Serão realizadas entrevistas com usuários de órteses, afim de levantar dados a respeito das

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 2.139.338

principais dificuldades do uso de uma órtese convencional e qual sua percepção a respeito do uso de novas tecnologias que possam facilitar o processo.

As entrevistas serão realizadas de forma presencial utilizando roteiro nos centros de reabilitação ou clínicas em que os usuários recebam atendimento, a fim de evitar riscos de deslocamento e manter o anonimato. A duração média das entrevistas será de 20 a 30 minutos, os participantes serão informados de todos os procedimentos que envolvem a pesquisa e serão convidados a participar da pesquisa mediante a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

Por fim, para a aplicação da proposta criada com base nos dados coletados por meio das entrevistas e da aplicação do Card sorting com especialistas da área de design e de Terapia Ocupacional, se dará início o processo de produção da órtese.

A órtese escolhida para aplicação será um modelo de posicionamento destinado a portadores de doenças osteomusculares. Mais especificamente, um paciente que apresente diagnóstico de tendinite ou tenossinovites, que se trata de um processo inflamatório dos tecidos conectivos (tendões) acarretando dor e desconforto ao paciente, trazendo prejuízo no desempenho de atividades cotidianas. O participante só será integrado à pesquisa mediante a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), com os procedimentos da pesquisa sendo realizados somente após a aprovação do projeto pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UFRGS.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

São anexados os seguintes documentos: folha de rosto, projeto de pesquisa, documento da Plataforma Brasil, carta convite voltada a um especialista do Design, roteiro de entrevista (semiestruturada e aberta) a serem realizadas com designers especialistas no assunto da pesquisa, roteiro de entrevistas a serem realizadas com usuários de órteses.

Os TCLEs contém o nome do orientador e do PPGDesign; o título e o objetivo principal da pesquisa; a descrição da atividade; e os contatos da mestrandia, de seu orientador e do CEP-UFRGS. Os riscos e benefícios aparecem na segunda página, parecendo integrar outro documento. Nesta versão, aparece de forma evidente o nome do responsável pela pesquisa.

Recomendações:

Não há novas recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

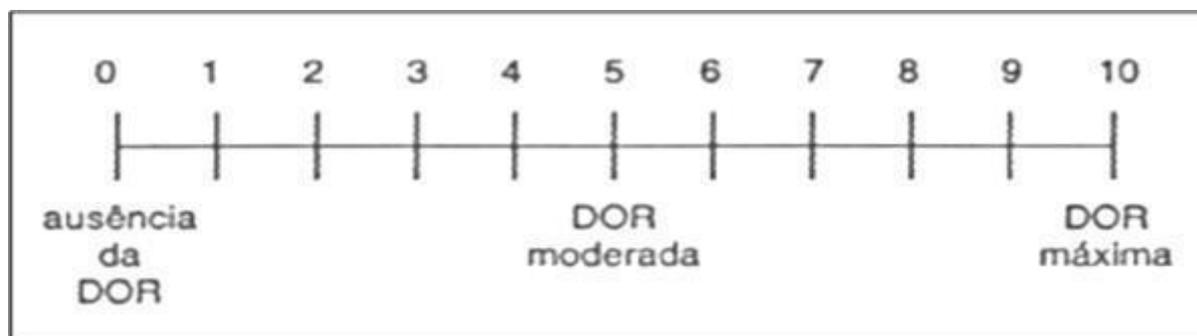
Sugere-se aprovação.

Considerações Finais a critério do CEP:

APROVADO.

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propeq.ufrgs.br

ANEXO B - AVALIAÇÃO DE ESCALA DE DOR



ANEXO C- AVALIAÇÃO DE AMPLITUDE DE MOVIMENTO

Movimento	Ombro		Cotovelo		Punho	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Flexão	130°	170°	95°	130°	65°	80°
Extensão	15°	35°	35°	15°	45°	65°
Abdução	125°	168°	-	-	-	-
Adução	15°	35°	-	-	-	-
Rotação Interna	50°	70°	-	-	-	-
Rotação Externa	65°	85°	-	-	-	-
Supinação	-	-	60°	80°	-	-
Pronação	-	-	60°	80°	-	-
Desvio Radial	-	-	-	-	10°	15°
Desvio Ulnar	-	-	-	-	27°	35°

Fonte: MARQUES, Amélia Pasqual. Manual de goniometria. Editora Manole, 1997.

**APÊNDICE A - CONVITE PARA PARTICIPAÇÃO DA PESQUISA
ESPECIALISTAS.**

Prezado(a) Especialista.

