

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

EDUARDO COELHO LECHNER

Relatório de Projeto de Graduação

LÔFA - PRÓTESE TRANSRADIAL



Rio de Janeiro

2017

EDUARDO COELHO LECHNER

LÔFA - PRÓTESE TRANSRADIAL

Projeto de Graduação em Desenho Industrial
apresentado à Universidade Federal do Rio de
Janeiro, como parte dos requisitos necessários
para obtenção do grau de Bacharel em
Desenho Industrial.

Orientador: Anael Silva Alves

Rio de Janeiro

2017

LÔFA - PRÓTESE TRANSRADIAL

Eduardo Coelho Lechner

Anael Silva Alves

Projeto submetido ao corpo docente do Departamento de Desenho Industrial da Escola de Belas Artes da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Desenho Industrial/Habilitação em Projeto de Produto.

Aprovado por:

Prof. Anael Silva Alves

Prof. Patricia March

Prof. Jeanine Geammal

Rio de Janeiro

2017

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à minha família, por todo o suporte que me deram ao longo desse projeto e ao longo de toda minha vida. Em especial, à minha mãe, Noélia Dias Coelho, que me proveu toda estrutura necessária para que conseguisse chegar onde cheguei. Ao meu irmão Carlos Coelho Lechner, que mesmo com distância sempre será meu melhor amigo e das poucas certezas que a vida me trás uma delas é poder contar com ele. À minha madrinha, Núbia Coelho, pela pessoa maravilhosa que é. Ao meu primo Sergio Alvarez, pelo suporte prestado em momentos difíceis.

Esse projeto não seria possível sem a ajuda do meu orientador Anael Silva Alves que me acompanhou nesse um ano e meio do desenvolvimento, trazendo novas reflexões e olhares sobre o assunto. Sempre solícito, empolgado e companheiro, é um exemplo de profissional e pessoa para mim. Agradeço por tudo.

Gostaria de agradecer ao D., usuário e coautor que acompanhou o projeto, por compartilhar comigo suas percepções e vivências. A troca foi enriquecedora e certamente mudou meu modo de ver o mundo.

Gostaria de agradecer à Prof^a. Carolina Alonso pela disponibilidade e toda equipe da AFR e da Polior pelo acolhimento e suporte.

Por fim, gostaria de agradecer a todos os professores e colegas que fiz na UFRJ. Foi uma jornada e tanto...

Eduardo Coelho Lechner

Resumo do Projeto submetido ao Departamento de Desenho Industrial da EBA/UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Desenho Industrial.

Lôfa - Prótese Transradial

Eduardo Coelho Lechner

Agosto de 2017

Orientador: Prof. Anael Silva Alves

Departamento de Desenho Industrial / Projeto de Produto

Resumo

O relatório descreve o processo de desenvolvimento de uma prótese transradial para fins estéticos e artísticos. Realizando uma pesquisa em instituições e com profissionais da área, o projeto acompanhou um usuário com a finalidade de permitir através da prótese sua expressão individual e bem-estar, investigando nas tecnologias emergentes como impressão 3d e corte a laser o seu potencial de personalização.

Palavras-chave: Design, Personalização, Prótese Transradial

Abstract of the project submitted to the Industrial Design Department of EBA/ UFRJ as a part of the requirements needed for the achievement of the Bachelor degree in Industrial Design.

Lôfa – Transradial Prosthetic Device

Eduardo Coelho Lechner

August of 2017

Advisor: Prof. Anael Silva Alves

Department of Industrial Design / Project of Product

Abstract

The report describes the process of developing a transradial prosthesis for aesthetic and artistic purposes. Conducting a research in institutions and with professionals in the field, the project accompanied a user with the purpose of allowing, through the prosthesis, their individual expression and well-being, investigating emerging technologies such as 3d printing and laser cut and their personalization potential.

Key-words: Design, Personalization, Transradial Prosthetic Device

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1: ELEMENTOS DA PROPOSIÇÃO	3
1.1 Contextualização do Problema	3
1.2 Justificativa	4
1.3 Objetivo Geral	5
1.3.1 Objetivo Específicos do Projeto	5
1.3.2 Objetivo Especifico da Pesquisa	5
1.4 Metodologia	5
CAPÍTULO 2: LEVANTAMENTO, ANÁLISE E SÍNTESE DE DADOS	9
2.1 Deficiência Física e Cultura	9
2.2 Reabilitação	13
2.3 Próteses para membros superiores	14
2.4 Aspectos negativos e abandono do uso	20
2.5 Inovação e tendências	23
2.6 Impressão e escaneamento 3D	26
2.7 Compreendendo as preferências do usuário	32
2.8 Visita às instituições especializadas	36
2.8.1 Visita à AFR	36
2.8.2 Visita à Polior	40
2.9 Análise dos dados e síntese do problema	40
2.10 Requisitos e Restrições	44
CAPÍTULO 3: DESENVOLVIMENTO	45
3.1 Socket	45
3.2 Usuário, identidade e os aspectos estéticos da prótese	51

3.3 Desenvolvimento de alternativas	57
3.4 Seleção da alternativa	77
3.5 Estudos de Kerfing	81
3.6 Desenvolvimento da solução	86
3.6.1 Fechamento da dobra e união com o socket	86
3.6.2 União dos dedos	93
3.6.3 Aplicação do Kerfing na solução	95
CAPÍTULO 4: DETALHAMENTO	99
4.1 Medidas, relação de peças e custo	99
4.2 Montagem	101
4.3 Construção do modelo final	102
4.4 Variações Estéticas	105
CONCLUSÃO	109
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
ANEXOS	118

INTRODUÇÃO

Ao longo de minha trajetória na UFRJ, uma das coisas que mais senti falta em minha formação como profissional de design foi a aproximação com o usuário. Muitas das soluções que desenvolvi foram idealizados sobre usuários de realidades próximas as minhas e em sua maior parte através de personas – um exercício de criar personagens fictícios para prospectar soluções desenvolvendo empatia sobre o problema – em muitos momentos esses projetos não ultrapassavam os planos teóricos.

Meu histórico como pesquisador me levou por caminhos que mesclavam a robótica com a arte, e por isso, escolher como tema para conclusão de curso trabalhar com o desenvolvimento de uma prótese me pareceu oportuno de unir o universo da tecnologia com problemas reais. Isso me daria a possibilidade de me desafiar a utilizar as metodologias de design para buscar respostas que eu só poderia vislumbrar através dos olhos dos outros, com realidades e vivências completamente diferentes das minhas. Me colocar no lugar dos outros e me ater aos processos de pesquisa seriam a única forma de entender a natureza dos problemas.

Assim, o primeiro passo do projeto foi encontrar um usuário, entender suas necessidades e compreender como poderia atuar como projetista. Todo o projeto foi feito sob acompanhamento deste usuário que possuía ausência de um dos membros superiores e ao contrário do que eu esperava, não utilizava prótese por se considerar mais funcional sem, preferindo utilizar a parte remanescente do membro para realizar suas tarefas. Isso me ajudou a entender a deficiência física muito além de uma questão funcional que poderia ser sanada com artifícios tecnológicos – por mais que estes tenham grande espaço para aplicações e desenvolvimento de melhorias.

Mesmo que o usuário tenha rejeitado seus primeiros contatos com elementos protéticos, ele via ali uma oportunidade de expressão individual e artística a ser

explorada. Essa foi o caminho trilhado pelo projeto, tratando das singularidades e da expressão individual do usuário e menos dos aspectos genéricos da deficiência.

Dessa abordagem nasceu Lôfa, uma prótese estética, que não procura sanar os aspectos funcionais, mas procura entregar ao usuário uma estética personalizada através do uso de tecnologias emergentes de prototipagem, que permitem produção em baixa escala e customização sob medida.

O nome Lôfa, vem das origens etimológicas da palavra luva, e significa 'palma da mão'. Assim como uma luva, Lôfa é como uma peça de roupa: utilizada para se sentir bem e para se expressar.

CAPÍTULO 1: ELEMENTOS DA PROPOSIÇÃO

1.1 Contextualização do Problema

Qualquer que seja a manifestação da deficiência sobre o indivíduo, ela provoca profundas implicações do ponto de vista psicológico, causando dificuldades de elaborar a própria diferença em relação aos outros. Devido às singularidades em seus corpos, é comum entre os deficientes físicos a falta de auto aceitação provocar problemas emocionais que impactam na autoestima e definem aspectos de sua psicodinâmica (MACEDO, 2008).

Estima-se que na cidade de São Paulo, 11% da população sofra de depressão (ZIEGLER, 2014). Quando olhamos para esses valores no caso de pacientes que sofreram amputação de membros inferiores na mesma cidade, a prevalência de depressão dobra, atingindo 22% (SABINO, TORQUATO E PARDINI, 2013). Essa discrepância parece deixar claro o impacto do trauma que a perda de um membro causa sobre um indivíduo.

O uso de próteses mecânicas tem sido uma forma de tentar remediar a deficiência física e procurar trazer autonomia aos deficientes. O processo de confecção de uma prótese é artesanal e cada peça é feita para atender às necessidades de um usuário específico, tanto em questões anatômicas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013) quanto em questões estéticas. Porém, grande parte das abordagens parecem se voltar para a otimização das tarefas físicas e mecânicas, deixando de lado os fatores psicológicos e sociais atrelados a ele na construção da autoimagem do indivíduo. Falta de eficiência, desconforto e aparência desagradável estão entre os principais motivos para o abandono do uso de prótese por parte dos deficientes de membros superiores (BIDDISS E CHAU, 2007).

1.2 Justificativa

As soluções protéticas têm se mostrado bem sucedidas em reabilitar pessoas amputadas em membros inferiores, conseguindo resultados satisfatórios tanto do ponto de vista funcional quanto do psicológico. Quando olhamos esses atributos para amputados dos membros superiores, as próteses ainda parecem não atendê-los. Não é difícil compreender os motivos: As atividades laborais do homem moderno são executadas majoritariamente pelos membros superiores. Essas partes do corpo são responsáveis pelo manejo fino de objetos e pela destreza (SARADJIAN, THOMPSON, DATTA, 2008), sendo um desafio técnico mimetizar essas características por um artefato tecnológico. Já as próteses de membros inferiores têm como função a estruturação e locomoção, não se apoiando tanto em artifícios eletrônicos e de natureza robótica.

A revolução das telecomunicações transformou os celulares em produtos de grande mercado e com isso, baratearam o preço de componentes eletrônicos como microprocessadores e baterias de lítio, componentes comumente utilizados na fabricação de próteses mecânicas (MIODOWNIK, 2013). Ao mesmo tempo, existe uma explosão de novos materiais e o barateamento de tecnologias de produção por comando numérico computadorizado – CNC – permitem produzir em baixa escala e alta precisão como impressoras 3D, fresadoras e tornos CNC e cortadoras a laser, métodos que antes só eram acessíveis para a grande indústria (TANENBAUM, WILLIAMS, DESJARDINS, TANENBAUM, 2013). Esse barateamento de artigos tecnológicos também trouxe a chamada democratização das práticas tecnológicas (TANENBAUM, WILLIAMS, DESJARDINS, TANENBAUM, 2013). Esse cenário torna oportuno que as

soluções desenvolvidas sobre o tema sejam revisitadas e abre espaço para abordagens que contemplem esse novo panorama.

1.3 Objetivo Geral

Promover melhoria na autoimagem de deficientes físicos com ausência de membro superior.

1.3.1 Objetivos Específico do Projeto

- Explorar as possibilidades trazidas pelas tecnologias de CNC;
- Atender as expectativas do usuário que acompanhou o projeto;
- Possibilitar a adaptação às medidas de diferentes usuários;
- Permitir que se aplique diferentes personalizações estéticas; e
- Reduzir custos para o usuário final em comparação a outras soluções estéticas do mercado.

1.3.2 Objetivos Específico da Pesquisa

- Compreender os impactos da deficiência na construção da autoimagem e estima;
- Identificar os principais motivos do abandono do uso de próteses de membro superior e os pontos negativos do uso diário;
- Conhecer o atual modelo de confecção de próteses e reabilitação dos deficientes;
- Entender o parecer dos deficientes físicos quanto à sua situação; e

- Descobrir novas abordagens e soluções para próteses trazidos pelas tecnologias emergentes.

1.4 Metodologia

O desenvolvimento do projeto procurou seguir a metodologia do Design Centrado no Ser Humano (IDEO, 2015), que tem como premissa trazer o usuário alvo do projeto para próximo do seu desenvolvimento, tornando-o coautor. Assim, o primeiro passo foi encontrar um usuário com ausência de membro superior (não fazendo distinção da origem, seja adquirida ou congênita) que já teve alguma experiência com próteses ou que demonstrasse interesse no projeto.

Com a finalidade de deixar o usuário à vontade para responder as perguntas de maneira sincera, sua identidade não será revelada, sendo referenciado ao longo do projeto apenas por sua inicial D.

Conforme a pesquisa progredia os dados eram apresentados a D. e sua opinião solicitada com a finalidade de validar as informações sob sua ótica e vivência.

Para compreender os impactos da deficiência física sobre a estima dos usuários foi realizado uma pesquisa na literatura médica por meio de artigos e pesquisas acadêmicas com finalidade buscar o parecer dos especialistas, que convivem e trabalham com deficientes físicos, sobre o tema.

Para descobrir os principais motivos para o abandono do uso de prótese e dos fatores negativos relacionado ao uso diário foi necessário realizar uma busca na literatura médica, procurando por pesquisas quantitativas dessas ocorrências e qualitativas para compreender como aqueles valores se aplicavam na vivência dos deficientes físicos.

Em momentos do desenvolvimento, a terapeuta ocupacional Carolina Alonso, professora doutora do curso de graduação em Terapia Ocupacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, foi solicitada a tirar as dúvidas à medida em que elas apareciam, esclarecendo sobre o processo e a necessidade de acompanhamento profissional no processo de reabilitação. Esse estudo foi agregado a uma consulta ao material disponibilizado pelo Ministério da Saúde que descreve como o sistema público aborda o assunto.

Pesquisas de campo foram realizadas em duas instituições que trabalham com o universo da deficiência física, a primeira na Associação Fluminense de Reabilitação, em Niterói, Rio de Janeiro, com o intuito de colher o parecer dos profissionais que trabalham no processo de reabilitação e pesquisar os métodos empregados no processo. A segunda pesquisa foi realizada na Polior Produtos Ortopédicos, em Duque de Caxias, também no Rio de Janeiro, que fabrica produtos protéticos para o mercado nacional, procurando entender como a iniciativa privada busca soluções que atendam o cenário.

Foi realizada uma pesquisa em diferentes veículos de comunicação a fim de encontrar novas abordagens sobre elementos protéticos. Essa pesquisa não tinha como função primária levantar soluções de materiais, processos e sistemas mecânicos, e sim procurar quais seriam as tendências futuras trazidas pelas tecnologias emergentes, possibilidades de customização e os impactos na autoimagem trazidas pelas inovações.

Por fim os dados foram reunidos em uma visualização panorâmica com a finalidade de extrair ideias e definir as oportunidades, seus requisitos e restrições.

Após a definição das oportunidades o projeto buscou na literatura e com testes de baixo custo e fidelidade elaborar alternativas para a interface que une o elemento

protético ao usuário. Essas alternativas foram levadas à um profissional da área de reabilitação para serem avaliadas.

A próxima etapa foi a elaboração de alternativas para o elemento protético, que ao serem desenvolvidas, eram apresentadas ao usuário para colher suas percepções. O mesmo processo ocorreu para definição dos elementos estéticos, e nos processos de fabricação. As alternativas eram ilustradas na forma de desenhos, em sua maioria e, quando necessário, foram construídos modelos de baixa fidelidade para uma representação mais realista.

Para se descobrir alternativas de padrões de que viabilizariam a construção da prótese por dobras em chapas acrílicas, foram confeccionadas alternativas de padrões para avaliar o potencial da dobra de cada uma.

Para se aplicar o padrão sobre o modelo final foi confeccionado um modelo para observar como as dobras se comportavam sobre a planificação. Após essas etapas, foram detalhadas as medidas e confeccionado o modelo final.

CAPÍTULO 2: LEVANTAMENTO, ANÁLISE E SÍNTESE DE DADOS

2.1 Deficiência Física e Cultura

O conceito de deficiência sempre esteve fortemente ligado ao diagnóstico médico com a finalidade de avaliar as características funcionais do indivíduo. Essas definições porém, parecem ter seu significado revisitado pelo preâmbulo “e” do Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009, que diz:

e - Reconhecendo que a deficiência é um conceito em evolução e que a deficiência resulta da interação entre pessoas com deficiência e as barreiras devidas às atitudes e ao ambiente que impedem a plena e efetiva participação dessas pessoas na sociedade em igualdade de oportunidades com as demais pessoas. (BRASIL, 2009)

O decreto considera que a deficiência é um conceito em evolução e fruto da atividade social, ocorrendo quando dois fatores interagem: o primeiro deles é o indivíduo deficiente diagnosticado por suas características funcionais pelas instituições médicas, e o segundo são as barreiras que impedem sua inclusão e acesso aos direitos em igualdade com os demais integrantes da sociedade (MONTANARI, 2013). Ou seja, se todos os indivíduos tiverem acesso às mesmas oportunidades, a deficiência não viria se manifestar, e conseqüentemente, a existir.

A deficiência se manifesta por barreiras físicas e sociais, seja por dificultar o acesso ao direito de ir e vir, seja por limitar suas oportunidades através do preconceito e do demérito. Macedo afirma que:

Em nossa cultura, a palavra 'deficiente' tem um significado muito estigmatizante, onde a aparência de normalidade ou a invisibilidade do desvio em relação à norma são os principais elementos que podem determinar a inclusão ou a exclusão social. O preconceito às pessoas com deficiência configura-se como um mecanismo de negação social, uma vez que suas diferenças são ressaltadas como uma falta, carência ou impossibilidade. (MACEDO, 2008, p. 129)

Goffman (1982) categoriza as pessoas vítimas de preconceito em duas formas: os “descreditados” e os “descreditáveis”. O primeiro, são os indivíduos que não podem esconder a característica que o estigmatizará, pois ela se manifesta em seu corpo, em sua fala ou em seu gestual. Isso inclui preconceitos raciais e contra deficientes físicos, por exemplo. Os descreditáveis são aqueles que sofrerão preconceito caso sua característica estigmatizada venha a se tornar conhecimento público, como no caso de homossexuais, adeptos de diversas crenças e portadores de algumas doenças mentais. Assim, a visibilidade do estigma constitui um fator decisivo para que a sociedade tome ação na redução de oportunidades, no descrédito e, em casos extremos, manifestações explícitas de repúdio.

O projeto foi feito com acompanhamento do usuário D. morador da cidade do Rio de Janeiro, de 23 anos portador de uma deficiência de origem congênita: desde o nascimento, D. não possui toda a extremidade do braço esquerdo, terminando em uma altura aproximada 10cm após o cotovelo. Ele se autointitula proativo sendo praticante de atividades físicas como boxe e natação e tem como uma de suas principais atividades de lazer jogos eletrônicos no computador e em console.

D. descreve o descrédito em seu dia-a-dia como se duvidassem de suas capacidades, mesmo que muitas vezes se manifestem de maneira cordial, como uma pessoa oferecendo ajuda:

Imagina a situação: Tu quebrou o braço e não pode se servir no self-service direito. Só que tu vai ficar 3 meses com o gesso no braço. Se ficarem te ajudando todo dia tu nunca vai conseguir se virar. E depois de 2 meses e meio tu consegue se servir. Se alguém te ver e oferecer ajuda você agradece e depois continua. Quando te perguntam isso 22 anos da sua vida é tenso: "ele é deficiente, coitadinho". (D., 2016)

Os “descreditados” expressam no corpo um estigma social: o corpo é o primeiro bem cultural de um indivíduo, sendo dotado de significados. Toda vivência humana é mediada através do corpo e seu peso é imprescindível na imagem que comunicamos. Merleau-Ponty (1971), nos apresenta uma visão interessante sobre o valor do corpo:

O corpo é a unidade máxima de representação do ser humano e por isso adquire importância para toda vida e cultura. Para viver é necessária a mediação do corpo, que é o primeiro dos objetos culturais, o portador dos comportamentos. Vive-se com o corpo e nos relacionamos através dele. Toda percepção exterior é imediatamente sinônima de certa percepção do corpo, como toda percepção do corpo se explicita na linguagem da percepção exterior. (MERLEAU-PONTY, 1971 apud MACEDO, 2008, p. 130)

É interessante perceber que quando perguntado sobre sua percepção acerca do preconceito, D. (2016) não a identifica no seu dia-a-dia, mesmo que saiba da existência:

Pô cara, eu acredito que eu não abra espaço pra isso, saca? Pelo menos eu nunca percebi ou sempre andei com gente que não se importa com isso. Acho que a minha maneira de lidar com isso e com pessoas não deixa uma lacuna pro preconceito. (D., 2016)

Quando perguntado sobre oportunidades de trabalho, D. (2016) descreve uma conversa que teve com uma recrutadora de emprego onde tentou tirar a dúvida pessoal sobre o preconceito nas vagas do mercado:

Conversei com uma moça de um recrutamento (de emprego) e ela disse que tem sim (preconceito). E às vezes o deficiente não corresponde, não se interessa, não procura evoluir. Então, a culpa é por parte deles. Consegui um trabalho, não me vejo deslocado lá e ninguém sequer perguntou algo, me tratam como qualquer um, saca? (D., 2016)

A naturalidade com que D. lida com as questões sociais atreladas a deficiência pode ser explicada por Goffman (1982), quando caracterizou 3 segmentos de vivência que podem ser identificadas na carreira de deficientes. O primeiro deles fala sobre indivíduos que, como D., nasceram deficientes e que se desenvolveram inclusos no meio social. Eles têm a oportunidade de elaborar sua individualidade e compreender os atritos que podem vir a ocorrer desde cedo. As instituições familiares e educacionais têm papel fundamental em acompanhar o desenvolvimento pessoal, colaborando para que ele desenvolva suas habilidades psicossociais e motoras, e aprenda a lidar com as questões culturais atrelados ao estigma e que virão eventualmente a ocorrer. Nesse caso, as tensões geradas pelas diferenças podem vir a ser minimizados (MACEDO, 2008).

Muitas vezes o indivíduo não tem a oportunidade de desenvolver suas habilidades sociais, esse seria o segundo caso de vivência. Geralmente, nele a família e as estruturas de ensino acabam tentando proteger o indivíduo das tensões geradas pelo convívio com agentes externos. O que acaba limitando o potencial de adaptação do indivíduo, criando uma espécie de "cristalização", onde sua vivência é limitada a um ambiente contido e distante do mundo real. Num futuro, onde for necessária sua autonomia e por consequência que ele entre em contato com a sociedade, as tensões podem se tornar agravadas já que o indivíduo não teve a oportunidade de desenvolver suas capacidades adaptativas nem de elaborar sua própria diferença.

O terceiro e último caso diz respeito aqueles que adquiriram a deficiência depois de socializados, e também são potencialmente os casos mais sensíveis, visto que esses indivíduos precisarão se adaptar à nova condição e desenvolver mecanismos de enfrentamento para superar as tensões sociais e o impacto emocional. O indivíduo terá que reaprender a executar as tarefas que antes eram triviais, mas que sempre foram feitas se apoiando em um elemento do corpo que foi perdido. Também precisará reconstruir sua identidade pessoal que Goffman (1982) chama de "Identidade do Eu" e

desconstruir a imagem que havia formado de outros deficientes, como Macedo (2013) pontua "o indivíduo verá a si próprio como costumava ver o outro". Nesse processo é fundamental o apoio da família e das instituições de reabilitação, visto que a carga emocional e os estágios de superação se assemelham aos do sentimento de luto (SEREN, TILIO, 2014).

2.2 Reabilitação

A reabilitação é um processo terapêutico que tem como finalidade a reintegração na sociedade de indivíduos que tenham tido suas capacidades comprometidas, com a finalidade de devolver a independência. Para tal são empregados uma série de exercícios que visam desenvolver as habilidades motoras e cognitivas, assim como objetos auxiliares (Figura 1). Entre esses objetos destacam-se próteses, órteses e produtos para as "Atividades da Vida Diária" (normalmente abreviado para "AVDs").

Figura 1: Da esquerda para a direita: prótese para membro inferior, órtese para membro inferior e uma colher adaptada para AVD.



fonte: CENTRO DE INOVACCION, 2014; IMPORTEC, [2017?]; LWT, 2016.

A origem da palavra “prótese” vem do grego e significa “adição”, pois são produtos que tem como objetivo repor partes do corpo que sofreram sequelas por amputação, trauma ou nunca existiram devido a uma deficiência de origem congênita.

Órteses são objetos que adicionados ao corpo visam proteger, sustentar e alinhar partes cujas as funções foram comprometidas permanentemente ou temporariamente.

Muitas vezes os deficientes possuem necessidades específicas para realizar determinadas tarefas e que os produtos no mercado não atendem. Nesses casos as instituições reabilitadoras produzem em suas oficinas os chamados “objetos para AVDs” que são adaptações de produtos do cotidiano voltadas para atender limitações cognitivas e motoras específicas. São consideradas Atividades da Vida Diária tarefas de autocuidados, como tomar banho e escovar os dentes por exemplo, e tarefas diárias como arrumar a cama e se locomover de um lugar a outro (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO, 2010).

A produção de produtos para deficientes físicos está muito atrelada a customização pois é impossível prever todos os cenários e especificidades dos usuários. Por isso, as instituições procuram sempre permitir algum nível de adequação nos seus produtos ou até mesmo a criação de novas soluções.

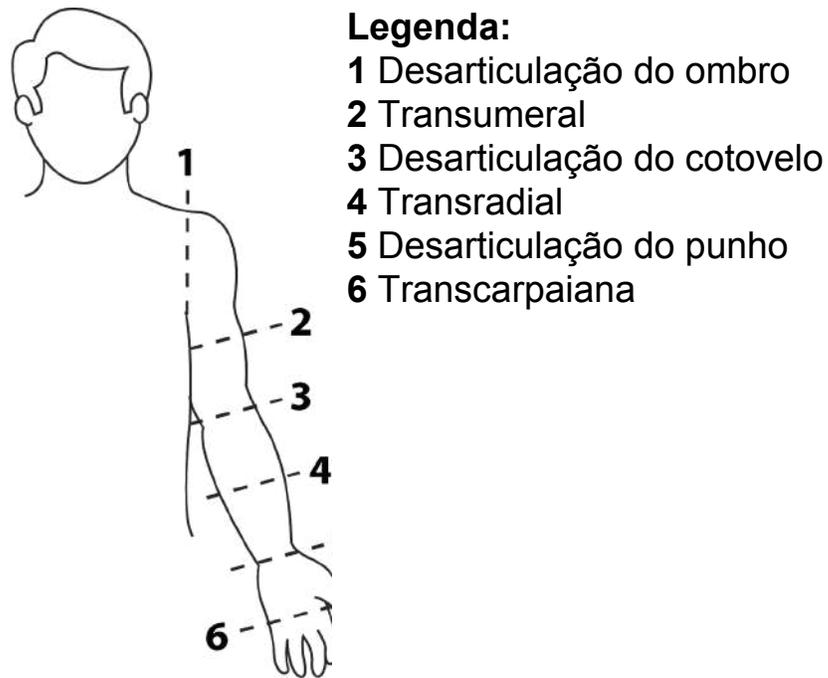
2.3 Próteses para membros superiores

Existem diferentes modelos de próteses de membro superior que procuram cobrir uma diversa variedade de lesões (Figura 2). Mesmo que a prótese seja para uma determinada lesão elas precisam ser "feitas sob medida ou precisam oferecer alguma possibilidade de adaptação" (ALONSO, 2016) para cobrir as individualidades de cada paciente tanto pela lesão, quanto das variações ergonômicas.

No Brasil, os elementos ortopédicos, como próteses e órteses, são um direito de todo cidadão com deficiência (Ministério da Saúde, 2013) sendo obrigação do estado a confecção e distribuição pelo Sistema Único de Saúde (SUS) livre de custos, juntamente com as terapias de reabilitação para adaptação e uso dos mesmos.

Dependendo da tecnologia empregada, as próteses de membros superiores podem ser categorizadas nos seguintes tipos: Estética, Mecânica e Eletrônica.

Figura 2: Alturas de amputação de acordo com a remanescência do membro.



fonte: Elaborado pelo autor com base em The War Amps, [2016?].

As próteses estéticas (Figura 3) recebem esse nome por serem uma solução voltada para a aparência, também sendo chamada de passiva ou cosmética, por não oferecerem funcionalidade mecânica. Normalmente, ela procura mimetizar a pele e a aparência do usuário para cobrir a ausência do membro. Como não possui componentes funcionais ela consegue se manter leve em comparação as próteses mecânicas e eletrônicas, mesmo assim ela pode auxiliar o usuário em tarefas simples como empurrar uma porta ou apoiar um papel na mesa enquanto ele escreve (WATVE, DOOD, MACDONALD, STOPPARD, 2010).

Os preços das próteses passivas são geralmente inferiores às demais devido a sua baixa complexidade. No entanto, as que simulam uma estética realista podem vir a ter um acréscimo considerável devido ao processo artesanal de confecção. Por exemplo, Barata (2017) diz que o processo demora cerca de 1 mês para ser concluído,

e que a faixa de preço varia entre 700 euros até 6.000 euros, mas esses valores podem variar de acordo com o artesão e o grau de realismo desejado.

Figura 3: Exemplo de prótese passiva com função estética feita em silicone.



fonte: Touch Bionic, [2017?]

As próteses mecânicas (Figura 4) fazem uso do movimento do corpo para tensionar cabos e contrair suas estruturas (WATVE, DOOD, MACDONALD, STOPPARD, 2010). Esses modelos oferecem movimentos simples, e por essa característica funcional são chamados de próteses ativas, juntamente com as próteses eletrônicas. Essas próteses ativas devem ser adaptadas "com apoio de um profissional de saúde especializado nesta área como um Terapeuta Ocupacional. Isto porque além do dispositivo, ou seja, da prótese em si, deve haver um acompanhamento do seu uso" (ALONSO, 2016) para evitar danos à pele e as articulações.

A Prótese Eletrônica (Figura 5) é movida por motores elétricos que são acionadas por sensores na musculatura do usuário. Os sensores são colocados na superfície da pele e identificam variações de voltagem causados pela contração muscular, a partir deles os motores elétricos realizam diferentes movimentos dependendo da combinação de músculos contraídos permitindo realizar uma variedade de movimentos. As próteses eletrônicas necessitam de treinamento por parte do

usuário e motivação para que se aprenda a controlar os diferentes movimentos (WATVE, DOOD, MACDONALD, STOPPARD, 2010).

Figura 4: Exemplo de prótese mecânica. Os dedos fecham completando o movimento do pulso.



fonte: E-nable, 2014

Figura 5: Exemplo de prótese eletrônica. Sistema Michelangelo, desenvolvida pela Ottobock.



As soluções eletrônicas são as mais promissoras do ponto de vista funcional, sendo alvo da grande maioria das pesquisas que visam melhorar sua acurácia, baratear seu custo e até mesmo desenvolver um sistema de 'feedback' sensorial que simule o tato (WATVE, DOOD, MACDONALD, STOPPARD, 2010). No momento as soluções eletrônicas ainda não atendem muitos usuários, que se consideram mais funcionais utilizando o coto (vestígio do braço amputado). Outro fator é o peso: Os sistemas eletrônicos e mecânicos resultam em acréscimo de peso considerável, o que resulta em constantes queixas de desconforto (BIDDIS, CHAU, 2007).

Outra forma de se categorizar as próteses é por sua abordagem estética e funcional: ela pode ser mimética, tentando se aproximar em forma e função do membro perdido, ou não-mimética, quando ela se desprende do compromisso de ser semelhante a uma estrutura do corpo e adquire formas diferenciadas para realizar melhor determinadas tarefas (Figuras 6 e 7).

Figura 6: Usuário utilizando duas próteses, com diferentes terminais. Uma mimética e outra não-mimética.

Figura 7: Exemplos de diversos encaixes não-miméticos em terminais de próteses ativas.



fonte: Wayback Machine, 2017; Cortesia do Exército dos Estados Unidos por Walter Reed, 2004.



fonte: Watve, Dood, MacDonald, Stoppard. 2010.

Para o amputado, a estética da prótese age como uma estratégia de enfrentamento do sentimento de diferença com o objetivo de se incluir socialmente, ganhando valor de expressão individual (SARADJIAN, THOMPSON, DATTA, 2008). As situações sociais e ambientes de trabalho são o principal motivo para o uso de próteses (FRASER, 1993). Para os usuários que utilizam continuamente, a prótese se assimila a uma peça de roupa, se tornando parte de sua imagem e acaba deixando de ser percebida de modo consciente. Um usuário diz acreditar que "seja como usar óculos [...]. Você escolhe um par que seja atrativo, que você acredita que vai melhorar sua imagem e que você esteja confortável."(SARADJIAN, THOMPSON, DATTA, 2008, p. 878). A prótese também parece ter um valor simbólico em cumprir com demandas sociais, como outro usuário coloca:

Esses dias o único momento que eu sinto que eu deveria usar uma prótese é quando eu saio. Isso parece importante por que as pessoas não me querem em suas fotos de casamento com [...] a manga da jaqueta enfiada no bolso. Fica muito melhor usando a prótese. (SARADJIAN, THOMPSON, DATTA, 2008, p. 878-879)

A prótese parece devolver a sensação de pertencimento social, nas palavras de um dos entrevistados: "Acho que todo mundo quer se encaixar. Eu acho isso muito importante." (SARADJIAN, THOMPSON, DATTA, 2008. p 879). Outro demonstra não se importar que a prótese falhe em esconder a deficiência, dizendo que é muito mais uma questão de bem-estar pessoal:

Quando eu saio eu sou uma pessoa normal, por que tenho duas mãos. Eu apenas não gosto de sair sem ela (se referindo a prótese). [...] Mesmo que noventa por cento das pessoas ao redor saibam que eu só tenho um (braço). Eu me sinto melhor por que eu sinto que tenho dois. Me sinto melhor usando. Confiança, não é mesmo? (SARADJIAN, THOMPSON, DATTA, 2008. p. 879)

Os depoimentos dos usuários deixam claro que aspectos psicológicos e autoimagem são fatores fundamentais e estão fortemente atrelados ao uso de elementos protéticos. Apesar dessa importância, a literatura médica parece carecer de abordagens mais abrangentes sobre o tema (SARADJIAN, THOMPSON, DATTA, 2008).