Venho por meio deste email convidá-lo a fazer parte de minha pesquisa de mestrado intitulada “O PROCESSO DE DESIGN APLICADO AO DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVOS PARA REABILITAÇÃO DO MEMBRO SUPERIOR”

Me chamo Kelin Luana Casagrande, sou formada em Terapia Ocupacional na UFPEL e atualmente sou mestrande do Programa de pós- graduação de Design da UFRGS sob orientação do Prof.Dr. Fábio Gonçalves Teixeira.

Sua participação consistirá em uma entrevista semi-estruturada com objetivo conhecer de que forma é realizada o processo de confecção de uma órtese utilizando o termoplástico de baixa temperatura e qual a sua percepção do uso de novas tecnologias que possam facilitar o processo. O tempo média de duração da entrevista será de 20 a 30 minutos, e pode ser realizado em local e horário de sua preferência e conforme a sua disponibilidade.

O sigilo a sua identidade será garantido, assim como o direito a desistência de sua participação a qualquer momento da pesquisa. As informações provenientes das entrevistas serão utilizadas apenas para fins relacionados à pesquisa, como publicação de relatórios, artigos e a dissertação.

Sua participação será de grande contribuição ao trabalho. Coloco-me a disposição para responder qualquer dúvida referente a pesquisa.

Desde já agradeço pela sua atenção.

Att, Kelin Luana Casagrande

APÊNDICE A - CONVITE PARA PARTICIPAÇÃO DA PESQUISA USUÁRIOS.

Olá, me chamo Kelin Luana Casagranda, sou graduada em Terapia Ocupacional pela UFPEL e atualmente mestranda do Programa de pós- graduação em Design da UFRGS .

O tema de minha pesquisa de mestrado é fabricação de órteses de membro superior utilizando a manufatura aditiva (Impressão 3D) e se intitula "O processo de design aplicado ao desenvolvimento de dispositivos para reabilitação do membro superior por meio da manufatura aditiva".

O objetivo desta pesquisa é propor uma abordagem metodológica projetual para a produção de órteses de membro superior baseada no processo de design, com auxílio da manufatura aditiva (impressão 3D).

A sua participação consiste em responder algumas perguntas sobre a percepção quanto ao uso de órteses, trazendo pontos que você considera cruciais para o desenvolvimento de uma órtese utilizando a impressão 3D.

O sigilo a sua identidade serão garantidos, assim como o direito a desistência de participação a qualquer momento da pesquisa. As informações provenientes das entrevistas serão utilizadas apenas para fins relacionados à pesquisa, como publicação de relatórios e artigos, além da própria dissertação.

APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO ESPECIALISTAS

Você está sendo convidado a participar, como voluntário (a), de uma coleta de dados, a qual faz parte de uma dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS, orientada pelo Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira. Esta pesquisa é intitulada “O PROCESSO DE DESIGN APLICADO AO DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVOS PARA REABILITAÇÃO DO MEMBRO SUPERIOR”, e tem por objetivo propor uma abordagem metodológica projetual para a produção de órteses de membro superior baseada no processo de design com auxílio da manufatura aditiva (impressão 3D), de forma atender os requisitos funcionais (prescritos) e de usuário (conforto e estético simbólicos).

Os benefícios da sua participação neste estudo provêm da colaboração de sua área de conhecimento à investigação da pesquisa, que visa proporcionar melhorias no processo de desenvolvimento de órteses de membro superior utilizando tecnologias que possam facilitar o processo, como a impressão 3D.

A sua participação é voluntária, e constará em duas atividades, durante a fase de coleta de dados, a primeira será uma entrevista semi-estruturada realizada de forma presencial com tempo estimado em aproximadamente 30 minutos, e a segunda parte consistirá em aplicação de Card sorting em grupo, objetivando respostas sobre questões específicas relacionadas à sua área de conhecimento. A participação não é obrigatória e os pesquisadores objetivam manter os riscos ao mínimo, sendo garantido o sigilo em relação a sua identidade, o direito de desistência de sua participação a qualquer momento que julgue conveniente. Além disso, sua participação na pesquisa não acarretará em quaisquer ônus financeiros. É garantido pelos pesquisadores que as informações provenientes das entrevistas sejam utilizadas para fins da pesquisa com publicação em relatório e em artigos relacionados. E, que estas informações serão armazenadas por um prazo de cinco anos, sendo posteriormente destruídas.

Quaisquer informações ou esclarecimentos adicionais podem ser obtidos diretamente com os pesquisadores responsáveis através dos contatos: Fábio Gonçalves Teixeira, email: fabiofgt@ufrgs.com e telefone (51) 33084258; Kelin Luana Casagranda, email: kelincasagranda@gmail.com e telefone (51) 9 98572182; ou ainda via CEP/UFRGS no telefone (51) 33083738.

Eu, _____
 ____/____/____ (data de nascimento) RG _____ concordo em participar do estudo “O PROCESSO DE DESIGN APLICADO AO DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVOS PARA REABILITAÇÃO DO MEMBRO SUPERIOR”.

Estou ciente de que estou sendo convidado a participar voluntariamente do mesmo.
 1º Fui informado de que o objetivo geral da pesquisa é “Propor uma abordagem metodológica projetual para a produção de órteses de membro superior baseada no processo de design com auxílio da manufatura aditiva (impressão 3D)”. Estou ciente de que a minha participação envolverá responder uma entrevista sobre o processo de confecção de órteses.

2º Fui informado que os riscos são mínimos ou inexistentes, e todo e qualquer constrangimento possível durante a entrevista será evitado, pois todos os entrevistadores serão treinados para a realização da entrevista e das medidas mencionadas de forma individualizada, a fim de garantir a intimidade do entrevistado. O objetivo da pesquisa é reduzir ao mínimo os riscos

3º O benefício de participar na pesquisa relaciona-se ao fato que os resultados da investigação poderão ser incorporados ao conhecimento científico e posteriormente a situações de ensino-aprendizagem.

4º Minha participação neste estudo será voluntária e poderei interrompê-la a qualquer momento.

5º Estou ciente que a minha identidade permanecerá confidencial durante todas as etapas do estudo. Recebi claras explicações sobre o estudo, todas registradas neste formulário de consentimento. Os responsáveis pelo estudo responderam e responderão, em qualquer etapa do estudo, a todas as minhas perguntas, até a minha completa satisfação. Portanto, estou de acordo em participar do estudo. Este Formulário de Consentimento Pré-Informado será assinado por mim e arquivado na instituição responsável pela pesquisa.

_____ de _____ de 2017.

Assinatura

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE DO INVESTIGADOR: Expliquei a natureza, objetivos, riscos e benefícios deste estudo. Coloquei-me à disposição para perguntas e as respondi em sua totalidade. O participante compreendeu minha explicação e aceitou, sem imposições, assinar este consentimento. Tenho como compromisso utilizar os dados e o material coletado para a publicação de relatórios e artigos científicos referentes a essa pesquisa. Se o participante tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFGRS. Av Paulo da Gama, 110. Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro. Porto Alegre/RS - CEP: 90040-060. Fone: +55 51 3308 3738. E-mail: etica@propesq.ufrgs.br. ou com os pesquisadores através do contato:

Prof.Dr.Fábio Gonçalves Teixeira. Contato: (51) 3308-4258. email: fabioigt@ufrgs.br
 Pesquisadora: Kelin Luana Casagrande Contato: (51) 998572182 email: kelincasagrande@gmail.com

ASSINATURA DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL

 Pesquisadora: Kelin Luana Casagrande.

APÊNDICE C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO USUÁRIOS.

Você está sendo convidado a participar, como voluntário (a), de uma coleta de dados, a qual faz parte de uma dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS, orientada pelo Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira. Esta pesquisa é intitulada “O PROCESSO DE DESIGN APLICADO AO DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVOS PARA REABILITAÇÃO DO MEMBRO SUPERIOR”, e tem por objetivo propor uma abordagem metodológica projetual para a produção de órteses de membro superior baseada no processo de design com auxílio da manufatura aditiva (impressão 3D).

Os benefícios da sua participação neste estudo provêm da colaboração de sua área de conhecimento à investigação da pesquisa, que visa proporcionar melhorias no processo de desenvolvimento de órteses de membro superior utilizando tecnologias que possam facilitar o processo, como a impressão 3D.

A sua participação é voluntária, e consistirá em uma entrevista semi-estruturada realizada de forma on line, utilizando a plataforma google docs com tempo estimado em aproximadamente de 15 a 20 minutos.

A pesquisa não oferece riscos à integridade física dos participantes, mas pode provocar algum desconforto pelo tempo exigido ou constrangimento pelo teor dos questionamentos. Neste sentido, garante-se o sigilo dos dados pessoais e o anonimato das informações obtidas nas entrevistas, garantindo-se ainda que os sujeitos poderão deixar de participar da pesquisa em qualquer momento sem constrangimento ou prejuízos aos mesmos. A sua participação na pesquisa não acarretará em quaisquer ônus financeiros. É garantido pelos pesquisadores que as informações provenientes das entrevistas sejam utilizadas para fins da pesquisa com publicação em relatório e em artigos relacionados. E, que estas informações serão armazenadas por um prazo de cinco anos, sendo posteriormente destruídas.