2.4 Aspectos negativos e abandono do uso

A pesquisa realizada por Biddis e Chau (2007) procurou levantar os piores aspectos do uso de próteses para compreender quais são as queixas daqueles que usam constantemente e os motivos que levam os usuários a abandonar o uso. A pesquisa mostra que o motivo mais comum para o abandono é o fato de que muitos se sentem mais funcionais sem a prótese (Quadro 1). Esse fator também é compartilhado por uma parcela considerável entre aqueles que utilizam rotineiramente. D. coloca essa informação do seguinte modo: "Todas as próteses que eu vi me limitavam o movimento abrir e fechar a mão, mover os dedos e mais nada. Quem sabe segurar um copo. Eu não ia conseguir ter a eficiência que você tem e que eu tinha." (D., 2016).

Usuários evitam utilizar a prótese em períodos quentes por abafar a pele e causar suor excessivo, sendo esse o principal motivo para interromper o uso: 77% dos usuários que utilizam a prótese diariamente se queixaram desse fator (Quadro 1). Geralmente os usuários interrompem o uso durante o verão, porém um dos usuários entrevistados que depende da prótese para manter suas relações sociais descreve o seu transtorno:

Pode estar fervendo no verão eu continuo usando e é muito desconfortável. E no verão, eu tenho que levar mais vezes para o reparo... por que o 'socket' (parte onde se insere o coto) fica encharcado com o suor, e começa a cheirar mal. Se eu posso sentir o cheiro outras pessoas também podem. (SARADJIAN, THOMPSON, DATTA, 2008, p. 879)

Um dos aspectos negativos mais citados pelos usuários diários de próteses é o peso (Quadro 1). As próteses sem características funcionais conseguem se manter mais leves por serem ocas, porém as ativas como as mecânicas e elétricas acabam tendo um acréscimo considerável de peso (WATVE, DOOD, MACDONALD, STOPPARD, 2010). Um usuário descreve a dificuldade de se manter os movimentos e a postura de forma natural: “Conheço algumas pessoas que tem um braço artificial e elas parecem terríveis. Você sabe pelo jeito que elas carregam. “ (SARADJIAN, THOMPSON, DATTA, 2008. p. 878).

Quadro 1: Fatores negativos apontado pelos usuários de prótese de membro superior e os que abandonaram o uso.

Fatores	Usuários que rejeitaram	Usuários que aderiram
Mais funcional sem prótese	98%	60%
Desconforto	95%	66%
Inconveniência	93%	53%
Dificuldade ou cansaço de usar	88%	39%

Muito pesado	88%	65%
Muito quente	88%	77%
Melhor feedback sensorial sem	85%	44%
Incompatibilidade com estilo de vida	80%	N/A
Insatisfação com a tecnologia	70%	N/A
Aparência	70%	33%
Necessidade de remover e colocar	N/A	71%

fonte: Biddis, Chau, 2007.

A necessidade de se tirar e colocar a prótese para a realização de determinadas tarefas, como dormir e tomar banho, e o desconforto são outros dois fatores muito citados na pesquisa de Biddis e Chau (2007) pelos usuários frequentes. Mesmo aqueles que se adaptaram ao uso e que consideram a prótese confortável, a retiram quando ela não é necessária, como descreve o usuário:

Eu não estou dizendo que a prótese é desconfortável, mas sem ela eu fico mais confortável. Eu descanso (em casa) bebo uma cerveja e vejo televisão. Não tenho necessidade de usar, se eu tivesse, usaria. (SARADJIAN, THOMPSON, DATTA, 2008, p.878)

Em determinados aspectos a discrepância entre os valores parece se evidenciar pelo costume de usar a prótese: os usuários que abandonaram o uso se queixam mais que os usuários frequentes. Isso porque aqueles que utilizam diariamente estão acostumados com certas características como a falta de "feedback" sensorial, o desconforto e as dificuldades do manejo (BIDDISS, CHAU, 2007).

Os usuários que abandonaram o uso também se dizem mais insatisfeitos com a tecnologia disponível. É importante salientar que as amostras dos estudos de Biddis e

Chau (2007) tiveram acesso às mesmas tecnologias (tendo em vista as próteses estéticas, mecânicas e eletrônicas) e isso não influenciou na incorporação da prótese em seu dia-a-dia. Assim, é errado afirmar que os usuários que tiveram as próteses mais tecnologicamente avançadas foram melhor sucedidos em se adaptar ao uso. O sucesso da adaptação da prótese está no valor percebido pelo usuário das tecnologias disponíveis (SARADJIAN, THOMPSON, DATTA, 2008), e está diretamente ligado ao seu estilo de vida (BIDDIS, CHAU, 2007).

Quando questionado em relação ao motivo de não utilizar a prótese, D. diz que já foi procurado duas vezes por programas beneficentes que se disponibilizaram a fornecer próteses mioelétricas livres de custo. Mesmo essas próteses sendo mais tecnologicamente superiores em suprir necessidades funcionais, D. recusou utilizá-las alegando que o ganho em funcionalidade seria muito pequeno, já que está acostumado com o uso do coto. Aparentemente no caso dele, os aspectos funcionais são questionáveis dados que ele já se acostumou ao uso do coto.

2.5 Inovação e tendências

Novas abordagens protéticas parecem migrar da autoria médica-funcional para ganhar um significado estético que transita pelo campo da moda (Figura 8). A artista plástica Sophie Oliveira Barata mistura diversas mídias passando por confecções artesanais clássicas, como pintura e escultura, até impressão 3D, explorando o surreal, o transhumanismo e a diversidade (ALTERNATIVE LIMB PROJECT, 2016).

Figura 8: Prótese estética de Sophie Barata, uso e detalhe.



fonte: Alternative Limb Project, 2016

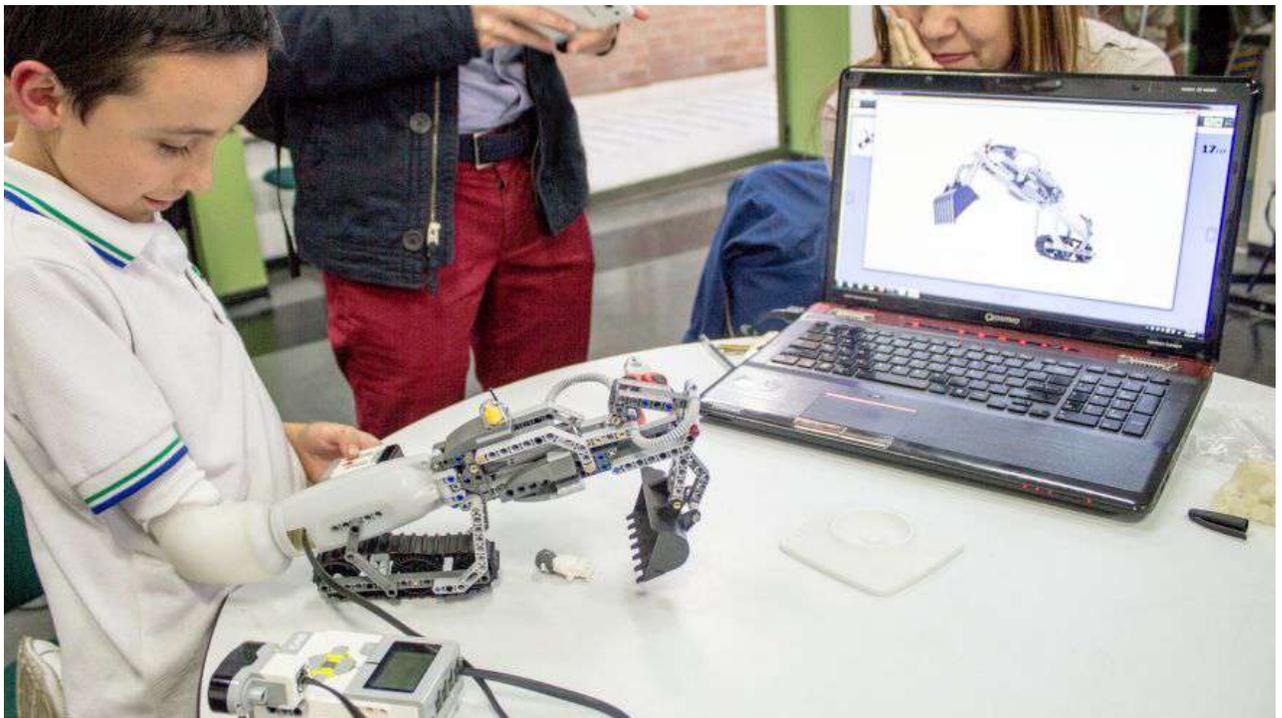
Como o processo de confecção é artesanal, cada prótese é desenvolvida especialmente para cada cliente aplicando diferentes metodologias com o objetivo de extrair sua personalidade e estilo, desde de técnicas de *brainstorm* até a construção de um painel de referências visuais (*moodboard*). Os usuários fazem parte do processo de concepção para garantir que o resultado desejado seja atingido. (ALTERNATIVE LIMB PROJECT, 2016).

Trazer os clientes para próximo do desenvolvimento e ouvir o que eles têm a dizer é o ponto forte das próteses de Sophie. Isso faz com que o resultado reflita os desejos do usuário e que ele sinta sua individualidade representada no objeto, ao contrário das abordagens convencionais que utilizam elementos padronizados e o resultado estético reflete a uma abordagem médica. Nessa abordagem se distingue da abordagem convencional onde o objetivo da prótese era meramente copiar um membro em estética e função para uma abordagem lúdica e não-mimética, onde o simbolismo e bem-estar pessoal parecem ser o principal para esse segmento de usuários.

Esse processo artesanal somado ao longo processo de geração de ideias acabam resultando em um alto preço para consumidor: as próteses podem demorar entre um e seis meses para serem feitas, com o valor inicial de 1000 euros (ALTERNATIVE LIMB PROJECT, 2016).

Outras abordagens procuram trazer para crianças uma proposta lúdica como no exemplo da prótese IKO desenvolvida em parceria com o brinquedo modular Lego. Nele, a criança utiliza os sensores de uma prótese elétrica que captam as contrações musculares para acionar motores que movimentam estruturas que podem ser customizadas pelo usuário (Figura 9).

Figura 9: Prótese IKO.



fonte: Core77, 2015

Essa proposta parece favorecer que a criança desenvolva sua própria diferença brincando e permitindo que ela se reinvente. Além de ser mais convidativo para as outras crianças, favorecendo sua integração psicossocial com os demais (CORE77, 2016).

Prominance é um projeto desenvolvido por alunos da universidade de Johns Hopkins University com objetivo de devolver aos amputados de membros inferiores a possibilidade de usar um sapato de salto alto (Figura 10). Os modelos comuns do mercado não possuem um sistema articulado que simule a dobra do calcanhar e permite que usuário utilize um salto alto nos dois pés de maneira simétrica e devida (DISABLED WORLD, 2016).

Figura 10: Contextualização da prótese Prominance



fonte: Disabled World, 2016

Mesmo que os modelos de próteses do mercado cumpram com o dever de sustentar o corpo e garantir o direito à locomoção de cada indivíduo, a prótese Prominance apresenta um refino dessa solução em uma abordagem mais condizente

com as relações complexas que compõem o convívio de uma sociedade, em que o "salto alto se tornou parte integral do estilo de vida" (DISABLED WORLD, 2016).

2.6 Impressão e escaneamento 3D

A impressão 3d tem se mostrado uma tecnologia promissora em modificar o modo como as próteses, os usuários e profissionais de saúde se relacionam. O método consiste na criação de um objeto tridimensional físico a partir de um modelo virtual (Figura 11). Seu processo mais detalhado é descrito por Alves (2014), como:

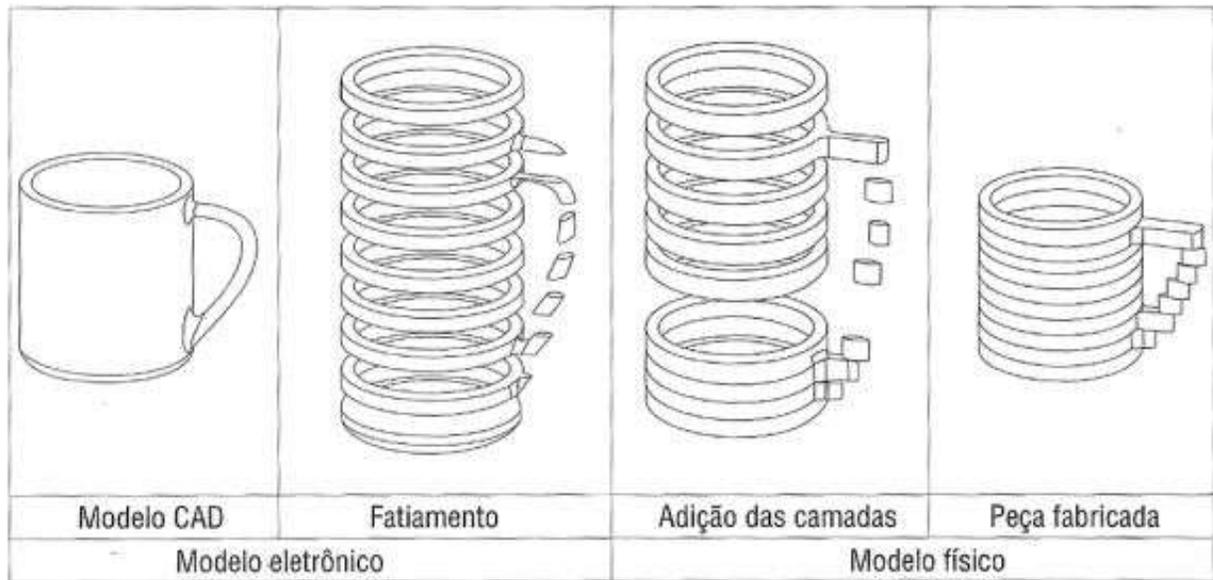
Comumente conhecidas como impressão 3D, prototipagem rápida ou manufatura rápida, [...] funcionam através do fatiamento virtual de um modelo 3D digital em camadas finas que, tais como curvas de nível, guiarão o equipamento de impressão 3D na adição de um determinado material da camada inferior para a superior quando, então, obtém-se um protótipo perfeito em virtualmente qualquer grau de complexidade. (ALVES, A. S., 2014, p. 30)

A tecnologia pode ser aplicada na produção de próteses leves, de baixo custo, e facilmente descartáveis (BURN, TA, GOGOLA, 2016). Enquanto os avanços tecnológicos dos últimos anos nos trouxeram próteses mais complexas, a simplicidade do método de impressão 3d e o barateamento do processo de fabricação encontra espaço em atender cenários específicos. Um exemplo disso é sua aplicação em produzir próteses para crianças, que em fase de crescimento necessitam de constante reposição do elemento protético para atender as constantes variações nas medidas (BURN, TA, GOGOLA, 2016).

Como o método não utiliza moldes, as formas podem ser variadas (LIPSON, KURMAN apud MONTEIRO, 2015, p. 38). Se antes os produtos eram feitos buscando atender as medidas da maioria dos usuários, geralmente buscando as medidas dos usuários médios, a impressão 3d possibilita que a fabricação atenda cada indivíduo, sendo feito sob medida para suas especificidades. Essa possibilidade de variar a forma de acordo com o usuário pode ser utilizada não somente para solucionar questões

ergonômicas, como também permite que ela se adeque aos fatores estéticos (Figura 12).

Figura 11: Etapas da manufatura aditiva.



fonte: Carvalho, Volpato, apud ALVES. A. S., 2014, p. 30.

Figura 12: Diferentes aplicações de impressão 3d em customizações estéticas.



fonte: O Globo, 2014; 3DERS, 2015.

Mesmo que a impressão 3d esteja constantemente relacionada à diminuição do valor de fabricação, no Brasil, devido ao alto custo de importação as tecnologias de impressão 3d encontram dificuldade de se firmar como uma prática de mercado (ALVES A. S., 2014, p. 36). No mercado nacional, tanto a compra de equipamentos quanto a contratação de serviços de impressão ainda não é uma realidade comum para pequenas e médias empresas (ALVES A. S., 2014, p.36). Em contraponto a esse cenário, vemos o surgimento de serviços como o Cammada, uma plataforma online de impressão 3d, que se descreve como:

O site elenca uma lista variada de serviços de impressão 3D e o cliente pode escolher o material, a cor e a qualidade do serviço. Por fim, receberá seu produto em sua casa, prontinho e com preço acessível. (CAMMADA, 2016)

Iniciativas como o Cammada, partem do princípio da economia compartilhada, que “de alguma maneira criam um canal de relacionamento e facilitam a busca do

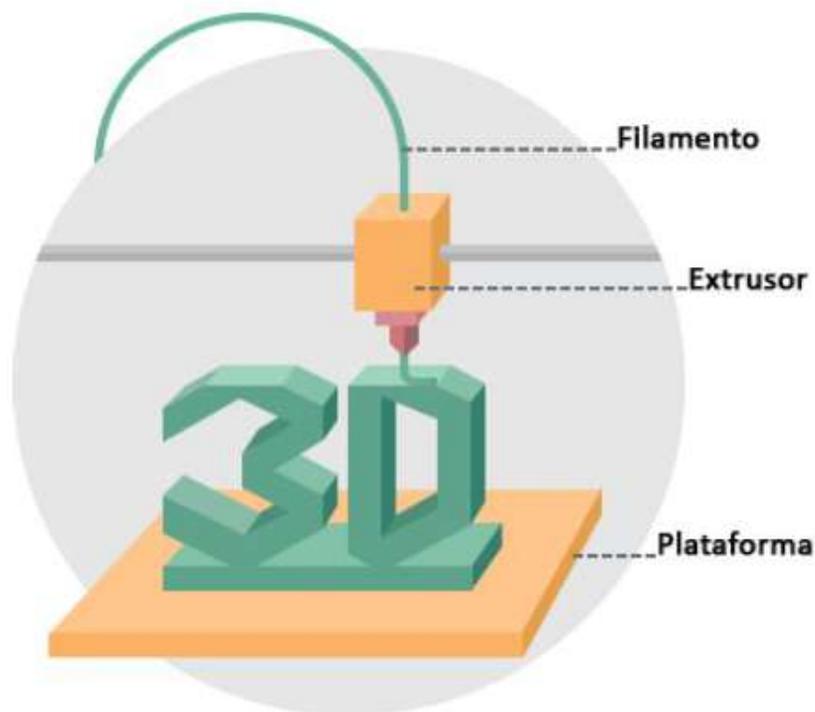
cliente para um determinado serviço” conectando “as pessoas que precisam da impressão 3D a outras pessoas que já utilizam essa tecnologia” (CAMMADA, 2016).

Partindo de uma filosofia semelhante, também vemos o surgimento de Fab Labs – *Fabrication Laboratories* – que são espaços colaborativos e de criação livre focados em inovação, como Alves (2014) coloca:

Os Fab Labs são pequenos centros de fabricação digital equipados com máquinas-ferramentas CNC e AM (manufatura aditiva), [...] espalhados em rede pelo mundo e abertos ao uso de quaisquer interessados, sejam estudantes, pesquisadores, inventores, empreendedores ou outros. (FAB FOUNDATION apud ALVES, A. S., 2014, p. 37)

Assim, mesmo que a aquisição de impressoras domésticas ainda seja incomum para um usuário, vemos iniciativas que procuram tornar o acesso à tecnologia mais próxima do público comum, através de espaços e serviços que compartilhem a ferramenta.

Figura 13: Ilustração do processo de impressão por FDM.



fonte: THRE3D apud MONTEIRO, 2014, p. 53.

Dentre as tecnologias de impressão, a mais comum é a FDM (Figura 13) – *Fused Deposition Modeling* – quando, a partir da expiração da patente em 2009, “começou a surgir uma infinidade de equipamentos de custo e tamanho reduzidos para uso doméstico” (ALVES A. S., 2014, p. 32). Monteiro (2015) descreve a tecnologia como:

Processo no qual um determinado material em estado plástico, é seletivamente depositado em uma plataforma através de um bico extrusor [...]. Para depositar a camada este bico vai depositando o material em todo o contorno da seção e, depois de terminado, passa a preencher o conteúdo do contorno [...] Depois da primeira camada é terminada, o bico sobe alguns décimos de milímetros e inicia a fabricação da segunda camada, assim vai fazendo sucessivamente até que a peça esteja completa. (MONTEIRO, 2015, p. 52)

Um das limitações do método está no volume que a impressora dispõe para confecção do modelo: peças que ultrapassam essas dimensões devem ser divididas em partes para que sejam fabricadas separadamente e unidas posteriormente. Para

compreender as medidas mais comuns para trabalho e delimitar as dimensões máximas de cada peça, foi realizado uma pesquisa entre as impressoras mais comuns que trabalham com tecnologia FDM de tamanho *desktop* (modelos de mesa) disponíveis no mercado com preço de até R\$15.000,00 (Quadro 2). Esses valores foram retirados dos sites oficiais dos produtos ou revendedores, não considerando promoções ou descontos.

Pela pesquisa, vemos que em média os modelos podem ser impressos sem a necessidade de serem segmentados desde que suas medidas não ultrapassem 20,0cm de comprimento, já que essa é a menor medida apresentada.

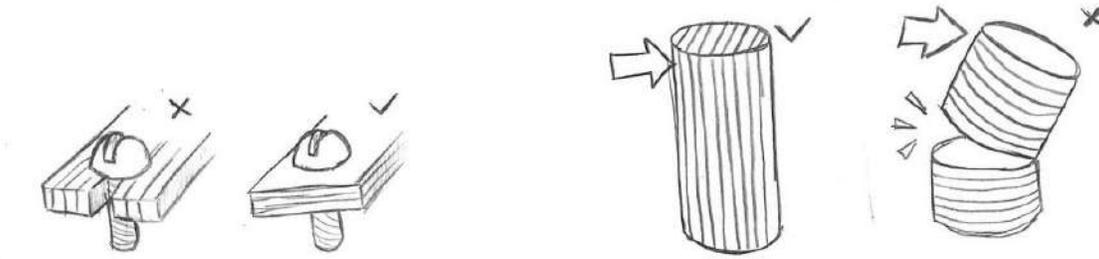
Quadro 2: Relação entre a área de impressão e custo de diversos modelos.

Modelo	Preço (aproximado, em reais)	Dimensões máximas de impressão (em cm)
CL2-Pro	11.590,00	23,0 x 23,0 x 20,0
Up Box	12.690,00	25,5 x 20,5 x 20,5
Felix 3.1 - DIY Kit	8.649,00	25,5 x 20,5 x 22,5
Sethi3d AiP	4.390,00	22,0 x 21,0 x 22,0
XYZ Davinci 1.0 Pro	5.900,00	20,0 x 20,0 x 20,0

fonte: Elaborado pelo autor.

Outra restrição do método de impressão 3D por adição de camadas é a anisotropia, ou seja, o sentido em que o modelo é posicionado para impressão influencia sua resistência a esforços e assim a peça deve ser fabricada para que as camadas contribuam para sua estruturação. Por exemplo, peças verticais que em seu uso sofrerão estresse por conta de torque devem ser fabricadas de tal modo que as camadas não 'descolem' uma das outras, como ilustrado na Figura 14.

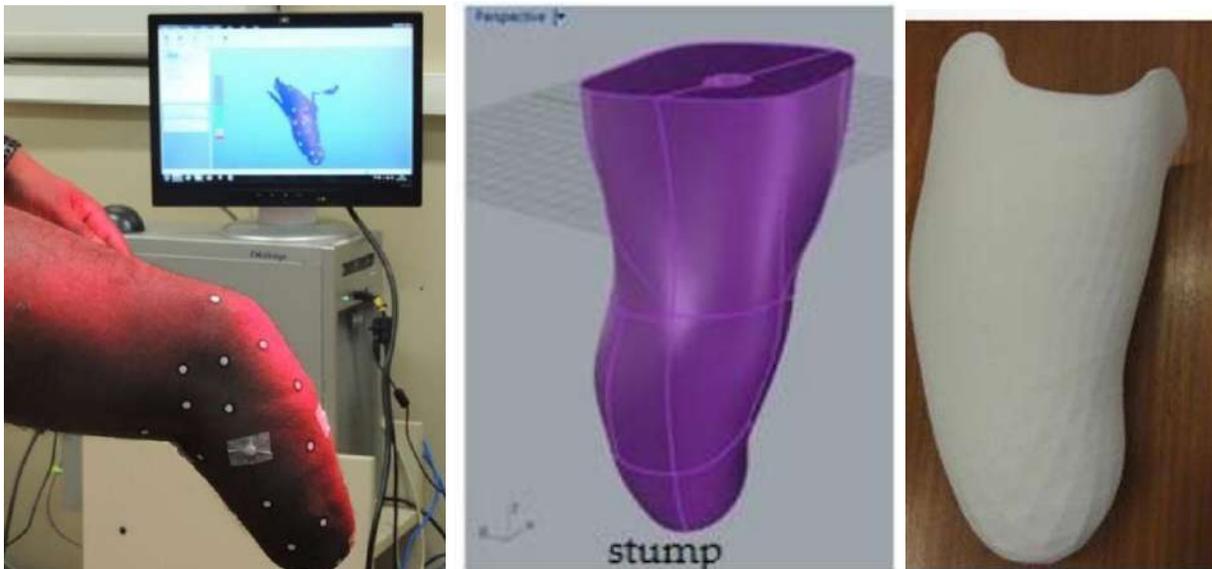
Figura 14: Ilustração de como o sentido das camadas contribuem para a finalidade da peça.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao contrário do processo de impressão 3d que consiste em transformar modelos virtuais em objetos físicos, o processo de escaneamento 3d permite que imagens computadorizadas sejam criadas a partir de formas físicas. Esse método tem encontrado grande aplicação quando utilizado no processo de *fitting* que consiste na criação de uma interface que acomode elemento protético ao coto, trazendo estabilidade e conforto (Figura 15 e 16).

Figura 15: Processo de escaneamento 3d sendo aplicado na construção de um socket anatômico. Na primeira imagem, o processo de extração do modelo virtual. Na segunda, o modelo virtual gerado. E por último, o socket anatômico impresso em 3d.



fonte: Kressestein, E. 2015.

Figura 16: Escaneamento do coto para extração do modelo virtual.



fonte: VORUM, 2017.

Figura 17: Extração do molde físico do coto.



fonte: HCFMRP-USP, 2014.

Mesmo com os avanços feitos nos métodos de escaneamento, muitos protesistas continuam preferindo os métodos tradicionais de se realizar medições pois ele permite que se apalpe o coto, sentindo as partes com rigidez durante o processo (HESS, A. [2015?]) (Figura 17).

2.7 Compreendendo as preferências do usuário

Um das maneiras de descobrir quais abordagens de prótese mais despertava o interesse de D. seria apresentando a ele um conjunto de imagens de diversos modelos e pedir para que ele escolhesse qual ele acreditaria ser mais interessante. Porém, método mais estruturados como esse poderiam levar a conclusões erradas para um usuário que não utiliza a prótese como D.: seria fácil ele não se identificar com nenhuma e ainda assim, se sentir obrigado a tomar uma decisão, já que foi questionado. Ele escolheria a que acredita ser a mais interessante, porém isso não significa que ele estaria disposto a incorporar a prótese em seu visual, já que se sente

confortável com ele. Ou ainda existir algum modelo que não foi contemplado nas opções, mas que poderia ser do interesse do usuário.

Por mais que os métodos estruturados tenham sido utilizados em diversos momentos do projeto, sobre tudo para definir as preferências estéticas, para descobrir o interesse de D. sobre as próteses de maneira mais ampla foi preferível conversar com ele de maneira menos estruturada e deixar que ele expressasse suas percepções e vivências acerca do tema, dando a essa etapa um caráter mais exploratório.

Era fundamental que ao longo da conversa D. expusesse não só que se identifica com a abordagem, mas que também teria a intenção de utilizá-lo. Ele poderia gostar das abordagens e considerar do seu interessante, porém isso não seria um indicativo de que ele via esses elementos incorporados em seu visual, já que isso implicaria também em uma mudança de hábito para um não-usuário de prótese, como é o seu caso. Por isso era fundamental que D. indicasse ao longo da conversa o seu intuito de utilizar um elemento protético, e não somente percepções como “*acho legal*” e “*gostei*”, seria necessário algo assertivo como um “*eu usaria*”.

Inicialmente D. falou sobre sua experiência com próteses funcionais mioelétricas e o abandono pela falta de valor percebido. Mas ainda assim, ele se identifica com a imagem do *ciborgue* (indivíduo com partes orgânicas e cibernéticas) e se vê otimista acerca dos avanços em impressão 3d dos últimos anos, mesmo que jamais tenha tido contato com o processo.

As próteses com o aspecto mais comum, pareciam não despertar o interesse dele, já que rapidamente a conversa seguiu para o trabalho de Sophie Oliveira Barata (Figura 18), que D. trouxe para exemplificar os trabalhos acerca do tema que ele gostava. As próteses com uma abordagem mais artística e surreal pareciam despertar mais seu interesse que as funcionais de estética menos desenvolvida, onde ele acredita

“que é pra um grupo, sabe? Quem teve o membro e perdeu quer ter o movimento de novo, saca?”

Mesmo que D. demonstrasse interesse no trabalho de Sophie, ele não indicou o desejo em utilizar uma prótese nessa abordagem ou incorporar o elemento em seu visual. Ainda assim, a estética parecia se aproximar de algo que o agradaria.

Figura 18: Prótese Spike de Sophia Barata.



fonte: Alternative Limb Project, 2016

Procurando em abordagens que se assemelhassem a esses trabalhos, ele foi apresentado a prótese desenvolvida por Evan Kuester (Figura 19), cuja estética possuía elementos vazados, que assim com o trabalho de Sophie Barata, não esconde a condição do usuário, mas se assemelhava um pouco mais à uma peça de roupa. Essa abordagem foi a que mais despertou seu interesse, que em suas palavras ele

“usaria uma dessas 3d não-funcional aí fácil”, se referindo ao fato da prótese ser passiva.

Como essa abordagem se assemelha a um pouco mais a uma peça de roupa, ela pode ser mais facilmente incorporada ao seu dia-a-dia do que com os trabalhos de Sophia Barata, que muitas vezes se assemelham a uma obra de arte, o que diminui sua aplicabilidade, por mais que a abordagem artística seja do interesse do usuário. Talvez essa seja a distinção que delimite as duas abordagens, já que ambas possuem um discurso de reafirmação da condição do usuário, mas o trabalho de Evan resulta em uma estética mais facilmente aplicável como uma peça de guarda roupa.

Figura 19: Prótese elaborada por Evan Kuester.



fonte: Makezine, 2014.

Um aspecto importante do interesse de D. por esse modelo também pode ser interpretado pelo fato dele não esconder a ausência do membro. Como a amputação de D. é de origem congênita, ele construiu parte de sua imagem e identidade acerca do

coto. Isso não significa que ele sua imagem se reduza aos aspectos da deficiência, mas que ela está intimamente ligada à sua vivência e ao modo como ele se vê. Se a prótese fosse fechada, ela passaria a dar ao usuário o aspecto de utilizar uma luva, o que para um indivíduo com ausência do membro poderia transparecer como uma tentativa de esconder sua condição. Assim, a exposição do coto servia como um elemento simbólico de reafirmação.

Por fim, o exercício de conversar com o usuário de maneira menos estruturada foi fundamental não somente para sobre compreender suas percepções acerca dos elementos protéticos, mas para conhecer melhor o usuário e seu valores.

2.8 Visita às instituições especializadas

Com a finalidade de melhor compreender o cenário da reabilitação e o mercado das próteses foram realizadas visitas guiadas por profissionais que atuam na área de desenvolvimento de prótese e acompanhamento de deficientes físicos, ambas localizadas no estado do Rio de Janeiro: a primeira delas foi a Associação Fluminense de Reabilitação (AFR) localizada na cidade de Niterói, que atua com o processo de reabilitação e adaptação de elementos protéticos bem como o acompanhamento psicológico e emocional. A segunda visita foi realizada nas instalações da fábrica da Polior que trabalha com desenvolvimento de produtos protéticos para atender ao mercado nacional e fica localizado no município de Caxias.

2.8.1 Visita à AFR

A visita foi realizada com o acompanhamento da assessora da AFR, Dra. Valeria Marques Coelho. Durante a visita ela salientou a importância da customização estética

na promoção de bem-estar e autoimagem, sobretudo quando o elemento protético é destinado à pacientes jovens e crianças. Muitas das próteses destinadas a crianças tinham uma estampa que remetesse à algum super-herói. Esse simbolismo auxiliava o usuário a criar uma relação de identidade com o artefato, o que facilitava a sua adaptação e incorporação do elemento protético no dia-a-dia.