Quaisquer informações ou esclarecimentos adicionais podem ser obtidos diretamente com os pesquisadores responsáveis através dos contatos: Fábio Gonçalves Teixeira, e-mail: fabiofgt@ufrgs.com e telefone (51) 33084258; Kelin Luana Casagrande, e-mail: kelincasagrande@gmail.com e telefone (51) 9 98572182; ou ainda via CEP/UFRGS no telefone (51) 33083738.

Estou ciente de que estou sendo convidado a participar voluntariamente do mesmo.

1ºFui informado de que o objetivo geral da pesquisa é “ Propor uma abordagem metodológica projetual para a produção de órteses de membro superior baseada no processo de design com auxílio da manufatura aditiva (impressão 3D), de forma atender os requisitos funcionais (prescritos) e de usuário (conforto e estético simbólicos) ”. Estou ciente de que a minha participação envolverá responder uma entrevista sobre o processo de confecção de órteses.

2ºFui informado que os riscos são mínimos ou inexistentes, e todo e qualquer constrangimento ou desconforto advindo do tempo de realização da pesquisa possível durante a entrevista será evitado, pois todos os entrevistadores serão treinados para a realização das

entrevistas e das medidas mencionadas de forma individualizada, a fim de garantir a intimidade do entrevistado.

3º O benefício de participar na pesquisa relaciona-se ao fato que os resultados da investigação poderão ser incorporados ao conhecimento científico e posteriormente a situações de ensino-aprendizagem.

4º Minha participação neste estudo será voluntária e poderei interrompê-la a qualquer momento.

5º Estou ciente que a minha identidade permanecerá confidencial durante todas as etapas do estudo. Recebi claras explicações sobre o estudo, todas registradas neste formulário de consentimento. Os responsáveis pelo estudo responderam e responderão, em qualquer etapa do estudo, a todas as minhas perguntas, até a minha completa satisfação. Portanto, estou de acordo em participar do estudo. Este Formulário de Consentimento Pré- Informado será assinado por mim e arquivado na instituição responsável pela pesquisa.

Concorda em participar da pesquisa?

Concordo

Não concordo.

**APÊNDICE D - ROTEIRO PARA ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA
COM ESPECIALISTAS.**

• **Roteiro de entrevista designers.**

Nome: _____

Local de trabalho/atuação: _____

Tempo de atuação/formação: _____

1. Como você descreve o processo de design?
2. Na sua prática, você costuma utilizar alguma metodologia?
3. Quais as principais etapas considera no projeto de desenvolvimento de produto?
4. Já trabalhou com algum projeto de Tecnologia Assistiva?
5. Qual foi a principal dificuldade?
6. Em projetos deste tipo, que pontos considera mais relevantes?
7. Na sua opinião, quais são as contribuições que a metodologia de projeto pode trazer ao projeto de uma órtese?
8. E quanto a colaboração, o que
9. Qual sua percepção quanto ao uso da impressão 3D no processo de projeto de design?

- **Roteiro de entrevista terapeutas ocupacionais**

Nome: _____

Local de trabalho: _____

Tempo de atuação/formação: _____

1. Qual a principal etapa de confecção de uma órtese?
2. Quais os materiais em que você utiliza para confecção de órtese?
3. Qual o tempo médio de confecção de órtese? e o custo de uma órtese?
4. Quais os principais problemas evidenciados na prática?
5. Quais são as melhorias esperadas na confecção de órteses utilizando a impressão 3D?
6. Quais aspectos da produção de uma órtese poderiam ser melhorados com a impressão 3D?
7. Quanto à colaboração com design, o que você considera relevante e crucial a ser considerado?

APÊNDICE E - ROTEIRO PARA ENTREVISTA COM USUÁRIOS DE ÓRTESES

05/03/2018

Apresentação da Pesquisa

1. Concorda em participar da pesquisa? *

Marcar apenas uma oval.

- Concordo *Ir para a pergunta 2.*
- Não concordo *Ir para "Obrigado pela sua participação!".*

Dados clínicos

2.

Qual a sua idade?

Marcar apenas uma oval.

- 20 a 25
- 25 a 30
- 30 a 35
- 35 a 40
- mais de 40

3.

Qual o seu diagnóstico?

Marcar apenas uma oval.

- Fratura
- Síndrome do túnel do carpo
- Artrite reumatoide
- Tendinite
- AVC
- Traumatismo craniano
- Lesão nervosa
- LER/DORT
- Outro
- Outro: _____

4.

Em que região do membro superior você utiliza/utilizou a órtese? *

Marcar apenas uma oval.

- Punho
- Mão
- Dedos
- Cotovelo
- Antebraço

Sobre a utilização de órteses (talas)

05/03/2018

Apresentação da Pesquisa

5. Qual tipo de órtese você utiliza ou já utilizou? **Marcar apenas uma oval.*

- Órtese de posicionamento, proporciona repouso por meio do posicionamento
- Órtese funcional, que permite movimento
- Órtese corretora, que corrige deformidades
- Órtese estabilizadora, que impede movimentos indesejados
- Outro: _____

6. De que material é a sua órtese? **Marque todas que se aplicam.*

- Termoplástico
- Neoprene
- Gesso
- Tecido
- PVC
- Velcros
- Outro material
- Outro: _____

7. Como foi adquirida sua órtese?*Marcar apenas uma oval.*

- Fornecida pelo SUS
- Fornecida por centro de reabilitação
- Clínica particular
- Farmácia/loja de reabilitação
- Outro: _____

8. Por qual motivo você utiliza/utilizou uma órtese?*Marcar apenas uma oval.*

- Prevenir ou corrigir deformidades
- Cicatrização
- Restringir movimentos
- Estabilizar articulação
- Mobilizar articulação
- Controle de edema
- Controle de dor
- Fratura
- Outro motivo
- Outro: _____

05/03/2018

Apresentação da Pesquisa

9. Por quanto tempo você utiliza/utilizou a órtese?*Marcar apenas uma oval.*

- 3 meses
- 6 meses
- Mais de 6 meses
- 1 ano
- mais de 2 anos

10. Quem indicou o uso da órtese?*Marcar apenas uma oval.*

- Médico
- Terapeuta Ocupacional
- Fisioterapeuta
- Nenhuma das opções

11. Quem confeccionou a sua órtese?*Marcar apenas uma oval.*

- Terapeuta Ocupacional
- Fisioterapeuta
- Adquiri minha órtese em uma farmácia/loja de reabilitação
- Médico
- Outro: _____

12. Quais as suas principais reclamações quanto uso da órtese? **Marque todas que se aplicam.*

- Dificuldade na fixação com velcros
- É feia
- Suor
- É desconfortável
- Pesada
- Mau cheiro
- Dificuldade em realizar tarefas
- Dificuldade em colocar e retirar a órtese
- Outro: _____

05/03/2018

Apresentação da Pesquisa

13. Já abandonou o uso da órtese? por qual motivo? **Marque todas que se aplicam.*

- Desconforto
- Peso
- Suor e mau cheiro
- Aparência
- Dificuldade em utilizar nas atividades diárias
- Demonstra incapacidade
- Vergonha
- Outro motivo

14. Em uma escala de 1 a 5 como você classifica os cuidados com sua órtese:*Marcar apenas uma oval.*

1	2	3	4	5	
Simples	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito difícil

15. E quanto a higienização/limpeza da órtese : **Marcar apenas uma oval.*

1	2	3	4	5	
Simples	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito Difícil

16. O que é mais importante pra você ao utilizar uma órtese? **Marque todas que se aplicam.*

- Funcionalidade
- Aparência
- Peso
- Conforto
- Outro: _____

Impressão 3D

A impressão 3D é um processo responsável por construir objetos com base em desenhos tridimensional, criados em softwares de modelagem. Sendo impresso a partir de sucessivas adições de material polímero plástico (camada por camada).

17. Você sabe o que é impressão 3D?*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não

05/03/2018

Apresentação da Pesquisa

18. Já teve contado com material ou objeto feito em impressão 3D?*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
 Não

19. Que melhorias você acredita que a impressão 3D possa trazer as órteses? **Marque todas que se aplicam.*

- Diminuir o desconforto do processo tradicional
 Ser mais barata
 Personalização
 Confeção mais rápida
 Ser mais leve
 Apresentar uma boa aparência

Obrigado pela sua participação!

Powered by
 Google Forms

APÊNDICE F - ENTREVISTA FINAL COM ESPECIALISTAS.

1. Qual sua opinião sobre a proposta metodológica apresentada?
2. As etapas parecem adequadas?
3. A colaboração durante o processo foi efetiva?
4. Quais as sugestões de melhorias para o Framework?