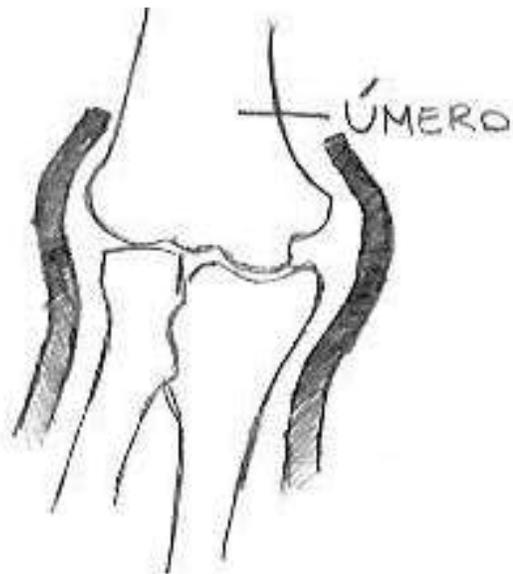
Durante a visita à oficina do local, o protesista responsável falou sobre o processo de confecção do *socket* que pode levar semanas ou meses e é um processo incremental, sendo realizadas diversas modificações sobre a solução para que ela alcance um estado de conforto adequada ao usuário. Muitos dos usuários não se acostumam à incorporação do elemento protético o que leva ao seu abandono. Apesar de não saber dos números exatos, pelo parecer do protesista a ocorrência de abandono é maior no caso de amputados de membros superiores que inferiores.

O método mais comum de *fitting* de membros superiores utilizado nas oficinas é conhecido como TRAC (Sigla para *Transradial Anatomic Countour* ou *Contorno Anatômico Transradial*, em tradução livre) que consiste moldar a *socket* para que ele se firme aos epicôndilos do úmero, que são as projeções localizadas nas laterais do cotovelo, como ilustrado na Figura 20. Esse método permite que a prótese se sustente preso ao osso, evitando que ele se desprenda. Essa função de sustentação do método faz com que ele seja descrito como um método autossuspenso, pois o *socket* ajuda não só na estabilização da prótese no membro como também em sua sustentação (HESS, A. [2015?]). Para remover, o protesista descreve que os usuários costumam girar a prótese para desencaixar os epicôndilos da estrutura e depois puxam prótese.

Além de alterações na forma do *socket* visando conformá-lo ao coto, algumas modificações são feitas para atender as preferências dos usuários, como por exemplo, um revestimento interno de EVA (Etileno Acetato de Vinila) pode ser usado para dar maciez a parte interior, porém ao longo do tempo seu contato com a pele e o suor

acaba resultando em um odor desagradável. Por isso, alguns usuários preferem não utilizá-lo.

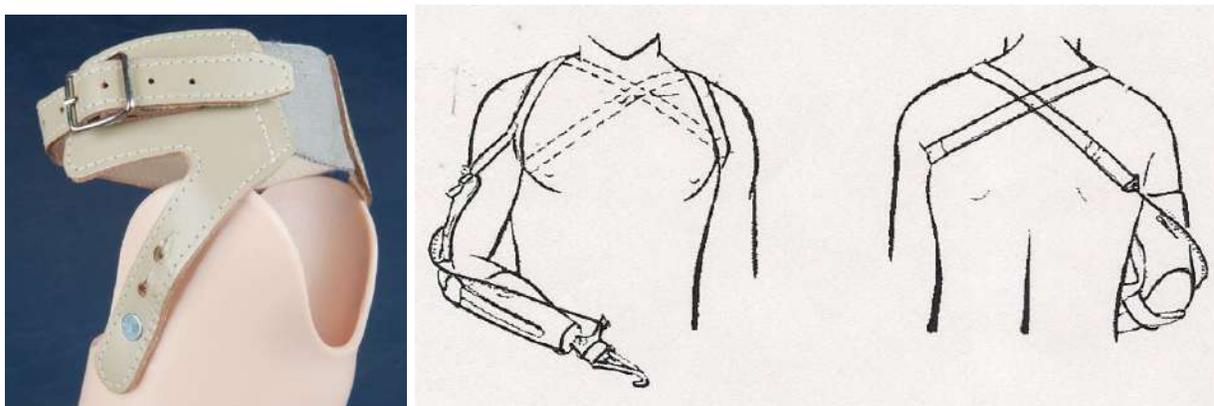
Figura 20: Na direita, foto de um socket ainda construção, tirado na AFR. Podemos notar que ele reduz seu diâmetro próximo a saída, para se prender ao úmero, como ilustrado na esquerda.



fonte: Acervo do autor e elaborado pelo autor.

Outra modificação comum, é o uso do arnês (Figura 21), que consiste em uma alça que ajuda a sustentar a prótese no corpo. De acordo com o protesista, esse método de sustentação é muito comum em próteses de membro inferiores, mas também pode ser utilizado em próteses de membro superiores como um elemento de ativação da funcionalidade da prótese. Quando o usuário estica o braço, um cabo preso ao arnês é tensionado o que faz com que a prótese abra o componente no terminal do braço, normalmente um gancho.

Figura 21: Usos do arnês. Na primeira imagem, um arnês utilizado para sustentação em uma prótese de membro inferior. Na segunda, o arnês é utilizado para ativar o gancho que uma prótese ativa.



fonte: O'SULLIVAN, S; SCHMITZ, T.; FULK, G.; 2013; HESS, A. [2015?].

A produção de próteses da AFR procura atender às demandas do Sistema Único de Saúde e para tal os pedidos devem ser feitos com receita médica e possuem um orçamento limitado para a confecção de cada peça. Por esses motivos, grande parte dos produtos da oficina são fabricados seguindo um modelo padrão para caber dentro deste orçamento (Figura 22). Em consequência disso, poucas possibilidades de customização estética estão à disposição do usuário, quando estão, devem ser adquiridos por fora do orçamento do SUS.

Uma possibilidade de customização estética que a AFR oferece é a capa para membro inferior da marca Ethnos (Figura 23), que pode ser adquirida pelos usuários

por um valor em torno de R\$600,00, ou comprado pelo site do fabricante. Nenhuma possibilidade semelhante foi apresentada para membros superiores.

Figura 22: Na esquerda, braço confeccionado na oficina. Na direita, exemplo de terminal fabricado pela Ottobock, sem revestimento estético.



Fonte: Acervo do autor e Ottobock, [2013?].

Figura 23: Case Confete da Ethnos.



fonte: Loja Ethnos [2017?].

2.8.2 Visita à Polior

A visita às instalações da Polior foi acompanhada sob orientação do gerente de Pesquisa e Desenvolvimento, Flavio Almeida. Uma das características mais marcantes acerca da atuação da Polior no mercado nacional é a busca por redução de custos de fabricação: recentemente a empresa foi comprada por sua competidora alemã Ottobock, líder mundial no ramo, com a finalidade de permear em mercados de países com menor poder aquisitivo, atendendo os usuários com produtos mais simples de serem fabricados e conseqüentemente mais acessíveis.

Nesse cenário, parte dos investimentos da Polior é destinado para pesquisa com o objetivo de tornar acessível soluções protéticas que originalmente são desenvolvidas pela matriz alemã. Para tal eles contam com um laboratório equipado com ferramentas

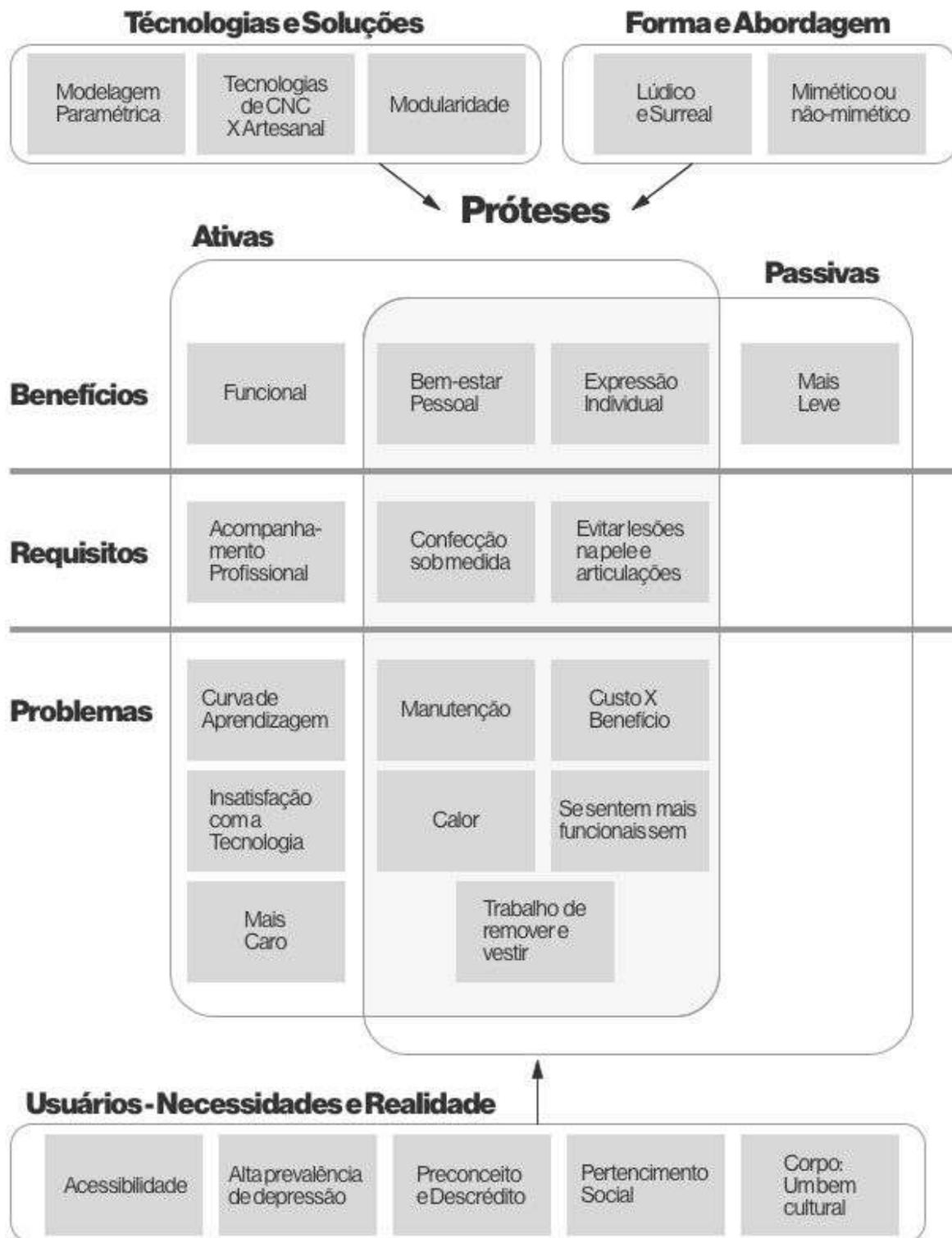
como impressoras 3D e microcontroladores Arduino – hardware eletrônico utilizado em projetos interativos – o que pode ser comparado as configurações ferramental presentes em Fab Labs. Essa semelhança quanto aos processos e métodos serve para ilustrar a aproximação da indústria ao procurar por caminhos de inovação, diminuindo o tempo para testar novas ideias e agilizando o desenvolvimento de soluções.

2.9 Análise dos dados e síntese do problema

Por fim, as informações coletadas foram reunidas e dispostas de maneira esquemática com a finalidade de observar um panorama das questões que permeiam as próteses, os deficientes físicos, novas tecnologias e a sociedade (Figura 24). O objetivo desta ferramenta foi ter uma visão geral do problema de forma a tornar possível a observação de padrões e verificação de oportunidades de projeto.

O panorama parece deixar claro a conclusão de Saradjian, Thompson e Datta, (2008) quando afirmam que o uso de próteses está em contínua avaliação de custo-benefício por parte dos deficientes. A grande quantidade de fatores negativos e sua gravidade descrita nas entrevistas com os usuários fazem com que o benefício para muitos amputados seja questionável.

Figura 24: Esquematização da pesquisa.



fonte: Elaborado pelo autor.

O fator negativo que parece mais influenciar os amputados está diretamente ligado ao conforto e comodidade. Calor e peso são os dois principais fatores negativos descritos, visto que cada prótese deve ser feita sob medida, o processo de criação de modelo do coto é demorado e composto de múltiplas etapas.

Com a divisão das próteses em passivas e ativas, podemos ver que as ativas têm como benefício exclusivo os ganhos funcionais, porém acabam também trazendo fatores negativos específicos da abordagem além de precisarem de um acompanhamento profissional e aulas para aprenderem a acionar os mecanismos, enquanto as próteses passivas têm a vantagem de serem mais leves e mais simples de se usar. Ambas as abordagens podem trazer para o usuário o bem-estar pessoal caso estejam de acordo com os objetivos do usuário, assim como podem ser elementos de expressão individual. No entanto as próteses passivas parecem apresentar menos fatores negativos, entregando benefícios a um custo mais baixo.

As próteses parecem desempenhar um papel fundamental na expressão individual dos usuários e ainda assim, a customização parece ser inviável para grande parcela dos amputados que recorrem aos modelos padronizados, quando não optam por abandonar o seu uso. Essa pouca liberdade de customização é reflexo do modelo de confecção das próteses que acabam sendo uma solução médica e que muitas vezes prioriza fatores mecânicos e físicos acima dos fatores psicológicos e sociais. Os usuários que não veem os benefícios funcionais, como no caso de D., acabam rejeitando o uso dos elementos protéticos, pois mesmo que a customização estética desperte o seu interesse, ela não parece acessível.

Nas tendências e tecnologias levantadas, as soluções que endereçaram essa possibilidade de customização eram feitas de maneira artesanal o que implicava em um aumento do custo de produção e do prazo de entrega. Nessa questão se encontra a

principal oportunidade de propor uma melhoria: como permitir que a prótese expresse a individualidade do usuário minimizando seus aspectos negativos, como o calor, a curva de aprendizagem e a necessidade de manutenção?

As próteses passivas parecem ser uma possibilidade para atender a usuários que como D., não procuram melhorias funcionais e veem uma oportunidade de expressão individual. Elas também são consideravelmente mais leves, já que não possuem partes mecânicas e eletrônicas como baterias e motores.

Desenvolver uma prótese funcional que procurasse ultrapassar a performance das próteses mioelétricas disponíveis no mercado seria uma forma de trazer os benefícios funcionais para aqueles usuários que não se sentem atendidos pelas tecnologias atuais, mas isso requereria uma abordagem multidisciplinar enquanto o design pode oferecer outros caminhos que possibilitam soluções interessantes dentro da proposta e do prazo disponível para o projeto.

As próteses ativas também foram descartadas do escopo deste projeto porque as características funcionais parecem ser questionadas por uma parcela relevante dos que abandonaram o uso – 98% se dizem mais funcionais sem o equipamento (Quadro 1) –, o desenvolvimento desse modelo de prótese requer acompanhamento de um profissional da área de saúde como pontuou Alonso (2016), além do fato de que as próteses ativas causam maior estresse no membro o que torna seu desenvolvimento e aplicação mais delicado.

Por esses motivos, a abordagem mais oportuna é explorar o benefício evidente da prótese passiva: ela traz aos usuários os ganhos estéticos e permitem a expressão individual. Além disso, elas potencialmente podem reduzir os fatores negativos atrelados ao uso, como o calor, o peso, a inconveniência e entre outras formas de desconforto.

Requisitos e Restrições

Com essas considerações, foi elaborado uma lista de requisitos e restrições do projeto, sendo eles:

Requisitos Obrigatórios:

- Permitir Personalização através de métodos de produção CNC;
- Atender às preferências estéticas de D.;
- Ser leve;
- Ser de fácil aprendizagem;
- Ser de fácil montagem e manutenção;
- Permitir fácil remoção e colocação; e
- Ter menor custo em relação as outras opções do mercado.

Requisitos Desejáveis:

- Utilizar modelagem paramétrica para facilitar a customização.

Restrições:

- Não interferir o processo de *fitting* e se possível, facilitá-lo; e

- Deve contemplar as questões anatômicas e fisiológicas, não impactando a saúde do usuário.

CAPÍTULO 3: DESENVOLVIMENTO

3.1 Socket

Partindo então dos requisitos e restrições apresentados e mantendo o foco no usuário D., o uso de impressão 3d e das tecnologias emergentes possui uma aplicação oportuna para entregar customização estética e por isso, o projeto elaborou suas soluções iniciais em cima desses métodos.

Começar o desenvolvimento da prótese procurando por soluções no *socket* pareceu ser o mais adequado, visto que essa é a interface que faz a mediação entre o usuário e o produto. Apesar de secundários ao projeto, grande parte das oportunidades de melhoria da prótese levantadas na pesquisa estão intimamente ligados ao *socket*, como conforto, comodidade, melhorias nos métodos de *fitting* e necessidade de manutenção. Podemos ver o *socket* como a base de um edifício, que servirá para sustentar a estrutura projetada sobre ela.

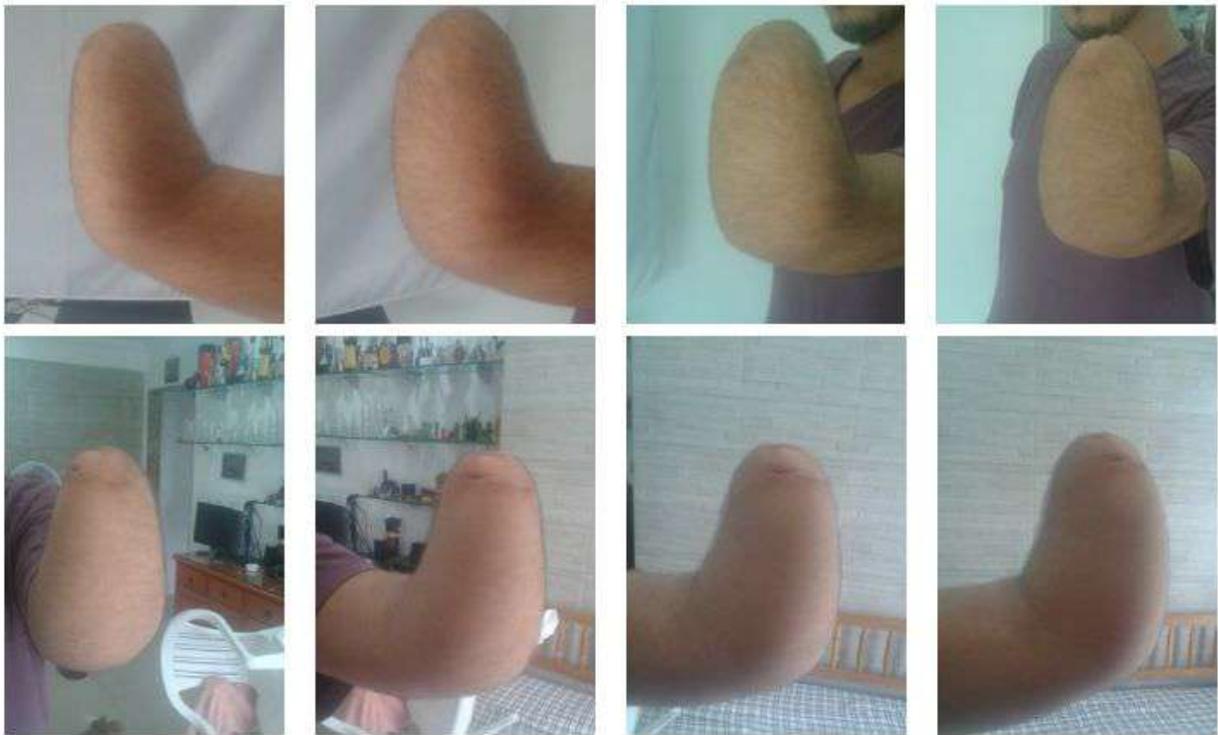
É importante notar que caso a prótese seja leve, isso poderia permitir que o *socket* exerça menos pressão no coto. Porém, começar com uma boa solução de *socket* permitiria que a prótese pudesse ser desenvolvida com mais liberdade.

O processo de *fitting* deve ser feito por um profissional especializado e pode levar semanas ou meses para ficar concluído, pois necessita de constante interação para reformular as medidas e rever os ajustes necessários. As causas de amputações variam junto com os métodos e isso faz com que cada prótese seja adequada para a anatomia e conforto de um usuário específico.

Mesmo com tantas variáveis envolvidas, o projeto se propôs inicialmente a procurar oportunidades de melhoria e para tal alguns testes foram elaborados procurando uma solução que contemplasse o caso de D., o primeiro deles seria criar uma forma sob medida para as dimensões do coto. Para isso, era necessário criar um

modelo tridimensional que fosse fiel ao coto do usuário. Com essa finalidade o coto de D. foi escaneado utilizando o processo de fotogrametria, que consiste na criação de um modelo tridimensional a partir de múltiplas fotos feitas do objeto em de diversos ângulos (Figura 24). Dentre os métodos de escaneamento, esse seria o mais acessível, sendo o único presente em dispositivos celulares até o momento, logo era oportuno para realizar um teste rápido e de baixo custo.

Figura 24: Fotos do coto retiradas por diversos ângulos para construção do modelo tridimensional.



fonte: Acervo do autor

Infelizmente o método se provou ineficaz em criar um modelo que auxiliasse em extrair as medidas para um *socket* que se firmasse ao membro: O coto é composto de material macio em sua maioria, o que torna um modelo volumétrico muito impreciso para determinar os pontos de apoio.

Seria inviável utilizar os métodos de escaneamento mais simples pois estes renderiam resultados infrutíferos, e os mais avançados seriam custosos e necessitariam maior preparo. Essas limitações fizeram com que a ideia de fazer um modelo sob medida para o usuário fosse descartada e o projeto procurou a partir daí soluções que pudessem dar algum grau de mobilidade e adaptação à anatomia do usuário.

Ainda assim, algumas soluções foram desenvolvidas buscando referências na literatura. Uma em específico que parecia apresentar resultados promissores era o trabalho de Alley, Willians, Albuquerque e Altobelli (2016) que buscava fazer um contorno anatômico do coto introduzindo deformações que pressionavam o membro até sua extremidade para estabilizar a prótese e reduzir os impactos sobre a circulação do sangue (Figura 25).

Figura 25: Vista lateral e frontal do socket com variação na compressão ao longo do coto.



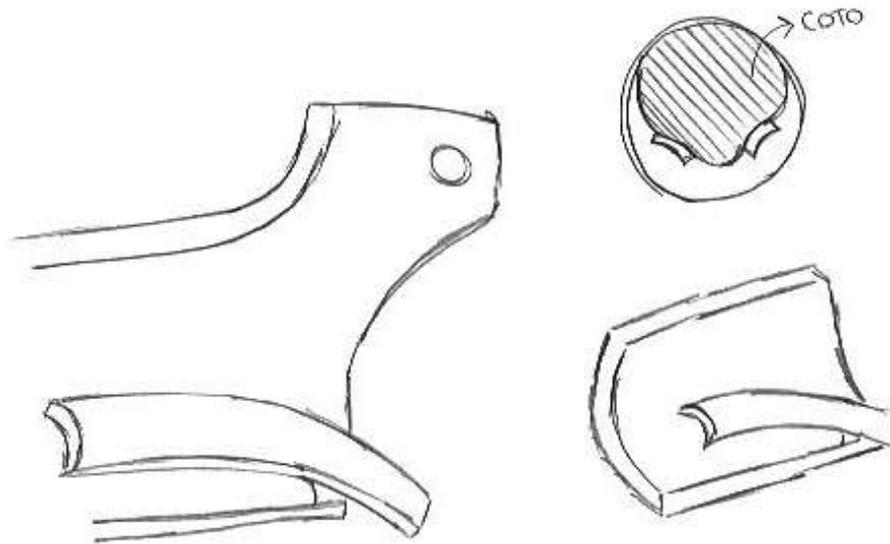
fonte: Alley; Willians; Albuquerque; Altobelli (2016).

Apesar dessa abordagem ser uma conformação sob medida, talvez o elemento de pressão pudesse ser aplicado em um socket que permitisse algum grau de ajuste ao coto. Isso não quer dizer que não haveria o processo de *fitting* do membro, que é imprescindível para o conforto do usuário, mas que ele permitiria que o conforto fosse alcançado com a maleabilidade do material do *socket*, ou permitindo que ele fosse de

alguma forma ajustável. Algumas propostas foram elaboradas com essa dinâmica, utilizando-se de molas para pressionar o coto de maneira reduzir os impactos da pressão e estabilizar o membro, a primeira (Figura 26) fazia o uso de molas mecânicas para pressionar o coto contra a parede superior do socket.

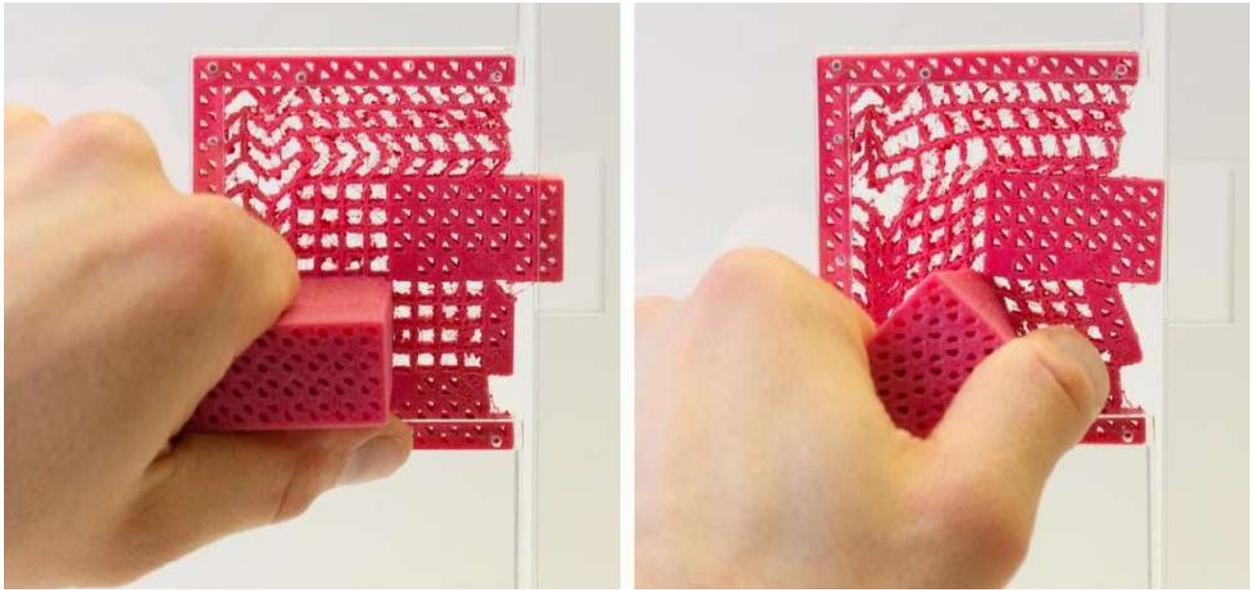
Esse mesmo princípio de molas poderia ser aplicado ao processo de impressão 3d permitindo que haja uma malha maleável (Figura 27) que se ajuste a pressão feita pelo volume do membro, em um resultado semelhante ao da Figura 28, onde objeto se deforma permitindo certo grau de adequação da peça sem o uso de partes mecânicas. Assim caso a solução fosse feita utilizando impressão 3d, a malha poderia ser feita em conjunto com as peças do socket, durante o mesmo processo de fabricação.

Figura 26: Na direita vemos o corte lateral do socket para ilustrar o método de estabilização utilizando molas mecânicas. No detalhe vemos o posicionamento do coto.



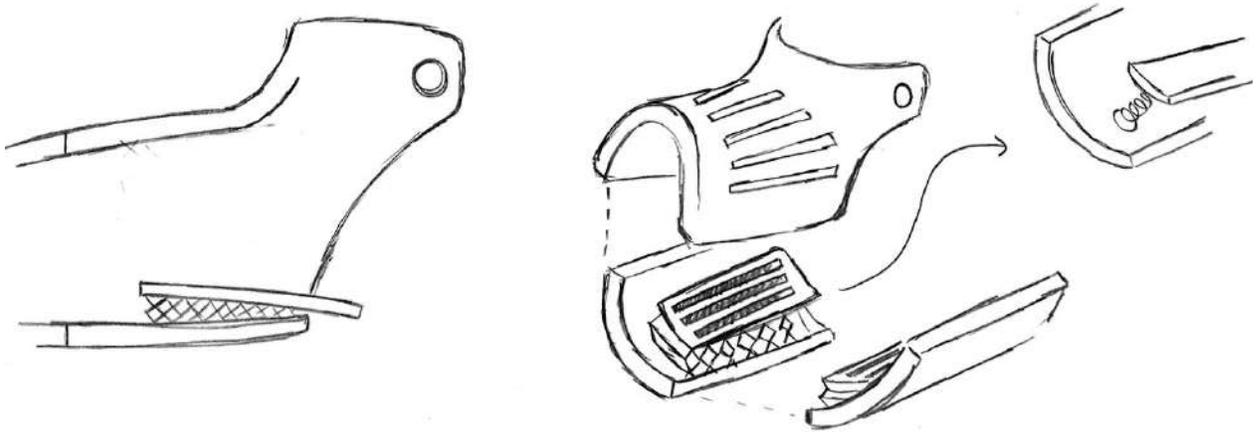
fonte: Elaborado pelo autor

Figura 27: Maçaneta maleável impresso em 3d.



fonte: Melike, (2016).

Figura 28: Na esquerda, corte lateral do socket ilustrando o uso da malha para pressionar o membro. Na direita, vista explodida do sistema.



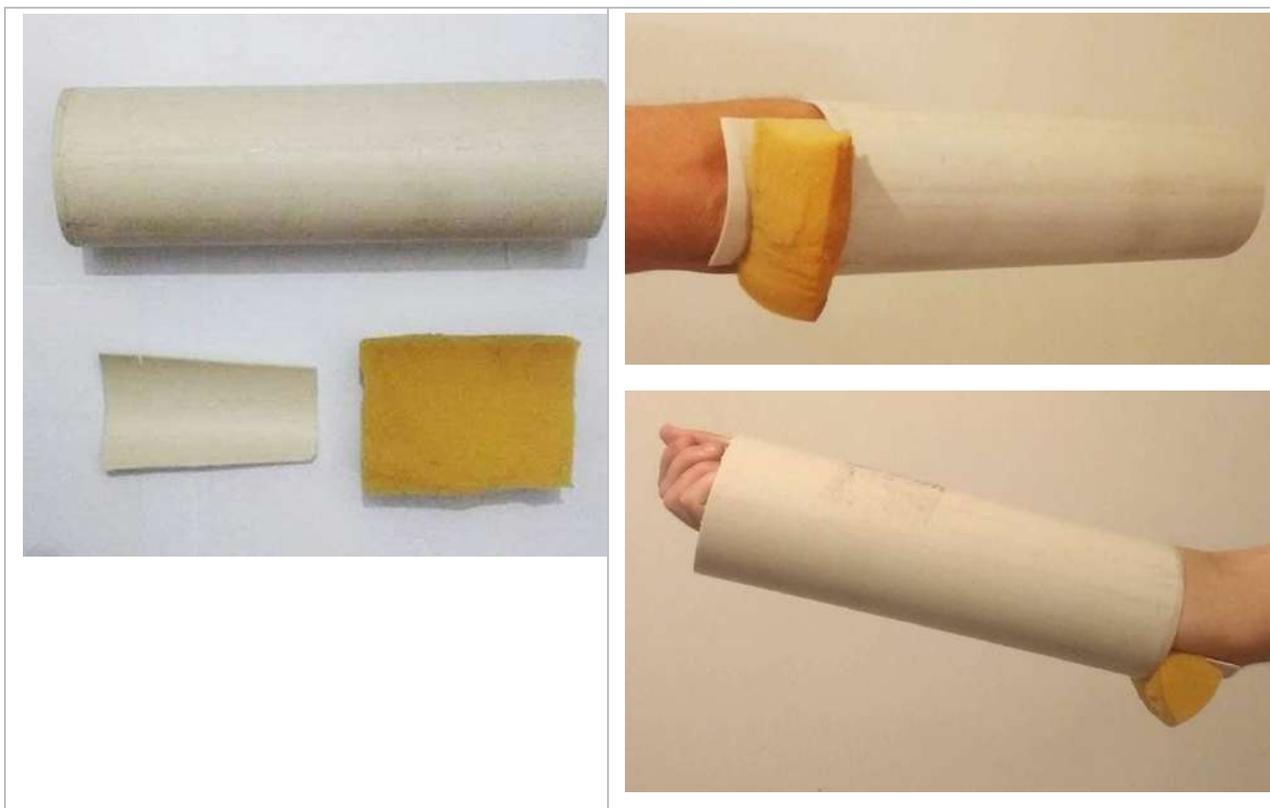
fonte: Elaborado pelo autor.

Afim de averiguar o quão promissor essa adaptação poderia ser em estabilizar a prótese sem comprometer o conforto e a saúde do usuário foi realizado um teste

simples utilizando um tubo de PVC e espuma. A espuma ficava entre o tubo de PVC e um chapa curva para pressionar o membro contra a lateral do interior do tubo, como ilustrado na Figura 29. O teste não foi realizado no usuário final para que ele fosse executado de maneira rápida. Caso surgisse como um método viável, um segundo teste seria realizado de forma mais elaborada com o usuário final.

Infelizmente, o teste se provou ineficaz em trazer respostas, não apenas por não ter sido realizado com o usuário final, mas pela falta de critério em extrair conclusões além do conforto aparente e a firmeza da estrutura. Ao final, ficou claro que o problema de *fitting* se encontra além do conhecimento técnico que me permita elaborar uma solução em que eu me sinta confortável o suficiente para apresentar como um método viável. Os métodos de design, como o protótipo apresentado acima, poderia me ajudar a testar as alternativas, me guiando a encontrar uma solução de aparência firme e minimizar o desconforto da pressão, mas esses métodos não me fariam prospectar lesões nas articulações ou úlceras na pele com o uso a longo prazo, por exemplo. Assim, é fundamental o olhar de um especialista sobre a solução: A deficiência física é um universo com poucas constantes, e a presença de um profissional de saúde é indispensável para que uma solução de socket seja elaborada com a devida seriedade.

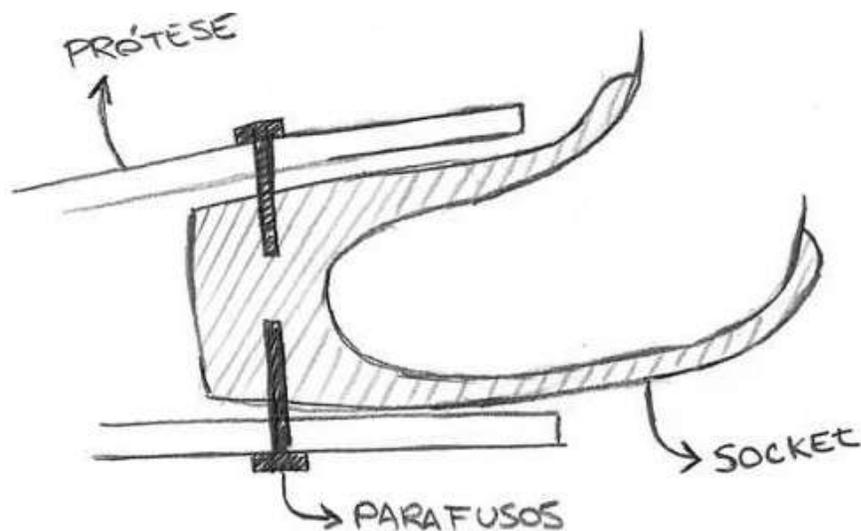
Figura 29: Elementos utilizados nos testes. Um tubo de PVC de 10cm de diâmetro, uma chapa retirada do mesmo tubo e uma espuma.



fonte: Acervo do autor.

Uma visita a AFR foi realizada para discutir junto ao protesista do local as soluções trazidas pelos testes e os desenhos. Nenhuma alternativa poderia se provar promissora sem que os testes fossem realizados com o devido rigor, algo que era inviável devido ao tempo do projeto e ao escopo dos profissionais envolvidos na elaboração dos testes. Uma solução que permitiria dar continuidade ao desenvolvimento do projeto, seria permitir que a solução desenvolvida fosse fixado ao socket criado pelos protesistas (Figura 30). Um modo de se unir as partes poderia ser tanto colando as partes, quanto por parafusos.

Figura 30: Exemplo de socket sendo acoplado a prótese por parafusos.



fonte: Elaborado pelo autor.

Isso permitiria que o trabalho de customização e *fitting* do *socket* sejam realizados separadamente. É importante destacar que mesmo que os aspectos do *socket* não sejam desenvolvidos nesse projeto existe uma grande lacuna a ser preenchida por futuros projetos que tenham por objetivo a melhoria destes dispositivos.

3.2 Usuário, identidade e os aspectos estéticos da prótese

Expressar a individualidade do usuário é o ponto chave das próteses estéticas: para alguns usuários, a prótese deve ajudá-los a esconder os aspectos da deficiência, para outros é como uma peça de roupa e deve contribuir para a construção de sua autoimagem. A aplicação de impressão 3D parece ser oportuna no segundo caso, onde pode ser produzida customizada para o usuário, mas os métodos mais comuns como FDM falham em reproduzir aspectos como a da pele humana.

É possível traçar um paralelo em afirmar que “as customizações estão para uma prótese assim como uma tatuagem está para um braço” (Figura 31). Como D. gosta da estética das tatuagens esse é um elemento interessante de ser trabalhado na prótese.

Figura 31: Tatuagens como um método de personalização.



fonte: Filomeno, [2017?].

As tatuagens estão limitadas às variações das cores da tinta e as tonalidades da pele para ilustrar os elementos gráficos. Já as próteses nos permitem também trabalhar com as variações de volume, o que possibilita três outras formas de representação: texturas, relevos e vazados (Figura 32). A escolha do método não é excludente, podendo ser trabalhado com mais de um método.

Das possibilidades citadas, a que se mostrou mais oportuna foi trabalhar com vazados, pois essa remoção no volume além representar uma oportunidade de economia de material em métodos como impressão 3d, reduz o peso, aumentando o conforto e também define um aspecto importante da customização, pois permite que a prótese não esconda o coto. Como D. possui ausência do membro de origem congênita, essa abordagem parece ser a mais adequada, já que possibilita que ele mantenha e exponha essa identidade em tom de reafirmação de sua identidade. Alguns

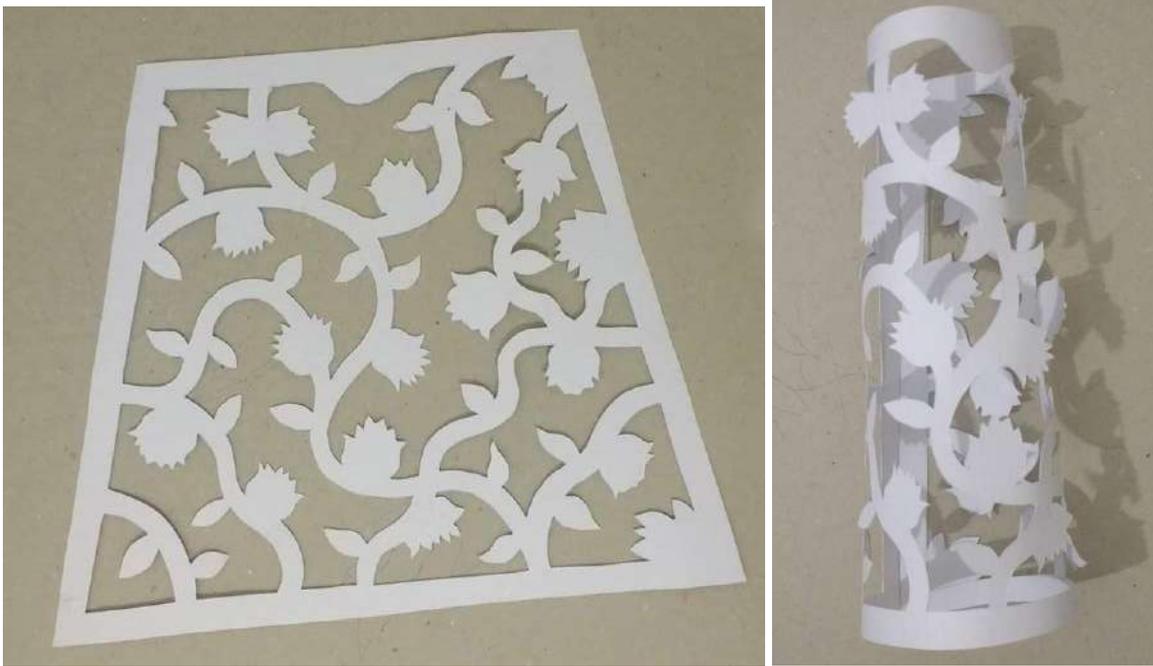
testes iniciais foram elaborados em papel para ilustrar as implicações estéticas da forma cilíndrica, semelhante a um antebraço (Figura 33).

Figura 32: Na primeira imagem, um muro feito com padrões vazados. Na segunda, textura em parede. Na última, mural em baixo relevo.



fonte: IBL BLOCOS, [2015?]; Ellus Tintas, 2014 e BROOKLYN MUSEUM, [2017?].

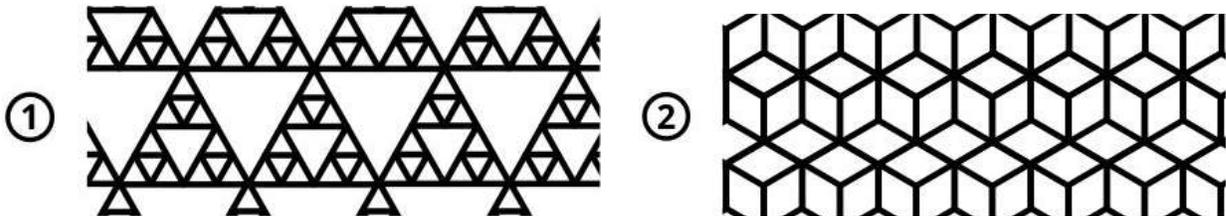
Figura 33: Teste com ilustração vazada aplicado sobre folha de papel.

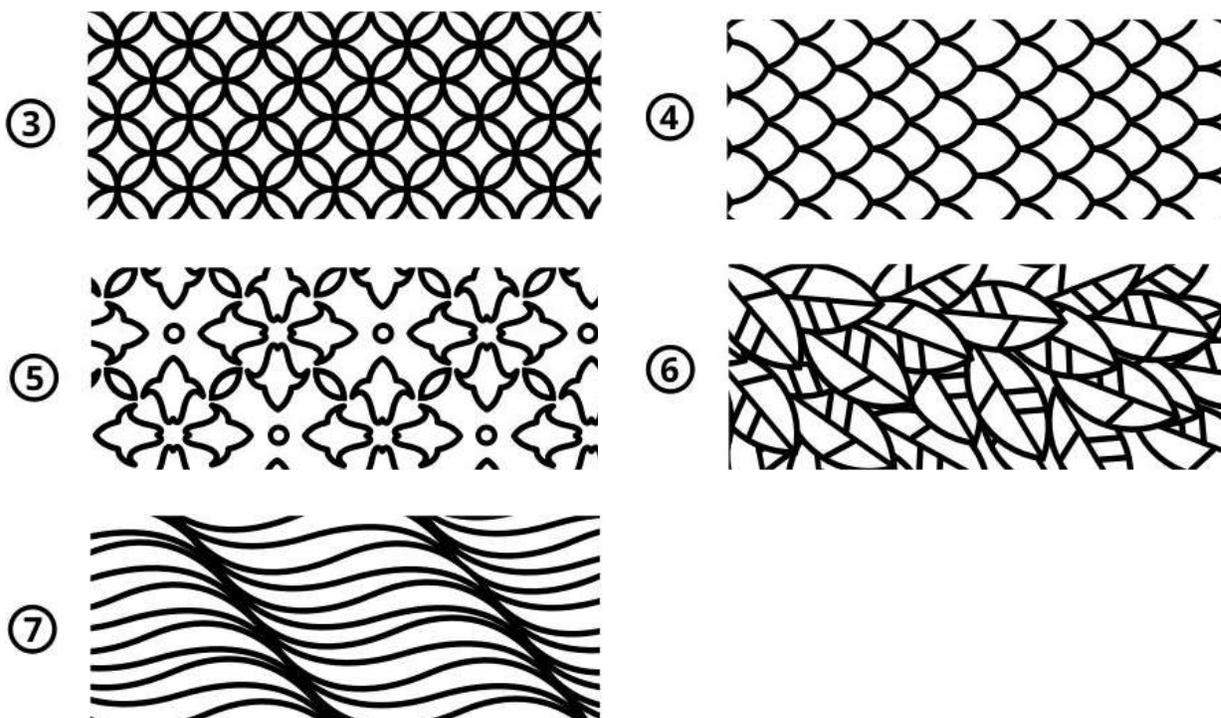


fonte: Acervo do autor.

Os próximos modelos procuraram se aproximar das preferências de D. e para tal foi realizado um teste com padrões a serem aplicados na futura prótese, seguindo abordagens distintas (Figura 34).

Figura 34: Diferentes padronagens apresentadas para pesquisa de preferência do usuário.





fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse teste D. foi apresentado e questionado sobre qual ele se identificaria mais. Como o objetivo era entender preferências simbólicas e estéticas, as imagens elaboradas procuraram abraçar diversas abordagens: as de número 1, 2 e 3 seguiam uma estética geométrica, porém a primeira poderia indicar preferências por fractais e triângulos, a segunda por linhas isométricas, cubos ou quadrados, e o último indicaria uma inclinação a formas circulares e ou uma malha de correntes, feita em anéis. As de número 4, 5, 6 e 7 seguiam uma abordagem mais orgânica, remetendo a elementos da natureza: a de número 4 poderia indicar preferências por escamas de peixes ou lagartos, talvez a prótese poderia fazer um paralelo entre a pele humana e texturas animais. A de número 5 poderia indicar uma preferência por florais, mas também poderia ser entendido como ladrilhos seguindo uma estética vernacular. Assim como a 5, a número 6 também remetia à flora, mas com folhas dispostas de modo randômico, mas uma outra leitura poderia simbolizar penas de um pássaro. Por fim, o exemplo 7

poderia ser identificada tanto pela semelhança a ondas do mar, também poderiam representar fibras musculares. Por isso foi importante não só entender qual padrão agradaria o usuário como os motivos de sua escolha.

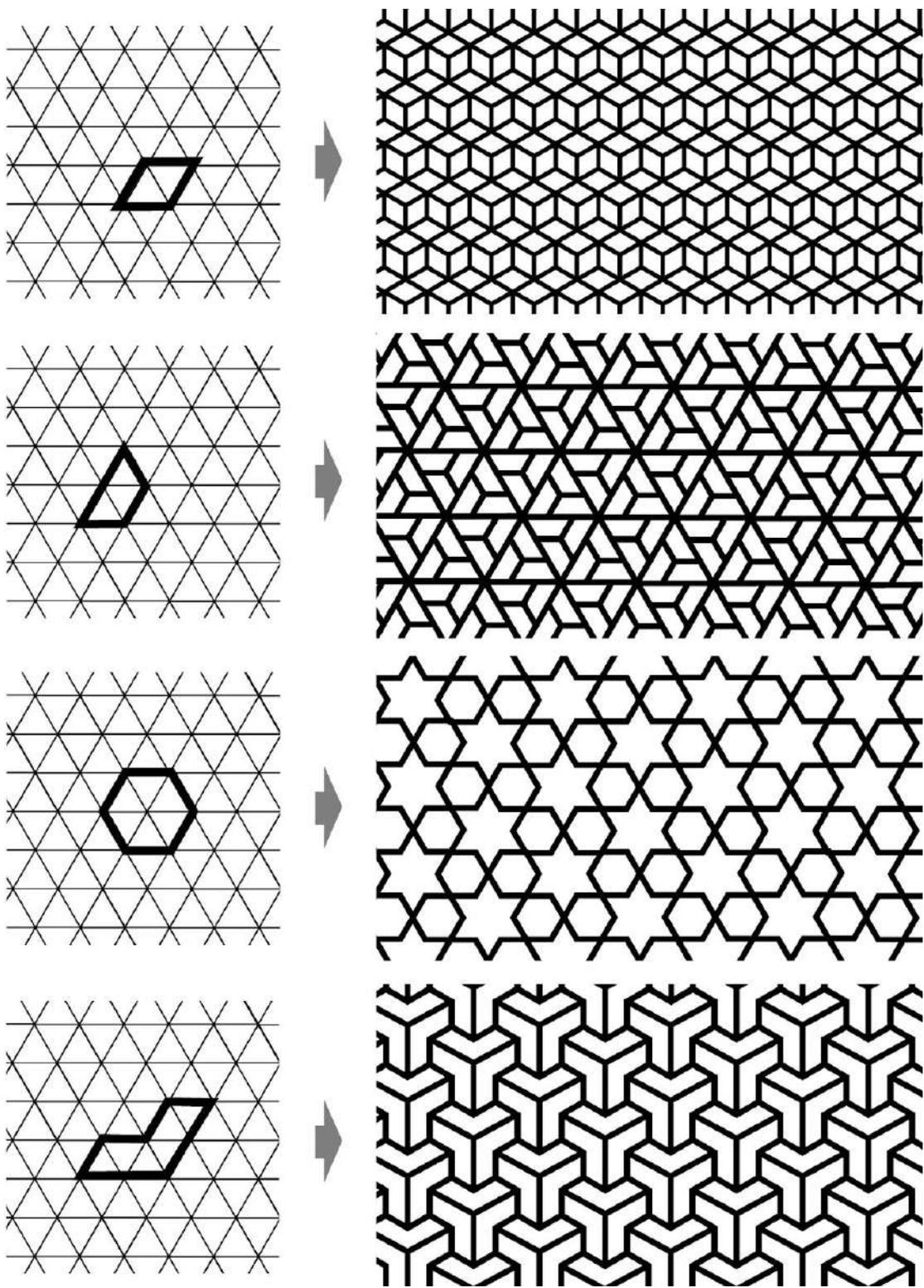
Durante a elaboração dos padrões procurou-se manter a mesma espessura de linhas e áreas vazadas entre as alternativas para que uma não se destacasse sobre as outras e o foco do usuário ficasse em suas formas.

Dos sete padrões apresentados o que mais despertou o interesse de D. foi o padrão número 2, com a indicação de sua preferência por formas geométricas, que disse “curtir bastante”. A partir dessa informação, foram elaboradas novas alternativas que seguiam formas geométricas para uma segunda fase de testes, com o intuito de especificar a abordagem. Para tal, foram elaboradas novas alternativas que seguiam a mesma malha de triângulos para que resultasse em uma estética semelhante à alternativa escolhida (Figura 35). O objetivo dessa segunda rodada de testes seria desambiguar a escolha de D., procurando especificar qual padrão geométrico mais iria agradá-lo.

Dentre as alternativas apresentadas, D. se referiu a última opção como sua favorita, em suas palavras: “O último é bem louco e eu curti bastante”. A partir dessa informação, o padrão escolhido foi aplicado em um modelo feito em papel paraná (Figura 36). Desta vez, o modelo procurou se aproximar um pouco mais do volume e forma de uma prótese para validar o resultado estético que estava sendo proposto.

Em comparação com o teste anterior em papel, é possível ver que as formas geométricas mais fechadas e com menos formas vazadas ajudam no entendimento dos padrões. Com essas diretrizes, o projeto seguiu com a elaboração de alternativas que contemplassem essa abordagem estética.

Figura 35: Diferentes padrões geométricos apresentados para especificação.



fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 36: Na primeira imagem, o modelo planificado após ser cortado. Nas imagens seguintes, o modelo montado.



fonte: Acervo do autor.

3.3 Desenvolvimento de alternativas

As primeiras alternativas foram desenvolvidas utilizando a impressão 3D como base pela liberdade que o método oferece em trabalhar com o volume, permitindo que os métodos de personalização fossem explorados sem muitas restrições quanto à forma.

Inicialmente, procurava-se explorar a divisão da prótese em partes. Essas divisões ocorreriam devido às limitações dimensionais das impressoras 3D como visto no Quadro 2.

O modelo inicial e mais simples elaborado foi a alternativa da Figura 37 que procurava aplicar uma ilustração sobre o braço, neste primeiro momento não fazendo

referência as preferências estéticas do usuário. Elas assumiam que a prótese funcionaria como uma escultura, sem partes mecânicas ou articulações dos dedos. Esse primeiro desenho procurou desconsiderar as divisões do processo de impressão, mas caso fosse selecionada, ela deveria contemplar em seu detalhamento como ocorreria a união das partes impressas separadamente.

Figura 37: Estudo de prótese para impressão em 3d, com padrão aplicado sobre a forma

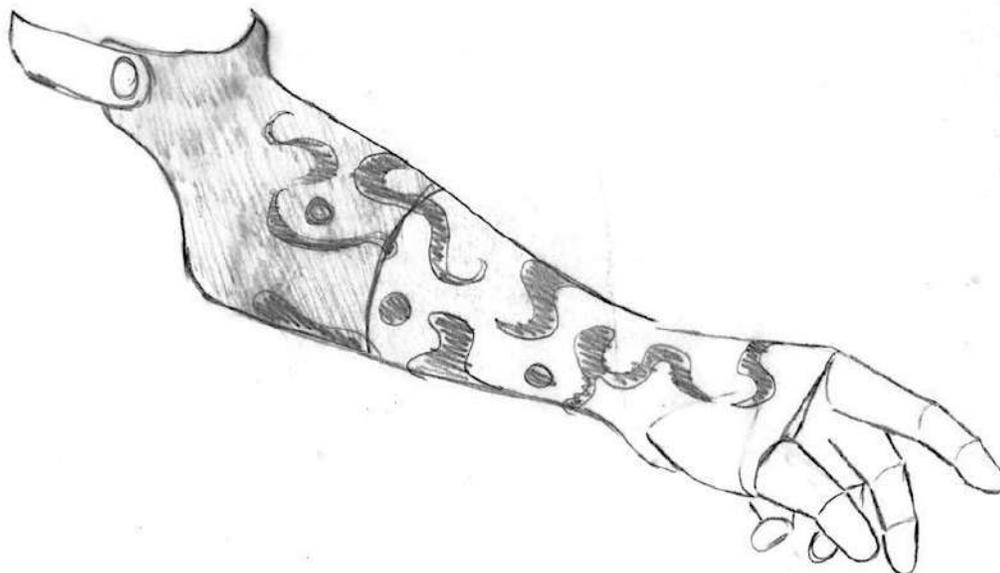


fonte: Elaborado pelo autor.

Uma evolução dessa alternativa seria aplicar sobre a área próxima ao coto um revestimento de silicone que permitiria uma textura com mais atrito semelhante a pele (Figura 38), já que o resultado da impressão 3d resultariam em baixo atrito na superfície, o que poderia dificultar que o usuário utilizasse o coto para realizar tarefas. Um exemplo citado por D. seria carregar objetos como copos ou taças onde ele carrega pressionando entre o corpo e o coto, “mas sempre com o medo de cair”.

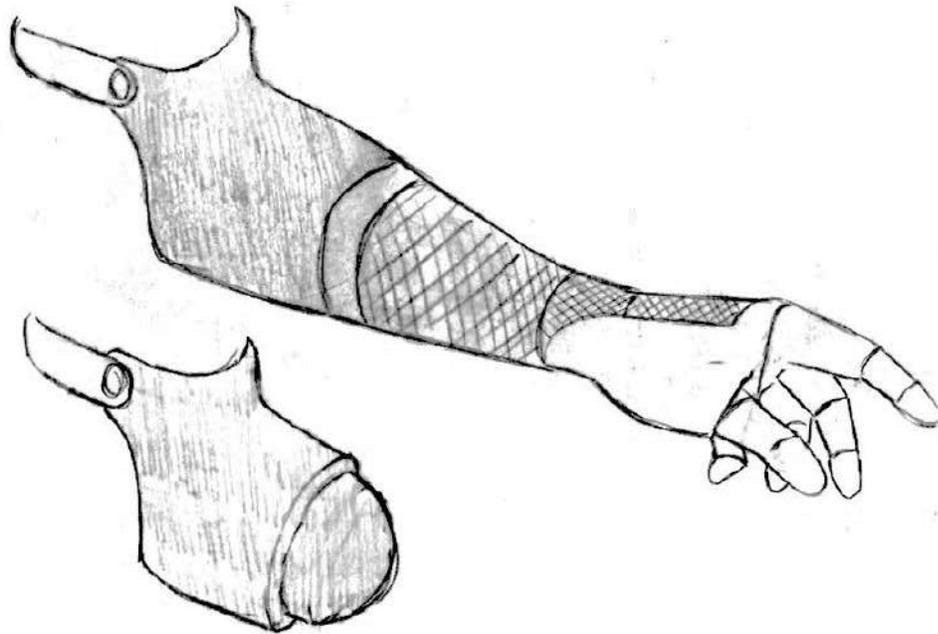
Essa mesma separação visual de texturas poderia ser feita em duas peças distintas, permitindo que a mão e a parte do *socket* se separassem completamente (Figura 39). Isso permitiria que o usuário pudesse ter um acesso facilitado a forma do coto para que ele execute tarefas da forma que ele está mais acostumado, sem a estrutura sobressalente da mão e sem a necessidade de remover completamente a prótese.

Figura 38: Alternativa com variação de textura na proximidade do coto e alça para prender no braço.



fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 39: Solução com separação do sistema do socket e do braço.

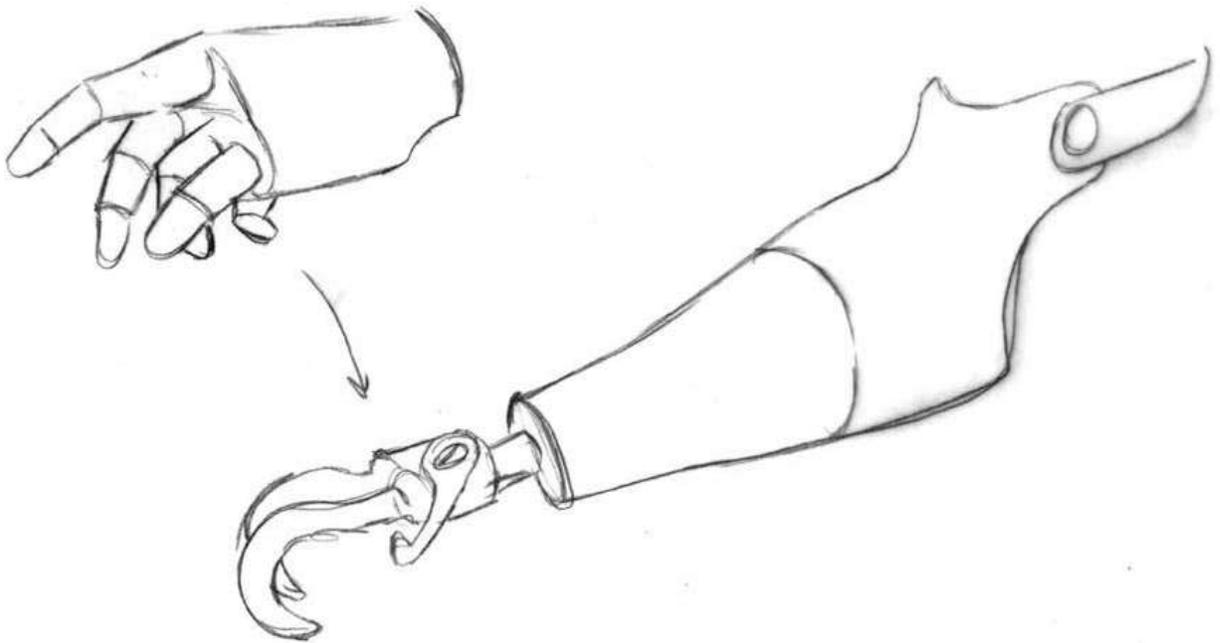


fonte: Elaborado pelo autor.

Esse modelo também permitiria a customização do terminal, permitindo tanto que outros modelos trouxessem variações estéticas e funcionais. Caso essa fosse a solução selecionada, o projeto poderia explorar diferentes customizações estéticas.

Uma outra alternativa para propor uma quebra entre a parte funcional e o restante da prótese seria levando essa divisão até a parte do pulso (Figura 40). O resultado se assemelha muito ao modelo de próteses vistos na AFR, onde a prótese é dividida em duas partes, a primeira uma peça do cotovelo até o terminal e a segunda é parte é o componente funcional que fica no local da mão.

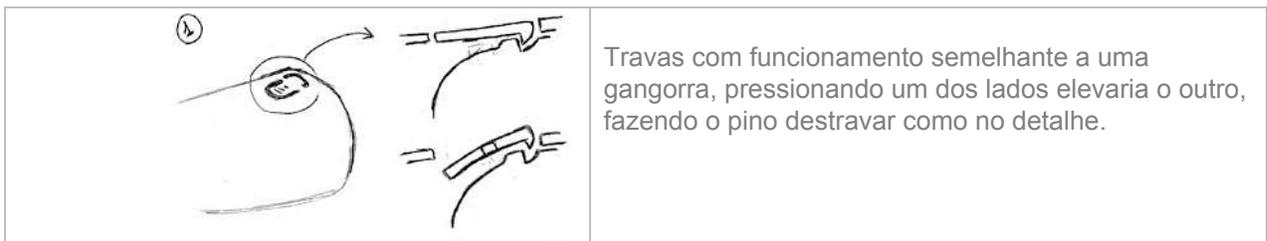
Figura 40: Alternativa que permitiria variação do terminal.

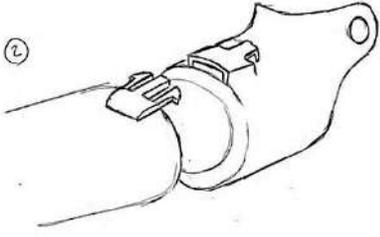
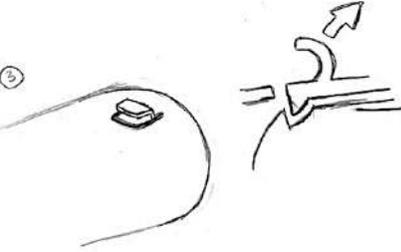
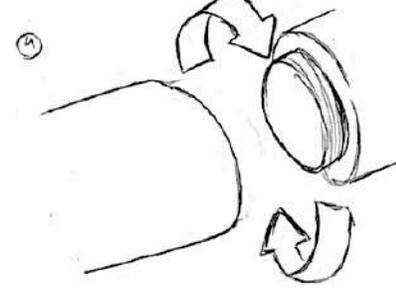
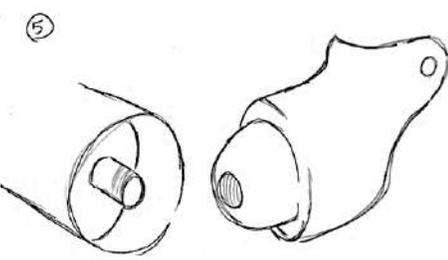


fonte: Elaborado pelo autor.

Algumas propostas de sistemas para unir as partes foram elaboradas com a finalidade de compreender o custo e o esforço que essas divisões poderiam impactar no uso do produto (Figura 41). Caso as divisões resultassem em sistemas complexos e trabalhosos de serem separados, ao ponto de tornar os ganhos funcionais e de customização um benefício duvidoso, talvez fosse melhor manter a prótese como uma peça única e permitir que o coto fosse acessado pela remoção completa da prótese pelo *socket*.

Figura 41: Elaboração de possíveis soluções para união das partes.



	<p>Travas com dois pinos nas laterais. Para liberação seria necessário pressioná-los dos dois lados.</p>
	<p>Funcionamento contrário ao da primeira alternativa, ao invés de pressionar para destravar, nessa alternativa o usuário deveria puxar uma alça.</p>
	<p>União das peças por rosca. Seria mais trabalhoso para o usuário, mas as peças unidas escondem o sistema de encaixe</p>
	<p>Semelhante a alternativa anterior, mas com união por um pino no centro da peça.</p>

fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse primeiro momento, não houve uma análise detalhada do esforço, para que as ideias propostas de funcionalidade que elas buscavam atender fossem primeiro avaliadas com o usuário, e se ele indicasse um valor percebido, então o projeto seguiria elaborando novas soluções de encaixes.

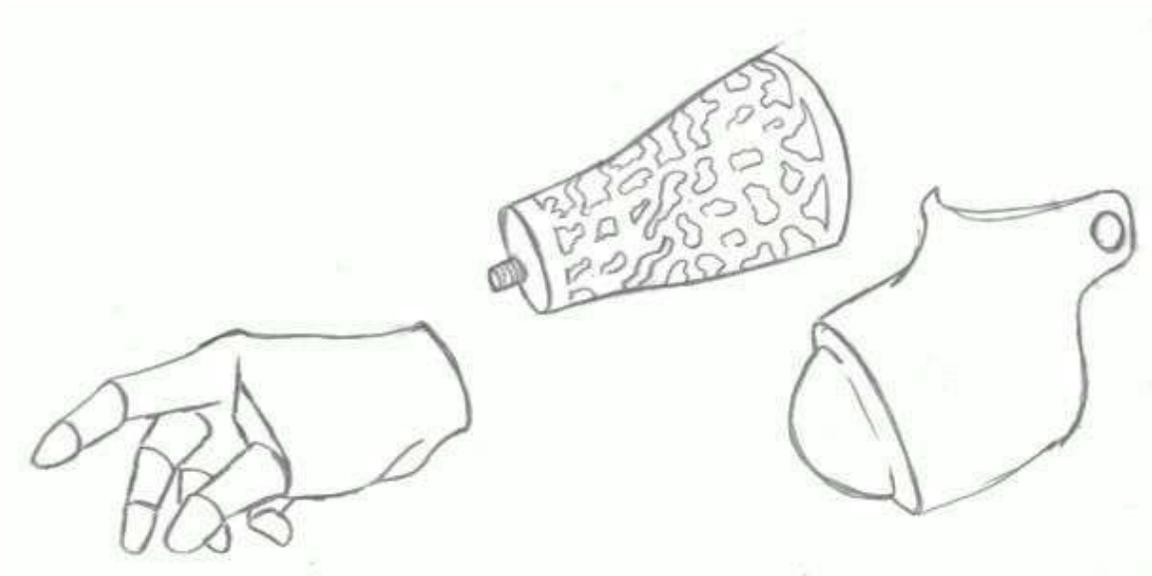
De uma maneira mais estruturada, essas divisões propostas poderiam ilustrar 3 casos de uso específicos. O primeiro deles seria a necessidade de modificar a função, alterando o elemento do terminal da prótese, permitindo que outras partes fossem acopladas para que o usuário pudesse exercer funções específicas, como por exemplo, permitir que a mão fosse substituída por uma faca, que auxiliasse o usuário em funções na cozinha. Essa quebra de função ocorreria principalmente na parte mais extrema da prótese, como a mão.

A segundo caso e a necessidade de se alternar a estética da prótese. Isso ocorre em parte quando o usuário altera a função, já que a modificação de uma mão por uma faca conseqüentemente tem implicações estéticas, mas uma divisão poderia ser realizada para a alteração dos padrões e ilustrações aplicados na região análoga ao antebraço.

Por fim o último cenário seria a necessidade de se utilizar o coto. O usuário poderia se encontrar em um momento em que a estrutura da prótese poderia ser um impeditivo para realizar uma tarefa que por sua vivência ele se acostumou a realizar com o coto. O objetivo dessa última divisão, seria permitir que o usuário se livrasse da estrutura estética, tendo acesso a uma forma simplificada da prótese que é composta apenas pelo *socket* revestindo o coto, mas sem a necessidade de retirá-lo completamente.

Assim, podemos visualizar as divisões em 2 partes, ilustradas na Figura 42. A primeira é a divisão *terminal-antebraço*, que permite a customização da função. A segunda é a *antebraço-socket*, que permite o acesso rápido ao coto e a troca de peças do antebraço, para a customização estética.

Figura 42: As duas divisões, separando terminal, antebraço e socket.



fonte: Elaborado pelo autor.

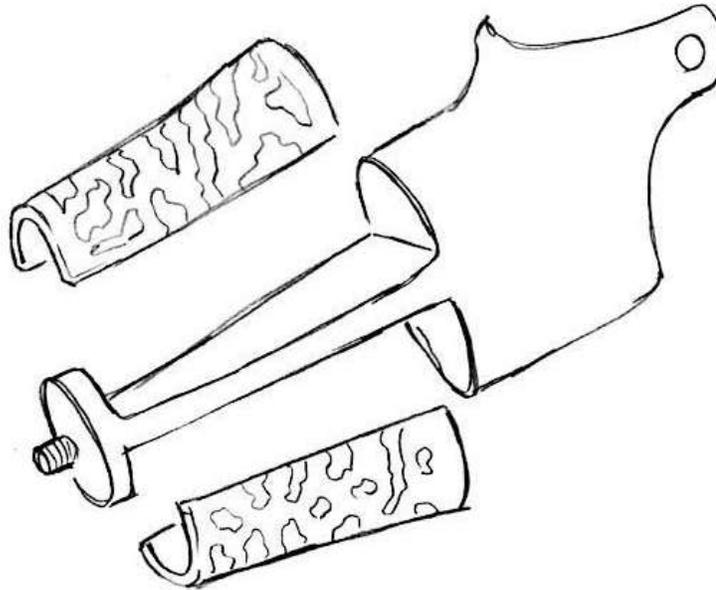
Caso a divisão do *antebraço-socket* não fosse de fato útil do ponto de vista do usuário, uma outra alternativa foi elaborada unindo a *socket* ao antebraço, mas que os padrões que customizavam a peça fossem desacoplados (Figura 43). Isso permitiria que o usuário imprimisse uma gama de diferentes padrões e variasse de acordo com seu gosto e momento.

Essas alternativas foram apresentadas a D. para compreender se ele encontrava aplicabilidade nas segmentações. De acordo com ele, a ideia das segmentações é interessante, mas ele acha “que funcionaria para quem tinha a mão e perdeu num acidente”, o que indica que ele não se identifica ou encontra aplicações práticas em seu dia-a-dia, por mais que elas possam ser úteis para amputados com deficiência adquirida.

A alternativa que mais despertou interesse de D. foi a Figura 37. Talvez por no desenho a aplicação da estampa estar mais elaborada do que as outras, que ficaram

mais abstratas, mas novamente isso mostra sua preferência por uma abordagem estética sobre a funcional.

Figura 43: Desacoplamento da customização.



fonte: Elaborado pelo autor.

Mesmo que o resultado da elaboração de alternativas com quebras funcionais tenha servido apenas para salientar as conclusões retiradas durante a fase de pesquisa, mostrando a preferência do usuário pela estética sobre a função, o exercício foi importante para reafirmar as decisões a serem tomadas adiante. Pode-se a partir disso diminuir a importância das questões funcionais para as próximas alternativas. Outro benefício foi poder explorar possibilidades de configurações distintas que poderiam despertar o interesse do usuário, mas que não tinham sido contempladas nos trabalhos analisados anteriormente.

O trabalho seguiu elaborando alternativas de próteses em que as segmentações cumpriam apenas questões estruturais, para que após a montagem o resultado seria de uma peça única. O próximo passo seria elaborar um método de união das peças que reduzisse o impacto das divisões na estética final, já que elas estariam na peça por serem um requisito do processo de fabricação por impressão 3d, e não por uma escolha estética. Isso não exclui a possibilidade de ser trabalhado para que possam contribuir com ela.

As primeiras alternativas utilizavam parafusos como elemento de união das partes e começavam a endereçar a preocupação com posição das camadas no processo de impressão (Figura 44). Como apontado na fase de pesquisa, as camadas poderiam impactar na resistência do produto a forças como torque.

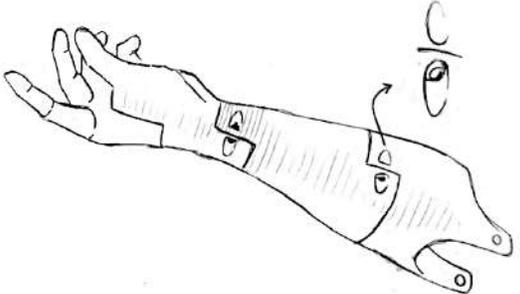
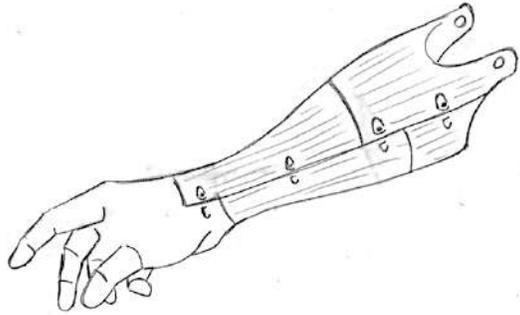
Buscando forma de amenizar o impacto visual das divisões, foi elaborada uma alternativa que procurava endereçar o problema pelo método de *snapfit* que consiste em um sistema de encaixes que utilizam a elasticidade do material para fazer a união de forma reversível ou não (Figura 45). Essa solução poderia dar uma aparência de unicidade do produto por não incluir elementos externos a fabricação das peças. Outro benefício seria a utilização da própria padronagem aplicada na peça para a união, que ajudaria a manter uma consistência dos ângulos.

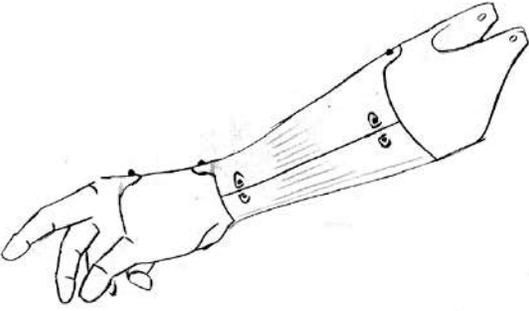
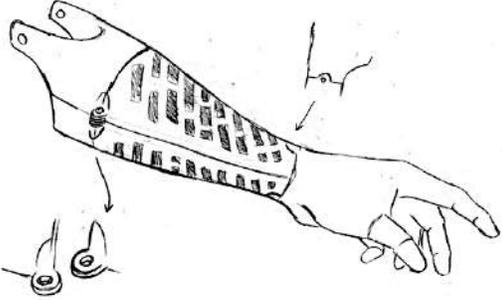
Essas soluções pareciam desdobrar as principais possibilidades trazidas pela impressão 3d. Como a prótese consistiria em sua maioria em uma parte de aspecto cônico que une o socket com o terminal, tornou-se oportuno vislumbrar outros métodos de construção da forma. A complexidade da solução está em sua maioria, na aplicação de determinada padronagem na região do antebraço e na construção de uma forma escultural remetendo a mão. Para tal, o antebraço poderia ser construído por métodos mais simples. Uma possibilidade seria a utilização de *kerfing* que consiste na remoção

de material de um determinado objeto rígido, geralmente uma chapa, para permitir que ele se dobre (Figura 46).

Utilizar o *kerfing* era especialmente oportuno pela sua estética geométrica, que D. havia indicado preferência. Por outro lado, o padrão escolhido por D. na etapa de desenvolvimento parecia inadequado para o método, sendo inviável para auxiliar o material a se dobrar. Isso implicaria em abandonar o padrão específico que o usuário escolheu, mas manter a estética geométrica que o agradava. Quando apresentado ao método e aos resultados, D. pareceu surpreso e disse achar o método “irado” (Figura 47). Assim, aplicar o método poderia ser um meio de aplicar a geometrização na construção da prótese.

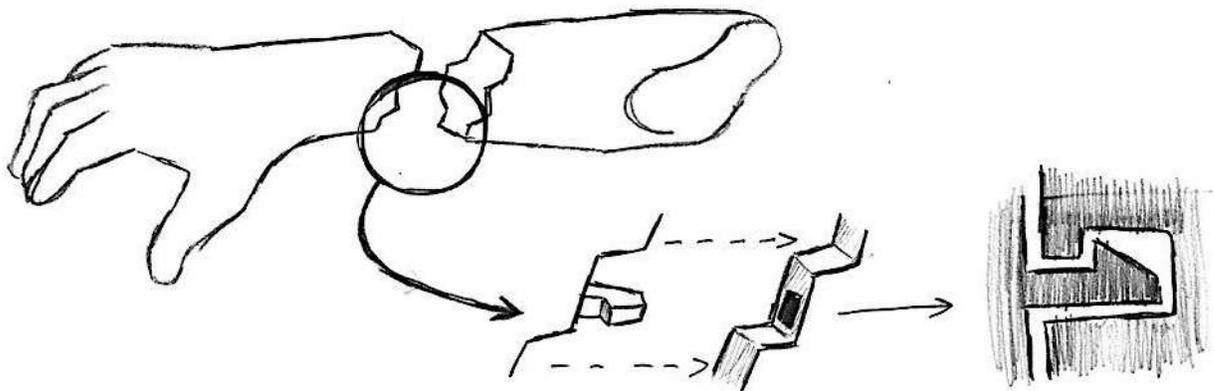
Figura 44: Diferentes de união. As hachuras presentes em algumas alternativas indicam o sentido das camadas de impressão.

	<p>Quebras em formato de 'zig-zag', no detalhe indicado pela seta o parafuso fica menos aparente em uma depressão nas peças. O sentido das camadas traria a alternativa problemas estruturais por anisotropia.</p>
	<p>Versão com correção nos problemas de anisotropia da alternativa anterior. Essa alternativa possuía mais divisões que serviam como prolongamento das linhas criadas no 'zig-zag'</p>

	<p>Essa versão buscava melhorar a posição das linhas nas divisões, para reduzir o impacto visual causado por elas.</p>
	<p>Buscando uma forma de reduzir a quantidade de parafusos, essa alternativa buscava criar um ponto de união das peças, fazendo com que as linhas convergissem para dois parafusos nas laterais. A textura nas peças centrais é criada pela aplicação da padronagem.</p>

fonte: elaborado pelo autor.

Figura 45: Ilustração de união de duas peças por *snapfit*.



fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 46: Na esquerda, diferentes padrões que permitem que a chapa de MDF se dobre. Na direita vemos a aplicação do método na construção de uma luminária.



Fonte: Instructables [2013?], [2014?].

Figura 47: Apresentando o método de kerfing ao usuário.



13 DE JULHO DE 2017 12:10

Po, que irado



Não conhecia esse método o:

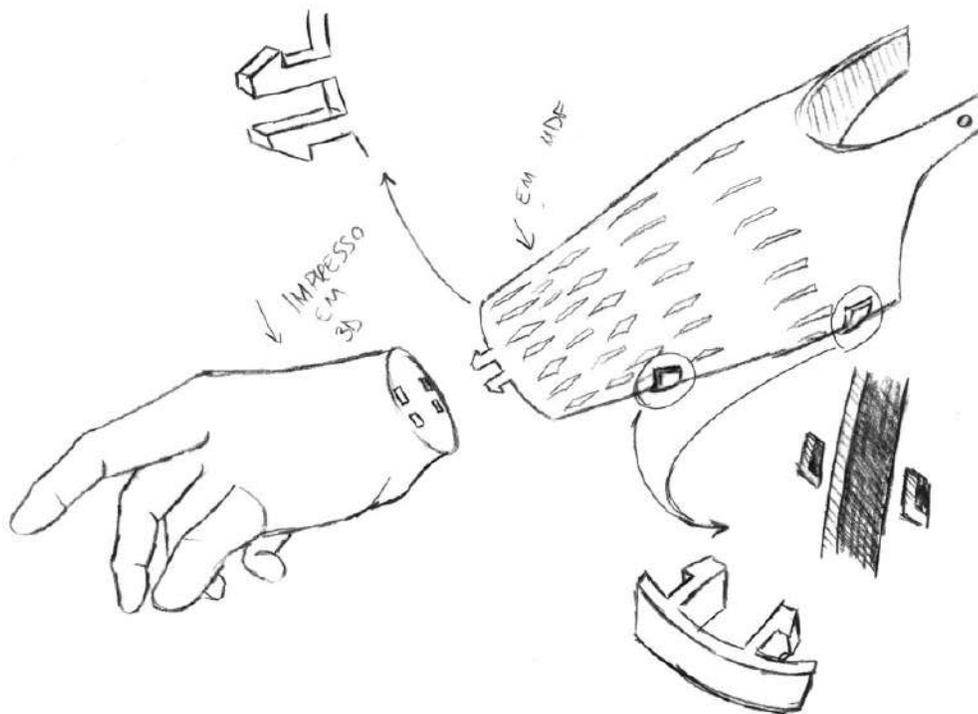
fonte: Acervo do autor.

Uma alternativa foi elaborada procurando contemplar a técnica na construção da prótese. Inicialmente, reproduzir formas complexas como a mão utilizando apenas chapas pareceu inviável. Por isso, a alternativa buscava mesclar impressão 3d e *kerfing*, mantendo a construção da mão pelo processo de impressão 3D, visto que é uma forma mais complexa, enquanto o antebraço seria construído a partir de corte a laser (Figura 48).

Desprender a solução do processo de impressão 3d permite que diferentes métodos e materiais sejam explorados, e conseqüentemente abre espaço para

diferentes possibilidades de solução. Produzir a prótese a partir de uma forma planificada pode ser levado à um outro extremo, como utilizar papel ou alguma chapa polimérica. Essa outra consideração fez com que o projeto desse um passo atrás para olhar outras possibilidades de solução, explorando outros materiais e consequentemente outros métodos.

Figura 48: Alternativa com mão impressa em 3d e MDF na construção do braço



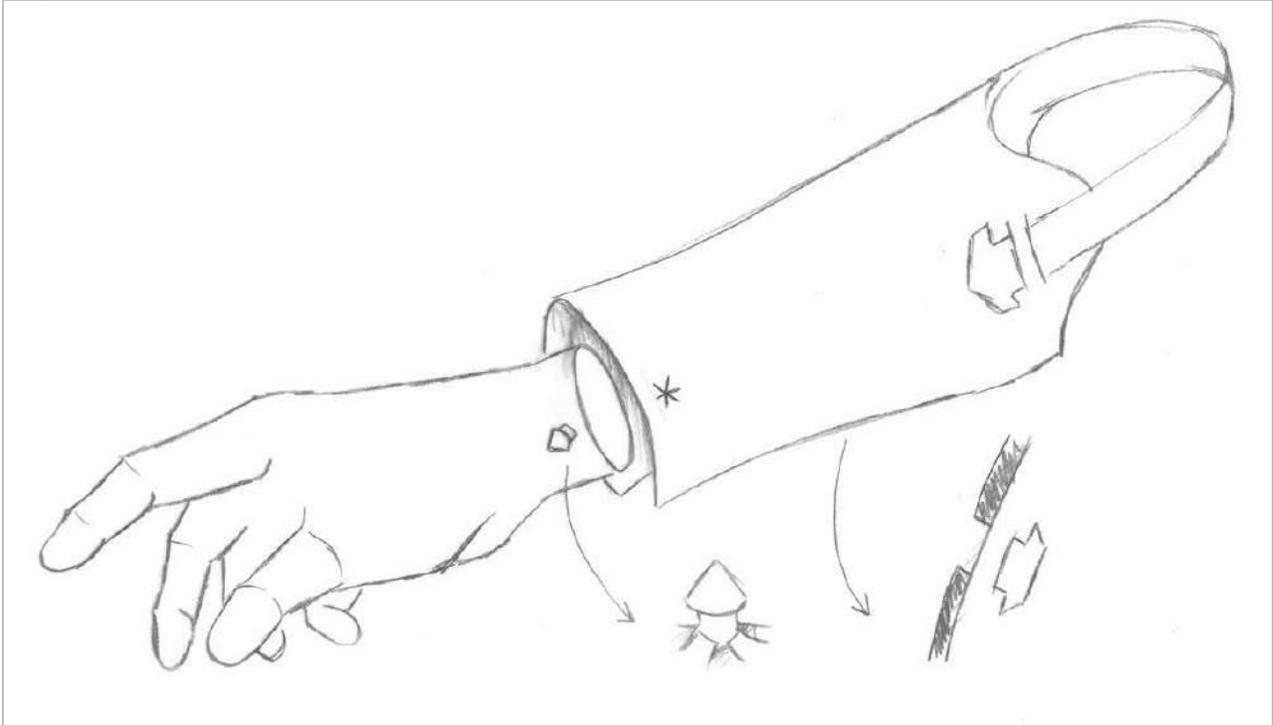
fonte: Elaborado pelo autor.

O uso do papel foi o primeiro a ser testado por ser um material de fácil acesso, permitindo rapidez em validar seu potencial. Apesar de ser um material de baixo custo, o que poderia possibilitar em um barateamento do produto final, o material sofre de questões estruturais, visto que a prótese é um objeto que pode sofrer forças de torque na extremidade da estrutura onde se situa a mão, ele poderia facilmente dobrar na

região do antebraço (Figura 49). Caso o projeto seguisse por esse caminho, as soluções deveriam endereçar essas questões.

Outro desafio que o material apresenta é como aplicar dobras para reproduzir a forma de uma mão, que é uma forma complexa.

Figura 49: Semelhante a alternativa anterior, só que utilizando chapa polimérica na construção do braço.



fonte: Elaborado pelo autor.

Alguns testes foram feitos procurando viabilizar uma prótese feita inteiramente a partir de uma folha, começando pela reprodução dos dedos que pareceu ser o pior cenário de aplicação do material, por ser uma forma delicada com muitos detalhes e dobras. Por isso, os testes procuraram solucionar essas questões primeiro, utilizando diferentes materiais para endereçar o problema (Figura 50).

O primeiro deles foi feito utilizando papel paraná, que por ser mais espesso, poderia trazer maior resistência para os dedos, mas que por outro lado, essa dureza também dificultava nas dobras para confecção do teste. O segundo modelo foi utilizado utilizando material plástico, retirado de uma embalagem de pote de sorvete. Ele permitiu que a forma fosse reproduzida com maior facilidade já que os vincos feitos no material facilitavam a dobra. Outra vantagem do material plástico sobre o papel está na sua resistência  gua.

Figura 50: Tentativa de reprodução dos dedos utilizando plástico e papel paraná, respectivamente.



fonte: Acervo do autor.

Construir as formas dos dedos por dobras se mostrou uma alternativa trabalhosa de ser executada, já que era necessário um manejo fino para realizar os corte e dobras. Outro fator negativo do método era o pouco controle sobre a forma final, onde pequenas variações nas medidas alteravam as inclinações das dobras dos dedos.

Após os testes com dobras, uma terceira alternativa foi desenvolvida buscando construir as formas dos dedos através da sobreposição de camadas feito em papel paraná (Figura 51). Essa alternativa é trabalhosa de ser construída devido ao processo manual da confecção, que requer muitos cortes da mesma forma.

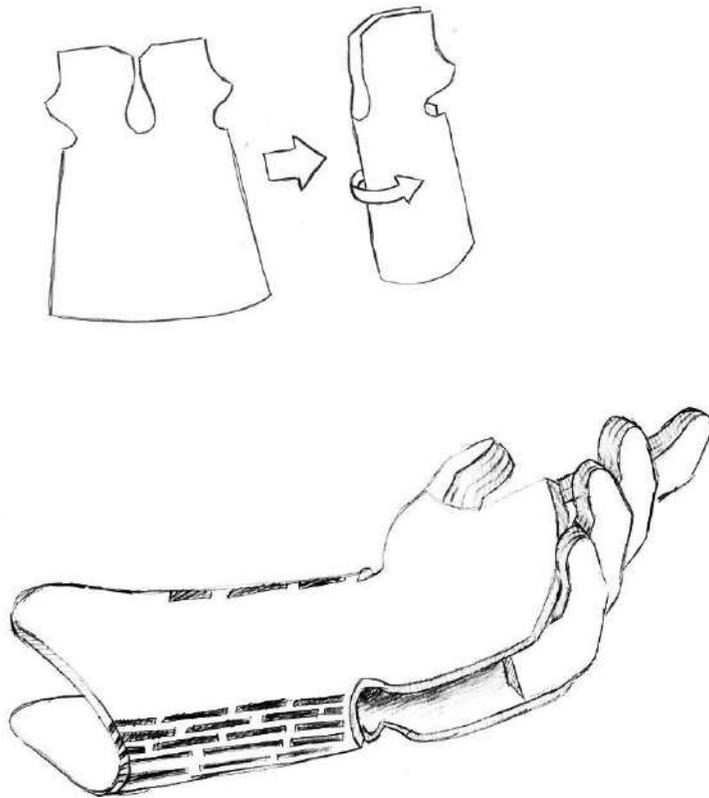
Uma maneira para contornar esse trabalho repetitivo de corte seria utilizar corte a laser. Isso tornaria o processo de cortar as chapas mais fácil e preciso, restando apenas a etapa de montagem e fixação. Esse mesmo processo também pareceu promissor em viabilizar a construção do modelo por corte com MDF ou acrílico, que anteriormente havia sido descartado pela complexidade de se construir uma mão pelo método. Um desenho foi elaborado para viabilizar o processo de dobra de uma chapa de material rígido, com *kerfing* sendo aplicado para a realização das dobras que seria necessário e com os dedos feitos em sobreposição de camadas (Figura 52).

Figura 51: Testes com sobreposição de camadas feito com papel paraná.



fonte: Acervo do autor.

Figura 52: Primeira alternativa de prótese feita a partir de uma chapa com dedos em sobreposição de camadas.



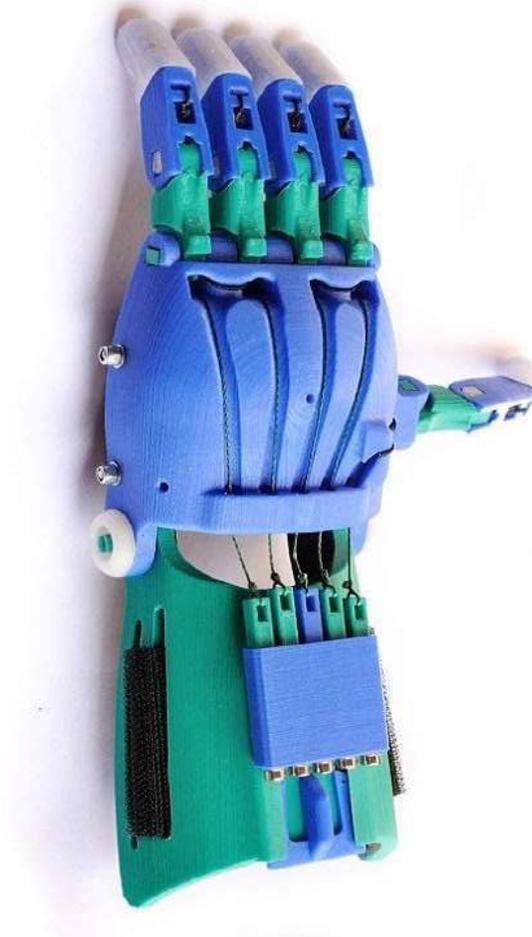
fonte: Elaborado pelo autor.

O desenho pareceu tangenciar uma alternativa promissora, mesmo que muitos aspectos ainda fossem difíceis de serem alcançados pelo desenho, era possível começar a esboçar uma solução onde toda a parte da mão ao braço fossem construídos a partir de uma única chapa, aplicando *kerfing* para realizar as dobras quando necessário. Os dedos seriam feitos com sobreposição de camada, o que permitiria ter maior controle sobre os ângulos.

Apesar das limitações na forma impostas pelo processo, muitos aspectos de uma mão poderiam ser representados para dar mais naturalidade à prótese. Mesmo que a reprodução fiel de uma mão fuja da proposta do projeto, algumas características poderiam ser levadas para dar um aspecto mais atraente. Por conta da solução

não-funcional, a prótese possui uma condição estática, o que pode resultar em um aspecto engessado, ou duro. Se a prótese puder reproduzir uma posição de conforto e naturalidade, ela consegue em parte quebrar essa sensação de dureza, transmitindo uma imagem de leveza e conforto (Figura 53).

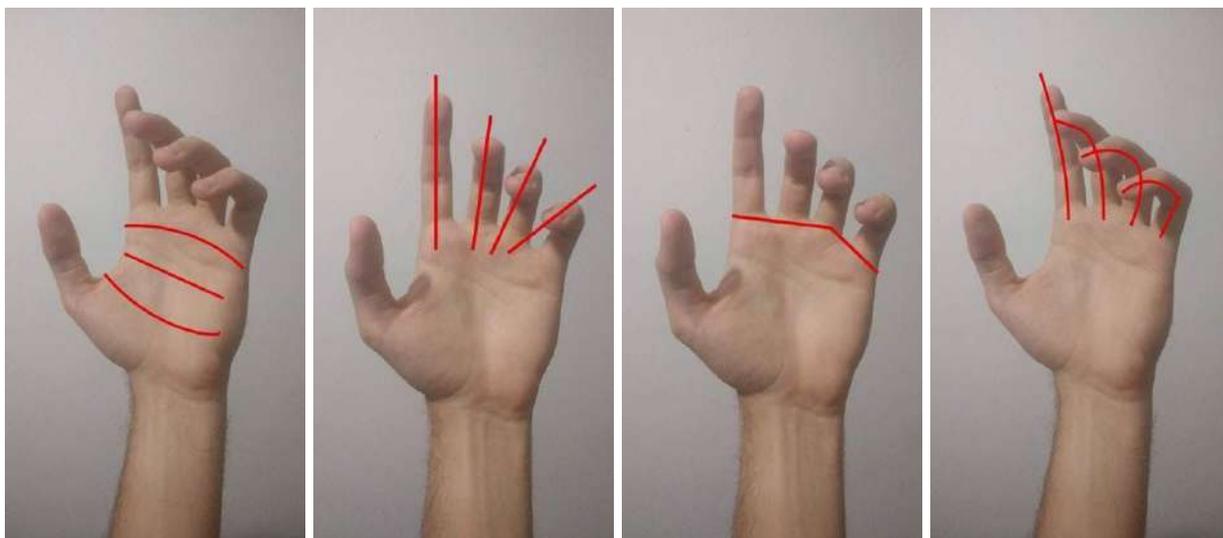
Figura 53: Comparação entre a naturalidade reproduzida por duas próteses semelhantes. Na primeira, vemos que as dobras dos dedos e as variações dos ângulos auxiliam a transmitir um aspecto natural. No segundo, vemos um aspecto mais engessado, com dedos do mesmo tamanho e em paralelo.



fonte: PROTOTYPETODAY, 2017; E-NABLE, 2014.

Para procurar entender melhor quais aspectos seriam interessantes de serem retratados pelo modelo, foi elaborado uma lista com as características de uma mão em posição mais natural (Figura 54). A primeira delas, está na angulação côncava da palma da mão, essa característica confere ao dedão uma projeção à frente da palma, e também é responsável pela segunda característica, a convergência dos dedos. Os dedos não seguem em paralelo até o infinito, eles possuem uma convergência que é fundamental para quebrar o aspecto de ângulos reto. A terceira característica está no decaimento do dedo mínimo, quando olhamos diretamente para a palma da mão, vemos que o dedo mínimo possui decaimento em relação aos demais. E por fim, a última característica é a particularidade de cada dedo, quando colocamos a mão em repouso, vemos que eles se curvam em diferentes ângulos, e essa característica é fundamental para transmitir naturalidade.

Figura 54: Características da mão que transmitem naturalidade. Da esquerda para a direita, a angulação da palma da mão, a convergência dos dedos, o decaimento do dedo mínimo, e os diferentes ângulos de cada dedo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Levando em consideração essas características, procurou-se replicá-las sobre um modelo de papel paraná (Figura 55). Com a curvatura aplicada sobre a chapa da mão, os dedos conseqüentemente convergiram. Além disso, cada para cada dedo foi dado uma forma única e escalado de acordo.

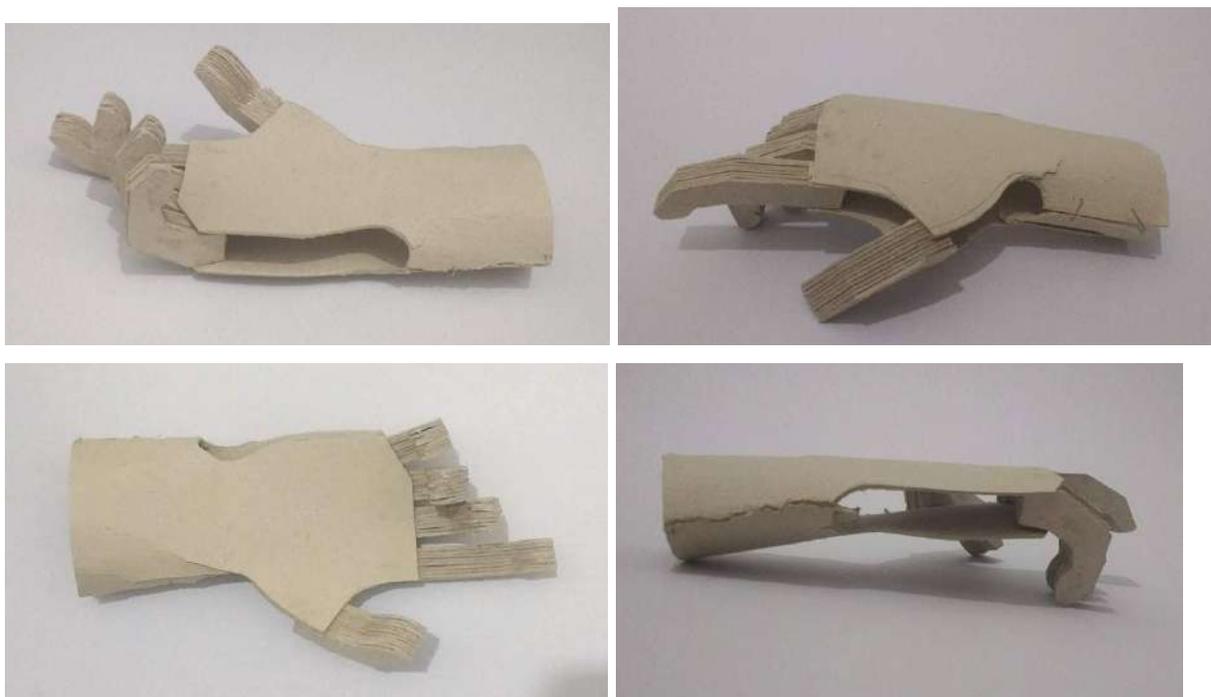
O modelo pareceu representar bem as características de uma mão em repouso (Figura 56), ainda trazendo aspectos de uma estética surreal com o vazado da mão, o que permitiu prospectar uma solução formada a partir de chapas de acrílico ou MDF.

Alguns problemas podiam ser identificados na construção do modelo, onde as curvas muito bruscas do pulso geraram fissuras no material, o que indicaria a dificuldade de realizar essa curva em materiais mais rígidos. A parte da chapa que compunha o dorso da mão também deveria ser mais longa para conseguir cobrir por completo a peça que formava o polegar (Figura 57). Outro problema estava na angulação que foi dada ao dedo mínimo, que esbarrava com o dedo anular ao lado, isso fazia com que, se a alternativa fosse levada a etapa de detalhamento, essas características deveriam ser revisadas.

Ao fim da elaboração das alternativas, o papel se mostrou uma alternativa leve e barata, mas que trazia complexidade em sua montagem e conseqüentemente a pouco controle na elaboração das formas, além trazer problemas estruturais e de resistência. Por esses motivos, ela foi descartada e o projeto seguiu dividido entre duas abordagens, a primeira seria seguir com a impressão 3d, o que garante mais liberdade na construção da forma, e o segundo por corte a laser, que apesar da limitação do processo, o modelo desenvolvido pareceu vislumbrar um processo promissor em entregar uma estética atraente.

Procurou-se então levantar quais as implicações trazidas por cada método, analisando o custo de fabricação, as possibilidades de customização, a facilidade de confecção do modelo e os possíveis desdobramentos de cada alternativa.

Figura 55: Modelo confeccionado utilizando papel paraná.



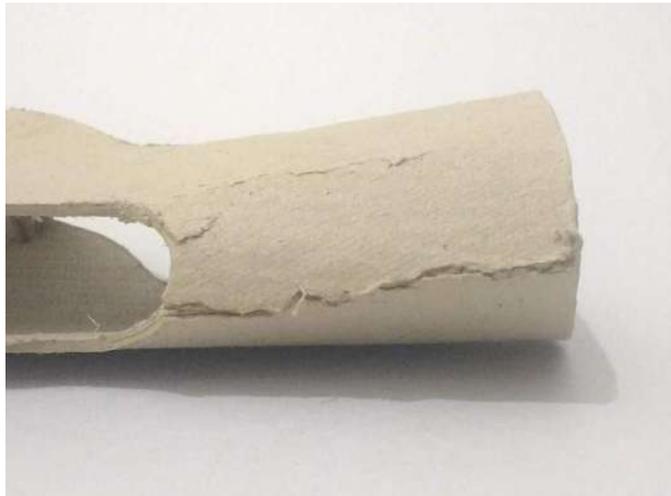
Fonte: Acervo do autor.

Figura 56: Comparação lado-a-lado de uma mão e a forma criada com o método.



fonte: Acervo do autor.

Figura 57: Na esquerda, fissura na dobra do pulso. Na direita, a chapa que por ser muito curta não consegue cobrir todo o polegar.



fonte: Acervo do autor.

3.4 Seleção da alternativa

Para construção da prótese, ambos os métodos seriam alternativas viáveis. A impressão 3d tem o potencial de entregar muitas possibilidades e formas a serem exploradas. O corte a laser por outro lado, trazia mais limitações que liberdades, mas que poderiam ser trabalhadas para cumprir com os objetivos.

Com o intuito de se comparar o custo entre a fabricação por impressão 3d com o corte a laser, dois modelos foram orçados buscando inferir o impacto de cada processo no valor final do produto.

Para orçar o processo de impressão 3d, um modelo tridimensional foi elaborado procurando representar as medidas e o volume de uma mão, abstraindo nesse primeiro momento o acabamento e a estética (Figura 58). O modelo era formado por uma caixa de 9cm de largura, 11cm de altura e 3cm de profundidade, com 4 dedos de forma cilíndrica com 2,25cm de diâmetro e 7cm de comprimento cada, e uma representação do polegar com de 7cm de comprimento e 2,5cm de diâmetro. As medidas gerais do modelo eram de 16cm x 18cm x 3cm e seu volume era de 418,8 centímetros cúbicos

Figura 58: Modelo 3D utilizado para orçar o método de impressão 3D.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para orçar a peça foi utilizado o Cammada, uma plataforma online que permite que um determinado modelo seja orçado por múltiplos prestadores de serviço de impressão 3d. Essa plataforma permitiria se ter uma ideia do quanto custaria a peça em diferentes fornecedores a um preço competitivo.

Como cada fornecedor é livre para dar seu preço, vemos no Cammada uma grande variação no valor do serviço. Não levando em consideração a qualidade do acabamento, o orçamento poderia variar entre R\$80,00 até R\$12.000,00, com frete incluso para a cidade do Rio de Janeiro. Por isso, alguns critérios foram aplicados para garantir que o serviço teria uma qualidade mínima.

A pesquisa então só considerou 5 os prestadores de serviço com o preço mais baixo incluindo frete para a cidade do Rio de Janeiro, com avaliação dos usuários maiores que 4 de uma escala de 0 a 5 e com qualidade de impressão média ou alta, descartando as impressões de baixa qualidade. A pesquisa não fez distinção do período de entrega, tipo do plástico entre PLA e ABS, cor do material, nem modelo da impressora (Quadro 3). A pesquisa foi realizada no dia 13 de agosto de 2017.

Quadro 3: Relação de preços de impressão 3d.

Prestador do serviço	Avaliação	Qualidade da Impressão	Preço (R\$)
Eletronicosplay	5,0	Média	119,00
Coizás	4,9	Média	134,00
3D Parts	4,3	Alta	183,00
3Dnail Bsb	4,3	Média	197,00
Somos 3D	4,0	Alta	208,00

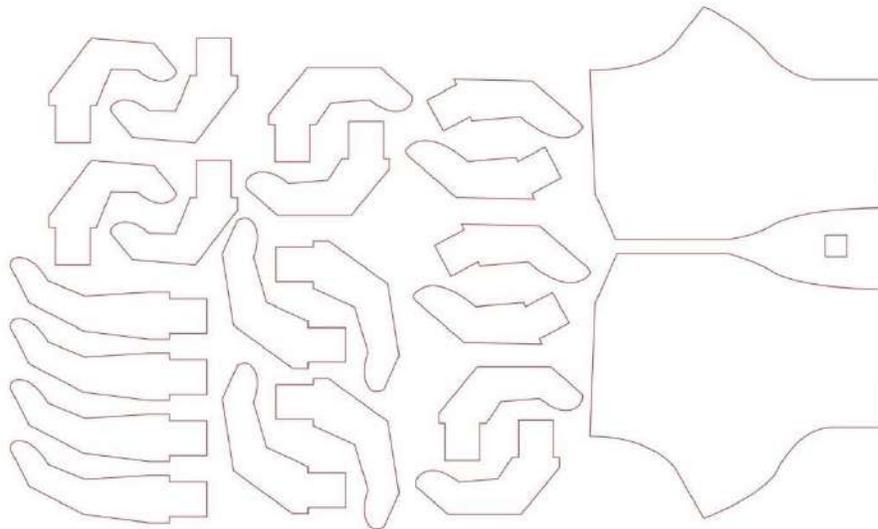
fonte: Elaborado pelo autor.

Podemos ver que ainda existe uma grande variação do preço da impressão, flutuando entre R\$120,00 e R\$210,00, sendo o primeiro valor o mais em conta para a fabricação. Mas o valor médio pelo serviço, sairia em torno de R\$170,00.

Para se orçar o processo de corte a laser, foi feito um arquivo de vetor que utilizava medidas muito semelhantes aos do modelo construído em papel paraná (Figura 59). O arquivo tinha as medidas de uma folha de papel A3, com 29,7cm de largura por 42cm de altura. Esse modelo foi levado à Makers Manufatura, que realiza serviços de corte a laser na cidade do Rio de Janeiro. O preço para confecção pelo método sairia em torno de R\$80,00 tanto para o corte em acrílico quanto em MDF, ambos com 4mm de espessura.

O método de corte a laser apresentou menor custo em reproduzir a mão, sendo a impressão 3d pelo menos 50% mais cara em seu distribuidor mais em barato. Porém é importante ressaltar que como a aplicação do *kerfing* resulta em mais cortes, isso implicaria em mais tempo de operação da máquina e conseqüentemente um valor maior. Enquanto aplicar formas vazadas sobre um modelo impresso em 3d traz o potencial de baratear o custo, visto que temos menos material sendo depositado e menor tempo de impressão. Por fim, era difícil dizer se havia uma diferença significativa no preço, devido a finalidade que os métodos seriam aplicados.

Figura 59: Vetores utilizados para orçar o processo de corte a laser.



fonte: Elaborado pelo autor.

Uma das vantagens do método de *kerfing* está na simplicidade da criação das formas, visto que trabalhar com arquivos vetoriais é mais simples do que modelagem 3d. Tornando o resultado final muito mais fácil de ser editado e reutilizado.

O processo de *kerfing* também traz um caráter único ao projeto, visto que o universo dos elementos protéticos já foi amplamente explorado utilizando impressão 3d. Trazer uma nova abordagem ao assunto permite que outras pessoas que consideram a impressão 3d um processo complexo e fora de alcance sejam contempladas pela solução de corte a laser, trazendo uma customização por outros meios.

Por não haver impacto significativo no custo e no potencial de se entregar uma estética atraente por ambos os métodos, o projeto seguiu então com a alternativa de corte a laser, por ser mais simples e por ser um caminho pouco explorado para o tema.

O passo seguinte do projeto seria procurar métodos de *kerfing* que viabilizassem as dobras necessárias na confecção da peça que compõe o antebraço.

3.5 Estudos de *kerfing*

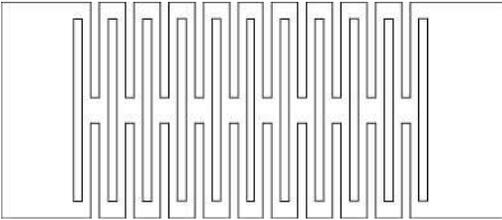
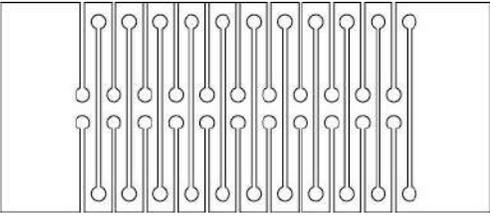
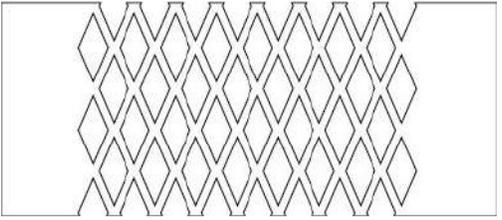
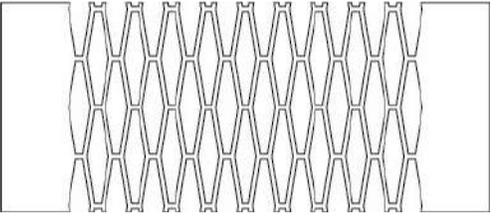
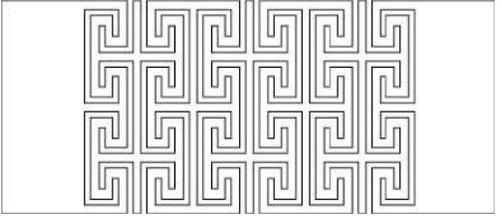
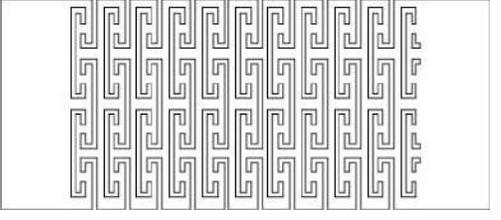
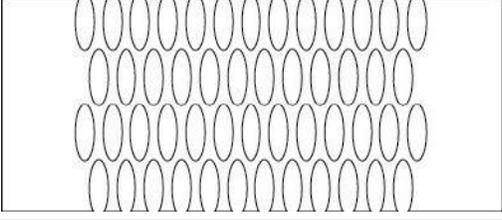
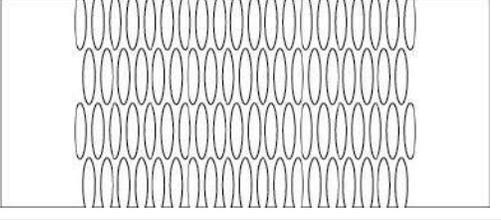
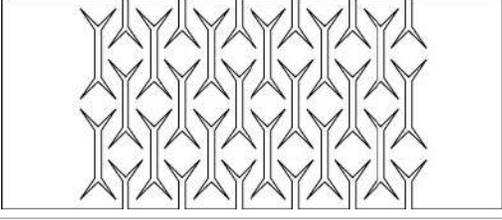
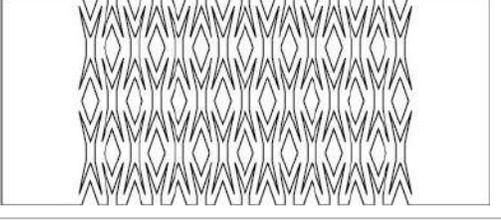
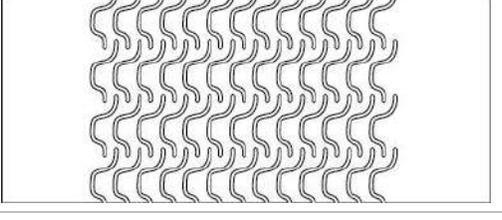
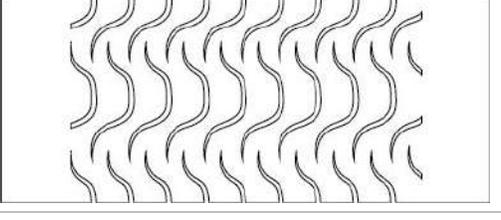
O critério de sucesso dos testes elaborados seria alcançar uma dobra que conseguisse representar a região do pulso, que possuía a curva mais brusca, de menor raio.

Dentre o MDF e acrílico, o segundo foi selecionado para o teste por ser um material mais promissor para ser aplicado na prótese, sendo resistente a umidade e possuindo um resultado polido após o corte a laser, não sendo necessário acabamento posterior (MAKERS MANUFATURA, [2016?]).

Para tal, foram criadas 12 alternativas de *kerfing* aplicadas sobre uma chapa de 2,4 milímetros de espessura, cada uma com área de 14cm de comprimento por 6cm de largura, dando 2 cm de espaço livre nas bordas laterais, como ilustra a Figura 60.

Para cada alternativa desenvolvida foi elaborado uma segunda versão com variações nos espaçamentos ou adicionando novos elementos. Assim, cada proposta era formada por uma dupla, representados por uma letra. As alternativas na letra A utilizam um método muito utilizado de *kerfing* que consiste em alternar as horizontalidades do material, fazendo um *zig-zag*. As alternativas B eram formadas em por losangos, que com o achatamento na horizontal poderia ser promissora a dobra. As de letra C seguiam uma forma de labirinto remetendo a padrões gregos. As alternativas D são as menos elaboradas visualmente, sendo formados apenas por elipses, mas que como a alternativa B, o achatamento nas laterais poderia auxiliar na dobra. As alternativas E e F também são métodos comuns em *kerfing*, mas o primeiro é formado por padrões que lembram os desenhos dos sulcos utilizados em pneus de carro, enquanto o segundo foi elaborado com maior densidade de recortes. Por fim, a alternativa F é formado por ondulações, também sendo um método comum de *kerfing*.

Figura 60: Alternativas de kerfing elaboradas para teste.

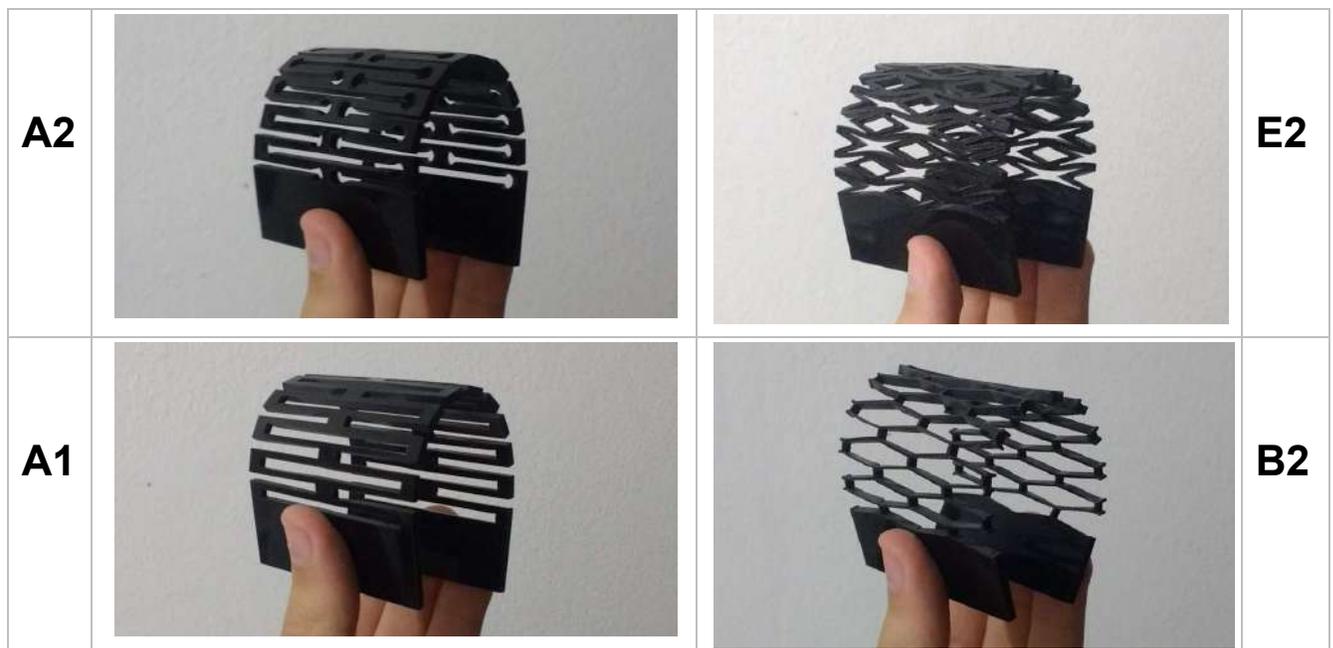
	1	2
A		
B		
C		
D		
E		
F		

fonte: Elaborado pelo autor.

Foram levadas duas variações de cada alternativa para entender os fatores que permitiriam que o material se dobrasse. Por exemplo, as alternativas A1 e A2 são muito semelhantes em sua proposta, mas a alternativa A2 possui círculos em suas extremidades e espaçamentos menores entre os cortes. Caso a alternativa A2 se mostrasse mais maleável isso permitiria inferir que as mudanças em sua geometria estão correlacionadas com o aumento da maleabilidade, e guiando o desenvolvimento de novas alternativas, se necessário.

Das 12 alternativas, 5 se mostraram promissoras em realizar as dobras, elas foram as alternativas A1, A2, B2, C2 e E2 (Figura 61).

Figura 61: Alternativas que realizaram a dobra com facilidade.

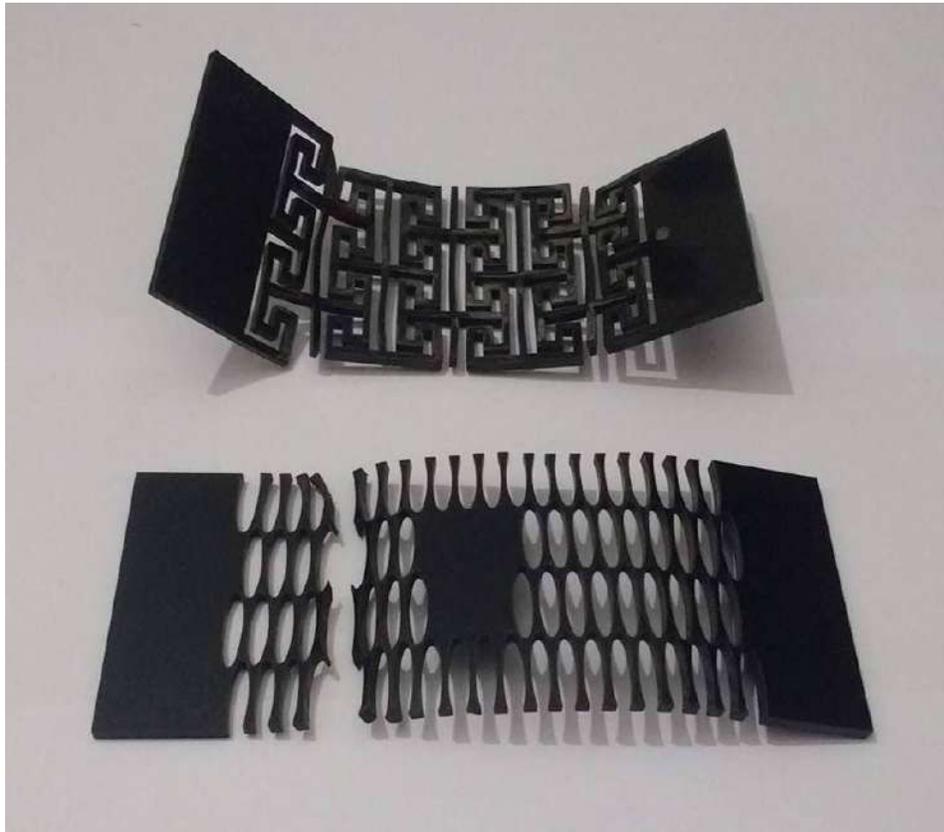




fonte: Acervo do autor.

As alternativas C1 e D2 sofreram danos na estrutura muito provavelmente por problemas de configuração da máquina (Figura 62). De acordo com o técnico que realizou a operação, o problema está relacionado com o percurso que a máquina realiza durante o corte, que não permite que o calor se dissipe. Essa concentração de calor durante um período prolongado sobre uma mesma área da chapa faz com que ela se deforme ou queime. Pode-se observar na alternativa D2 problemas em reproduzir os padrões, o que reforça a ideia de que houve problema nas configurações do corte. Indiferente da causa essas alternativas foram descartadas, já haviam outras alternativas que alcançaram o objetivo de realizar a dobra, o suficiente para dar continuidade do projeto

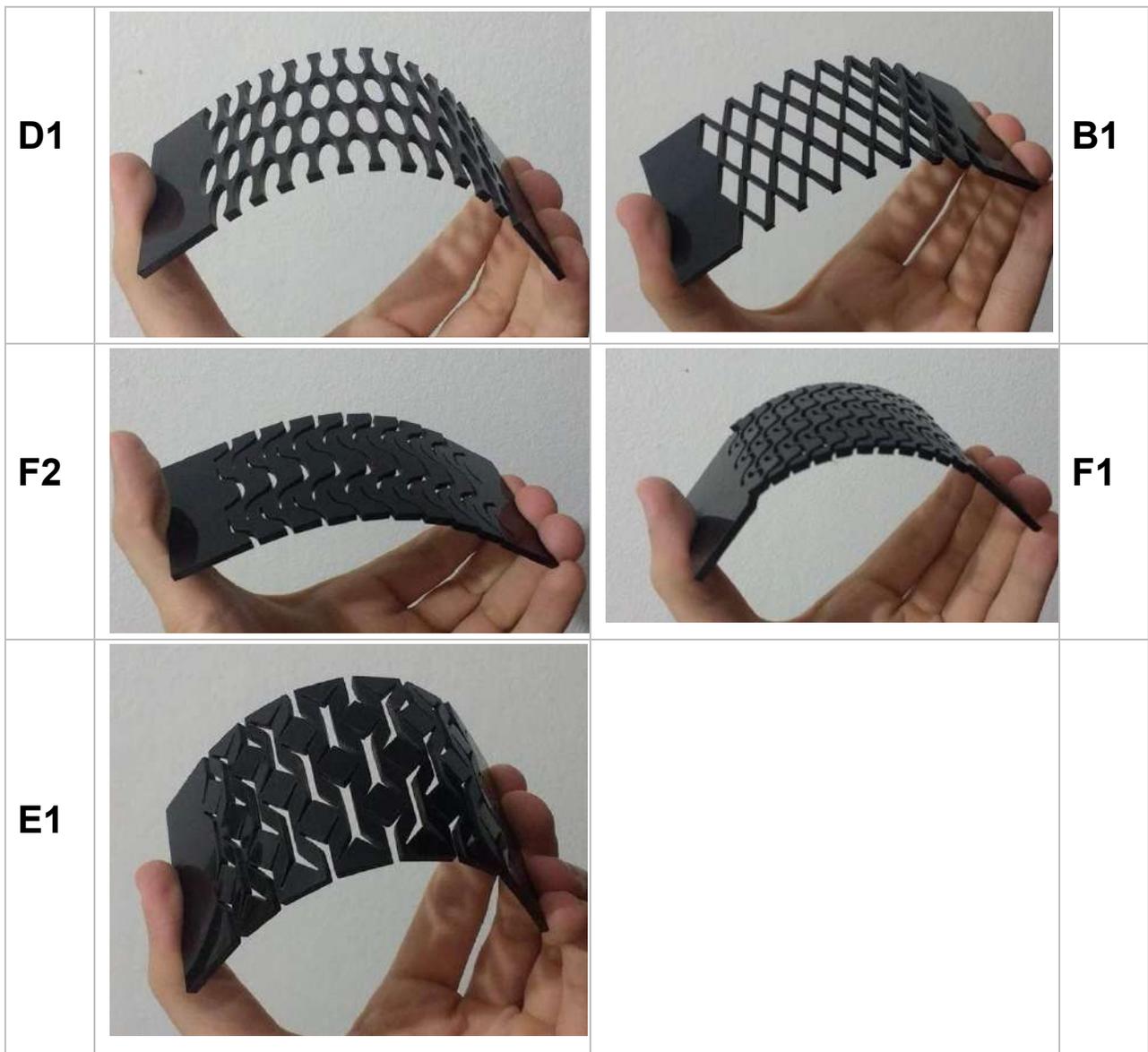
Figura 62: Alternativas C1 e D2, que sofreram danos na estrutura.



fonte: Acervo do autor.

As alternativas B1, D1, E1, F1 e F2 demonstraram resistência em realizar a dobra (Figura 63). Por mais que novas alternativas pudessem ser elaboradas procurando solucionar os fatores que levaram ao fracasso delas, preferiu-se descartá-las para que o projeto seguisse para a próxima etapa dentro do prazo.

Figura 63: Força sendo aplicada sobre as alternativas que falharam para observar o potencial de dobra.



fonte: Acervo do autor.

Ao usuário foram apresentadas as alternativas bem sucedidas. Das 5, as que ele demonstrou maior satisfação foram a A1 e E2, sem preferência em especial. Como a A1 possui uma geometria simples ela é mais fácil de ser trabalhada e por isso, foi selecionada para ser aplicada na solução.

3.6 Desenvolvimento da solução

Ainda haviam quatro questões a serem abordadas quanto à criação de uma prótese a partir de corte a laser. A primeira e segunda seriam respectivamente especificar como a prótese se uniria ao socket e como ocorreria o fechamento da chapa que compõe o braço. A terceira questão seria especificar o método de união dos dedos à chapa que também é responsável por criar a dobra da mão, e a quarta, aplicar o método de *kerfing* no modelo final para realizar as dobras necessária.

3.6.1 Fechamento da dobra e união com o socket

Como já havia sido definido anteriormente, o projeto acabou isolando o socket deixando que essa parte fosse desenvolvida normalmente pelo protesista. As duas peças seriam construídas separadamente e unidas posteriormente. Um dos métodos de unir as peças sugerido pelo protesista da AFR, seria parafusando ou colando as duas peças. Dos dois o método de parafusar pareceu ser mais adequado, pois possibilitava que as peças fossem trocadas mais facilmente, em caso de danos ou do desejo do usuário de criar variações de cores e materiais.

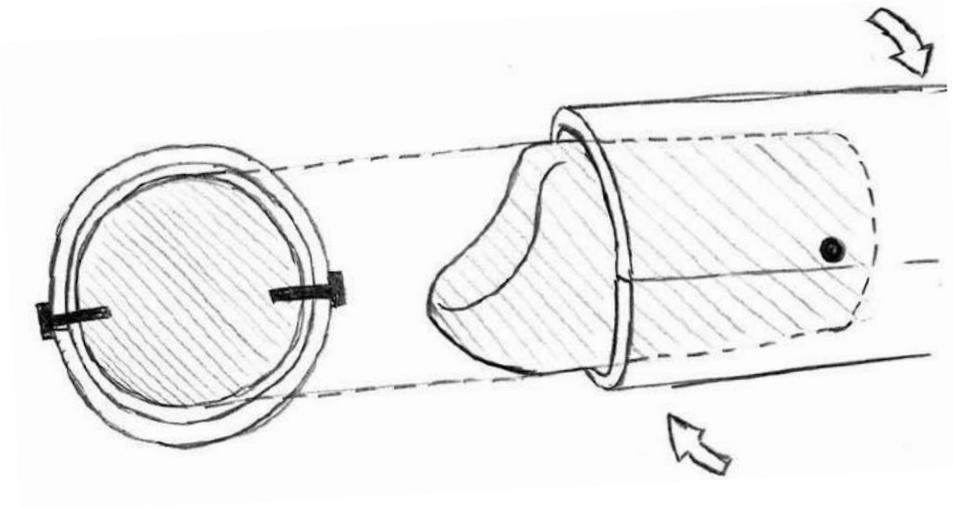
Com isso, o parafuso seria um componente presente na prótese. As alternativas desenvolvidas buscaram minimizar o impacto do elemento, buscando formas de incorporá-lo em sua estética.

É especialmente difícil indicar as medidas exatas das posições do parafuso, visto que há uma dependência de um trabalho prévio de desenvolvimento do *socket*, e que esse trabalho busca lidar com uma grande variedade de medidas consequentes da deficiência. Assim, pareceu prudente que a região de união da prótese ao *socket* lidasse com um certo grau de liberdade, permitindo que ele seja alterado de acordo com a realidade do usuário e as medidas do *socket*.

A chapa deveria se prender ao socket abraçando seu entorno de modo firme, tanto para estabilizar a prótese quanto para evitar que ela rotacione no eixo dos parafusos caso fiquem alinhados (Figura 64).

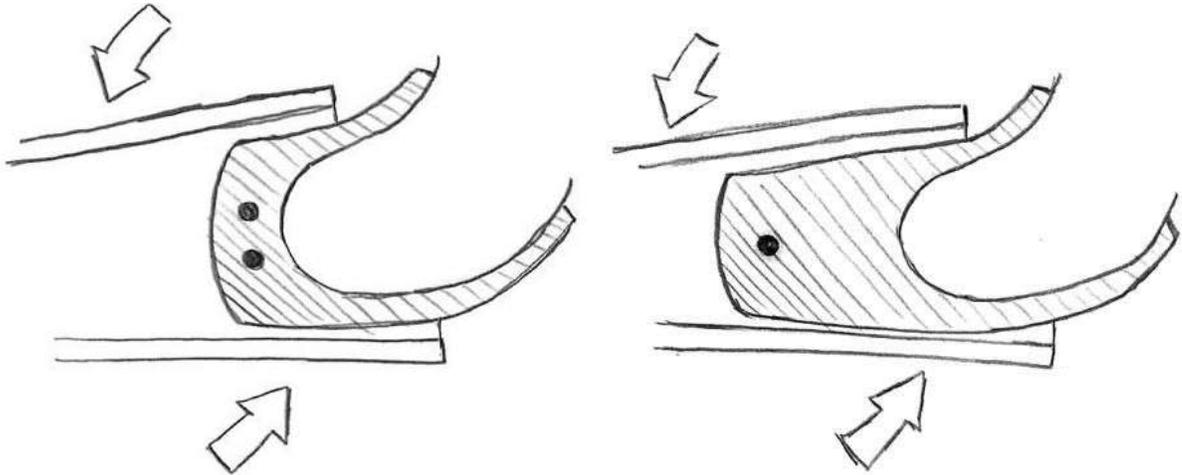
A posição do parafuso deve ser colocada em um prolongamento logo após a região que acomoda o coto. No caso de cotos muito curtos, a prótese acaba tendo uma área muito pequena de contato com o socket, o que pode dificultar que as peças se apoiem. Para contornar esse problema, pode-se aplicar duas medidas (Figura 65), a primeira, é utilizar 3 ou mais parafusos para estabilizar a prótese e evitar que ele rotacione. Isso faz com que a prótese se apoie menos no contato entre as peças. O segundo seria criar um prolongamento maior, para permitir que haja maior área de contato. Porém essa segunda solução, pode resultar em acréscimo de peso desnecessário.

Figura 64: União e Estabilização da prótese no socket.



fonte: elaborado pelo autor.

Figura 65: Ilustração das variações na fixação. No primeiro, mais parafusos sendo aplicados para estabilizar a prótese. No segundo, alongamento do socket para maior contato com a prótese.



fonte: elaborado pelo autor.

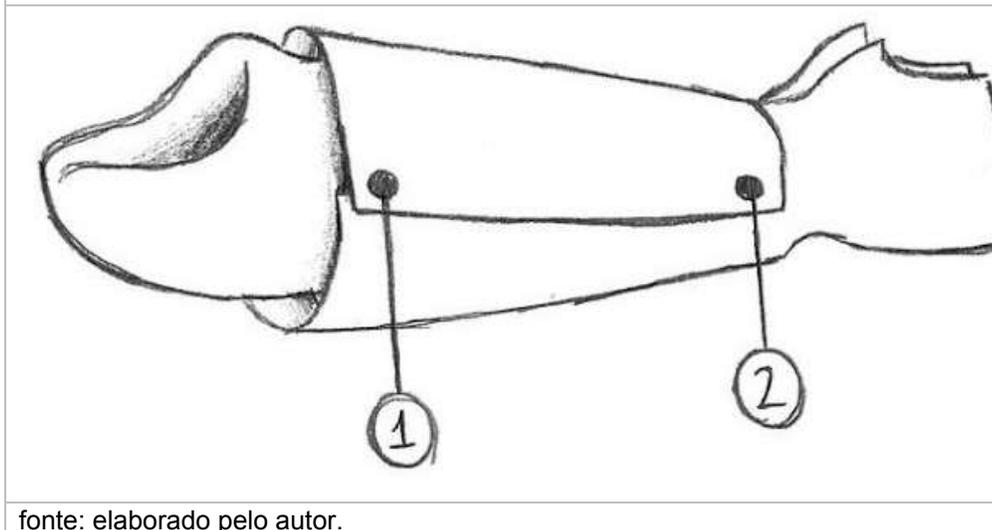
Ambas as soluções são viáveis, porém cabe ao protesista analisar qual solução pode ser implementada para cada caso.

A fresta criada pela união da chapa poderia se situar dois locais, sendo uma delas na parte interior do braço, próximo ao torço do usuário, no sentido do pulso ao cotovelo, o outro na parte exterior do braço onde ficaria mais exposta. Ambas possuem fatores negativos, com a ranhura no interior existe a possibilidade de causar incômodos ao usuário dependendo do modo como ele caminha e a movimentação os braços, o que deveria ser testado o uso junto ao mesmo. Com a ranhura na parte exterior, porém prejudicaria a prótese esteticamente, expondo os parafusos que fecham a chapa.

Foi escolhido colocar a ranhura do fechamento da chapa na parte interior, zelando pela estética e assumindo que certas questões poderiam ser revisitadas após o parecer do usuário com o uso. Ao fechamento da chapa que compõe o antebraço foram dados dois pontos de união (Figura 66). O primeiro, ocorre juntamente com o parafuso

que se prende ao socket indicado na figura pelo número '1', e o segundo ponto deveria ser aplicado mais próximo da região do pulso, indicado na figura pelo número '2'.

Figura 66: Parafusamento da chapa, o ponto 1 também é responsável por prende-lo no socket, o 2 ficaria na altura do pulso.



fonte: elaborado pelo autor.

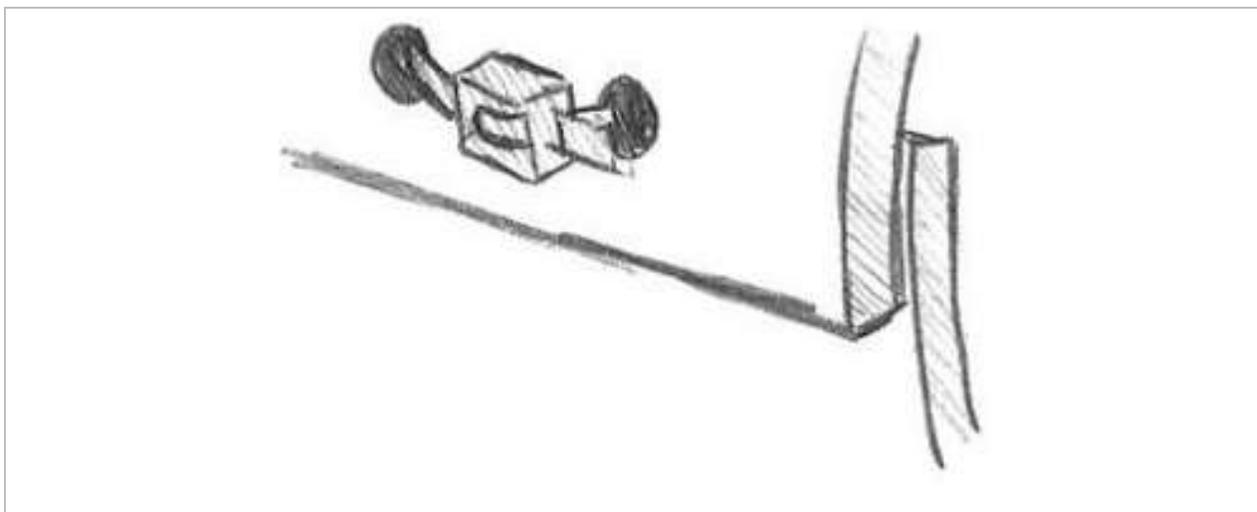
A primeira alternativa para solucionar o fecho na região do pulso foi elaborada utilizando lacres, também conhecidos como *fita hellerman* (Figura 67), que por possuir uma diversidade de cores semelhantes as do acrílico, poderia se camuflar melhor que utilizando parafusos (Figura 68).

Figura 67: Na primeira imagem, diversidade de cores de acrílico. Na segunda, algumas cores das fitas hellerman.



fonte: Acervo do autor; FRONTEC, [2016?].

Figura 68: Ilustração do fecho utilizando fita hellerman com dois furos para prender a chapa.



fonte: elaborado pelo autor.

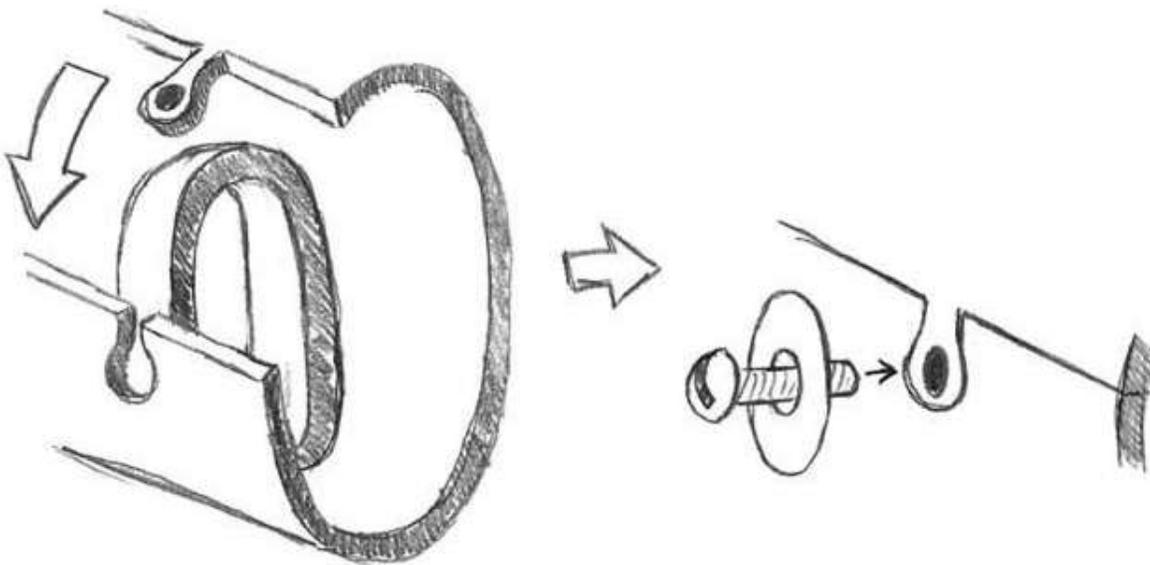
Essa alternativa, porém, foi descartada por criar inconsistência na forma como o fechamento da chapa ocorre, sendo realizado em um determinado ponto por parafusos, em outro, por fita hellerman. Dado que o uso de parafusos iria ser requerido na união com o socket, as próximas alternativas buscaram fazer uso do mesmo elemento, mesmo que o uso da fita hellerman como um ponto contrastante poderia criar uma estética a ser explorada.

A primeira alternativa buscava criar um encaixe sob medida entre as duas extremidades da chapa (Figura 69). Para manter as extremidades alinhadas evitando que o encaixe escape, foi criado um apoio elíptico feito a partir de sobreposição de camadas, que funcionaria como um esqueleto, tanto apoiando a chapa e estruturando o pulso. As peças então seriam perfuradas por um parafuso e com arruela evitaria que a chapa se abrisse no sentido oposto ao do apoio elíptico. Por fim, uma rosca seria utilizada para evitar que o parafuso saia do local.

A sobreposição de camadas poderia ser contornada para evitar gastos e investimento em mais material. Por isso foi elaborado a segunda alternativa que assim como a primeira, procurava realizar o encaixe das extremidades da chapa, mas para manter ambas alinhadas utilizaria uma chapa na parte interior, que pressionada pela

rosca evitaria que o encaixe se desfizesse (Figura 70). Uma variação dessa alternativa, seria utilizar duas arruelas, tanto na parte interior quanto no exterior.

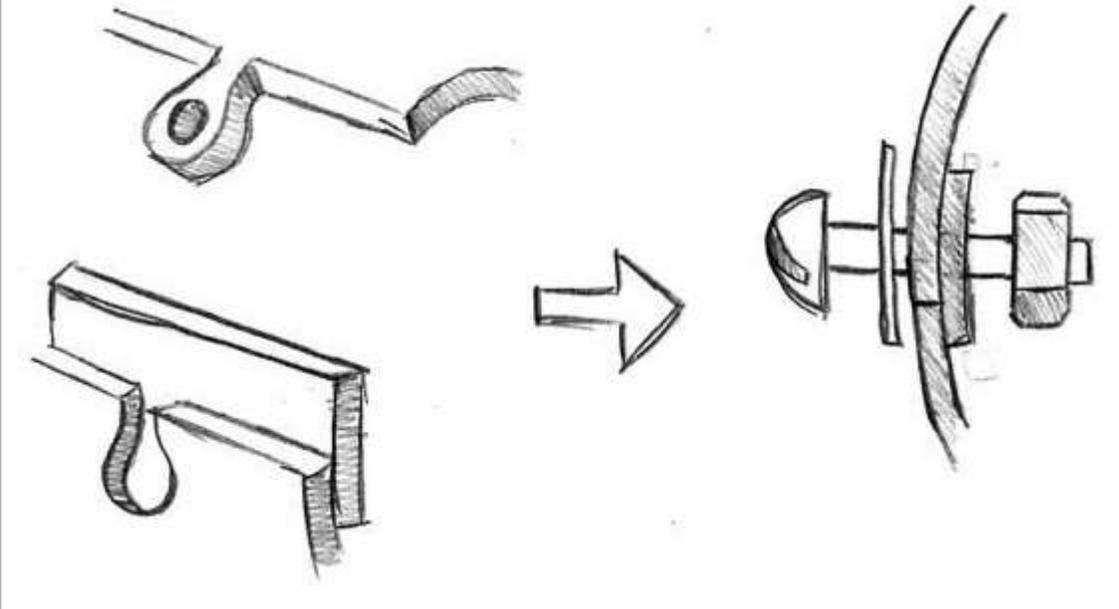
Figura 69: Ilustra o do funcionamento do encaixe sob medida com apoio elíptico no interior.



fonte: elaborado pelo autor.

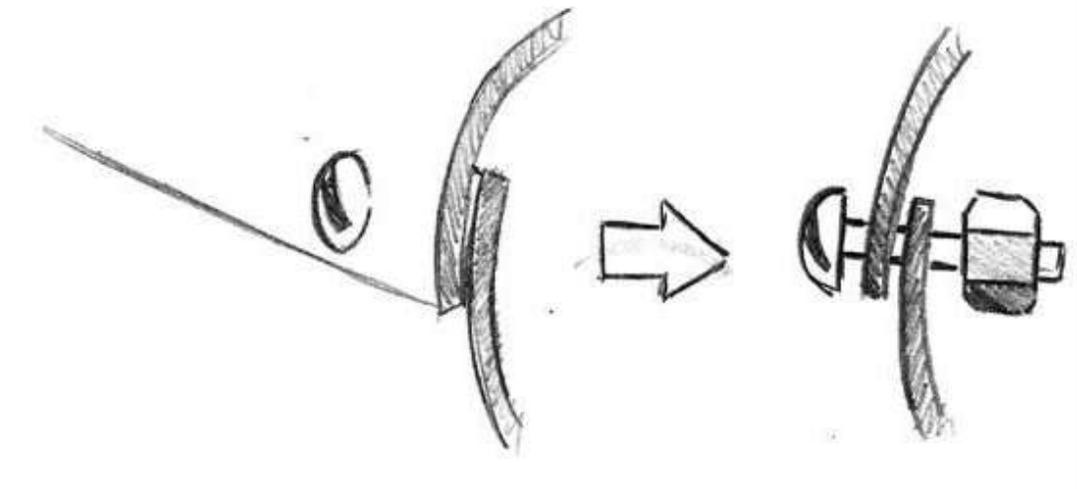
A alternativa mais simples, seria simplesmente unir as duas chapas sobrepostas, de modo semelhante ao realizado com a fita hellerman, com um parafuso transpassando ambas (Figura 71). Em um primeiro momento, foi optado por essa alternativa por acreditar que ela não contava com o encaixe das duas chapas o que permitiria que o raio do pulso pudesse ser alterado após o corte, bastando modificar a posi o dos furos dos parafusos com uma broca, o que poderia permitir que pequenos erros de dimensionamento no modelo pudessem ser corrigidos na montagem. Contudo, após a confec o do modelo no passo seguinte do projeto, ficou claro que a chapa de acrílico não poderia ser tão facilmente perfurada por uma broca, que devido a sua dureza, corre o risco de partir-se. Por não utilizar arruelas e reduzir o impacto visual do parafuso, e acreditar que simplificaria da montagem essa op o foi selecionada para dar continuidade ao projeto.

Figura 70: Esquema que ilustra o funcionamento do encaixe sob medida, com apoio de uma peça por trás.



fonte: elaborado pelo autor.

Figura 71: Ilustração das chapas sobrepostas presas com porca auto-travante.

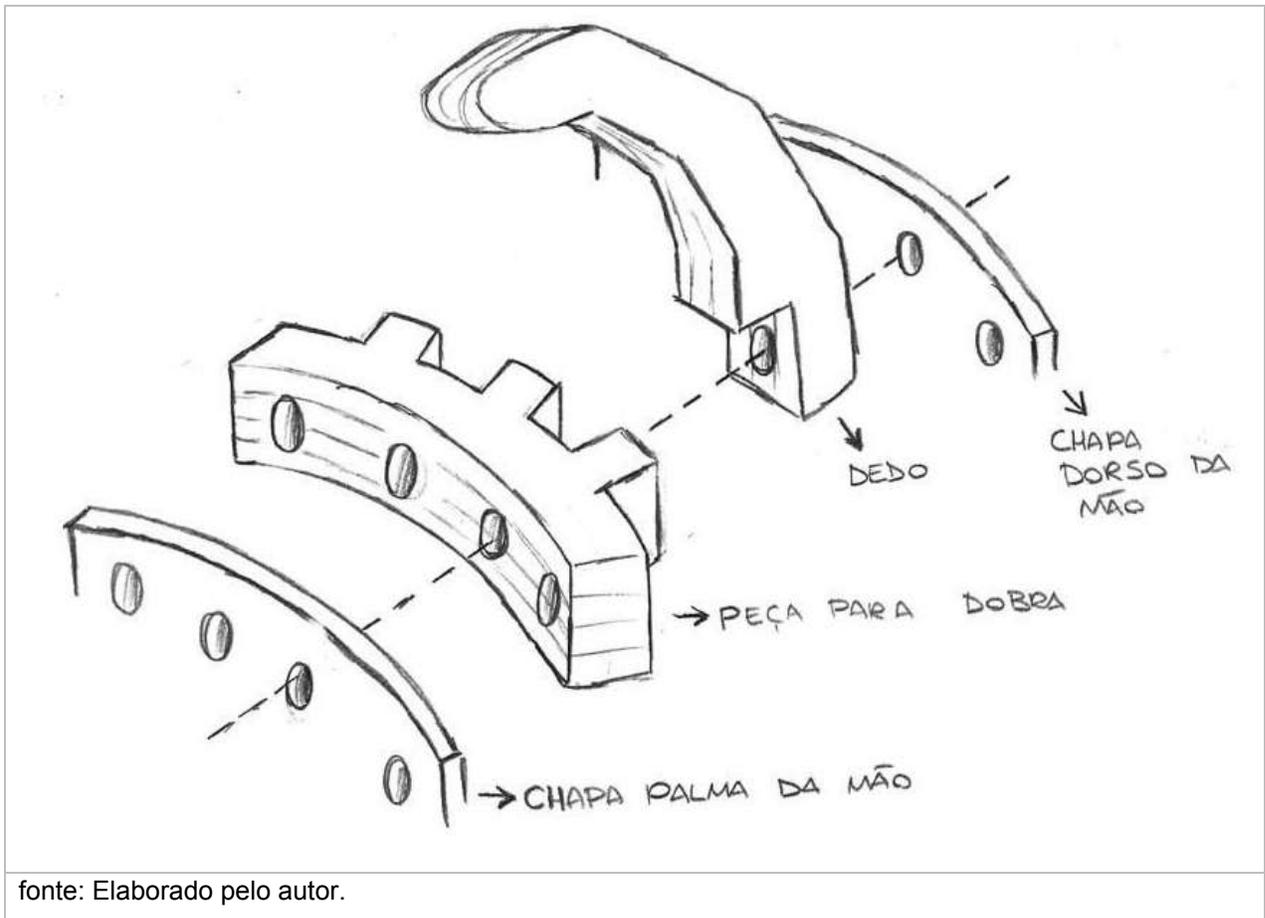


fonte: elaborado pelo autor.

3.6.2 União dos dedos

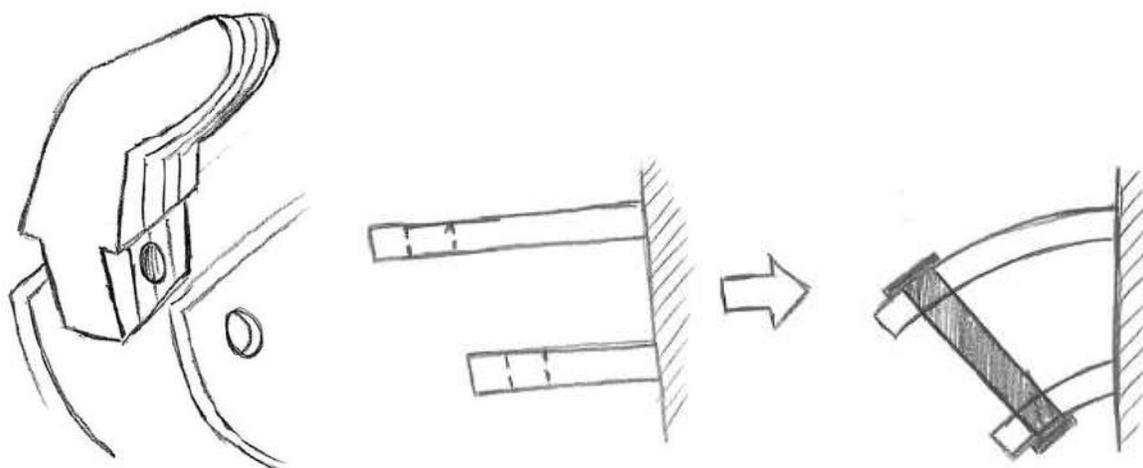
Anteriormente no modelo desenvolvido a chapa de papel se dobrava sem muito esforço, porém isso não seria possível de ser feito com um material mais duro como acrílico, por isso foi criada uma peça que ajudaria que a mão realizasse a dobra (Figura 72). Essa peça é formada por sobreposição de camadas assim como os dedos, e possui depressões para o encaixe de cada dedo, com exceção do polegar, e juntas as chapas eles devem ser perfurados para que sejam parafusados. O parafusamento das peças exerce força para que as chapas se dobrem formando a concavidade da palma da mão e quebrando o paralelismo dos dedos.

Figura 72: Ilustração que mostra a estruturação dos dedos e sua união a chapa, a linha pontilhada ilustra o trajeto do parafuso para um dedo específico.



O polegar por outro lado, tem depressões frente e atrás da peça, para se encaixar nas chapas que compõe o braço evitando que ele rotacione no eixo dos parafusos (Figura 73). A dobra é realizada pela diferença nos tamanhos da chapa, sendo a chapa do dorso da mão maior que a chapa da palma. Quando o parafuso é inserido, ele força os furos desalinhados das duas chapas a se alinharem, formando a dobra. A aplicação de *kerfing* na região da mão para realizar essa dobra se torna necessária, devido a rigidez da chapa.

Figura 73: Na esquerda, vemos o encaixe do polegar. Na direita, o método para realizar a dobra da chapa através da pressão do parafuso.



fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 74: Parafuso pino, comumente utilizado em encadernação.



fonte: PAPELARIA JUSSARA, [2016].

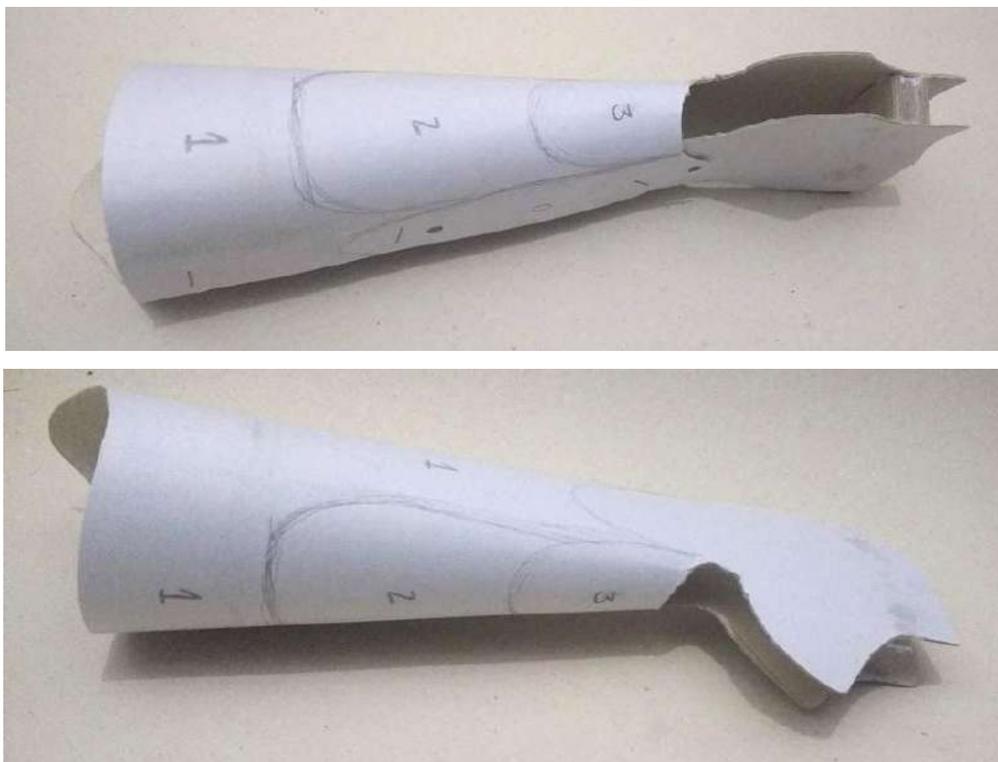
Para melhorar o acabamento, é sugerido que seja utilizado parafusos pinos na união dos dedos (Figura 74). Eles possuem um aspecto uniforme e achatado nas duas extremidades o que reduz o impacto visual causados pelos parafusos com porca.

Quando aplicado na região dos dedos, eles fazem alusão as protuberâncias criadas pelos ossos metacarpos, situados no início dos dedos com o dorso da mão.

3.6.3 Aplicação do Kerfing na solução

Para compreender como o kerfing deveria ser aplicado sobre a chapa que forma o braço era necessário primeiro entender as dobras necessárias para construir a forma que se deseja alcançar, como estão distribuídos e sua intensidade ao longo da planificação. Para se ter melhor visibilidade dessas questões, foi construído um modelo com a forma do braço (Figura 75), e foram feitas em cima dele marcações que indicavam a intensidade das curvas, em uma escala de 0 a 3.

Figura 75: Chapa criada com a forma do braço, para análise das dobras.



fonte: Acervo do autor.

Esse modelo foi depois desmontado para ser planejado e escaneado. Na planificação com marcações, foi possível observar um mapa de graduações que ilustrava a intensidade requerida do *kerfing* em determinada região (Figura 76). Como era de se esperar, as laterais do pulso eram as regiões com maior intensidade, que ia diminuindo de acordo com que descemos até a região do cotovelo. As regiões verdes possuíam uma necessidade de pouco ou nenhum *kerfing*. A amarela, deveria possuir alguma solução aplicada, mas com menos rigor pois suas curvas não são tão intensas. A região laranja delimita a transição até a região vermelha, onde o *kerfing* deveria ser muito denso.

Utilizando esse mapa como guia, o *kerfing* foi aplicado ao longo da peça (Figura 77). Algumas áreas foram deixadas sem *kerfing* para que houvesse uma área limpa para a fixação dos parafusos que uniriam a prótese ao socket e o fechamento das abas da chapa. Alguns sulcos foram adicionados na mão para ajudar na formação da curvatura. *Kerfing* também foi adicionado na região do polegar, para ajudar nas regiões onde a curva é mais acentuada.

Um teste foi realizado para testar o desempenho da padronagem em realizar a dobra, que não suportou a força e partiu-se (Figura 78). Com o teste ficou claro que as distorções aplicadas na padronagem criavam segmentos muito espessos para a dobra, principalmente na parte mais próxima ao cotovelo, onde os espaçamentos entre os entalhos são maiores. Outra modificação foi a aplicação de entalhos na palma da mão que demonstrou rigidez em se curvar. A nova versão procurou não deformar as proporções do padrão que foi bem-sucedido em se dobrar durante os testes das padronagens (Figura 79).

Um desenho com o aspecto final da prótese (Figura 80) foi apresentada a D. que aprovou com entusiasmo o resultado estético (Figura 81). Esse desenho foi modificado para ser aplicando as cores da preferência dele, assim como a alternativa de *kerfing*

dentre as 5 alternativas que passaram no teste, explorando junto ao usuário as possibilidades de customização trazida pela solução.

Figura 76: Mapa de graduações que demonstra a intensidade do *kerfing* ao longo da chapa.

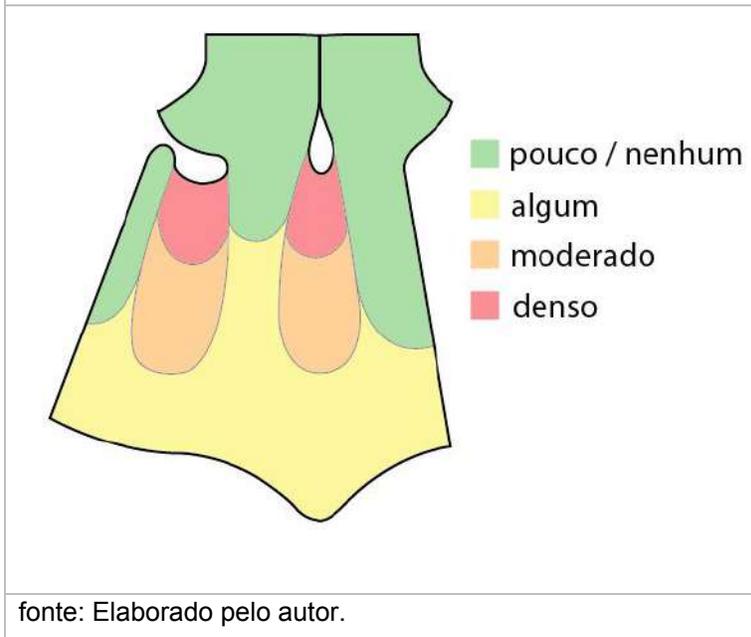


Figura 77: Chapa do que compõe o braço com o *kerfing* aplicado.

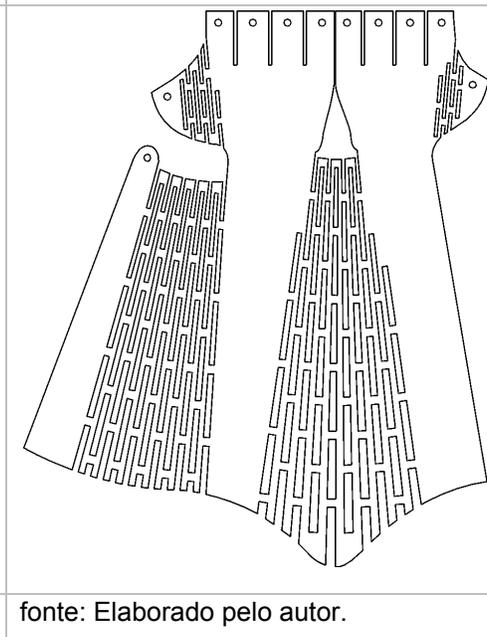
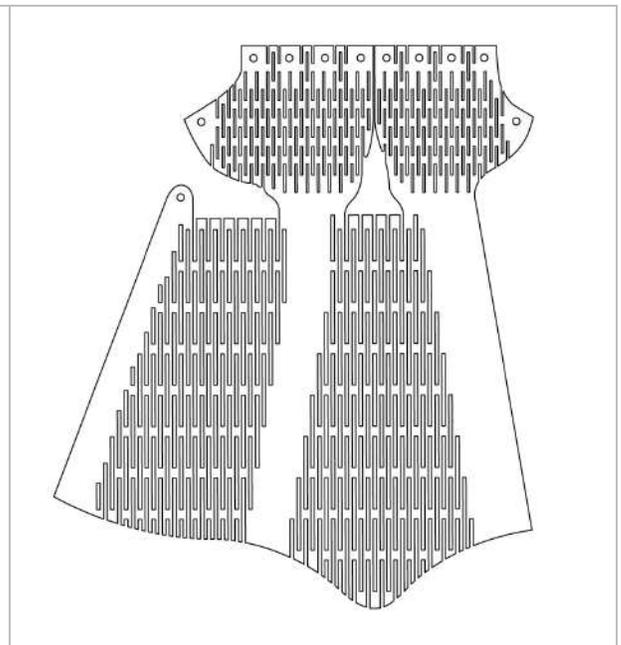


Figura 78: Chapa que falhou em realizar a dobra.

Figura 79: Nova proposta para a chapa.



fonte: Acervo do autor.



fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 80: Ilustração com o resultado final customizada para o usuário.



fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 81: Reação de D. ao ser apresentado ao resultado.

Cara, que animal!



Gostei dos designs e opções de cor



Me lembrou Metal Gear até

fonte: Acervo do autor.

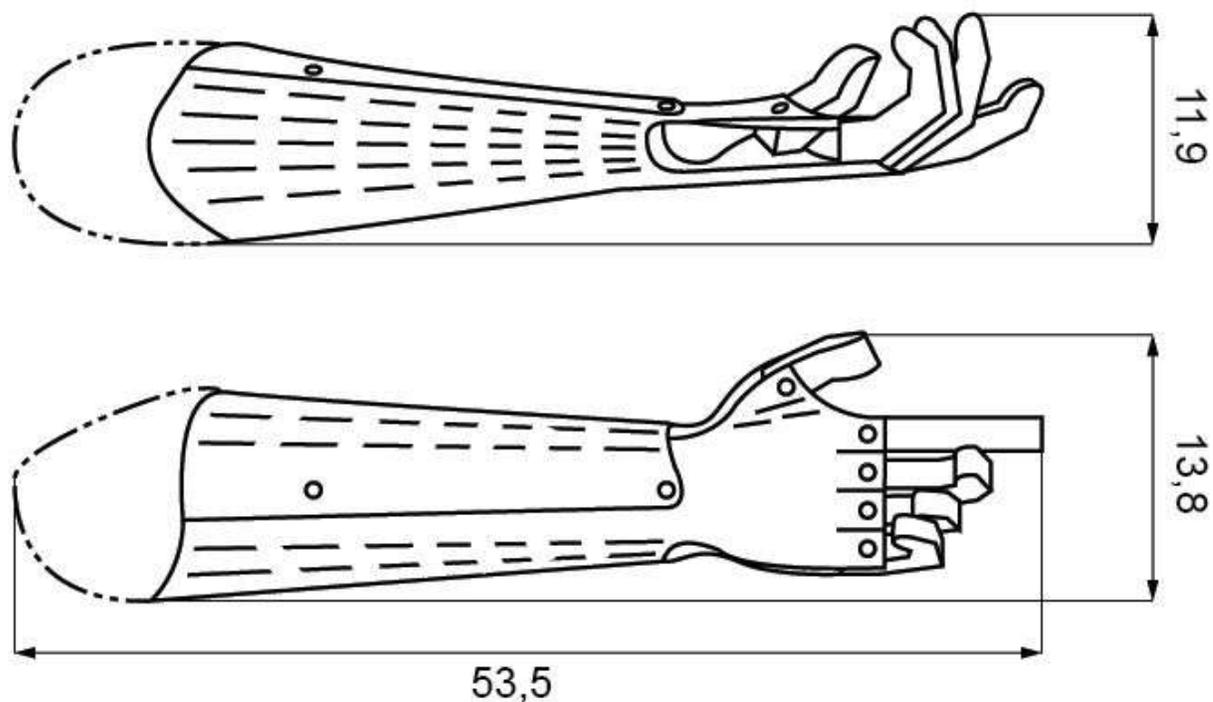
CAPÍTULO 4: DETALHAMENTO

4.1 Medidas, relação de peças e custo.

Infelizmente, por limitações de tempo as medidas aplicadas na prótese foram feitas sobre as proporções do autor (Figura 82), e não do usuário, com o intuito de construir o modelo de apresentação. Caso a prótese fosse aplicada para o D. as medidas deverias ser refeitas de acordo com suas proporções.

Todas as medidas foram feitas para serem cortadas em uma chapa de acrílico de 2,4 milímetros, mas é importante notar que as peças que são construídas por sobreposição de camadas podem ser feitas com chapas de mais grossas, para reduzir a quantidade de camadas, mas incorreria em nova sessões de cortes, aquisição de material e acréscimo de custo.

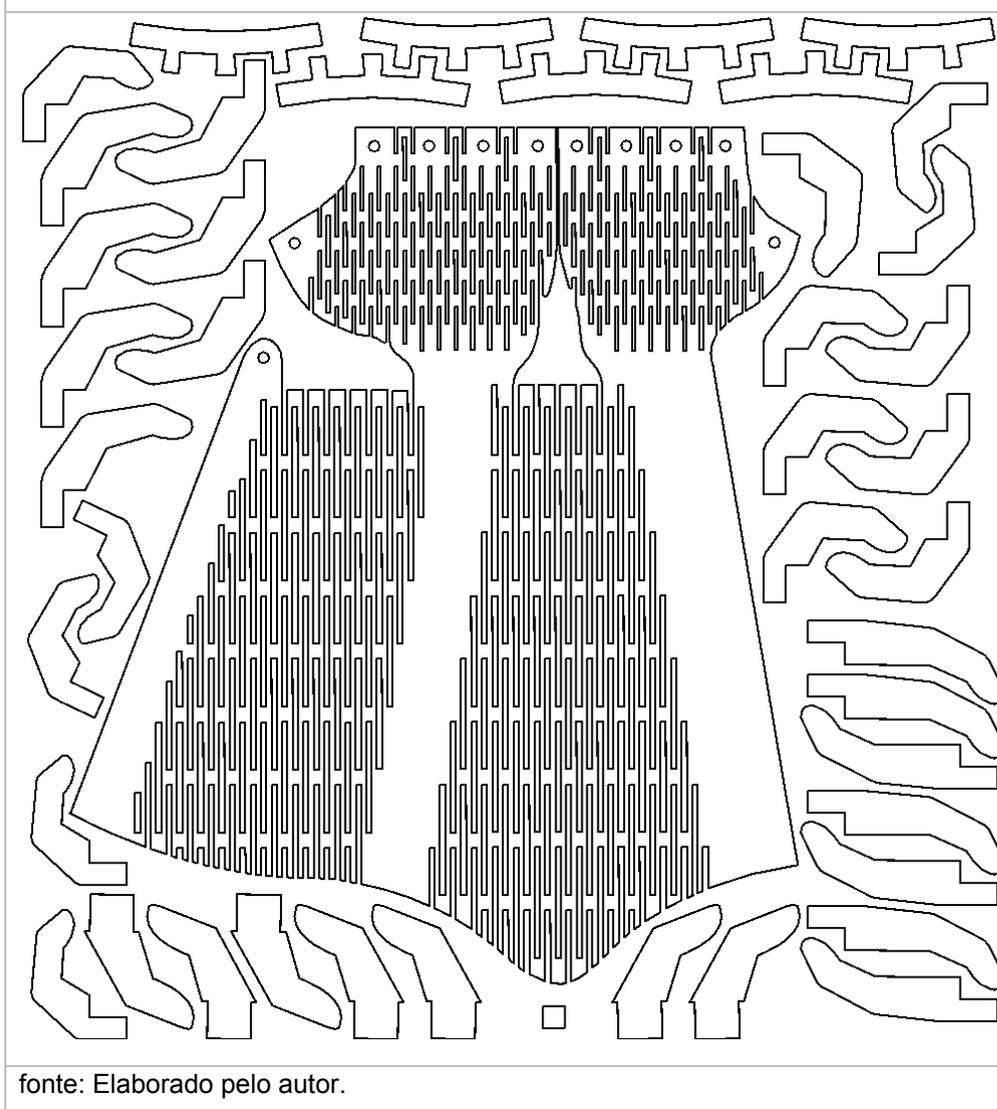
Figura 82: Vistas lateral e superior da prótese, medidas em centímetros.



fonte: Elaborado pelo autor.

Com a chapa de 2,4 milímetros, é necessário que cada dedo e a peça de união seja cortado 7 vezes para se alcançar a espessura ideal. Além disso, é necessário 5 parafusos pino de 25 milímetros para união dos dedos, 1 parafuso pino de 5 milímetros fechamento da chapa no pulso.

Figura 83: Arquivo orçado para corte, 46cm de comprimento e 49cm de largura.



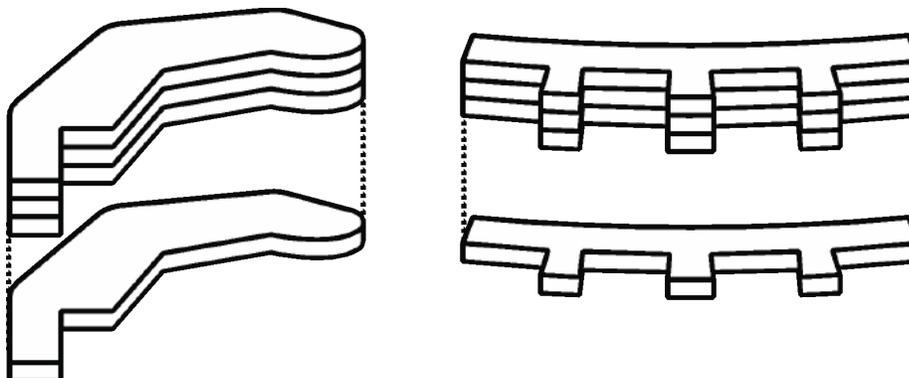
O preço final do corte foi orçado Makers Manufatura, pelo valor de R\$140,00 (Figura 83). O valor unitário de parafuso pino de 25 milímetros é de R\$0,59 e de 5 milímetros é de R\$0,30, o que resulta em R\$3,25 gastos em parafuso.

Desconsiderando o custo da elaboração e união com o socket, e o custo com a colagem das peças sobrepostas, o custo apenas peça personalizada é de aproximadamente R\$145,00. Quando comparamos com customizações como a peça Confete da Ethnos que custa R\$600,00, e do valor de uma prótese mimética desenvolvida por Barata (2016) pode ser adquirido a partir de 700 euros, vemos uma grande redução no valor final que chega ao usuário.

4.2 Montagem

Após realizado o corte as peças, o primeiro passo da montagem deverá ser a colagem de todas as peças que forem semelhantes, isso inclui os dedos, e a peça de união (Figura 84). Essa colagem deve ser feita com clorofórmio que é solvente do acrílico, isso resulta no derretimento das placas que em contato uma com as outras, ocorre a soldagem das peças.

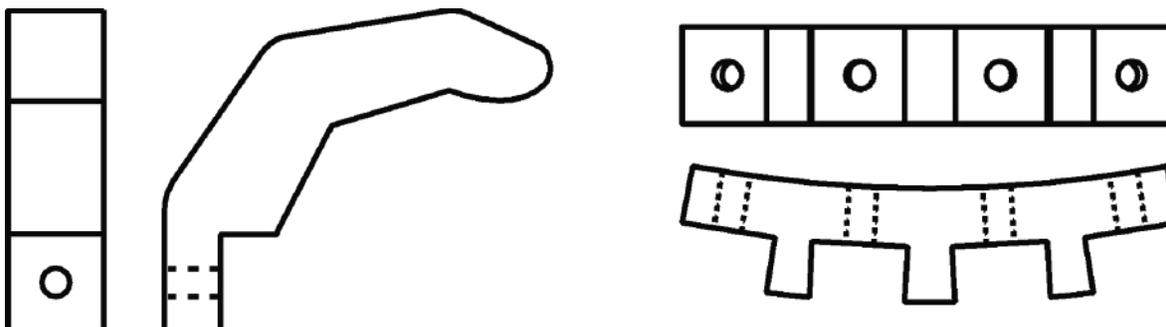
Figura 84: Colagem dos dedos e da peça de alinhamento.



fonte: Elaborado pelo autor.

O próximo passo é a perfuração das extremidades inferiores dos dedos e da peça de união. Elas devem ser perfuradas como ilustrado na Figura 85, em um diâmetro de 0,5 cm para a passagem dos parafusos pino.

Figura 85: Eixo de perfuração dos cortes para os parafusos.



fonte: Elaborado pelo autor.

Após os furos, todos os dedos com exceção do polegar devem ser unidos a peça de alinhamento dos dedos e a chapa por parafuso pino de 25 milímetros como ilustra a Figura 74. Esse passo deve ser realizado antes dos demais para garantir o alinhamento das peças. O próximo passo é a união do polegar que deve ser parafusado diretamente nas chapas, como na Figura 75.

Por fim, o último passo é a inserção do socket. A chapa deve abraçar o socket firmemente de modo a não permitir que haja movimentação entre as duas partes. Devem ser feitos perfurando tanto a chapa quanto a prótese em conjunto. Após isso, eles devem ser parafusados e a prótese estará completa.

4.3 Construção do modelo final

Seguindo estes passos o modelo final (Figura 86) foi construído, sua estética ficou com um aspecto mais leve que o desenho elaborado, e a textura do acrílico conferiu a prótese uma superfície brilhosa.

Apesar da vista frontal da palma da mão demonstrar um aspecto volumoso, a vista lateral denuncia os processos e materiais empregados em sua confecção, além de conferir ao produto um aspecto fantasmagórico (Figura 87). Infelizmente os dedos feitos de forma maciça acabam por resultar em um peso na extremidade da prótese. Caso isso seja percebido como um problema pelo usuário, essa solução precisará ser revisada.

Figura 86: Protótipo da Prótese Lôfa finalizado.



fonte: Acervo do autor.

Figura 87: Vista lateral da prótese e seu aspecto vazado.



fonte: Acervo do autor.

Os parafusos pino conseguiram criar pontos contrastantes com o acrílico, apesar de ambos terem textura reluzente, a aparência metálica dos pinos e sua protuberância na união dos dedos com a palma da mão fazem alusão às extremidades dos ossos metacarpos (Figura 88).

O modelo também serviu para perceber que vibrações na peça e pequenos impactos causados pelo uso poderiam fazer com que os parafusos se soltassem com o tempo, o que indica a necessidade de utilizar arruelas de borracha para absorver o impacto.

Figura 88: Detalhes do acabamento com parafuso pino.



fonte: Acervo do autor.

Os dedos conseguiram simular uma convergência graças à peça alinhadora. A diferença nas formas dos dedos auxiliaram para que o anelar e o dedo médio não colidissem nessa convergência (Figura 89).

Figura 89: Angulação da palma da mão criando convergência dos dedos.



fonte: Acervo do autor.

O paralelismo da padronagem e o erros de dimensionamento dificultaram que a chapa conseguisse se dobrar, apesar de ter conseguido realizar o movimento, o esforço aplicado repetidas vezes levou a chapa a partir-se (Figura 90). Apesar da quebra, esta última versão se demonstrou promissora e com alguns ajustes seria possível corrigir esse problema para testar a solução junto ao usuário. Infelizmente, esse último passo não pode ser dado até o fim do projeto.

Figura 90: Quebra da padronagem na dobra que fecha o pulso.



fonte: Acervo do autor.

4.4 Variações estéticas

Algumas variações estéticas foram elaboradas para explorar as possibilidades de customização trazidas pela solução, alterando as cores do acrílico tanto na chapa do braço, quando nos dedos e na pintura aplicada sobre o socket (Figura 91). Elas não contemplam acrílico transparente que também é uma possibilidade interessante de customização, podendo reforçar o aspecto espectral e a leveza.

Uma possibilidade também é a gravação de imagens reduzindo a potência do laser, isso permite a ilustração de figuras na prótese e a criação de texturas (Figura 92).

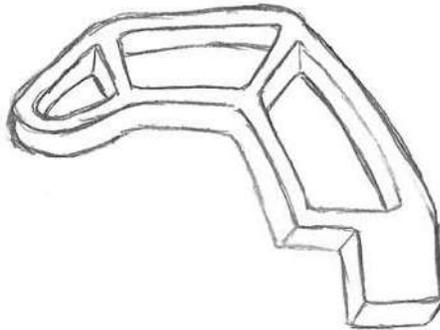
Figura 92: Exemplo de gravação sobre acrílico.



fonte: Laser Company SP, [2013?].

Uma modificação que pode ser feita nos dedos é o vazamento da forma (Figura 93), conferindo maior leveza, tanto ao peso pela remoção de material, quanto visualmente. Um lado negativo, é que como isso resulta em maior tempo de corte, também acaba encarecendo o produto, visto que os dedos são uma peça cortada múltiplas vezes para construção de suas camadas.

Figura 93: Forma vazado dos dedos.



fonte: Elaborado pelo autor.

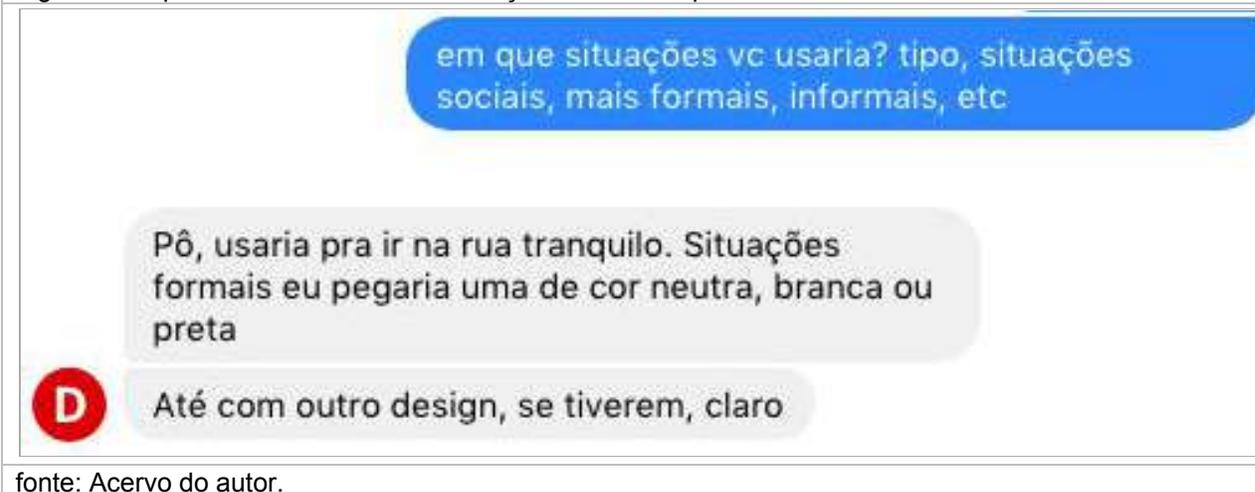
Figura 91: Alternativas de variações nas cores.	
---	--



fonte: Elaborado pelo autor

Para D. as variações estéticas estão muito ligadas às situações sociais (Figura 94) e reforça a ideia de que a prótese é um elemento estético como uma peça de roupa, sendo necessário que combine com o resto da vestimenta.

Figura 94: Opinião de D. acerca das situações do uso da prótese.



fonte: Acervo do autor.

CAPÍTULO 5: CONCLUSÃO

Infelizmente, devido ao curto prazo não foi possível construir a prótese unida ao socket para D., pois isso iria requerer não somente que a prótese fosse dimensionada para suas medidas, como também o trabalho dos protesistas da AFR para confecção de um socket sob medida para ele.

Como a prótese não foi confeccionada, é difícil dizer se conseguiu atingir seus objetivos quanto a redução de peso, por mais que a solução demonstre potencial em alcançá-lo, a questão deve ser abordada pelo viés da experiência do usuário, levando em consideração o conforto o que ele julga confortável e não a medida em quilogramas.

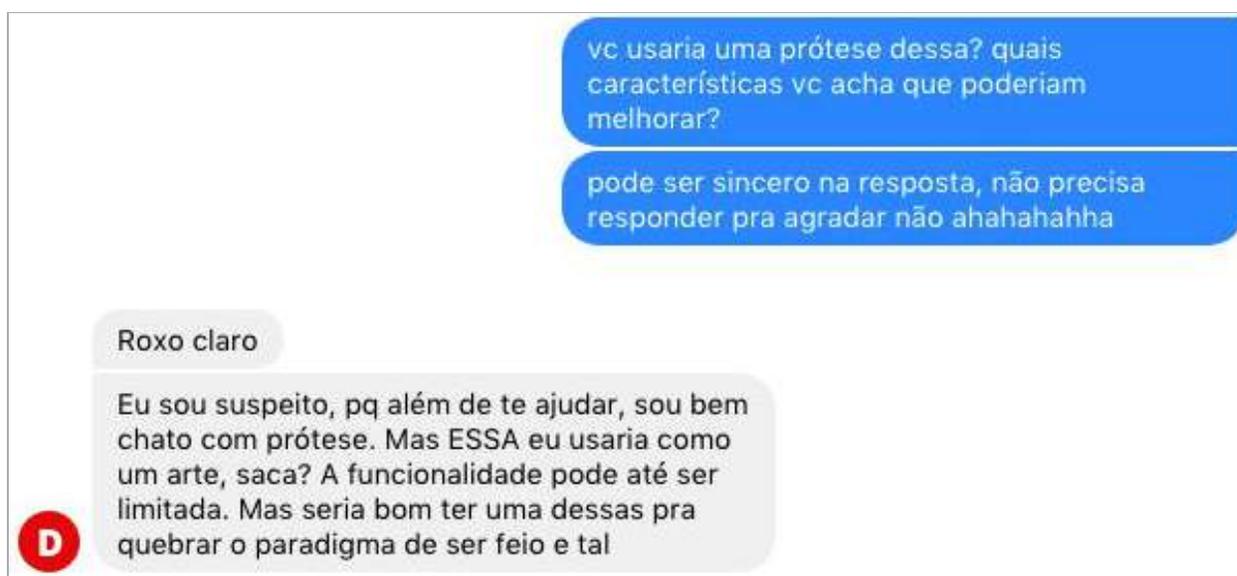
É interessante perceber como o processo de criação da prótese não foi linear – um grande investimento de tempo foi buscando o desenvolvimento de um socket e no final o projeto acabou utilizando as soluções da AFR. As alternativas iniciais foram desenvolvidas sobre o processo de impressão 3d mas por fim o projeto acabou encontrando no corte a laser uma solução mais simples e acessível. Apesar do projeto ter especificado uma padronagem a ser aplicada sobre a prótese que agradava o usuário, ela foi abandonada por limitações no *kerfing*. Por outro lado, foi esse processo de especificação que indicou a preferência do usuário por padrões geométricos, o que permitiu eleger o *kerfing* como solução.

Algumas conclusões importantes podem ser elaboradas quanto ao objetivo estético alcançado e principalmente quanto à proposta do projeto: ao fim do projeto, foi feito para D. a mesma pergunta que o projeto buscou quanto tentou elaborar suas preferências acerca dos elementos protéticos que ele conhecia (Figura 95). Era importante que a prótese despertasse nele o desejo de possuí-la, que ele visse no produto os benefícios e esses objetivos foram alcançados. Para D. o uso de prótese está muito ligado a situações sociais como uma forma de reafirmação, elemento artístico e a

expressão individual prevaleceram sobre as questões funcionais e a prótese se mostrou alinhada com as expectativas do usuário.

Como D. não é um usuário de prótese, o desenvolvimento do projeto foi feito sem a intenção de impor-lhe um elemento protético. O projeto partiu de uma premissa de risco desde o início, se propondo a projetar a uma peça para um usuário que tinha um histórico de recusa de elementos protéticos o que fez com que ele se tornasse “chato pra prótese”, como ele mesmo diz. Ainda assim, se apoiando em ouvi-lo e entender suas necessidades e anseios, “quebrando o paradigma de que próteses são feias”, o projeto alcançou o resultado desejado.

Figura 95: Perguntando a D. se ele usaria a prótese.



fonte: Acervo do autor.

As próteses desenvolvidas até o momento, ainda não atenderam uma parcela significativa dos usuários. Lôfa é uma solução que busca atender aos usuários que como D., ainda não se viram contemplados com as alternativas apresentadas pelo mercado.

Lôfa não se prende aos resultados que foram alcançados no desenvolvimento do projeto. Muitas melhorias ainda podem ser feitas sobre a prótese como adicionar características funcionais que poderiam atender outros perfis de usuários. Novas variações podem ser feitas e compartilhadas através da cultura de redes, seu arquivo original pode ser compartilhado entre os usuários, tornando as evoluções sobre o projeto um processo iterativo e colaborativo, assim como a impressão 3d.

A deficiência física é um tema abrangente para a atuação do design, com muitas oportunidades projetuais para serem exploradas. A redução do escopo do projeto para a aproximação de um único usuário possibilitou que a personalização fosse feita atendendo suas necessidades específicas, e se tratada dessa forma, vemos que assim é a deficiência: se manifesta de diferentes formas em cada um, tanto no âmbito fisiológico e anatômico quanto no psicológico, social e emocional. Existem inúmeros desafios para serem abordados e inúmeras formas de se trabalhar cada um deles, mas antes de falarmos dos desafios projetuais é necessário ouvirmos os desafios diários daqueles que convivem com a deficiência para compreendermos quando e onde podemos atuar. A atuação de qualquer profissional sobre o tema deve ser vista pelos mesmos como um exercício de empatia.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ALLEY, R.; WILLIAMS, T. W.; ALBUQUERQUE, M. J.; ALTOBELLI, D. 2011. **Prosthetic sockets stabilized by alternating areas of compression and release**. PubMed.

Disponível em

<https://www.researchgate.net/publication/51662351_Prosthetic_sockets_stabilized_by_alternating_areas_of_compression_and_release>. Acesso em 04 de Julho de 2017

ALONSO, C. 2016. **Entrevista concedida**. Rio de Janeiro, 05 de julho de 2016.

ALVES, A. S. 2014. **Impressão 3D para micro, pequenas e médias empresas: O Design de um serviço acadêmico**. UFRJ / COPPE, Rio de Janeiro, 2014.

BIDDISS, E.; CHAU, T. 2007. **Upper-limb prosthetics: critical factors in device abandonment**. Am J Phys Med Rehabil. Disponível em

<http://www.ucdenver.edu/academics/colleges/medicalschoo/education/degree_programs/pt/Documents/Upper%20Limb%20Prosthesis%20-%20Biddiss.pdf />. Acesso em 05 de Junho de 2016

BRASIL. Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009. **Convenção sobre os direitos das pessoas com deficiência**. Disponível em

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm> Acesso em 19 de julho de 2016.

BROOKLYN MUSEUM, [2017?]. **Relief, late 19th century, Limestone**. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Relief,_late_19th_century_Limestone.jpg>.

Acesso em 22 de julho de 2017.

BURN, M; TA, A; GOGOLA, R. 2016. **Three-Dimensional Printing of Prosthetic Hands For Children**. Journal of Hand Surgery, maio de 2016.

CENTRO DE INNOVACION, 2014. **Tratamento Inovador do membro Inferior**.

Disponível em <

<http://www.centro-de-innovacion.com/pt/tratamento-inovador/tratamento-inovador-%E2%80%93-membro-inferior/>>. Acesso em 27 de agosto de 2017.

CORE77. 2016. **IKO Creative Prosthetic System**. Disponível em

<<http://designawards.core77.com/Open-Design/29865/IKO-Creative-Prosthetic-System>> Acesso em 18 de Julho de 2016.

DISABLED WORLD. 2016. **Prominence Prosthetics for High Heels**. Disponível em

<<http://www.disabled-world.com/assistivedevices/prostheses/prominence.php>>. Acesso em 18 de julho de 2016.

D. 2017. **Entrevista concedida**. Rio de Janeiro, 13 de junho de 2016.

ELLUS TINTAS, 2014. **Pintura de Parede com Textura**. Disponível em: <<http://www.ellustintas.com.br/wp-content/uploads/2014/11/pintura-de-parede-com-textura4.jpg>>. Acesso em 28 de Julho de 2017.

E-NABLE. 2014. **Raptor Reloaded by e-NABLE**. Thingiverse. Disponível em <<https://www.thingiverse.com/thing:596966>>. Acesso em 14 de julho de 2017.

FILOMENO, L. [2017?]. **+65 Tatuagens Masculinas no braço para se inspirar**. Manual do Homem Moderno. Disponível em <<http://manualdohomemmoderno.com.br/tatuagem/65-tatuagens-masculinas-no-braco-para-se-inspirar>>. Acesso em 28 de julho de 2017.

FRASER, C. 1993. **A survey of Users of Upper Limb Protheses**. British Journal Of Occupational Therapy.

FRONTEC, [2016?]. **Abraçadeiras PA 66 resistente ao intemperismo - UV**. Disponível em <<http://www.frontec.com.br/produto/abracadeiras-pa-66-resistente-ao-intemperismo-uv>>. Acesso em 22 de agosto de 2017.

GOFFMAN, E. 1982. **Estigma - notas sobre a manipulação da identidade deteriorada**. Disponível em: <http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/92113/mod_resource/content/1/Goffman%3B%20Estigma.pdf>. Acesso em 17 de julho de 2016.

HAROLD, N. [2016?]. **Upper Limb Prosthetic and Orthotic Components**. Disponível em <<https://sites.google.com/site/pando2016/>>. Acesso em 07 de Julho de 2017

HCFMRP-USP, 2014. **Capacitação para técnicos: O SUS capacita Técnicos Ortopédicos**. Centro de Reabilitação do HCFMRP – USP. 18 de julho de 2014. Disponível em <<http://www.hcrp.usp.br/cer/informacao-galeria.aspx?id=875&ref=26&refV=130>>. Acesso em 29 de agosto de 2017.

HESS, A. [2015?]. **Sockets and Interfaces**. Disponível em <http://www.upperlimbprosthetics.info/index.php?p=1_25_Sockets-Interfaces>. Acessado em 03 de julho de 2017.

IBL BLOCOS, [2015?]. **Elemento vazado e dormente**. Disponível em <<https://www.iblblocos.com/produtos?lightbox=datattem-j1z35on2>>. Acesso em 28 de julho de 2017.

IDEO. 2015. **The Field Guide to Human-Centered Design**.

IMPORTEC. [2017?]. **Órteses – Membros Inferiores**. Disponível em <<http://iportec.com.br/orteses/>>. Acesso em 27 de agosto de 2017.

INSTRUCTABLES, [2013?]. **Curved Laser Bent Wood**. Disponível em <<http://www.instructables.com/id/Curved-laser-bent-wood/>>. Acesso em 28 de agosto de 2017.

INSTRUCTABLES, [2014?]. **Kerf Table Lamp**. Disponível em <<http://www.instructables.com/id/Kerf-Table-Lamp/>>. Acesso em 28 de agosto de 2017.

KÖHLER, P; LINDH, L; NETZ, P. 1989. **Comparison of CAD-CAM and hand made sockets for PTB prostheses**. Prosthet Orthot Int. 1989 Apr;

KRASSENSTEIN, E. 2015. **Researchers Create Perfect Fitting 3D Printed Transtibial Leg Socket for Prosthetic Legs**. 3dprint.com. Disponível em <<https://3dprint.com/41606/3d-printed-prosthetic-leg/>>. Acesso em 29 de julho de 2017.

LASER COMPANY SP, [2013?]. **Gravação a laser em acrílico**. Disponível em <<http://www.lasercompanysp.com.br/gravacao-laser-acrilico>>. Acesso em 30 de agosto de 2017.

LAKE, C. 2008. **The Evolution of Upper Limb Prosthetic Socket Design**. American Academy of Orthotist and Prothetists. Disponível em <http://www.lakeprosthetics.com/published/The_Evolution_of_Upper_Limb_Prosthetic_Socket.5.pdf>. Acesso em 02 de Julho de 2017.

LWT. 2016. **Tecnologia Assistiva e a Contribuição da Impressão 3d**. Disponível em <<http://www.lwtsistemas.com.br/tecnologia-assistiva-impressao-3d/>>. Acesso em 28 de agosto de 2017.

LOJA ETHNOS. [2017?]. **Capas para prótese**. Disponível em <<https://www.lojaethnos.com.br/capas-para-protese>>. Acesso em 22 de julho de 2017.

MACEDO, P. 2008. **Deficiência Física Congênita e Saúde Mental**. Revista da SBPH. Rio de Janeiro, dezembro de 2008. Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-08582008000200011>. Acesso em 18 de julho de 2016

MAKERS MANUFATURA, [2016?]. **Corte a Laser**. Disponível em <http://www.makersmanufatura.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=596>. Acesso em 22 de Julho de 2017.

MAKEZINE. 2017. **Gorgeous 3D Printed Prosthetic Born of Boredom**. Disponível em <<http://makezine.com/2014/08/25/gorgeous-3d-printed-prosthetic-born-of-boredom/>> Acesso em 22 de Julho de 2017.

MELIKE, T. 2016. **This 3D Printed Door Handle Works With No Moving Parts**. Interesting Engineering. Disponível em <<http://interestingengineering.com/3d-printed-door-handle-works-no-moving-parts/>>. Acesso em 22 de julho de 2017.

MERLEAU-PONTY, M. 1971. **Fenomenologia da percepção**. Rio de Janeiro, Livraria Freitas Bastos.

MIGUELEZ, J. M.; LAKE, C.; CONYERS, D.; ZENIE, J.; 2003. **The Transradial Anatomically Contoured (TRAC) Interface: Design Principles and Methodology**. Disponível em <<http://www.lakeprosthetics.com/published/JPOOctober2003.pdf>>. Acesso em 05 de julho de 2017.

MIODOWNIK, M. 2013. **The technology that puts the human touch into prostheses**. The Guardian. Disponível em <<https://www.theguardian.com/technology/2013/oct/27/technology-human-prostheses-artificial-limbs>>. Acesso em 22 de julho de 2016.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. 2010. **Manual de Perícia Oficial em Saúde do Servidor Público Federal**. Disponível em <https://farmacia.ufg.br/up/130/o/manual_de_per_cia_oficial.pdf>. Acesso em 18 de julho de 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2013. **Confecção e manutenção de órteses, próteses e meios auxiliares de locomoção: confecção e manutenção de próteses de membros inferiores, órteses suropodálicas e adequação postural em cadeira de rodas**. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

MONTANARI, F. 2013. **O Conceito de Deficiência na Convenção da ONU sobre as Pessoas com Deficiência**. Sociedade para Todos. Disponível em <<https://sociedadeparatodos.wordpress.com/2013/12/18/o-conceito-de-deficiencia-na-convencao-da-onu-sobre-os-direitos-das-pessoas-com-deficiencia/>>. Acesso em 22 de julho de 2016.

MONTEIRO, T. 2015. **A impressão 3d no meio produtivo e o design**: um estudo na fabricação de joias. UEMG, Escola de design. Disponível em <<http://anapaulanasta.com/wp-content/uploads/2015/09/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Marco-T%C3%BAlio-Ferreira-Monteiro.pdf>>. Acesso em 06 de agosto de 2017.

OTTO, J. P. 2008. **New applications of CAD/CAM**. The O&P Edge. Disponível em <https://opedge.com/Articles/ViewArticle/2008-09_01>. Acesso em 03 de Julho de 2017.

OTTOBOCK, [2013?]. **Sistema Michelangelo**. Disponível em <<http://www.ottobock.com.br/prosthetics/membros-superiores/vis%C3%A3o-geral-das-solu%C3%A7%C3%B5es/sistema-michelangelo/#video-3>>. Acesso em 01 de julho de 2017.

O'SULLIVAN, S; SCHMITZ, T.; FULK, G.; 2013. **Physical Rehabilitation**. DavisPlus.fadavis.com. 1 Julho de 2015.

PAPELARIA JUSSARA, [2016?]. **PINO/PARAFUSO METÁLICO PARA ENCADERNAÇÃO-DIVERSOS COMPRIMENTOS**. Disponível em <<https://www.papelariajussara.com/pino-parafuso-metalico-para-encadernac-o-diversos-comprimentos-06-unidades-5526.html>>. Acesso em 27 de agosto de 2017.

PROTOTYPETODAY, 2017. **3D Systems Partners With e-NABLE to Expand Availability of 3D Printed Hands and Arms**. Disponível em <<http://www.prototypetoday.com/3d-systems/3d-systems-partners-with-e-nable-to-expand-availability-of-3d-printed-hands-and-arms>>. Acesso em 22 de agosto de 2017.

SABINO, E. TORQUATO, R. PARDINI, A. 2013. **Ansiedade, depressão e desesperança em pacientes amputados de membros inferiores**. Associação de Assistência à Criança Deficiente. Disponível em <http://www.actafisiatrica.org.br/detalhe_artigo.asp?id=525>. Acesso em 20 de julho de 2016.

SARADJIAN, A. THOMPSON, A. DATTA, D. 2008. **The experience of men using an upper limb prosthesis following amputation**: positive coping and minimizing feeling different. Disability & Rehabilitation, 2008.

SEREN, R. DE TILIO, R. 2014. **As vivências do luto e seus estágios em pessoas amputadas**. Disponível em

<http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-29702014000100006>. Acesso em 18 de julho de 2016.

TANENBAUM, J.; WILLIAMS, A.; DESJARDINS, A.; TANENBAUM, K. 2013. **Democratizing Technology: Pleasure, Utility and Expressiveness in DIY and Maker Practice.** CHI 2013, Paris, France. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Audrey_Desjardins/publication/256445970_Democratizing_Technology_Pleasure_Utility_and_Expressiveness_in_DIY_and_Maker_Practice/links/541a0c770cf2218008bfa60d.pdf>. Acesso em 22 de julho de 2016.

THE ALTERNATIVE LIMB PROJECT. [2015?]. **The Alternative Limb Project.** Disponível em <<http://www.thealternativelimbproject.com/about/the-alternative-limb-project/>>. Acesso em 18 de julho de 2016.

THE WAR AMPS. [2016?]. **Living with amputation.** Disponível em: <<http://www.waramps.ca/ways-we-help/living-with-amputation/>>. Acesso em: 27 de agosto de 2017.

THE ECONOMIST. 2012. **The third industrial revolution.** Disponível em <<http://www.economist.com/node/21553017>> Acesso em 05 de julho de 2016.

TOUCH BIONICS. [2017?]. **LivingSkin.** Disponível em <<http://www.touchbionics.com/node/2453>>. Acesso em 29 de julho de 2017.

VORUM, 2017. **ScanGogh II 3D Prosthetics and Orthotics Scanner.** Disponível em <<http://vorum.com/cad-cam-prosthetic-orthotic/scangogh-3d-scanner/>>. Acesso em 29 de Agosto de 2017.

WAYBACK MACHINE, [2017?]. **Army Images.** Disponível em <<http://web.archive.org/web/20060928183235/http://www4.army.mil:80/armyimages/armyimage.php?photo=1836>>. Acesso em 26 de agosto de 2017.

WATVE, S. DOOD, G. MACDONALD, R. STOPPARD, E. 2010. **Upper Limb Prosthetic Rehabilitation.**

ZIEGLER, M. 2014. **Índice de transtorno de ansiedade e depressão em SP é igual a de país em guerra.** Disponível em <<http://saude.ig.com.br/minhasaude/2014-05-16/indice-de-transtorno-de-ansiedade-e-depressao-em-sp-e-igual-a-de-pais-em-guerra.html>>. Acesso em 05 de julho de 2016.

3DERS. 2015. **UNYQ launches collection of 3D printed prosthetic upper limb covers.** Disponível em <<http://www.3ders.org/articles/20151202-unyq-launches-collection-of-3d-printed-prosthetic-upper-limb-covers.html>>. Acesso em 02 de Julho de 2017.